

Kurzinhalt

1	Einführung in die Wahrnehmung	1
2	Die ersten Schritte der Wahrnehmung	19
3	Neuronale Verarbeitung und Wahrnehmung	51
4	Kortikale Organisation	75
5	Die Wahrnehmung von Objekten und Szenen	95
6	Visuelle Aufmerksamkeit	127
7	Handeln	153
8	Bewegungswahrnehmung	173
9	Farbwahrnehmung	197
10	Tiefen- und Größenwahrnehmung	225
11	Hören	257
12	Auditive Lokalisierung und Organisation	285
13	Sprachwahrnehmung	313
14	Die Hautsinne	331
15	Die chemischen Sinne	357

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Wahrnehmung	.1
1.1	Warum sollte man dieses Buch lesen?	.2
1.2	Der Prozess der Wahrnehmung	.3
1.2.1	Stimuli – Schritte 1 und 2	.4
1.2.2	Rezeptorprozesse der Transduktion – Schritt 3	.5
1.2.3	Neuronale Verarbeitung – Schritt 4	.5
1.2.4	Verhaltensreaktion – Schritte 5 bis 7	.7
1.2.5	Wissen	.7
1.3	Der Zugang zur Untersuchung der Wahrnehmung	.9
1.4	Die Messung der Wahrnehmung	.11
1.4.1	Messen von Schwellen	.11
1.4.2	Die Methode der direkten Größenschätzung	.13
1.4.3	Jenseits der Schwellen und Großen	.15
1.5	Zum Nachdenken: Wie das Antwortverhalten einer Person die Schwellenmessung beeinflusst	.15
1.6	Der weitere Weg durch dieses Buch	.16
1.7	Zum weiteren Nachdenken	.16
1.8	Weiterführende Literatur	.17
1.9	Schlüsselbegriffe	.17
2	Die ersten Schritte der Wahrnehmung	.19
2.1	Am Anfang steht der Reiz	.20
2.2	Licht und Fokussierung	.20
2.2.1	Licht – der Stimulus für das Sehen	.20
2.2.2	Das Auge	.20
2.2.3	Licht wird im Auge fokussiert	.21
2.2.4	Zunehmende Akkommodationsschwäche im Alter	.22
2.2.5	Myopie	.22
2.2.6	Hyperopie	.24
2.3	Rezeptoren und Wahrnehmung	.24
2.3.1	Die Transformation von Lichtenergie in elektrische Energie	.24
2.3.2	Dunkeladaptation	.25
2.3.3	Spektrale Empfindlichkeit	.32
2.4	Elektrische Signale in Neuronen	.34
2.4.1	Die Aufzeichnung elektrischer Signale von Neuronen	.34
2.4.2	Grundlegende Eigenschaften von Aktionspotenzialen	.36
2.4.3	Die chemische Grundlage von Aktionspotenzialen	.37
2.4.4	Informationsübertragung am synaptischen Spalt	.37
2.5	Neuronale Konvergenz und Wahrnehmung	.40
2.5.1	Konvergenz verleiht den Stäbchen eine höhere Lichtempfindlichkeit als den Zapfen	.41
2.5.2	Fehlende Konvergenz verleiht den Zapfenrezeptoren eine höhere Detailwahrnehmung als den Stäbchen	.42
2.6	Zum Nachdenken: Frühe Prozesse haben starken Einfluss	.44
2.7	Der Entwicklungsaspekt: Sehschärfe im Säuglingsalter	.45
2.8	Zum weiteren Nachdenken	.47
2.9	Weiterführende Literatur	.48
2.10	Schlüsselbegriffe	.48
3	Neuronale Verarbeitung und Wahrnehmung	.51
3.1	Laterale Inhibition und Wahrnehmung	.52
3.1.1	Laterale Inhibition beim Pfeilschwanzkrebs	.53
3.1.2	Laterale Inhibition und Helligkeitswahrnehmung	.53
3.1.3	Eine Demonstration, die sich nicht durch laterale Inhibition erklären lässt	.57

3.2	Neuronale Verarbeitung von der Retina bis zum visuellen Kortex und darüber hinaus	58
3.2.1	Die Antworten in einzelnen Fasern des Sehnervs.....	59
3.2.2	Hubels und Wiesels Grundprinzip für die Untersuchung rezeptiver Felder	61
