

E. Bruce Goldstein

# Wahrnehmungs- psychologie

Der Grundkurs

**9. Auflage**

Deutsche Ausgabe herausgegeben von Karl R. Gegenfurtner

Aus dem Englischen übersetzt von Katharina Neuser-von Oettingen  
und Guido Plata

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung in die Wahrnehmung</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Warum sollte man dieses Buch lesen?</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Der Prozess der Wahrnehmung</b>	<b>3</b>
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
<b>1.3</b>	<b>Der Zugang zur Untersuchung der Wahrnehmung</b>	<b>9</b>
<b>1.4</b>	<b>Die Messung der Wahrnehmung</b>	<b>11</b>
1.4.1	Messen von Schwellen	11
1.4.2	Die Methode der direkten Größenschätzung	13
1.4.3	Jenseits der Schwellen und Größen	15
<b>1.5</b>	<b>Zum Nachdenken: Wie das Antwortverhalten einer Person die Schwellenmessung beeinflusst</b>	<b>15</b>
<b>1.6</b>	<b>Der weitere Weg durch dieses Buch</b>	<b>16</b>
<b>1.7</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>16</b>
<b>1.8</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>17</b>
<b>1.9</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Die ersten Schritte der Wahrnehmung</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Am Anfang steht der Reiz</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Licht und Fokussierung</b>	<b>20</b>
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
<b>2.3</b>	<b>Rezeptoren und Wahrnehmung</b>	<b>24</b>
2.3.1	Die Transformation von Lichtenergie in elektrische Energie	24
2.3.2	Dunkeladaptation	25
2.3.3	Spektrale Empfindlichkeit	32
<b>2.4</b>	<b>Elektrische Signale in Neuronen</b>	<b>34</b>
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
<b>2.5</b>	<b>Neuronale Konvergenz und Wahrnehmung</b>	<b>40</b>
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
<b>2.6</b>	<b>Zum Nachdenken: Frühe Prozesse haben starken Einfluss</b>	<b>44</b>
<b>2.7</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Sehschärfe im Säuglingsalter</b>	<b>45</b>
<b>2.8</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>47</b>
<b>2.9</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>48</b>
<b>2.10</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>48</b>
<b>3</b>	<b>Neuronale Verarbeitung und Wahrnehmung</b>	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Laterale Inhibition und Wahrnehmung</b>	<b>52</b>
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

<b>3.2</b>	<b>Neuronale Verarbeitung von der Retina bis zum visuellen Kortex und darüber hinaus</b>	<b>58</b>
3.2.1	Die Antworten in einzelnen Fasern des Sehnervs	59
3.2.2	Hubeis und Wiesels Grundprinzip für die Untersuchung rezeptiver Felder	61
3.2.3	Die rezeptiven Felder von Kortexneuronen	63
<b>3.3</b>	<b>Spielen Merkmalsdetektoren eine Rolle bei der Wahrnehmung?</b>	<b>65</b>
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
<b>3.4</b>	<b>Der sensorische Code</b>	<b>69</b>
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
<b>3.5</b>	<b>Zum Nachdenken: Das Leib-Seele-Problem</b>	<b>72</b>
<b>3.6</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>73</b>
3.7	Weiterführende Literatur	73
<b>3.8</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>74</b>
<b>4</b>	<b>Kortikale Organisation</b>	<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>Organisation im visuellen System</b>	<b>76</b>
<b>4.2</b>	<b>Die Erkundung der räumlichen Organisation</b>	<b>76</b>
4.2.1	Die elektrische Karte im Areal VI	76
4.2.2	Kortexorganisation in Säulen	79
4.2.3	Wie reagieren die Merkmalsdetektoren auf eine Szene?	80
<b>4.3</b>	<b>Ströme: Verarbeitungswege für Was, Wo und Wie</b>	<b>81</b>
4.3.1	Ströme für Information über Was und Wo	82
4.3.2	Ströme für Information über Was und Wie	83
<b>4.4</b>	<b>Modularität: Strukturen für Gesichter, Orte und Körper</b>	<b>85</b>
4.4.1	Gesichtsspezifische Neuronen im inferotemporalen Kortex von Affen	86
4.4.2	Areale für Gesichter, Orte und Körper	87
<b>4.5</b>	<b>Zum Nachdenken: Visuelle Wahrnehmung und Gedächtnis</b>	<b>88</b>
<b>4.6</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Erfahrung und neuronale Antwort</b>	<b>90</b>
<b>4.7</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>91</b>
<b>4.8</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>92</b>
<b>4.9</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>92</b>
<b>5</b>	<b>Die Wahrnehmung von Objekten und Szenen</b>	<b>95</b>
<b>5.1</b>	<b>Warum ist maschinelles Sehen so schwierig?</b>	<b>98</b>
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
<b>5.2</b>	<b>Wahrnehmungsorganisation</b>	<b>100</b>
5.2.1	Der gestaltpsychologische Ansatz zur perzeptuellen Gruppierung	100
5.2.2	Die Gestaltprinzipien	102
5.2.3	Perzeptuelle Segmentierung	105
<b>5.3</b>	<b>Die Wahrnehmung von Szenen und Objekten in Szenen</b>	<b>109</b>
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
<b>5.4</b>	<b>Objektwahrnehmung und neuronale Aktivität</b>	<b>115</b>
5.4.1	Gehirnaktivität und das Erkennen von Bildern	116
5.4.2	Gehirnaktivität und bewusstes Sehen	116
5.4.3	Gehirnaktivität entschlüsseln	118
<b>5.5</b>	<b>Zum Nachdenken: Sind Gesichter etwas Besonderes?</b>	<b>120</b>
<b>5.6</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Die kindliche Wahrnehmung von Gesichtern</b>	<b>122</b>
<b>5.7</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>123</b>
<b>5.8</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>124</b>
<b>5.9</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>125</b>

