

E. Bruce Goldstein · Laura Cacciamani

Wahrnehmungs- psychologie

Der Grundkurs

10. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Deutsche Auflage herausgegeben von Karl Gegenfurtner

 Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Wahrnehmung	1
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
1.1	Wie kann Wahrnehmung gemessen werden?	2
1.2	Warum sollte man dieses Buch lesen?	3
1.3	Empfindung und Wahrnehmung	5
1.4	Der Prozess der Wahrnehmung	6
1.4.1	Distale und proximale Stimuli – Schritte 1 und 2	7
1.4.2	Rezeptorprozesse – Schritt 3	7
1.4.3	Neuronale Verarbeitung – Schritt 4	8
1.4.4	Verhaltensreaktion – Schritte 5 bis 7	9
1.4.5	Wissen	10
1.5	Untersuchung der Wahrnehmung	11
1.5.1	Die Reiz-Verhalten-Beziehung (A)	12
1.5.2	Die Reiz-Physiologie-Beziehung (B)	13
1.5.3	Die Physiologie-Verhalten-Beziehung (C)	13
1.6	Messung der Wahrnehmung	15
1.6.1	Messen von Schwellen	15
1.6.2	Die Messung von überschwelligen Wahrnehmungen	18
1.7	Weitergedacht: Warum ist die Unterscheidung zwischen physikalischen und wahrnehmungsbezogenen Aspekten bedeutend?	20
1.8	Zum weiteren Nachdenken	21
1.9	Schlüsselbegriffe	21
2	Grundlagen der Sinnesphysiologie	23
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
2.1	Elektrische Signale in Neuronen	24
2.1.1	Die Aufzeichnung elektrischer Signale von Neuronen	25
2.1.2	Grundlegende Eigenschaften von Aktionspotenzialen	25
2.1.3	Chemische Grundlage von Aktionspotenzialen	26
2.1.4	Informationsübertragung am synaptischen Spalt	29
2.2	Sensorische Codierung: Wie Neuronen Information repräsentieren	30
2.2.1	Einzelzellcodierung	31
2.2.2	Sparsame Codierung	33
2.2.3	Populationscodierung	33
2.3	Das Gesamtbild: Repräsentation im Gehirn	35
2.3.1	Von der Funktion zur Struktur	35
2.3.2	Verteilte Repräsentation	37
2.3.3	Verbindungen zwischen Gehirnarealen	38
2.4	Weitergedacht: Das Leib-Seele-Problem	39
2.5	Zum weiteren Nachdenken	42
2.6	Schlüsselbegriffe	42
3	Das Auge und die Retina	43
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
3.1	Licht, Auge und visuelle Rezeptoren	44
3.1.1	Licht – der Stimulus für das Sehen	45
3.1.2	Das Auge	45
3.2	Licht wird auf die Retina fokussiert	48
3.2.1	Akkommodation	49
3.2.2	Refraktionsfehler	49
3.3	Fotorezeptorprozesse	50
3.3.1	Transformation von Lichtenergie in elektrische Energie	50