3.2.3	Die rezeptiven Felder von Kortexneuronen	63
3.3	Spielen Merkmalsdetektoren eine Rolle bei der Wahrnehmung?	65
3.3.1	Selektive Adaptation und Merkmalsdetektoren	65
3.3.2	Selektive Aufzucht und Merkmalsdetektoren	67
3.3.3	Neuronen auf höheren Ebenen des visuellen Systems	68
3.4	Der sensorische Code	69
3.4.1	Einzelzellcodierung: Repräsentation durch Aktivität eines einzelnen Neurons.....	70
3.4.2	Ensemblecodierung: Repräsentation durch große Gruppen von Neuronen	70
3.4.3	Sparsame Codierung: Repräsentation durch kleine Gruppen von Neuronen	71
3.5	Zum Nachdenken: Das Leib-Seele-Problem.....	72
3.6	Zum weiteren Nachdenken.....	73
3.7	Weiterführende Literatur.	73
3.8	Schlüsselbegriffe.....	74
4	Kortikale Organisation	75
4.1	Organisation im visuellen System	76
4.2	Die Erkundung der räumlichen Organisation.....	76
4.2.1	Die elektrische Karte im Areal V1	76
4.2.2	Kortexorganisation in Säulen.	79
4.2.3	Wie reagieren die Merkmalsdetektoren auf eine Szene?	80
4.3	Ströme: Verarbeitungswege für Was, Wo und Wie.....	81
4.3.1	Ströme für Information über Was und Wo.....	82
4.3.2	Ströme für Information über Was und Wie	83
4.4	Modularität: Strukturen für Gesichter, Orte und Körper.	85
4.4.1	Gesichtsspezifische Neuronen im inferotemporalen Kortex von Affen	86
4.4.2	Areale für Gesichter, Orte und Körper.	87
4.5	Zum Nachdenken: Visuelle Wahrnehmung und Gedächtnis.....	88
4.6	Der Entwicklungsaspekt: Erfahrung und neuronale Antwort	90
4.7	Zum weiteren Nachdenken.....	91
4.8	Weiterführende Literatur.	92
4.9	Schlüsselbegriffe.....	92
5	Die Wahrnehmung von Objekten und Szenen	95
5.1	Warum ist maschinelles Sehen so schwierig?	98
5.1.1	Der Stimulus an den Rezeptoren ist mehrdeutig	98
5.1.2	Objekte können verdeckt oder unscharf sein.....	98
5.1.3	Objekte sehen aus verschiedenen Blickwinkeln unterschiedlich aus.....	99
5.2	Wahrnehmungsorganisation	100
5.2.1	Der gestaltpsychologische Ansatz zur perzeptuellen Gruppierung	100
5.2.2	Die Gestaltprinzipien	102
5.2.3	Perzeptuelle Segmentierung.....	105
5.3	Die Wahrnehmung von Szenen und Objekten in Szenen.....	109
5.3.1	Die Wahrnehmung der Bedeutung einer Szene	109
5.3.2	Regelmäßigkeiten in der Umgebung. Information für die Wahrnehmung	111
5.3.3	Der Einfluss von Schlussfolgerungen auf die Wahrnehmung	113
5.4	Objektwahrnehmung und neuronale Aktivität	115
5.4.1	Gehirnaktivität und das Erkennen von Bildern	116
5.4.2	Gehirnaktivität und bewusstes Sehen	116
5.4.3	Gehirnaktivität entschlüsseln	118
5.5	Zum Nachdenken: Sind Gesichter etwas Besonderes?	120
5.6	Der Entwicklungsaspekt: Die kindliche Wahrnehmung von Gesichtern	122
5.7	Zum weiteren Nachdenken.....	123
5.8	Weiterführende Literatur.	124
5.9	Schlüsselbegriffe.....	125

6	Visuelle Aufmerksamkeit	.127
6.1	Die Suche in einer Szene	.128
6.2	Was lenkt unsere Aufmerksamkeit?	.130
6.2.1	Stimulussalienz	.130
6.2.2	Selektion durch kognitive Faktoren	.130
6.2.3	Aufgabenanforderungen	.132