6	<b>Visuelle Aufmerksamkeit</b>	127
6.1	<b>Die Suche in einer Szene</b>	<b>128</b>
6.2	<b>Was lenkt unsere Aufmerksamkeit?</b>	<b>130</b>
6.2.1	Stimulussalienz	130
6.2.2	Selektion durch kognitive Faktoren	130
6.2.3	Aufgabenanforderungen	132
6.3	<b>Was passiert bei Aufmerksamkeit?</b>	<b>133</b>
6.3.1	Aufmerksamkeit beschleunigt Reaktionen	<b>133</b>
6.3.2	Aufmerksamkeit beeinflusst das Aussehen der Dinge	135
6.3.3	Aufmerksamkeit kann die physiologische Antwort beeinflussen	<b>136</b>
6.4	<b>Was passiert bei fehlender Aufmerksamkeit?</b>	<b>138</b>
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	<b>Die Ablenkungswirkung aufgabenirrelevanter Reize</b>	<b>141</b>
6.5.1	Ablenkung und die Merkmale einer Aufgabe	142
6.5.2	Aufmerksamkeit und perzeptuelle Beanspruchung	142
6.6	<b>Aufmerksamkeit und die Erfahrung einer kohärenten Welt</b>	<b>143</b>
6.6.1	Weshalb ist Bindung notwendig?	143
6.6.2	Die Merkmalsintegrationstheorie	143
6.7	<b>Zum Nachdenken: Aufmerksamkeit und Autismus</b>	<b>146</b>
6.8	<b>Der Entwicklungsaspekt: Aufmerksamkeit und perzeptuelle Vervollständigung</b>	<b>147</b>
6.9	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>150</b>
6.10	<b>Weiterführende Literatur</b>	151
6.11	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>152</b>
7	<b>Handeln</b>	153
7.1	<b>Der ökologische Ansatz der Wahrnehmungsforschung</b>	<b>154</b>
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	<b>Navigation durch die Umwelt</b>	<b>157</b>
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	<b>Handlungen mit Objekten</b>	<b>164</b>
7.3.1	Affordanzen: Wozu Objekte verwendet werden	164
7.3.2	Die Physiologie des Greifens	164
7.4	<b>Beobachten der Handlungen anderer</b>	<b>167</b>
7.4.1	Spiegelungen von Handlungen anderer im Gehirn	167
7.4.2	Intentionen anderer verstehen	168
7.5	<b>Zum Nachdenken: Handlungsorientierte Ansätze der Wahrnehmung</b>	<b>169</b>
7.6	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>171</b>
7.7	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>172</b>
7.8	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>172</b>
8	<b>Bewegungswahrnehmung</b>	173
8.1	<b>Funktionen der Bewegungswahrnehmung</b>	<b>174</b>
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	<b>Die Untersuchung der Bewegungswahrnehmung</b>	<b>176</b>
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	<b>Bewegungswahrnehmung: Umgebungsinformation</b>	178
8.4	<b>Bewegungswahrnehmung: Information aus Netzhaut und Auge</b>	180
8.4.1	Der Reichardt-Detektor	180
8.4.2	Das Reafferenzprinzip	181
8.5	<b>Bewegungswahrnehmung und Gehirn</b>	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	<b>Bewegung und der menschliche Körper</b>	188