3.3.2	Dunkeladaptation	51
3.3.3	Spektrale Empfindlichkeit	55
3.4	Die Reise der elektrischen Signale durch die Retina	58
3.4.1	Konvergenz von Stäbchen und Zapfen	58
3.4.2	Rezeptive Felder der Ganglienzellen	62
3.5	Weitergedacht: Frühe Prozesse haben starken Einfluss	67
3.6	Der Entwicklungsaspekt: Sehschärfe im Säuglingsalter	68
3.7	Zum weiteren Nachdenken	72
3.8	Schlüsselbegriffe	73
4	Der visuelle Kortex und darüber hinaus	75
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
4.1	Von der Retina zum visuellen Kortex	76
4.1.1	Die Bahn zum Gehirn	76
4.1.2	Die rezeptiven Felder von Kortexneuronen	78
4.2	Die Rolle von Merkmalsdetektoren bei der Wahrnehmung	81
4.2.1	Selektive Adaptation und Merkmalsdetektoren	82
4.2.2	Selektive Aufzucht und Merkmalsdetektoren	83
4.3	Räumliche Organisation im visuellen Kortex	85
4.3.1	Die neuronale Karte im striären Kortex (V1)	85
4.3.2	Kortexorganisation in Säulen	87
4.3.3	Beteiligung von V1-Neuronen und Säulen an der Wahrnehmung einer Szene	88
4.4	Über den visuellen Kortex hinaus	90
4.4.1	Ströme für Informationen über Was und Wo	91
4.4.2	Ströme für Informationen über Was und Wie	92
4.5	Neuronen auf höheren Ebenen des visuellen Systems	94
4.5.1	Neuronale Antworten im inferotemporalen Kortex	95
4.5.2	Wo Wahrnehmung auf Erinnerung trifft	97
4.6	Weitergedacht: „Flexible“ rezeptive Felder	98
4.7	Zum weiteren Nachdenken	99
4.8	Schlüsselbegriffe	100
5	Die Wahrnehmung von Objekten und Szenen	101
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
5.1	Warum ist maschinelles Sehen so schwierig?	104
5.1.1	Der Stimulus an den Rezeptoren ist mehrdeutig	104
5.1.2	Objekte können verdeckt oder unscharf sein	106
5.1.3	Objekte sehen aus verschiedenen Blickwinkeln unterschiedlich aus	106
5.2	Wahrnehmungsorganisation	107
5.2.1	Der gestaltpsychologische Ansatz zur perzeptuellen Gruppierung	108
5.2.2	Gestaltprinzipien	110
5.2.3	Perzeptuelle Segmentierung	113
5.3	Erkennung durch Komponenten	117
5.4	Wahrnehmung von Szenen und Objekten in Szenen	118
5.4.1	Wahrnehmung der Bedeutung einer Szene	118
5.4.2	Regelmäßigkeiten in der Umgebung: Informationen für die Wahrnehmung	120
5.4.3	Einfluss von Schlussfolgerungen auf die Wahrnehmung	123
5.5	Objektwahrnehmung und neuronale Aktivität	126
5.5.1	Antworten des Gehirns auf Objekte und Gesichter	126
5.5.2	Neuronale Antworten auf Szenen	128
5.5.3	Die Verbindung zwischen Wahrnehmung und Gehirnaktivität	130
5.5.4	Gehirnaktivität entschlüsseln	131
5.6	Weitergedacht: Das Rätsel der Gesichter	134
5.7	Der Entwicklungsaspekt: Die kindliche Wahrnehmung von Gesichtern	135
5.8	Zum weiteren Nachdenken	138
5.9	Schlüsselbegriffe	139

6	Visuelle Aufmerksamkeit	141
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
6.1	Was ist Aufmerksamkeit?	143
6.2	Die Vielfalt in der Aufmerksamkeitsforschung	144
6.2.1	Aufmerksamkeit für auditive Information: Die Experimente von Cherry und Broadbent zum selektiven Hören	144
6.2.2	Aufmerksamkeit für einen Ort im Raum: Michael Posners Hinweisreizverfahren	145
6.2.3	Aufmerksamkeit als ein Mechanismus zur Bindung von Objektmerkmalen: Anne Treismans Merkmalsintegrationstheorie	145
6.3	Was passiert, wenn wir eine Szene durch Bewegung unserer Augen abtasten?	148
6.3.1	Eine Szene mit Blickbewegungen abtasten	148
6.3.2	Wie verarbeitet das Gehirn die Bilder, die es über die Augenbewegungen erhält?	149
6.4	Faktoren, die visuelles Abtasten beeinflussen	151
6.4.1	Visuelle Salienz	151
6.4.2	Interessen und Ziele des Beobachters	153
6.4.3	Szenenschemata	154
6.4.4	Aufgabenanforderungen	154
6.5	Vorteile der Aufmerksamkeit	156
6.5.1	Aufmerksamkeit beschleunigt das Reagieren	156
6.5.2	Aufmerksamkeit beeinflusst das Erscheinungsbild	156
6.6	Physiologie der Aufmerksamkeit	157
6.6.1	Aufmerksamkeit auf ein Objekt erhöht die Aktivität in spezifischen Gehirnbereichen	157
6.6.2	Aufmerksamkeit auf einen Ort erhöht die Aktivität in spezifischen Gehirnbereichen	158
6.6.3	Aufmerksamkeit verschiebt rezeptive Felder	159
6.7	Was passiert bei fehlender Aufmerksamkeit?	160
6.8	Ablenkung durch Smartphones	162
6.8.1	Ablenkungen am Steuer durch das Smartphone	162
6.8.2	Weitere Ablenkungen durch das Smartphone	163
6.9	Aufmerksamkeitsstörungen: Räumlicher Neglect und Extinktion	165
6.10	Weitergedacht: Aufmerksamkeitsfokussierung durch Meditieren	167
6.11	Der Entwicklungsaspekt: Aufmerksamkeit von Babys und Lernen von Objektnamen ..	168
6.12	Zum weiteren Nachdenken	171
6.13	Schlüsselbegriffe	171
7	Handeln	173
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
7.1	Der ökologische Ansatz der Wahrnehmungsforschung	175
7.1.1	Der sich bewegende Betrachter erzeugt Informationen zu seiner Umgebung	175
7.1.2	Reaktionen auf durch Bewegung erzeugte Informationen	176
7.1.3	Die Sinne arbeiten zusammen	177
7.1.4	Affordanzen: Wozu Objekte verwendet werden	178
7.2	Auf Kurs bleiben: Gehen und Fahren	180
7.2.1	Gehen	180
7.2.2	Autofahren	181
7.3	Wegfindung	181
7.3.1	Die Bedeutung von Landmarken	181
7.3.2	Kognitive Karten: Das „GPS“ des Gehirns	182
7.3.3	Individuelle Unterschiede bei der Wegfindung	185
7.4	Interagieren mit Objekten: Die Hand ausstrecken, ein Objekt ergreifen und anheben ..	186
7.4.1	Die Physiologie des Ausstreckens und des Ergreifens	187
7.4.2	Anheben der Flasche	190
7.4.3	Anpassen des Griffs	190
7.5	Beobachten der Handlungen anderer	192
7.5.1	Spiegelungen von Handlungen anderer im Gehirn	192
7.5.2	Vorhersage der Intentionen anderer	194
7.6	Handlungsbasierte Ansätze der Wahrnehmung	196