6.3	Was passiert bei Aufmerksamkeit?	.133
6.3.1	Aufmerksamkeit beschleunigt Reaktionen	.133
6.3.2	Aufmerksamkeit beeinflusst das Aussehen der Dinge	.135
6.3.3	Aufmerksamkeit kann die physiologische Antwort beeinflussen	.136
6.4	Was passiert bei fehlender Aufmerksamkeit?	.138
6.4.1	Unaufmerksamkeitsblindheit	.138
6.4.2	Das Entdecken von Veränderungen	.139
6.4.3	Ist Aufmerksamkeit für die Wahrnehmung von Szenen nötig?	.140
6.5	Die Ablenkungswirkung aufgabenirrelevanter Reize	.141
6.5.1	Ablenkung und die Merkmale einer Aufgabe	.142
6.5.2	Aufmerksamkeit und perzeptuelle Beanspruchung	.142
6.6	Aufmerksamkeit und die Erfahrung einer kohärenten Welt	.143
6.6.1	Weshalb ist Bindung notwendig?	.143
6.6.2	Die Merkmalsintegrationstheorie	.143
6.7	Zum Nachdenken: Aufmerksamkeit und Autismus	.146
6.8	Der Entwicklungsaspekt: Aufmerksamkeit und perzeptuelle Vervollständigung	.147
6.9	Zum weiteren Nachdenken	.150
6.10	Weiterführende Literatur	.151
6.11	Schlüsselbegriffe	.152
7	Handeln	.153
7.1	Der ökologische Ansatz der Wahrnehmungsforschung	.154
7.1.1	Der bewegte Betrachter erzeugt Information zu seiner Umgebung	.154
7.1.2	Selbstproduzierte Information	.155
7.1.3	Die Sinne arbeiten nicht jeder für sich	.156
7.2	Navigation durch die Umwelt	.157
7.2.1	Verwenden Menschen Information aus dem optischen Fluss?	.157
7.2.2	Autofahren	.158
7.2.3	Gehen	.159
7.2.4	Wegfindung	.160
7.3	Handlungen mit Objekten	.164
7.3.1	Affordanzen: Wozu Objekte verwendet werden	.164
7.3.2	Die Physiologie des Greifens	.164
7.4	Beobachten der Handlungen anderer	.167
7.4.1	Spiegelungen von Handlungen anderer im Gehirn	.167
7.4.2	Intentionen anderer verstehen	.168
7.5	Zum Nachdenken: Handlungsbasierte Ansätze der Wahrnehmung	.169
7.6	Zum weiteren Nachdenken	.171
7.7	Weiterführende Literatur	.172
7.8	Schlüsselbegriffe	.172
8	Bewegungswahrnehmung	.173
8.1	Funktionen der Bewegungswahrnehmung	.174
8.1.1	Bewegungswahrnehmung ermöglicht zu verstehen, was in der Umgebung geschieht	.174
8.1.2	Bewegung zieht Aufmerksamkeit auf sich	.175
8.1.3	Bewegung lässt Objekte erkennen	.175
8.2	Die Untersuchung der Bewegungswahrnehmung	.176
8.2.1	Wann nehmen wir Bewegung wahr?	.176
8.2.2	Reale Bewegung und Scheinbewegung im Vergleich	.177
8.2.3	Was wir erklären wollen	.178

8.3	Bewegungswahrnehmung: Umgebungsinformation	178
8.4	Bewegungswahrnehmung: Information aus Netzhaut und Auge	180
8.4.1	Der Reichardt-Detektor	180
8.4.2	Das Reafferenzprinzip	181
8.5	Bewegungswahrnehmung und Gehirn	184
8.5.1	Das Bewegungsareal im Gehirn	184
8.5.2	Läsionen und Mikrostimulierung	185
8.5.3	Bewegung aus der Sicht eines einzelnen Neurons	186
8.6	Bewegung und der menschliche Körper	188
8.6.1	Scheinbewegungen des Körpers	189
8.6.2	Bewegung eines Lichtpunktlaufers	189
8.7	Repräsentationaler Impuls: Bewegung in statischen Bildern	191
8.8	Zum Nachdenken: Wahrnehmen von Ereignissen	193
8.9	Zum weiteren Nachdenken	194
8.10	Weiterführende Literatur	194
8.11	Schlüsselbegriffe	195
9	Farbwahrnehmung	197
