

Enzyklopädie der Psychologie

Affektive und Kognitive  
Neurowissenschaft

Kognition

5



Hogrefe • Verlag für Psychologie  
Göttingen • Bern • Toronto • Seattle

# Enzyklopädie der Psychologie

# ENZYKLOPÄDIE DER PSYCHOLOGIE

In Verbindung mit der  
Deutschen Gesellschaft für Psychologie

herausgegeben von

Prof. Dr. Niels Birbaumer, Tübingen  
Prof. Dr. Dieter Frey, München  
Prof. Dr. Julius Kuhl, Osnabrück  
Prof. Dr. Wolfgang Schneider, Würzburg  
Prof. Dr. Ralf Schwarzer, Berlin

Themenbereich C  
Theorie und Forschung

Serie II  
Kognition

Band 5  
Affektive und Kognitive  
Neurowissenschaft



Hogrefe • Verlag für Psychologie  
Göttingen • Bern • Toronto • Seattle

# Affektive und Kognitive Neurowissenschaft

herausgegeben von

Prof. Dr. Erich Schröger, Leipzig  
Prof. Dr. Stefan Koelsch, Berlin



Hogrefe • Verlag für Psychologie  
Göttingen • Bern • Toronto • Seattle

© 2013 Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG  
Göttingen • Bern • Wien • Paris • Oxford • Prag • Toronto • Boston  
Amsterdam • Kopenhagen • Stockholm • Florenz  
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.

---

Satz: ARThür Grafik-Design & Kunst, Weimar

Format: PDF

ISBN 978-3-8409-1514-7

## **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.

## Autorenverzeichnis

*Prof. Dr. Malek Bajbouj*

Freie Universität Berlin  
Cluster Languages of Emotion  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: bajbouj@zedat.fu-berlin.de

*Prof. Dr. Alexandra Bendixen*

Universität Oldenburg  
Institut für Psychologie  
Ammerländer Heerstraße 114–118  
26129 Oldenburg  
E-Mail: alexandra.bendixen@uni-oldenburg.de

*Dipl.-Psych. Carolin Brück*

Universitätsklinikum für Psychiatrie  
und Psychotherapie der  
Eberhard-Karls-Universität  
Tübingen  
Arbeitsgruppe Affektive Neuro-  
psychiatrie  
Osianderstraße 24  
72076 Tübingen  
E-Mail: carolin.brueck@med.uni-tuebingen.de

*Dr. Leandra Bucher*

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Fachbereich 06 Psychologie und  
Sportwissenschaft  
Abteilung Allgemeine Psychologie  
und Kognitionsforschung  
Otto-Behaghel-Straße 10F  
35394 Gießen  
E-Mail: Leandra.Bucher@psychol.uni-giessen.de

*Dr. Thomas Ethofer*

Universitätsklinikum für Psychiatrie  
und Psychotherapie der  
Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
Arbeitsgruppe Affektive Neuro-  
psychiatrie  
Osianderstraße 24  
72076 Tübingen  
E-Mail: thomas.ethofer@med.uni-tuebingen.de

*Prof. Dr. Gunter Gebauer*

Freie Universität Berlin  
Institut für Philosophie  
Thielallee 43  
14195 Berlin  
E-Mail: ggebauer@zedat.fu-berlin.de

*Prof. Dr. John-Dylan Haynes*

Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Bernstein Center for Computational  
Neuroscience  
Philippstraße 13, Haus 6  
10115 Berlin  
E-Mail: haynes@bccn-berlin.de

*Dr. Markus J. Hofmann*

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Erziehungswissen-  
schaften und Psychologie  
Allgemeine und Neurokognitive  
Psychologie  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: mhof@zedat.fu-berlin.de

*Prof. Dr. Arthur M. Jacobs*

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Erziehungswissen-  
schaften und Psychologie  
Dahlem Institute for Neuroimaging  
of Emotion (D. I. N. E.)  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: ajacobs@zedat.fu-berlin.de

*Dr. Christoph P. Kaller*

Universitätsklinikum Freiburg  
Functional Brain Imaging (FBI)  
Abteilung für Neurologie  
Breisacher Straße 64  
79106 Freiburg  
E-Mail: christoph.kaller@uniklinik-  
freiburg.de

*Prof. Dr. Gisela Klann-Delius*

Freie Universität Berlin  
Institut für Deutsche und  
Niederländische Philologie  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: gisela.klann-delius@  
fu-berlin.de

*Prof. Dr. Markus Knauff*

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Fachbereich 06 Psychologie und  
Sportwissenschaft  
Abteilung Allgemeine Psychologie  
und Kognitionsforschung  
Otto-Behaghel-Straße 10F  
35394 Gießen  
E-Mail: markus.knauff@psychol.uni-  
giessen.de

*Prof. Dr. Stefan Koelsch*

Freie Universität Berlin  
Cluster Languages of Emotion  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: stefan.koelsch@fu-berlin.de

*Prof. Dr. Sonja A. Kotz*

Max-Planck-Institut für Kognitions-  
und Neurowissenschaften  
Stephanstraße 1a  
04103 Leipzig  
E-Mail: kotz@cbs.mpg.de



*Dr. Benjamin Kreifelts*

Universitätsklinikum für Psychiatrie  
und Psychotherapie der  
Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
Arbeitsgruppe Affektive Neuro-  
psychiatrie  
Osianderstraße 24  
72076 Tübingen  
E-Mail: benjamin.kreifelts@med.uni-  
tuebingen.de

*Dr. Susanne Leiberg*

Laboratory for Social and Neural  
Systems Research  
Department of Economics  
University of Zurich  
Blümlisalpstraße 10  
CH-8006 Zürich  
E-Mail: susanne.leiberg@econ.uzh.ch

*Prof. Dr. Katja Liebal*

Freie Universität Berlin  
Cluster „Languages of Emotion“  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: liebal@zedat.fu-berlin.de

*Prof. Dr. Axel Mecklinger*

Arbeitseinheit Experimentelle  
Neuropsychologie  
Universität des Saarlandes  
Campus  
66123 Saarbrücken  
E-Mail: mecklinger@mx.uni-  
saarland.de

*Prof. Dr. Winfried Menninghaus*

Freie Universität Berlin  
Peter Szondi-Institut für Allgemeine  
und Vergleichende Literaturwissen-  
schaft  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: winfried.menninghaus@  
fu-berlin.de

*Prof. Dr. Matthias M. Müller*

Universität Leipzig  
Institut für Psychologie  
Seeburgstraße 14–16  
04103 Leipzig  
E-Mail: m.mueller@rz.uni-leipzig.de

*Prof. Dr. Bertram Opitz*

School of Psychology  
University of Surrey  
Guilford, Surrey  
GU1 7XH, UK  
E-Mail: b.opitz@surrey.ac.uk

*Dipl.-Psych. Benjamin Rahm*

Universitätsmedizin der Johannes  
Gutenberg-Universität Mainz  
Medizinische Psychologie und  
Medizinische Soziologie  
Duesbergweg 6  
55128 Mainz  
E-Mail: rahm@uni-mainz.de

*Dr. Kathrin Rothermich*

Max-Planck-Institut für Kognitions-  
und Neurowissenschaften,  
Stephanstraße 1a  
04103 Leipzig  
E-Mail: rother@cbs.mpg.de

*Prof. Dr. Erich Schröger*

Universität Leipzig  
Institut für Psychologie  
Neumarkt 9–19  
04109 Leipzig  
E-Mail: schroger@uni-leipzig.de

