

---

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 Rzesnitzek*

Freie Universität Berlin  
Cluster Languages of Emotion  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
E-Mail: lara.rzesnitzek@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  
Oslanderstraße 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 unterschwellige 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 Erinnerens

Von Axel Mecklinger

1 Zwei-Prozess-Modelle des Wiedererkennens . . . . .	155
2 Elektrophysiologische Indikatoren des Erinnerens . . . . .	159
2.1 EKP-alt/neu-Effekte . . . . .	159
2.2 Alt/neu-Effekte bei implizitem Gedächtnis . . . . .	162
3 Assoziatives Remembern . . . . .	163
4 Die funktionelle Bedeutung der Alt/neu-Effekte . . . . .	168
5 Strategische Aspekte des Erinnerens . . . . .	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 stimulusassoziiertes 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

---

1 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.