9.1	Einführung in die Farbwahrnehmung	198
9.1.1	Welche Funktionen hat die Farbwahrnehmung?	198
9.1.2	Welche Farben nehmen wir wahr?	199
9.1.3	Farbe und Wellenlänge	200
9.2	Die Dreifarbttheorie des Farbensehens	202
9.2.1	Verhaltensbasierte Belege für die Dreifarbttheorie	202
9.2.2	Die physiologischen Belege zur Dreifarbttheorie	203
9.3	Farbfehlwichtigkeit	206
9.3.1	Monochromasie	207
9.3.2	Dichromasie	207
9.3.3	Physiologische Mechanismen der rezeptorbasierten Farbfehlwichtigkeit	208
9.4	Die Gegenfarbttheorie des Farbensehens	209
9.4.1	Verhaltensbasierte Belege für die Gegenfarbttheorie	209
9.4.2	Die Physiologie der Gegenfarbttheorie	210
9.5	Farbe im Kortex	211
9.5.1	Gibt es ein bestimmtes Farbzentrums im Kortex?	212
9.5.2	Zwei Arten von Gegenfarbenneuronen im Kortex	212
9.5.3	Die Beziehung zwischen Form und Farbe	213
9.6	Farbkonstanz	213
9.6.1	Farbadaptation	214
9.6.2	Der Einfluss des Umfelds	215
9.6.3	Gedächtnis und Farbe	216
9.7	Helligkeitskonstanz	216
9.7.1	Die Relationen zwischen Intensitäten: Das Verhältnisprinzip	217
9.7.2	Helligkeitswahrnehmung unter ungleichmäßiger Beleuchtung	217
9.8	Zum Nachdenken: Farbe als Konstrukt des visuellen Systems	219
9.9	Der Entwicklungsaspekt: Farbwahrnehmung bei Säuglingen	221
9.10	Zum weiteren Nachdenken	222
9.11	Weiterführende Literatur	223
9.12	Schlüsselbegriffe	224
10	Tiefen- und Größenwahrnehmung	225
10.1	Okulomotorische Tiefenhinweise	226
10.2	Monokulare Tiefenhinweise	226
10.2.1	Bildbezogene Tiefenhinweise	227
10.2.2	Bewegungsinduzierte Tiefenhinweise	231
10.3	Binokulare Information über räumliche Tiefe	232
10.3.1	Sehen mit beiden Augen	232
10.3.2	Querdisparität	234

10.3.3	Geometrie und Wahrnehmung: Von der Disparität zur Stereopsis	.236
10.3.4	Das Korrespondenzproblem	.239
10.4	Die Physiologie der binokularen Tiefenwahrnehmung.	.239
10.5	Größenwahrnehmung.	.241
10.5.1	Das Experiment von Holway und Boring	.241
10.5.2	Großenkonstanz	.244
10.6	Optische Täuschungen	.246
10.6.1	Die Muller-Lyer-Täuschung	.247
10.6.2	Die Ponzo-Täuschung.	.249
10.6.3	Der Ames'sche Raum	.249
10.6.4	Die Mondtäuschung	.250
10.7	Zum Nachdenken: Tiefeninformation bei verschiedenen Tieren	.251
10.8	Der Entwicklungsaspekt: Tiefenwahrnehmung bei Säuglingen	.253
10.8.1	Die Nutzung von binokularer Disparität	.253
10.8.2	Tiefe durch vertraute Größe	.253
10.8.3	Tiefe durch Schatten.	.254
10.9	Zum weiteren Nachdenken	.255
10.10	Weiterführende Literatur	.255
10.11	Schlüsselbegriffe	.256
11	Hören	.257
11.1	Der Wahrnehmungsprozess beim Hören	.258
11.2	Die physikalische Seite	.259
11.2.1	Schall als Druckschwankung	.259
11.2.2	Reine Töne	.260
11.2.3	Wellenformen und Frequenzspektren	.261
11.3	Die Seite der Wahrnehmung	.262
11.3.1	Horschwellen und Lautheit	.263
11.3.2	Tonhohe	.265
11.3.3	Die Klangfarbe	.266
11.4	Vom Schalldruck zum elektrischen Signal	.267
11.4.1	Das äußere Ohr	.267
11.4.2	Das Mittelohr	.268
11.4.3	Das Innenohr	.269
11.5	Die Schwingungen der Basilarmembran	.272