7.7	Weitergedacht: Vorhersage ist alles	197
7.8	Der Entwicklungsaspekt: Affordanzen bei Kindern	198
7.9	Zum weiteren Nachdenken	201
7.10	Schlüsselbegriffe	202
8	Bewegungswahrnehmung	203
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
8.1	Funktionen der Bewegungswahrnehmung	205
8.1.1	Erkennen von Reizen	205
8.1.2	Wahrnehmen von Objekten	206
8.1.3	Verstehen von Ereignissen	207
8.1.4	Soziales Interagieren	207
8.1.5	Handeln	208
8.2	Untersuchung der Bewegungswahrnehmung	209
8.2.1	Wann nehmen wir Bewegung wahr?	209
8.2.2	Reale Bewegungen und Scheinbewegungen im Vergleich	210
8.2.3	Zwei Situationen aus dem realen Leben, die wir erklären wollen	211
8.3	Der ökologische Ansatz in der Bewegungswahrnehmung	211
8.4	Reafferenzprinzip und Bewegungswahrnehmung	212
8.5	Der Reichardt-Detektor	213
8.6	Reaktionen einzelner Neuronen auf Bewegung	215
8.6.1	Experimente mit dynamischen Punktmustern	215
8.6.2	Läsionen des MT-Kortex	216
8.6.3	Deaktivierung des MT-Kortex	216
8.6.4	Stimulierung des MT-Kortex	217
8.7	Über die Reaktionen einzelner Neuronen auf Bewegung hinaus	218
8.7.1	Das Aperturproblem	218
8.7.2	Lösungen des Aperturproblems	220
8.8	Bewegung und der menschliche Körper	220
8.8.1	Scheinbewegungen des Körpers	220
8.8.2	Lichtpunktläufer zur Untersuchung von biologischer Bewegung	221
8.9	Bewegungsantworten auf statische Bilder	223
8.10	Weitergedacht: Bewegung, Bewegung und nochmals Bewegung	225
8.11	Der Entwicklungsaspekt: Säuglinge nehmen biologische Bewegung wahr	226
8.12	Zum weiteren Nachdenken	228
8.13	Schlüsselbegriffe	228
9	Farbwahrnehmung	229
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
9.1	Funktionen der Farbwahrnehmung	230
9.2	Farbe und Licht	231
9.2.1	Reflexion und Transmission	233
9.2.2	Farbmischung	234
9.3	Wahrnehmungsdimensionen der Farbe	236
9.4	Die Dreifarben­theorie des Farbensehens	238
9.4.1	Kurzer geschichtlicher Hintergrund	238
9.4.2	Beleg für die Dreifarben­theorie durch Farb­abgleich	238
9.4.3	Messung der Eigenschaften der Zapfenrezeptoren	239
9.4.4	Trichromatismus: Zapfen und der trichromatische Farb­abgleich	241
9.4.5	Monochromatismus: Farbensehen mit nur einem Sehpigment	241
9.4.6	Dichromatismus: Farbensehen mit zwei Sehpigmenten	242
9.5	Die Gegenfarbentheorie des Farbensehens	245
9.5.1	Verhaltensbasierte Belege für die Gegenfarbentheorie	245
9.5.2	Die Physiologie der Gegenfarbentheorie	247
9.5.3	Diskussion über das Konzept der Urfarben	248
9.6	Farbareale im Kortex	249