*Lara Rzesnitzeck*

Freie Universität Berlin  
Cluster Languages of Emotion  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: lara.rzesnitzeck@zedat.fu-  
berlin.de

*Prof. Dr. Tania Singer*

Max-Planck-Institut für Kognitions-  
und Neurowissenschaften  
Stephanstraße 1a  
04103 Leipzig  
E-Mail: singer@cbs.mpg.de

*Dr. Iria SanMiguel*

Universität Leipzig  
Institut für Psychologie  
Seeburgstraße 14–20  
04103 Leipzig  
E-Mail: iria.sanmiguel@uni-leipzig.de

*Prof. Dr. Josef Unterrainer*

Universitätsmedizin der Johannes  
Gutenberg-Universität Mainz  
Medizinische Psychologie und  
Medizinische Soziologie  
Duesbergweg 6  
55128 Mainz  
E-Mail: unterrai@uni-mainz.de

*Prof. Dr. Christian von Scheve*

Freie Universität Berlin  
Institut für Soziologie  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: christian.von.scheve@  
fu-berlin.de

*Prof. Dr. Dirk Wildgruber*

Universitätsklinikum für Psychiatrie  
und Psychotherapie der  
Eberhard-Karls-Universität  
Tübingen  
Arbeitsgruppe Affektive Neuro-  
psychiatrie  
Osianderstraße 24  
72076 Tübingen  
E-Mail: dirk.wildgruber@med.uni-  
tuebingen.de

*Dr. Maren Schmidt-Kassow*

Institut für Medizinische Psychologie  
(IMP)  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Heinrich-Hoffmann-Straße 10  
60528 Frankfurt am Main  
E-Mail: schmidt-kassow@med.uni-  
frankfurt.de

# Inhaltsverzeichnis

## 1. Kapitel: Bemerkungen zu einer Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft

Von Erich Schröger und Stefan Koelsch

1	Das Verhältnis von Affekt und Kognition . . . . .	1
2	Neurowissenschaft als Ergänzung der Psychologie . . . . .	2
3	Der Informationsverarbeitungsansatz als Rahmentheorie für Affekt und Kognition . . . . .	3
4	Beiträge zu einer Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft. . . . .	4
5	Affektiv-kognitive Neurowissenschaft: Neuer Wein in alten Schläuchen? Alter Wein in neuen Schläuchen? . . . . .	8
	Literatur. . . . .	9

## 2. Kapitel: Prädiktive Modellierung in der auditiven Wahrnehmung

Von Erich Schröger, Iria SanMiguel und Alexandra Bendixen

1	Einleitung . . . . .	12
2	Empirische Untersuchungen zur Prädiktion . . . . .	15
	2.1 <i>Match</i> -Paradigmen: Verarbeitung von Reizen, die eine Regel bestätigen . . . . .	17
	2.2 <i>Mismatch</i> -Paradigmen: Verarbeitung von Reizen, die eine Regel verletzen . . . . .	23
	2.3 <i>Omission</i> -Paradigmen: Verarbeitung von fehlenden Reizen als Spezialfall der Regelverletzung . . . . .	26
	2.4 <i>Self-Generation</i> -Paradigmen: Verarbeitung von selbst erzeugten Reizen/Prädiktion im Handlungskontext. . . . .	29
3	Implikationen der prädiktiven Modellierung . . . . .	33
	3.1 Implikationen für die auditive Informationsverarbeitung. . . . .	33
	3.2 Implikationen für andere kognitive Prozesse . . . . .	35
4	Fazit und Ausblick . . . . .	38
	Literatur. . . . .	39

### 3. Kapitel: Bewusstsein und Aufmerksamkeit

Von John-Dylan Haynes

1	Methodische Vorüberlegungen . . . . .	47
1.1	Kontinuität der Wahrnehmungsschwelle . . . . .	48
1.2	Kriterien für bewusste Wahrnehmung I: Subjektive Schwelle . . . . .	48
1.3	Kriterien für bewusste Wahrnehmung II: Objektive Schwelle . . . . .	50
1.4	Experimentelle Umsetzung . . . . .	51
1.5	Kriterien für unter-schwellige Verarbeitung . . . . .	52
2	Neuronale Korrelate bewusster und unbewusster Reizverarbeitung . . . . .	55
2.1	Bewusste neuronale Verarbeitung . . . . .	55
2.2	Unbewusste neuronale Verarbeitung . . . . .	58
3	Bewusstseinsinhalte . . . . .	59
3.1	Kodierung von Bewusstseinsinhalten . . . . .	62
3.2	Multivariate Dekodierung . . . . .	63
3.3	Bewusstseinsstruktur . . . . .	68
3.4	Bewusstseinsmodelle . . . . .	69
4	Bewusstsein, Selektion und Aufmerksamkeit . . . . .	75
	Literatur . . . . .	78

### 4. Kapitel: Die Interaktion von Emotion und Aufmerksamkeit im Wettkampf um Verarbeitungsressourcen im menschlichen visuellen Kortex

Von Matthias M. Müller

1	Einleitung . . . . .	86
2	Emotionale Stimuli und Aufmerksamkeit . . . . .	87
2.1	Valenz und Erregung ( <i>arousal</i> ) . . . . .	89
2.2	Das Modell der „motivierten Aufmerksamkeit“ . . . . .	90
2.3	Die mögliche Rolle der Mandelkerne bei der Steuerung von Aufmerksamkeit: Das Modell von LeDoux . . . . .	91
3	Emotionale Bilder ziehen reflexiv Aufmerksamkeit auf sich . . . . .	92
4	Emotionale Stimuli stehen unter Top-down-Kontrolle . . . . .	93
5	Räumliche Anordnung der Stimuli und zeitliche Prozesse des Wettbewerbs um Verarbeitungsressourcen . . . . .	95
5.1	Das <i>steady-state</i> visuell evozierte Potenzial (SSVEP) . . . . .	97
5.2	Zeitlicher Verlauf des Wettbewerbs um Verarbeitungsressourcen in frühen visuellen Arealen . . . . .	100

6	Die Rolle der Mandelkerne als Emotionszentrum. . . . .	110
7	Schlussfolgerungen . . . . .	112
	Literatur. . . . .	113

**5. Kapitel: Empathie**  
**Von Susanne Leiberg und Tania Singer**

1	Einleitung . . . . .	119
2	Definitionen. . . . .	120
3	Empathie in den Sozialen Neurowissenschaften: Die Hypothese geteilter neuronaler Netzwerke. . . . .	122
	3.1 Peripherphysiologische Evidenz für die Hypothese geteilter neuronaler Netzwerke . . . . .	123
	3.2 Zentralnervöse Evidenz für die Hypothese geteilter neuronaler Netzwerke . . . . .	124
4	Top-down-Einflüsse auf Empathie . . . . .	132
5	Empathie in klinischen Populationen . . . . .	138
6	Fazit und Ausblick . . . . .	141
	Literatur. . . . .	144

**6. Kapitel: Neurokognition des Erinnerns**  
**Von Axel Mecklinger**

1	Zwei-Prozess-Modelle des Wiedererkennens. . . . .	155
2	Elektrophysiologische Indikatoren des Erinnerns . . . . .	159
	2.1 EKP-alt/neu-Effekte . . . . .	159
	2.2 Alt/neu-Effekte bei implizitem Gedächtnis . . . . .	162
3	Assoziatives Erinnern . . . . .	163
4	Die funktionelle Bedeutung der Alt/neu-Effekte. . . . .	168
5	Strategische Aspekte des Erinnerns . . . . .	169
6	Neuronale Grundlagen des Wiedererkennens . . . . .	176
7	Fazit und Ausblick . . . . .	180
	Literatur. . . . .	180