11.5.1	Békésys Untersuchungen zu Schwingung der Basilarmembran.	.272
11.5.2	Belege für die Ortstheorie	.273
11.5.3	Eine praktische Anwendung	.273
11.5.4	Neuere Erkenntnisse zu Békésys Theorie	.275
11.5.5	Die Schwingung der Basilarmembran bei komplexen Tönen	.275
11.6	Die Physiologie der Tonhöhenwahrnehmung.	.276
11.6.1	Tonhohe und Ohr	.276
11.6.2	Tonhöhe und Gehirn	.277
11.7	Zum Nachdenken: Was die Haarzellen zerstört	.278
11.7.1	Presbycusis	.279
11.7.2	Hörverlust durch Larmbelastung	.279
11.8	Der Entwicklungsaspekt: Hören bei Säuglingen	.280
11.8.1	Die Schwelle für das Hören eines Tons	.280
11.8.2	Das Erkennen der Stimme der Mutter	.281
11.9	Zum weiteren Nachdenken	.282
11.10	Weiterführende Literatur	.282
11.11	Schlüsselbegriffe	.283
12	Auditive Lokalisierung und Organisation	.285
12.1	Auditive Lokalisierung	.286
12.1.1	Binaurale Positionsreize bei der auditiven Lokalisierung	.286
12.1.2	Monaurale Positionsreze	.290

12.2	Die Physiologie der auditiven Lokalisierung	292
12.2.1	Die Horbahnen und der auditorische Kortex	292
12.2.2	Das Jeffress-Modell der auditiven Lokalisierung	293
12.2.3	Breite Zeitdifferenz-Tuningkurven bei Saugern	294
12.2.4	Auditive Lokalisierung in A1 und Gurtel	295
12.2.5	Außerhalb des Temporallappens Was- und Wo- Strome für das Hören	296
12.3	Hören in geschlossenen Räumen	297
12.3.1	Die Wahrnehmung von zwei Schallereignissen, die zu verschiedenen Zeitpunkten bei den Ohren eintreffen	298
12.3.2	Raumakustik	299
12.4	Wahrnehmungsorganisation beim Hören: Szeneanalyse	300
12.4.1	Die Analyse der auditiven Szene	300
12.4.2	Trennen der Schallquellen	301
12.5	Wahrnehmungsorganisation beim Hören: Das Metrum	304
12.5.1	Die Mehrdeutigkeit der metrischen Struktur	305
12.5.2	Metrische Struktur und Bewegung	305
12.5.3	Metrische Struktur und Sprache	306
12.6	Zurück in das Café	306
12.7	Zum Nachdenken: Interaktionen zwischen Sehen und Hören	307
12.7.1	Hören und Sehen: Wahrnehmung	307
12.7.2	Hören und Sehen: Physiologie	308
12.8	Zum weiteren Nachdenken	310
12.9	Weiterführende Literatur	310
12.10	Schlüsselbegriffe	311
13	Sprachwahrnehmung	313
13.1	Der Sprachreiz	314
13.1.1	Das akustische Sprachsignal	314
13.1.2	Phoneme: Die Grundeinheiten der gesprochenen Sprache	315
13.2	Die wechselhaften Beziehungen zwischen Phonemen und akustischem Signal	317
13.2.1	Variabilität durch den Kontext	317
13.2.2	Variabilität bei unterschiedlichen Sprechern	317
13.3	Phonemwahrnehmung	318
13.3.1	Kategoriale Wahrnehmung	318
13.3.2	Informationsquelle Gesicht	319
13.3.3	Informationsquelle Sprachkenntnis	321
13.4	Wortwahrnehmung	321
13.4.1	Die Wahrnehmung von Worten innerhalb von Sätzen	322
13.4.2	Wahrnehmen von Wortgrenzen	322
13.4.3	Der Einfluss der Sprechereigenschaften	324
13.5	Sprachwahrnehmung und Gehirn	325
13.5.1	Hirnareale, Neuronen und Sprachwahrnehmung	325
13.5.2	Die Rekonstruktion von Sprachreizen aus dem kortikalen Signal	326
13.6	Zum Nachdenken: Sprachwahrnehmung und Handlung	326