9.7	Farbe in der Welt: Jenseits von Wellenlängen	251
9.7.1	Farbkonstanz	251
9.7.2	Helligkeitskonstanz	257
9.8	Weitergedacht: Farbwahrnehmung aufgrund von farblosen Wellenlängen	260
9.9	Der Entwicklungsaspekt: Farbwahrnehmung bei Säuglingen	263
9.10	Zum weiteren Nachdenken	265
9.11	Schlüsselbegriffe	265
10	Tiefen- und Größenwahrnehmung	267
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
10.1	Tiefenwahrnehmung	269
10.2	Okulomotorische Tiefenhinweise	270
10.3	Monokulare Tiefenhinweise	271
10.3.1	Bildbezogene Tiefenhinweise	271
10.3.2	Bewegungsinduzierte Tiefenhinweise	274
10.4	Binokulare Tiefenhinweise	277
10.4.1	Tiefenwahrnehmung mit beiden Augen	277
10.4.2	Querdisparität	279
10.4.3	Von der Geometrie (Disparität) zur Wahrnehmung (Stereopsis)	282
10.4.4	Das Korrespondenzproblem	283
10.5	Die Physiologie der binokularen Tiefenwahrnehmung	284
10.6	Tiefeninformation bei verschiedenen Tieren	286
10.7	Größenwahrnehmung	289
10.7.1	Das Experiment von Holway und Boring	290
10.7.2	Größenkonstanz	293
10.8	Tiefenillusionen und Größentäuschungen	296
10.8.1	Die Müller-Lyer-Täuschung	296
10.8.2	Die Ponzo-Täuschung	298
10.8.3	Der Ames'sche Raum	299
10.9	Weitergedacht: Der wechselnde Mond	299
10.10	Der Entwicklungsaspekt: Tiefenwahrnehmung bei Säuglingen	301
10.10.1	Binokulare Disparität	301
10.10.2	Bildbezogene Tiefenhinweise	302
10.11	Zum weiteren Nachdenken	304
10.12	Schlüsselbegriffe	304
11	Hören	307
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
11.1	Die physikalischen Aspekte von Tönen	310
11.1.1	Schall als Druckschwankung	310
11.1.2	Reine Töne	311
11.1.3	Komplexe Töne und Frequenzspektren	314
11.2	Die Seite der Wahrnehmung	315
11.2.1	Hörschwellen und Lautheit	315
11.2.2	Tonhöhe	317
11.2.3	Klangfarbe	318
11.3	Vom Schalldruck zum elektrischen Signal	319
11.3.1	Äußeres Ohr	319
11.3.2	Mittelohr	320
11.3.3	Innenohr	321
11.4	Umwandlung der Frequenz des Schallreizes in Nervensignale	325
11.4.1	Békésys Untersuchungen zur Schwingung der Basilarmembran	325
11.4.2	Filterfunktion der Cochlea	326
11.4.3	Cochleäre Verstärkung durch die äußeren Haarzellen	327
11.5	Die Physiologie der Tonhöhenwahrnehmung: Die Cochlea	329
11.5.1	Ort und Tonhöhe	329