## 7. Kapitel: Erwerb künstlicher Grammatiken Von Bertram Opitz

1	Einleitung .....	189
2	AGL als Modell für Lernen .....	192
2.1	Regelbasierte vs. ähnlichkeitsbasierte Ansätze .....	193
2.2	Explizite und implizite Lernmechanismen .....	200
2.3	AGL – neurokognitive Befunde .....	203
3	AGL als Modell für Spracherwerb .....	206
3.1	Erstspracherwerb .....	207
3.2	Zweitspracherwerb .....	210
3.3	Hierarchische Strukturen .....	213
3.4	AGL und neuronale Grundlagen der Syntaxverarbeitung .....	215
4	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	219
	Literatur .....	220

## 8. Kapitel: Neurokognition des Sprachverstehens bei Gesunden und Patienten mit fokalen zerebralen Läsionen Von Sonja A. Kotz, Kathrin Rothermich und Maren Schmidt-Kassow

1	Syntaktische Verarbeitung .....	232
1.1	Bildgebende Korrelate syntaktischer Verarbeitung .....	233
1.2	EKP-Korrelate syntaktischer Verarbeitung bei Gesunden .....	233
1.3	EKP-Korrelate syntaktischer Verarbeitung bei Patienten mit fokalen zerebralen Läsionen .....	234
2	Semantische Verarbeitung .....	235
2.1	Neurophysiologische Korrelate semantischer Verarbeitung .....	236
2.2	EKP-Korrelate semantischer Verarbeitung bei Gesunden .....	237
2.3	EKP-Korrelate semantischer Verarbeitung bei Patienten .....	238
3	Grenzgänger: Schnittstellen in der Sprachverarbeitung – ein Ausblick ....	240
3.1	EKP-Korrelate der Syntax-Semantik-Schnittstelle bei Gesunden und Patienten .....	240
3.2	EKP-Korrelate der Syntax-Prosodie-Schnittstelle bei Gesunden und Patienten .....	241
3.3	Semantik-Prosodie-Schnittstelle .....	244
4	Fazit und Ausblick .....	246
	Literatur .....	246

## 9. Kapitel: Affektive Prosodie

Von Carolin Brück, Benjamin Kreifelts, Thomas Ethofer  
und Dirk Wildgruber

1	Einleitung .....	254
2	Stimulusassoziierte Hirnaktivierung bei der Verarbeitung emotionaler Prosodie .....	255
3	Aufmerksamkeitsabhängige Hirnaktivierung bei der Verarbeitung affektiver Prosodie .....	257
4	Validierung stimulusassoziiierter und aufmerksamkeitsabhängiger Effekte .....	262
5	Modell der zerebralen Verarbeitung affektiver Prosodie .....	264
6	Einfluss von Alter, Geschlecht und Persönlichkeit auf die Verarbeitung affektiver Prosodie .....	266
	6.1 Einfluss der Persönlichkeit .....	267
	6.2 Geschlechtsunterschiede .....	268
	6.3 Einfluss des Alters .....	269
7	Einfluss psychischer Erkrankungen auf die Verarbeitung affektiver Prosodie .....	270
8	Fazit und Ausblick .....	271
	Literatur .....	273

## 10. Kapitel: Gehirn und Musik: Ein neurokognitives Modell der Musikverarbeitung

Von Stefan Koelsch

1	Einleitung .....	281
2	Neuronale Verarbeitung akustischer Information .....	282
3	Sensorisches Gedächtnis und Bildung auditorischer Gestalten .....	285
4	Verarbeitung musikalischer Syntax .....	287
5	Verarbeitung musikalischer Semantik .....	293
6	Vegetative, hormonelle und prämotorische Effekte von Musik .....	298
7	Fazit und Ausblick .....	299
	Literatur .....	301

# 11. Kapitel: Ein neurofunktionales Modell von Emotionen

Von Stefan Koelsch, Arthur M. Jacobs, Winfried Menninghaus, Katja Liebal, Gisela Klann-Delius, Christian von Scheve und Gunter Gebauer

1	Einleitung .....	307
2	Hirnstamm-zentriertes Affektsystem.....	309
	2.1 Aufsteigende Aktivierung/Deaktivierung.....	310
	2.2 Absteigende Aktivierung/Deaktivierung.....	310
3	Diencephalon-zentriertes Affektsystem.....	311
	3.1 Thalamus und Schmerz.....	312
	3.2 Hypothalamus und Spaß.....	312
4	Hippocampus-zentriertes Affektsystem.....	314
	4.1 Bindungsbezogene Emotionen.....	316
5	Orbitofrontal-zentriertes Affektsystem.....	319
	5.1 Automatische kognitive Bewertung.....	319
	5.2 Hervorrufen der <i>somatic markers</i> .....	321
	5.3 Belohnung und Strafe.....	321
	5.4 Moralische Emotionen.....	322
6	Ursachen affektiver Aktivität.....	323
	6.1 Hirnstamm.....	324
	6.2 Diencephalon.....	325
	6.3 Hippocampus.....	325
	6.4 Orbitofrontalkortex.....	325
7	Effekte der Aktivität der Affektsysteme.....	326
8	Die Vierfaktoren-Theorie des emotionalen Empfindens.....	326
9	Interaktionen mit dem Sprachsystem.....	328
10	Bewusste Bewertung (conscious appraisal).....	330
11	Weitere in emotionale Prozesse involvierte Strukturen.....	331
	11.1 Amygdala.....	331
	11.2 Insula.....	332
	11.3 Anteriorer cingulärer Kortex.....	332
12	Was ist eine Emotion?.....	333
	Literatur.....	334



## 12. Kapitel: Neurowissenschaftliche Grundlagen der artifiziellen Modulation von Emotionen Von Malek Bajbouj und Lara Rzesnitzek

1	Einleitung .....	343
2	Der dorsolaterale präfrontale Kortex als Ziel der repetitiven transkraniellen Magnetstimulation (rTMS) .....	345
2.1	Magnetstimulation in den klinisch-affektiven Wissenschaften .....	346
2.2	Magnetstimulation in den kognitiv-affektiven Wissenschaften .....	347
2.3	Sicherheitsaspekte der Magnetstimulation .....	348
3	Transkranielle Gleichstromstimulation .....	348
3.1	Gleichstromstimulation in den klinisch-affektiven Neurowissen- schaften .....	349
3.2	Gleichstromstimulation in den kognitiv-affektiven Wissenschaften ...	350
4	Tiefe Hirnstimulation .....	350
4.1	Tiefe Hirnstimulation in den klinisch-affektiven Neurowissenschaften ..	351
4.2	Tiefe Hirnstimulation in den kognitiv-affektiven Wissenschaften .....	354
4.3	Vagusnervstimulation .....	355
5	Fazit .....	356
	Literatur .....	356

## 13. Kapitel: Neuronale Grundlagen komplexer Kognition Von Leandra Bucher, Christoph Kaller, Josef Unterrainer, Benjamin Rahm und Markus Knauff