13.7	Der Entwicklungsaspekt: Sprachwahrnehmung bei Säuglingen	328
13.7.1	Kategoriale Wahrnehmung von Phonemen	328
13.7.2	Das Lernen von Sprachlauten	328
13.8	Zum weiteren Nachdenken	330
13.9	Weiterführende Literatur	330
13.10	Schlüsselbegriffe	330
14	Die Hautsinne	331
14.1	Die Hautsinne im Überblick	332
14.1.1	Die Haut	332
14.1.2	Mechanorezeptoren	333
14.1.3	Neuronale Bahnen von der Haut zum Kortex	334

14.1.4	Der somatosensorische Kortex	334
14.1.5	Die Plastizität der Körperkarten im Kortex	336
14.2	Taktile Detailwahrnehmung	337
14.2.1	Rezeptormechanismen für taktile Unterscheidungsfähigkeit	337
14.2.2	Kortikale Mechanismen für taktile Unterscheidungsfähigkeit	338
14.3	Die Wahrnehmung von Vibration	339
14.4	Die Wahrnehmung von Oberflächenstrukturen	340
14.5	Die Wahrnehmung von Objekten	342
14.5.1	Objektidentifikation durch haptische Exploration	342
14.5.2	Die Physiologie der taktilen Objektwahrnehmung	343
14.6	Schmerz	345
14.6.1	Das Modell der direkten Schmerzbahnen und seine Schwächen	346
14.6.2	Die Gate-Control-Theorie	347
14.6.3	Kognition und Schmerz	347
14.6.4	Das Gehirn und die Schmerzwahrnehmung	349
14.7	Zum Nachdenken: Wie die Beobachtung von Schmerz oder Berührung anderer auf uns wirkt	352
14.8	Zum weiteren Nachdenken	354
14.9	Weiterführende Literatur	354
14.10	Schlüsselbegriffe	355
15	Die chemischen Sinne	357
15.1	Das gustatorische System	358
15.1.1	Funktionen des Schmeckens	358
15.1.2	Grundqualitäten der Geschmackswahrnehmung	359
15.2	Die neuronale Codierung von Geschmacksqualitäten	359
15.2.1	Die Struktur des gustatorischen Systems	359
15.2.2	Ensemblecodierung	361
15.2.3	Einzelzellencodierung	362
15.3	Individuelle Unterschiede bei der Geschmackswahrnehmung	364
15.4	Das olfaktorische System	365
15.4.1	Das Entdecken von Gerüchen	367
15.4.2	Das Identifizieren von Gerüchen	367
15.5	Die Analyse der Geruchsstoffe in der Riechschleimhaut und im Riechkolben	368
15.5.1	Das Rätsel der Geruchsqualitäten	368
15.5.2	Die Riechschleimhaut	369
15.5.3	Die Aktivierung von Geruchsrezeptoren in der Riechschleimhaut	370
15.5.4	Die Suche nach Ordnung im Riechkolben	372
15.6	Die Repräsentation von Gerüchen im Kortex	373
15.6.1	Die Repräsentation von Geruchsstoffen im piriformen Kortex	373
15.6.2	Die Repräsentation von Geruchsobjekten im piriformen Kortex	375
15.7	Die Wahrnehmung des Aromas	376
15.7.1	Die Aromawahrnehmung in Mund und Nase	376
15.7.2	Die Aromawahrnehmung im Nervensystem	377
15.7.3	Der Einfluss von Erwartungen auf die Aromawahrnehmung	378
15.7.4	Der Einfluss von Nahrungsaufnahme und Sättigung auf die Aromawahrnehmung	378
15.8	Zum Nachdenken: Der Proust-Effekt beim Geruchsgedächtnis	380
15.9	Der Entwicklungssaspekt: Die chemischen Sinne bei Säuglingen	380
15.10	Zum weiteren Nachdenken	382
15.11	Weiterführende Literatur	382
15.12	Schlüsselbegriffe	382
	Serviceteil	385
	Epilog: The Long and Winding Road	386
	Anhang: Die Signalentdeckungstheorie	395
	Glossar	401
	Literatur	425
	Stichwortverzeichnis	443