11.5.2	Zeitinformation und Tonhöhe	330
11.5.3	Noch offene Fragen	331
11.6	Die Physiologie der Tonhöhenwahrnehmung: Das Gehirn	331
11.6.1	Die Hörbahnen zum auditorischen Kortex	331
11.6.2	Tonhöhe und Gehirn	332
11.7	Hörverlust	334
11.7.1	Presbyakusis	334
11.7.2	Hörverlust durch Lärmbelastung	335
11.7.3	Versteckter Hörverlust	335
11.8	Weitergedacht: Einem 11-jährigen Kind das Hören erklären	336
11.9	Der Entwicklungsaspekt: Hören bei Säuglingen	337
11.9.1	Die Schwelle für das Hören eines Tons	337
11.9.2	Das Erkennen der Stimme der Mutter	337
11.10	Zum weiteren Nachdenken	339
11.11	Schlüsselbegriffe	339
12	Hören in einer Umgebung	341
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
12.1	Lokalisierung von Geräuschquellen	343
12.1.1	Binaurale Positionsreize bei der auditiven Lokalisierung	344
12.1.2	Spektrale Positionsreize	346
12.2	Die Physiologie der auditiven Lokalisierung	348
12.2.1	Das Jeffress-Modell der auditiven Lokalisierung	348
12.2.2	Breite Zeitdifferenz-Tuningkurven bei Säugern	349
12.2.3	Kortikale Mechanismen der Lokalisierung	350
12.3	Hören in geschlossenen Räumen	351
12.3.1	Die Wahrnehmung von zwei Schallereignissen, die zu verschiedenen Zeitpunkten bei den Ohren eintreffen	352
12.3.2	Raumakustik	353
12.4	Die Analyse der auditiven Szene	355
12.4.1	Simultane Gruppierung	355
12.4.2	Sequenzielle Gruppierung	356
12.5	Weitergedacht: Interaktionen zwischen Sehen und Hören	359
12.5.1	Der Bauchrednereffekt	359
12.5.2	Die Doppelblitzillusion	359
12.5.3	Sprache verstehen	360
12.5.4	Interaktionen im Gehirn	360
12.5.5	Echoortung bei Blinden	360
12.5.6	Eine Geschichte hören oder lesen	362
12.6	Zum weiteren Nachdenken	363
12.7	Schlüsselbegriffe	363
13	Musikwahrnehmung	365
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
13.1	Was ist Musik?	367
13.2	Hat Musik eine adaptive Funktion?	368
13.3	Die Wirkung von Musik	368
13.3.1	Musikerziehung verbessert die Leistung in anderen Bereichen	368
13.3.2	Musik erzeugt positive Gefühle	369
13.3.3	Musik weckt Erinnerungen	369
13.4	Musikalisches Timing	371
13.4.1	Beat	371
13.4.2	Metrum	372
13.4.3	Rhythmus	372
13.4.4	Synkopierung	373
13.4.5	Die Kraft der Gedanken	374

13.5	Hören von Melodien	376
13.5.1	Angeordnete Noten	376
13.5.2	Intervalle	376
13.5.3	Bewegungsverläufe	377
13.5.4	Tonalität	377
13.6	Erzeugen von Emotionen	379
13.6.1	Strukturelle Verbindungselemente zwischen Musik und Emotionen	380
13.6.2	Erwartung und Emotionen in der Musik	381
13.6.3	Physiologische Vorgänge bei musikinduzierten Emotionen	383
13.7	Weitergedacht: Ein Vergleich der Verarbeitung von Sprache und Musik im Gehirn	385
13.7.1	Belege für gemeinsame Mechanismen	386
13.7.2	Belege für getrennte Mechanismen	387
13.8	Der Entwicklungsaspekt: Wie Babys auf den Beat reagieren	388
13.8.1	Die Reaktion von Neugeborenen auf den Beat	388
13.8.2	Bewegung zum Beat von älteren Babys	388
13.8.3	Die Reaktion von Babys auf das Bewegen zum Beat	389
13.9	Resümee: Musik ist „etwas Besonderes“	390
13.10	Zum weiteren Nachdenken	391
13.11	Schlüsselbegriffe	391
14	Sprachwahrnehmung	393
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
14.1	Der Sprachreiz	394
14.1.1	Das akustische Sprachsignal	395
14.1.2	Phoneme: Die Grundeinheiten der gesprochenen Sprache	396
14.2	Die Variabilität des akustischen Signals	397
14.2.1	Variabilität durch den Kontext	397
14.2.2	Variabilität der Aussprache	398
14.3	Ein geschichtlicher Rückblick: Die Motor-Theorie der Sprachwahrnehmung	399
14.3.1	Die These von einem Zusammenhang zwischen Sprachproduktion und Sprachwahrnehmung	400
14.3.2	Die These „Sprache ist besonders“	400
14.4	Informationen für die Sprachwahrnehmung	402
14.4.1	Motorische Mechanismen	402
14.4.2	Gesicht und Lippenbewegungen	403
14.4.3	Wissen über Sprache	405
14.4.4	Zur Bedeutung von Wörtern in Sätzen	405
14.4.5	Das Lernen von Wörtern in einer Sprache	407
14.5	Sprachwahrnehmung unter erschwerten Bedingungen	408
14.6	Sprachwahrnehmung und das Gehirn	410
14.7	Weitergedacht: Cochlea-Implantate	412
14.8	Der Entwicklungsaspekt: Kindzentrierte Sprache	415
14.9	Zum weiteren Nachdenken	417
14.10	Schlüsselbegriffe	417
15	Die Hautsinne	419
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
15.1	Wahrnehmung über Haut und Hände	421
15.1.1	Die Hautsinne im Überblick	421
15.1.2	Taktile Detailwahrnehmung	426
15.1.3	Wahrnehmung von Vibrationen und Textur	429
15.1.4	Wahrnehmung von Objekten	432
15.1.5	Soziale Berührung	435
15.2	Schmerzwahrnehmung	437
15.2.1	Die Gate-Control-Theorie des Schmerzes	438
15.2.2	Top-down-Prozesse	440