1	Einleitung .....	363
2	Denken und Schlussfolgern .....	365
2.1	Formen logischen Denkens .....	365
2.2	Fehler beim logischen Denken .....	368
2.3	Theorien logischen Denkens .....	371
2.4	Befunde aus bildgebenden Studien .....	372
2.5	Zwei Systeme beim logischen Denken .....	373
2.6	Mentale Modelle beim logischen Denken .....	374
2.7	Die Rolle visueller Vorstellungen beim logischen Denken .....	375
2.8	Modellierung relationalen Schließens .....	378
2.9	Deduktion versus Induktion .....	380

3	Planen und Problemlösen . . . . .	381
3.1	Charakterisierungen von Problemlöseaufgaben . . . . .	383
3.2	Problemlösen als mentale Suche im Problemraum . . . . .	384
3.3	Problemlösen in schlecht definierten Situationen . . . . .	386
3.4	Patienten- und bildgebende Studien am Beispiel des Turm von London . . . . .	387
4	Entscheiden und Urteilen . . . . .	393
4.1	Umgang mit Wahrscheinlichkeit und Unsicherheit . . . . .	393
4.2	Fehleinschätzungen von Wahrscheinlichkeiten . . . . .	394
4.3	Repräsentativitäts-, Verfügbarkeits- und Wiedererkennungshuristiken . . . . .	395
4.4	Verankerung, Anpassung und Einrahmung von Einschätzungen . . . . .	397
4.5	Die Rolle von Emotionen und Aussicht auf Belohnung bei der Bewertung von Handlungsalternativen . . . . .	398
4.6	Zwei-Prozess-Modell rationaler und emotionaler Entscheidungen . . . . .	399
4.7	Moralisches Urteilen . . . . .	400
4.8	Entscheiden in sozialen Situationen . . . . .	401
5	Kreativität . . . . .	402
5.1	Voraussetzungen für Kreativität . . . . .	402
5.2	Neurokognitive Grundlagen von Kreativität . . . . .	403
6	Fantasie . . . . .	405
6.1	Bildhafte Vorstellungen . . . . .	405
6.2	Vorstellung in anderen Modalitäten . . . . .	406
6.3	Vorstellungen motorischer Abläufe . . . . .	407
7	Mathematisches Denken . . . . .	407
7.1	Distinktheit von Zahlenverarbeitung und Sprache . . . . .	408
7.2	Repräsentation von Zahlen . . . . .	408
7.3	Lösen mathematischer Aufgaben . . . . .	409
7.4	Modellierung mathematischen Denkens . . . . .	410
8	Fazit, Einordnung und Zukunftsperspektiven . . . . .	411
	Literatur . . . . .	413

## 14. Kapitel: Neurokognitive Modellierung

Von Arthur M. Jacobs und Markus J. Hofmann

1	Einleitung . . . . .	431
2	Vom Flussdiagramm zur Vorhersage hirnelektrischer und hämodynamischer Antwortfunktionen: Ein langer Weg . . . . .	433
3	Gehirn und Geist: eine komplexe Beziehungskiste mit umgekehrter Inferenz . . . . .	436

4	Wie baue ich ein gutes neurokognitives Modell? Funktionale Ontologien und Modellevaluationskriterien . . . . .	438
5	Modellbewertungskriterien . . . . .	441
5.1	Deskriptive Adäquatheit . . . . .	441
5.2	Verallgemeinerbarkeit . . . . .	442
5.3	Einfachheit und Falsifizierbarkeit . . . . .	442
5.4	Explanatorische Adäquatheit . . . . .	443
6	Ausblick . . . . .	444
	Literatur . . . . .	444
	Autorenregister . . . . .	449
	Sachregister . . . . .	477



## 1. Kapitel

# Bemerkungen zu einer Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft

*Erich Schröger und Stefan Koelsch*

### *1 Das Verhältnis von Affekt und Kognition*

Im Alltag, in Kunst und Kultur sowie in der Wissenschaft werden Affekt und Kognition oft als inkompatible Phänomene aufgefasst. Dies drückt sich auch in unserer Alltagspsychologie aus: Wenn man sich von seinen Kognitionen leiten lässt, verhält man sich rational, wenn man sich von seinen Affekten „beherrschen“ lässt, verhält man sich emotional.<sup>1</sup> Rationales Handeln wird häufig als geeignet zur Realisierung der eigenen Absichten betrachtet, emotionales Verhalten dagegen oft als dysfunktional zur Zielerreichung angesehen. Wenn man sich rational verhält, gilt man als verantwortlich für sein Handeln, wenn man sich emotional verhält, werden die Ursachen für das Verhalten weniger im freien Willen der handelnden Person gesehen als vielmehr in ihren Motiven (im Extremfall gilt man sogar als juristisch nicht verantwortlich für sein Handeln).

So sehr die Dichotomie zwischen Affekt und Kognition im subjektiven zutreffen mag und so berechtigt eine getrennte Behandlung in unterschiedlichen Kapiteln oder gar unterschiedlichen Büchern der einschlägigen Lehrbücher der Psychologie sein mag, so offensichtlich ist auch, dass beide Phänomene viel miteinander zu tun haben: Beispielsweise sind Emotionen oft involviert in Gedächtnis- und Entscheidungsprozesse (welche traditionell eher als „kognitiv“ aufgefasst werden) und kognitive Bewertungsprozesse (*appraisals*) rufen oft Emotionen hervor. Neurobiologisch scheinen bestimmte affektive und kognitive Prozesse

---

<sup>1</sup> Hier wird der Einfachheit halber Affekt und Emotion gleichgesetzt, da Affekt als wesentlicher Teil von Emotion aufgefasst werden kann; für eine differenziertere Sichtweise siehe den Beitrag von Stefan Koelsch „Ein neurofunktionales Modell von Emotionen“ in diesem Band.

in einigen Hirnstrukturen ko-lokalisiert zu sein, beispielsweise bindungsbezogene Affekte sowie Gedächtnisprozesse in der Hippocampusformation, oder Kontrolle emotionalen Verhaltens sowie Entscheidungsprozesse im Orbitofrontalkortex.

## 2 *Neurowissenschaft als Ergänzung der Psychologie*

Affekt und Kognition haben auch deswegen viel miteinander zu tun, weil sie beide durch Vorgänge im zentralen Nervensystem (ZNS) in Relation zum Rest unseres Körpers realisiert werden: Neben dem ZNS ist auch das periphere Nervensystem (einschließlich des vegetativen Systems), das endokrine System sowie das Immunsystem und damit alle inneren Organe an der Entstehung und an der Manifestation dieser Phänomene beteiligt (vgl. u. a. die Bände der Serie *Biologische Psychologie* der *Enzyklopädie der Psychologie*, z. B. Born & Debus, 1998; Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Die Grundlagendisziplinen der Psychologie als Wissenschaft vom Erleben und Verhalten beziehen zunehmend eine neurowissenschaftliche Perspektive ein. Dies erschließt wichtige Methoden zur Untersuchung psychischer Phänomene – wie etwa die funktionelle Bildgebung – und ergänzt psychologische Erklärungsmodelle um Aspekte der neurobiologischen Korrelate psychischer Phänomene.

Es ist daher zu begrüßen, wenn sich die Hirnforschung zunehmend diesen Themen widmet. Verbunden mit der Entwicklung von Verfahren, die zum einen die zeitliche und räumliche Messung von Hirnaktivität ermöglichen, während das Gehirn affektiv und kognitiv aktiv ist, und die zum anderen auch die gezielte, nicht invasive Modulation dieser Hirnaktivität erlauben, haben sich in den letzten Jahrzehnten eine *Kognitive Neurowissenschaft* und eine *Affektive Neurowissenschaft* entwickelt. Als Messverfahren seien hier beispielhaft die Elektroenzephalografie (EEG), die Magnetenzephalografie (MEG), die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT), die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) und die Diffusions-Tensor-Bildgebung erwähnt sowie als Modulationsverfahren (mit denen Hirnaktivität beeinflusst werden kann) die transkranielle Magnetstimulation (TMS) und die transkranielle Gleichstromstimulation.

Unter der Annahme, dass Gehirnaktivität besonders wichtig bei der Generierung und dem Ausdruck affektiver und kognitiver Zustände und Prozesse ist, kann man sich vorstellen, wie sehr die Entwicklung und Anwendung dieser Methoden unser Wissen über Affekt und Kognition in den letzten Jahren vorangebracht hat (oder zumindest haben könnte), und man kann spekulieren, welche Erkenntnisfortschritte in den nächsten Jahren noch zu erwarten sind. Wir stecken möglicherweise mitten in einer Revolution der Wissenschaft von der Emotion und der Kognition! Trotz der berechtigten Begeisterung über die Verfüg-

barkeit dieser modernen Methoden muss man sich aber darüber im Klaren sein, dass diese Methoden per se noch keinen Erkenntnisfortschritt bedeuten. Sehr häufig bleibt die Forschungsrealität weit hinter dem zurück, was man sich erhofft hat, was versprochen wurde und was behauptet wird (vgl. u. a. Jäncke & Petermann, 2010; Mausfeld, 2010).

### *3 Der Informationsverarbeitungsansatz als Rahmentheorie für Affekt und Kognition*

Vor wenigen Jahren wurde in einer neurowissenschaftlichen Fachzeitschrift eine Studie publiziert, die zeigt, dass Leser und Leserinnen größere Konfidenz in eine kommunizierte wissenschaftliche Aussage haben, wenn diese Aussage im Zusammenhang mit einer Abbildung getroffen wird, in der Hirnaktivität dargestellt wird, verglichen mit einer Aussage, die im Zusammenhang mit einem einfachen Balkendiagramm getroffen wird (Weisberg, Keil, Goodstein, Rawson & Gray, 2008). Vor dieser Art Budenzauber muss man sich gut wappnen! Eindeutig interpretierbare experimentelle Designs, richtig angewendete Methoden, angemessene Auswertungen, gehaltvolle Theorien und kriteriengerechte Modelle sind unentbehrlich, um unsere Kenntnisse über Emotion und Kognition voranzubringen. Unseres Erachtens stellt der Informationsverarbeitungsansatz der Psychologie einen fruchtbaren Rahmen dar, um Phänomene wie Emotion und Kognition mit neurowissenschaftlichen Verfahren (aber natürlich auch mit klassischen Verfahren der Experimentalpsychologie wie Reaktionszeitmessungen oder Schwellenmessungen) zu untersuchen.

Dieser Ansatz versteht psychische Phänomene als Resultat eines Systems, welches beschreibbar ist durch Prozesse und Zustände: Informationen von außen (aus der materiellen und sozialen Umwelt) und von innen (inneres Milieu, Weltwissen etc.) werden verarbeitet, Repräsentationen werden erstellt, transformiert und neu geschaffen (vgl. z. B. Prinz & Strube, 1997; Massaro & Cowan, 1993; Palmer & Kimchi, 1986). Ursprünglich wurde diese Rahmentheorie für die Kognitionswissenschaften (z. B. Kognitive Psychologie, Künstliche Intelligenz) entwickelt. Die Affektiven Neurowissenschaften haben den Informationsverarbeitungsansatz jedoch (mehr oder weniger explizit) übernommen. Bestimmte Repräsentationen entsprechen bestimmten kognitiven/affektiven Zuständen, die sie generierenden informationsverarbeitenden Prozesse entsprechen bestimmten kognitiven/affektiven Prozessen. Sind auf einer gewählten Abstraktionsebene Prozesse und Zustände identifiziert, kann man in eine tiefere Ebene zoomen und für die einzelnen Elemente des Erklärungssystems der höheren Ebene wiederum den Informationsverarbeitungsansatz anwenden (rekursive Konvolution). Da diese Prozesse und Zustände auch biologische Korrelate haben, ist es sinnvoll, diese in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Über die Voraussetzungen, Grenzen und Nachteile dieses Ansatzes sei hier nicht weiter eingegangen. Wichtig ist hier zunächst, dass sich Emotion und Kognition also innerhalb der gleichen Rahmentheorie (d. h. dem Informationsverarbeitungsansatz) und mit den gleichen Methoden untersuchen lassen. Somit können funktionale und strukturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen affektiven und kognitiven Prozessen untersucht bzw. gefunden werden. So hat sich beispielsweise in Bezug auf funktionale Gemeinsamkeiten gezeigt, dass unseren Entscheidungen oft sowohl kognitive als auch affektive Prozesse zugrunde liegen. Affekt und Kognition agieren also nicht grundsätzlich gegensätzlich, sondern können in die gleiche Funktion eingebunden sein. Letztlich sind wohl bei den meisten kognitiven Prozessen, die nicht als affektiv gelten (z. B. Lernen von Klausuraufgaben), wahrscheinlich immer auch irgendwelche affektiven Prozesse involviert (z. B. motivationale Prozesse). In Bezug auf strukturelle Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es Areale im Gehirn, in den Affekt und Kognition ko-lokalisiert sind (z. B. Hippocampus), aber auch Strukturen, bei denen nach Läsion zwar kognitive, aber keine affektiven Defizite und umgekehrt beobachtet werden.

#### *4 Beiträge zu einer Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft*

Wir haben renommierte Psychologen und Psychologinnen, Hirnforscher und Hirnforscherinnen darum gebeten, ihre aktuellen Forschungsgebiete der Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft vorzustellen, d. h., Gebiete, in denen sie national und international maßgebend aktiv sind; dies sind beispielsweise Wahrnehmung, Bewusstsein, Erinnern, Aufmerksamkeit, Planen, Denken, Kreativität, Empathie, Sprache, Musik, Emotion oder Entscheidung. In den Beiträgen werden der jeweilige Forschungsstand und aktuelle Forschungsentwicklungen zum gewählten Thema dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die häufig als getrennt wahrgenommenen Gebiete der Kognition und der Emotion so unterschiedlich gar nicht sind. Demnach existieren nicht nur Interaktionen sondern sogar Überschneidungen kognitiver und affektiver Prozesse. Manchmal löst sich die klassische Dichotomie zwischen Affekt und Kognition auf, manchmal ist eine Unterscheidung fruchtbar, manchmal auch eine Fokussierung auf den einen oder den anderen Aspekt. Dieser Band will über die Neurowissenschaft der Kognition und Emotion informieren und dazu anregen, diese gemeinsame Betrachtung von Kognition und Emotion weiter zu entwickeln, will also dazu beitragen, eine affektiv-kognitive Neurowissenschaft zu entwickeln, aber auch kritisch zu reflektieren. Die Beiträge sind nicht nach ihrer Zugehörigkeit zu Emotion oder Kognition gruppiert, sondern hinsichtlich inhaltlicher Themen wie Wahrnehmung, Gedächtnis, Kommunikation, Denken und Problemlösen.