15.2.3	Das Gehirn und die Schmerzwahrnehmung	442
15.2.4	Soziale Aspekte von Schmerz	444
15.3	Weitergedacht: Plastizität und das Gehirn	448
15.4	Der Entwicklungsaspekt: Soziale Berührung bei Säuglingen	450
15.5	Zum weiteren Nachdenken	452
15.6	Schlüsselbegriffe	452
16	Die chemischen Sinne	455
	<i>E. Bruce Goldstein und Laura Cacciamani</i>	
16.1	Eigenschaften der chemischen Sinne	457
16.2	Geschmacksqualitäten	458
16.2.1	Grundqualitäten der Geschmackswahrnehmung	458
16.2.2	Der Zusammenhang zwischen Geschmacksqualität und der Wirkung einer Substanz	459
16.3	Die neuronale Codierung von Geschmacksqualitäten	459
16.3.1	Die Struktur des gustatorischen Systems	459
16.3.2	Populationscodierung	461
16.3.3	Einzelzellcodierung	462
16.4	Individuelle Unterschiede bei der Geschmackswahrnehmung	465
16.5	Die Bedeutung der Geruchswahrnehmung	466
16.6	Olfaktorische Fähigkeiten	467
16.6.1	Das Entdecken von Gerüchen	467
16.6.2	Das Identifizieren von Gerüchen	467
16.6.3	Individuelle Unterschiede bei der Geruchswahrnehmung	468
16.6.4	Verlust des Geruchsinns durch COVID-19 und die Alzheimer-Krankheit	468
16.7	Die Analyse der Geruchsstoffe in der Riechschleimhaut und im Riechkolben	470
16.7.1	Das Rätsel der Geruchsqualitäten	470
16.7.2	Riechschleimhaut	471
16.7.3	Aktivierung von Geruchsrezeptoren in der Riechschleimhaut	471
16.7.4	Die Suche nach Ordnung im Riechkolben	474
16.8	Die Repräsentation von Gerüchen im Kortex	475
16.8.1	Repräsentation von Geruchsstoffen im piriformen Kortex	475
16.8.2	Repräsentation von Geruchsobjekten im piriformen Kortex	476
16.8.3	Gerüche können Erinnerungen auslösen	478
16.9	Die Wahrnehmung des Aromas	479
16.9.1	Aromawahrnehmung in Mund und Nase	479
16.9.2	Aromawahrnehmung im Nervensystem	480
16.9.3	Einfluss von kognitiven Faktoren auf die Aromawahrnehmung	481
16.9.4	Einfluss von Nahrungsaufnahme und Sättigung auf die Aromawahrnehmung	482
16.10	Weitergedacht: Das Zusammenspiel der Sinne	483
16.10.1	Korrespondenzen	484
16.10.2	Einflüsse	485
16.11	Der Entwicklungsaspekt: Die chemischen Sinne bei Säuglingen	486
16.12	Zum weiteren Nachdenken	488
16.13	Schlüsselbegriffe	488
	Serviceteil	489
	Anhang A: Die Unterschiedsschwelle	490
	Anhang B: Direkte Größenschätzung und die Potenzfunktion	491
	Anhang C: Der Ansatz der Signalentdeckung	492
	Glossar	499
	Literatur	538
	Stichwortverzeichnis	569