Im 2. Kapitel von Schröger, SanMiguel und Bendixen wird am Beispiel des Hörens gezeigt, dass viel der dabei involvierten Prozesse automatischer Natur sind,



aber dennoch als kognitiv bezeichnet werden können. Ein wichtiger Mechanismus, so die These, ist der der prädiktiven Modellierung, also der Ableitung von Vorhersagen aus den aktuellen mentalen Modellen. Dabei haben die Vorhersagen nicht nur eine kognitive Konnotation, sondern auch eine affektive (obgleich diese sehr viel weniger beforscht ist). Unsere Wahrnehmung ist dabei erheblich von diesen Vorhersagen beeinflusst. Letztlich ermöglicht diese prädiktive Modellierung erst das (schnelle) Erstellen von adäquaten Reizrepräsentationen, beispielsweise für die bewusste Wahrnehmung eines Hörereignisses, für die Trennung simultan aktiver Schallquellen, für die Steuerung der Aufmerksamkeit, für die Unterscheidung selbst und extern generierter Ereignisse, bis hin zum Verstehen der Handlungsabsichten anderer Personen.

Während es im 2. Kapitel um Prozesse geht, die nicht intentional und meist auch nicht bewusst sind, widmet sich das 3. Kapitel von Haynes neuronalen Korrelaten des Bewusstseins. Dabei werden auch die methodischen Probleme behandelt, mit denen man konfrontiert ist, wenn man messen will, ob bestimmte Ereignisse bewusst sind oder nicht. Trotz dieser Schwierigkeiten gibt es gut kontrollierte experimentelle Ansätze, Auswirkungen bewusster Wahrnehmung auf die neuronale Verarbeitung zu untersuchen und somit der Entschlüsselung des neuronalen Codes der Repräsentationen von Bewusstseinsinhalten näherzukommen. Haynes geht auch ausführlich auf den Zusammenhang zwischen Bewusstsein und Aufmerksamkeit ein. Dieses Thema wird im 4. Kapitel von Müller weitergeführt, in dem die Interaktion zwischen emotionalen Stimuli und Aufmerksamkeit untersucht wird. Dieses Thema findet erst seit einigen Jahren stärkeres Forschungsinteresse. Müller berichtet, wie emotionale Bilder quasi reflexiv Aufmerksamkeit auf sich ziehen, dass also Aufmerksamkeit auch motivierte Aufmerksamkeit ist, wobei man nicht nur den extern getriebenen Prozessen ausgeliefert ist, sondern (vermutlich) auch ein gewisses Maß an „Top-down“-Kontrolle über diese mehr oder weniger automatisch stattfindenden Distraktionsprozesse hat. Am Ende unterstützt Müller die These, dass die Amygdala nicht nur ein Verarbeitungszentrum für Emotionen ist, sondern auch mit der Entdeckung von Salienz und der Unerwartetheit eines Stimulus in Verbindung gebracht werden kann.

Mit einem Teilgebiet der Emotion beschäftigt sich auch das 5. Kapitel von Leiberg und Singer, nämlich mit Empathie, also der Fähigkeit, anderer Personen Gefühle nachzuempfinden und zu verstehen. Diese wird am Rande auch im Beitrag von Schröger und Kolleginnen im Rahmen der prädiktiven Modellierung angesprochen, wird hier jedoch als wichtiges Feld der sozialen Neurowissenschaften behandelt. Die Autorinnen zeigen u. a. auf, dass die empathische Antwort auf die Gefühle anderer Personen nicht automatisch ausgelöst wird, sondern durch Aufmerksamkeitsprozesse und situations- sowie stimulusseitige Faktoren determiniert wird. Interessanterweise werden bei der Beobachtung von Emoti-

onen (wie etwa Schmerz) teilweise die gleichen neuronalen Netzwerke aktiviert wie bei der Empfindung einer Emotion. Die Autorinnen gehen auch auf Aspekte wie Patientengruppen mit dysfunktionalen empathischen Fähigkeiten, psychoneuroendokrinologische Befunde oder die Trainierbarkeit von Emotionen ein.

Die Gedächtnisforschung widmet sich vorrangig dem Erwerb und der Speicherung dieses Wissens in den dafür zuständigen Gedächtnissystemen. Im 6. Kapitel von Mecklinger wird das etwas vernachlässigte Feld des Wiedererkennens von bereits Gelerntem beschrieben. Er zeigt auf, dass die meisten aktuellen Theorien zwei Prozesse des Erinnerns (Rekognition) unterscheiden: das kontextfreie Wiedererkennen (Vertrautheit) und das kontextbasierte Erinnern (Rekollektion). Dabei zeigen beispielsweise Untersuchungen mit amnestischen Patienten, dass die Integrität des Hippocampus entscheidend für die Rekollektion ist und die angrenzende Regionen des medialen und inferioren Temporallappens beim vertrautheitsbasierten Erinnern wichtig sind. Wie bei der emotionsinduzierten Distraction (Kapitel von Müller) und der Empathie (Kapitel von Leiberg und Singer) spielen auch beim Erinnern „Top-down“-Prozesse eine tragende Rolle. Dabei ist das Rekognitionsgedächtnis keineswegs nur für explizite Gedächtnissituationen bedeutsam, sondern beeinflusst unser Verhalten, beispielsweise Entscheidungen in Wahlsituationen (ein Thema, das im Beitrag von Bucher et al. nochmals zur Sprache kommt).

Im 7. Kapitel von Opitz wird ein klassisches Thema der Kognitionspsychologie aufgegriffen, nämlich das Lernen künstlicher Grammatiken. Er stellt die Bildgebungsstudien vor und beschreibt regelbasiertes vs. ähnlichkeitsbasiertes Lernen (das durch unterschiedliche Netzwerke realisiert wird) und Mechanismen impliziten vs. expliziten Lernens (die durch teilweise überlappende Hirnareale ermöglicht werden). Opitz schlägt vor, dass manche vermeintlich sprachspezifischen Areale (wie etwa das Broca-Areal) zwar bei der Sprachverarbeitung eine Rolle spielen, jedoch nicht so exklusiv auf Sprache spezialisiert sind wie oft geäußert, sondern auch für die Verarbeitung anderer hierarchisch-sequenzieller Strukturen eingesetzt werden (hierauf geht auch Koelsch im 10. Kapitel zur Musikverarbeitung ein).

Im 8. Kapitel widmen sich Kotz, Rothermich und Schmidt-Kassow der Neurokognition des Sprachverstehens bei Gesunden und bei Patienten mit fokalen zerebralen Läsionen. Dabei werden die Ebenen der Verarbeitung von Syntax, Semantik, Phonologie und Pragmatik anhand von ereigniskorrelierten Potenzialen und (f)MRT-Daten einer integrierten Betrachtung unterzogen. Es zeigt sich, dass zumindest Prosodie und Syntax sowie Syntax und Semantik (und möglicherweise sogar Semantik und Prosodie) stark interagieren und sich gegenseitig bedingen, besonders unter erschwerten Verarbeitungsbedingungen. Die Auto-

rinnen plädieren daher für eine stärkere Berücksichtigung der gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse vermeintlich relativ unabhängiger Sprachverarbeitungsprozesse, um der Dynamik des Sprachverstehens besser gerecht zu werden. Um Sprachverarbeitung geht es auch im 9. Kapitel von Brück, Kreifelts, Ethofer und Wildgruber. Hier werden insbesondere die affektiven Aspekte der Prosodie berücksichtigt, denn Emotion wird stark über die Sprache kommuniziert. Unter anderem werden krankheitstypische Auffälligkeiten in der durch affektive Prosodie vermittelten zwischenmenschlichen Kommunikation bei Depression, Schizophrenie und Angsterkrankungen vorgestellt.

Im 10. Kapitel stellt Koelsch zahlreiche Funktionen vor, die dem Hören von Musik zugrunde liegen, nämlich die akustische Analyse, das auditorische Gedächtnis, die auditorische Gestaltbildung sowie die Verarbeitung musikalischer Syntax und Semantik. Dabei geht er auch auf die Beziehung von Musik und Emotion sowie von Musik und Motorik ein. Es wird deutlich, wie stark kognitive und neuronale Prozesse der Musik- und der Sprachverarbeitung überlappen. Außerdem wird deutlich, dass Musik sich insbesondere als Medium eignet, mit welchem unterschiedliche Domänen der Neurowissenschaft (akustische Wahrnehmung, Gedächtnis, Syntax, Semantik, Motorik, Emotion etc.) in einem gemeinsamen Forschungsrahmen untersucht werden können.

Im 11. Kapitel diskutiert Koelsch neuronale Korrelate von Emotionen. Hierbei werden vier unterschiedliche Affekt-Zentren vorgestellt, die unterschiedlichen Klassen von Affekten generieren: Das Hirnstamm-zentrierte Affektsystem (welches u. a. aktiviert/deaktiviert), das Diencephalon-zentrierte Affektsystem (u. a. involviert in homöostatische Emotionen sowie damit verbundenem Schmerz/Vergnügen), das Hippocampus-zentrierte Affektsystem (u. a. involviert in bindungsbezogene Emotionen wie z. B. Liebe) und das orbitofrontal-zentrierte Affektsystem (u. a. involviert in moralische Emotionen). Aktivität in diesen Affektzentren hat Effekte auf peripherphysiologische Aktivität, und diese Aktivitäten wirken – ggf. gemeinsam mit der kognitiven Einschätzung einer Situation – auf das subjektive Empfinden eines Individuums. Das subjektive Empfinden wiederum kann in Sprache „rekonfiguriert“ werden.

Die Neurowissenschaft arbeitet häufig mit messenden Verfahren, also Verfahren, die Hirnaktivität abbildet und so Auskunft über den zeitlichen Verlauf (mentale Chronometrie) und (im Idealfall) über die beteiligten Hirnareale (funktionelle Neuroanatomie) affektiver und kognitiver Prozesse informiert (siehe oben). Im Prinzip stehen auch Verfahren zur Verfügung, die man für die Modulation (Inhibition, Verstärkung) von neuronaler Aktivität und damit (indirekt) bestimmter affektiver oder kognitiver Prozesse einsetzen kann. Im Prinzip kann man damit auf ungefährliche Art und Weise virtuelle Läsionen setzen, mit denen bestimmte Teilprozesse gezielt manipuliert werden können. Dies ermög-

licht es, die Kopplung von Funktion und Struktur noch weiter aufzuklären, als es allein auf Basis der messenden Verfahren möglich wäre. Bajbouj und Rzesnitsek stellen im 12. Kapitel solche Verfahren vor, die im Übrigen nicht nur für die Affektive und Kognitive Neurowissenschaft nutzbar sind, sondern auch als therapeutische Verfahren entwickelt werden.

Im 13. Kapitel diskutieren Bucher, Kaller, Unterrainer, Rahm und Knauff diverse Funktionen, die man als höhere kognitive Prozesse bezeichnet – wie etwa Denken, Problemlösen, Schlussfolgern, Planen, Entscheiden, Urteilen –, die aber de facto zahlreiche emotionale Aspekte aufweisen. Der Mensch entscheidet und handelt nicht stets rational wie ein *homo oeconomicus*, sondern oft auch affektiv und scheinbar irrational. Die Autoren behandeln auch Kreativität und Phantasie – Themen, die erst langsam in der Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft Fuß fassen.

Wie am Anfang dieses Überblickskapitels angesprochen, sind die neurowissenschaftlichen Methoden zwar erfolgsträchtig, aber noch kein Erfolgsgarant. Im 14. Kapitel charakterisieren Jacobs und Hofmann die neurokognitive Modellierung. Diese kann dazu beitragen, Hypothesen bezüglich bestimmter Hirnaktivitäten (indiziert durch mit neurowissenschaftlichen Messmethoden gewonnener Daten) beim Funktionieren mentaler Vorgänge zu spezifizieren. Diese Hypothesen können dann falsifiziert bzw. gegen alternative Hypothesen getestet werden. Es werden Kriterien der Bewertung neurokognitiver Modelle aufgestellt, die leider auch in der Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft noch zu wenig Berücksichtigung finden.

### *5 Affektiv-kognitive Neurowissenschaft: Neuer Wein in alten Schläuchen? Alter Wein in neuen Schläuchen?*

Es stellt sich die Frage, warum man zwei bereits existierende Forschungsfelder, nämlich die Kognitive Neurowissenschaft und die Affektive Neurowissenschaft nicht weiterhin separat betreibt und deren Ergebnisse in separaten Lehrbüchern und Journalen darstellt. Eine inhaltliche Antwort, wonach diese Phänomene vielfältige Interaktionen aufweisen und sogar viel gemein haben, wurde bereits oben gegeben. Der Bedarf an einer affektiv-kognitiven neurowissenschaftlichen Betrachtungsweise mentaler Funktionen sei an zwei aktuellen Beispielen aus der Forschungsentwicklung illustriert.

Seit März 2001 gibt es die Zeitschrift *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*. Im Editorial der ersten Ausgabe schreibt der Editor John Jonides, dass dieses neue von der *Psychonomic Society* herausgegebene Journal Beiträge publizieren will, in denen die Rolle von Kognition und Affekt für das Verhalten un-

tersucht wird. Darüber hinaus wird extra erwähnt, dass Artikel, die die Interaktion von Kognition und Affekt betrachten, willkommen sind (Jonides, 2001). Die Tatsache, dass die Zeitschrift inzwischen sehr renommiert ist, zeigt dass hier offensichtlich ein Forschungsdefizit identifiziert wurde.

Ein weiteres Beispiel stellt die Gründung der European Society for *Cognitive and Affective Neurosciences* im Jahr 2010 dar. Diese Gesellschaft hat sich zum Ziel gesetzt, die Forschung zur Affektiven und Kognitiven Neurowissenschaft voranzutreiben. Dazu organisiert sie regelmäßige Tagungen und plant die Herausgabe einer eigenen Zeitschrift. Die Idee, die Serie *Kognition* im Bereich *Theorie und Forschung* der *Enzyklopädie der Psychologie* um einen Band *Affektive und Kognitive Neurowissenschaft* zu ergänzen, geschah kurz bevor sich diese wissenschaftliche Gesellschaft gründete. Es handelt sich bei der affektiv-kognitiven Neurowissenschaft also weder um alten Wein, noch um alte Schläuche. Dieses Forschungsfeld expandiert und lässt spannende neue Forschungsergebnisse erwarten, die hoffentlich zu einem besseren Verständnis unserer Psyche beitragen.

Wir sind sehr froh, dass die Autoren bei diesem neuen Unterfangen mit so interessanten, originären und aktuellen Beiträgen mitgewirkt haben. Damit wird auch im deutschsprachigen Raum ein neuer Forschungsansatz vorgestellt und möglicherweise mitgeformt. Als Herausgeber dieses Bandes bedanken uns auch bei den anonymen Gutachtern und Gutachterinnen, die wichtige Änderungshinweise gegeben haben, sowie bei den Mitgliedern unserer Arbeitsgruppen für das Korrekturlesen und die hilfreichen Kommentare.

## Literatur

- Born, J. & Debus, G. (1998). Psychophysiologische Korrelate endokriner und pharmakologischer Intervention. In F. Rösler (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie* (Band 5, Ergebnisse und Anwendungen der Psychophysiologie, 681–797). Göttingen: Hogrefe.
- Jäncke, L. & Petermann, F. (2010). Zum Verhältnis von Biologie und Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 61 (4), 175–179.
- Jonides, J. (2001). Editorial. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 1 (1), 1.
- Kirschbaum, C. & Hellhammer, D.H. (1999). Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindendachse. In D.H. Hellhammer & C. Kirschbaum (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie* (Band 3, Psychoendokrinologie und Psychoimmunologie, Biologische Psychologie, 79–140). Göttingen: Hogrefe.
- Massaro, D. W. & Cowan, N. (1993). Information-processing models – microscopes of the mind. *Annual Review of Psychology*, 44, 383–425.
- Mausfeld, R. (2010). Psychologie, Biologie, kognitive Neurowissenschaften: Zur gegenwärtigen Dominanz neuroreduktionistischer Positionen und zu ihren stillschweigenden Grundannahmen. *Psychologische Rundschau*, 61 (4), 180–190.

- Palmer, S. E. & Kimchi, R. (1986). The information processing approach to cognition. In T. J. Knapp & L. C. Robertson (Eds.), *Approaches to cognition: Contrasts and controversies* (pp. 37–77). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Prinz, W. & Strube, G. (1997). Kognitionswissenschaften. In Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.), *Perspektiven der Forschung und ihrer Förderung* (S. 141–162). Weinheim: Wiley-VCH.
- Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, E. & Gray, J. R. (2008). The seductive allure of neuroscience explanations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (3), 470–477.

## 2. Kapitel

# Prädiktive Modellierung in der auditiven Wahrnehmung

*Erich Schröger, Iria SanMiguel und Alexandra Bendixen*

Wir verfügen über eine reichhaltige auditive Welt, die sich aus ganz unterschiedlichen Wahrnehmungsobjekten zusammensetzt, wie etwa dem Klang eines Instruments oder einer ganzen Melodie, dem Summen einer uns umkreisenden Mücke, einer vertrauten Stimme, einem identifizierten Phonem, einem gehörten Wort oder einem verstandenen Satz. Die Konstruktionen dieser Objekte beruhen auf zwei Informationsquellen: den externen Signalen, also letztlich den Bewegungen des Trommelfells bzw. Erregungen der Basilar-membran, die durch die momentan aktiven Schallquellen verursacht werden, und den internen Repräsentationen, also den Gedächtnisinhalten bzw. unserem Weltwissen. Wie ist es möglich, das zeitvariable externe Signal meist mühelos und mit einer enormen Geschwindigkeit zu analysieren und dabei auch noch mit der internen Information zu verknüpfen? Nach unserer Auffassung wird das durch ein Verarbeitungssystem geleistet, das über ein Modell unserer auditiven Welt verfügt, aus dem bevorstehende Ereignisse prädiziert werden. Dies reduziert den Verarbeitungsaufwand für bekannte, bereits im Modell enthaltene Information und ermöglicht das effiziente Verarbeiten neuer, noch nicht im Modell enthaltener und damit potenziell wichtiger Information. In diesem Beitrag werden verschiedene neurowissenschaftliche Forschungsansätze dargestellt, die Evidenz für die Existenz dieser sogenannten prädiktiven Modellierung in der auditiven Wahrnehmung liefern. Es wird gezeigt, dass diese prädiktive Modellierung für viele Aspekte der auditiven Informationsverarbeitung wichtig ist, beispielsweise die auditive Szenenanalyse, die Verarbeitung bewegter Reize oder die flexible Aufmerksamkeitszuweisung auf auditive Ereignisse. Sie hat darüber hinaus auch Bedeutung für andere kognitive Funktionen, beispielsweise für unsere Fähigkeit, selbsterzeugte Reize von fremderzeugten Reizen zu unterscheiden, und damit indirekt für die Ent-

wicklung des Selbstkonzepts und das Verstehen der Handlungsabsichten anderer Personen.

*Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.*

(Karl Valentin u. a.)

## 1 Einleitung

Mentale Modelle sind seit langem ein zentraler Untersuchungsgegenstand der kognitiven Psychologie (Craik, 1943). Sie sind als interne Repräsentationen der Realität zu verstehen und spielen beim Schlussfolgern und Entscheiden eine wichtige Rolle (Johnson-Laird, 1983). Mithilfe von mentalen Modellen simulieren wir die Wirklichkeit. Wir können dadurch beispielsweise antizipieren, was passieren würde, wenn wir eine bestimmte Handlung ausführen würden oder wenn ein bestimmtes Ereignis eintreffen würde. Dadurch können wir uns auf künftige Ereignisse einstellen – wie etwa den zu erwartenden Regen oder die schlechte Laune des Partners bzw. der Partnerin; d. h., wir können geeignete Maßnahmen ergreifen, um die unerwünschten Effekte (z. B. das Nasswerden durch den Regen) zu vermeiden, oder sogar die Zukunft derart verändern, dass die schlechte Laune des Partners gar nicht erst eintritt. Anders formuliert, ermöglicht diese Fähigkeit zur Erstellung von Vorhersagen zielgerichtetes Verhalten unabhängig von festen Reiz-Reaktions-Verbindungen. Damit erreichen wir eine enorme Flexibilität in der Auseinandersetzung mit unserer physikalischen und sozialen Umwelt.

Ogleich der Begriff der mentalen Modelle häufig im Zusammenhang mit höheren kognitiven Funktionen wie dem Lösen von Problemen oder der Produktion von Sprache diskutiert wird, ist dieser Ansatz auch in der Forschung zur vermeintlich einfacheren kognitiven Funktion der Wahrnehmung verbreitet. Man denke etwa an die Theorie der unbewussten Schlüsse von Hermann von Helmholtz (1867) oder Irvin Rock (1983), wonach unserer Wahrnehmung logische Inferenzen aufgrund interner Repräsentationen zugrunde liegen. Allerdings haben diese auf perzeptiver Ebene postulierten Schlussfolgerungen weniger prospektiven als vielmehr retrospektiven Charakter. Seit einigen Jahren wird jedoch zunehmend auch für den Bereich der Wahrnehmung der proaktive bzw. prädiktive Aspekt mentaler Modelle diskutiert. Beispielsweise vergleicht Gregory (1980) Perzepte (also konkrete Wahrnehmungserlebnisse) mit prädiktiven Hypothesen, wie sie in der Wissenschaft aufgestellt werden. Beide beruhen auf Daten, Generalisierungen und Annahmen. Die auf Grundlage dieser Information erzeugten Hypothesen sagen etwas über die Welt aus. Bei der Wahrnehmung sind Extrapolationen auf Sachverhalte, die keine unmittelbare sensorische Grundlage haben, üblich. So werden in der visuellen Modalität nicht alle Elemente eines Objekts auf die Netzhaut projiziert, und trotzdem wird das Objekt