8.6.1	Scheinbewegungen des Körpers	189
8.6.2	Bewegung eines Lichtpunktläufers	189
8.7	<b>Repräsentationaler Impuls: Bewegung in statischen Bildern</b>	191
8.8	<b>Zum Nachdenken: Wahrnehmen von Ereignissen</b>	193
8.9	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	194
8.10	<b>Weiterführende Literatur</b>	194
8.11	<b>Schlüsselbegriffe</b>	195
9	<b>Farbwahrnehmung</b>	197
9.1	<b>Einführung in die Farbwahrnehmung</b>	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	<b>Die Dreifarbentheorie des Farbensehens</b>	202
9.2.1	Verhaltensbasierte Belege für die Dreifarbentheorie	202
9.2.2	Die physiologischen Belege zur Dreifarbentheorie	203
9.3	<b>Farbfehlsichtigkeit</b>	206
9.3.1	Monochromasie	207
9.3.2	Dichromasie	207
9.3.3	Physiologische Mechanismen der rezeptorbasierten Farbfehlsichtigkeit	208
9.4	<b>Die Gegenfarbentheorie des Farbensehens</b>	209
9.4.1	Verhaltensbasierte Belege für die Gegenfarbentheorie	209
9.4.2	Die Physiologie der Gegenfarbentheorie	210
9.5	<b>Farbe im Kortex</b>	211
9.5.1	Gibt es ein bestimmtes Farbzentrum 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	<b>Farbkonstanz</b>	213
9.6.1	Farbadaptation	214
9.6.2	Der Einfluss des Umfelds	215
9.6.3	Gedächtnis und Farbe	216
9.7	<b>Helligkeitskonstanz</b>	216
9.7.1	Die Relationen zwischen Intensitäten: Das Verhältnisprinzip	217
9.7.2	Helligkeitswahrnehmung unter ungleichmäßiger Beleuchtung	217
9.8	<b>Zum Nachdenken: Farbe als Konstrukt des visuellen Systems</b>	219
9.9	<b>Der Entwicklungsaspekt: Farbwahrnehmung bei Säuglingen</b>	221
9.10	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	222
9.11	<b>Weiterführende Literatur</b>	223
9.12	<b>Schlüsselbegriffe</b>	224
10	<b>Tiefen- und Größenwahrnehmung</b>	225
10.1	<b>Okulomotorische Tiefenhinweise</b>	226
10.2	<b>Monokulare Tiefenhinweise</b>	226
10.2.1	Bildbezogene Tiefenhinweise	227
10.2.2	Bewegungsinduzierte Tiefenhinweise	231
10.3	<b>Binokulare Information über räumliche Tiefe</b>	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
<b>10.4</b>	<b>Die Physiologie der binokularen Tiefenwahrnehmung</b>	<b>239</b>
<b>10.5</b>	<b>Größenwahrnehmung</b>	<b>241</b>
10.5.1	Das Experiment von Holway und Boring	241
10.5.2	Größenkonstanz	244
<b>10.6</b>	<b>Optische Täuschungen</b>	<b>246</b>
10.6.1	Die Müller-Lyer-Täuschung	247
10.6.2	Die Ponzo-Täuschung	249
10.6.3	Der Ames'sche Raum	249
10.6.4	Die Mondtäuschung	250
<b>10.7</b>	<b>Zum Nachdenken: Tiefeninformation bei verschiedenen Tieren</b>	<b>251</b>
<b>10.8</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Tiefenwahrnehmung bei Säuglingen</b>	<b>253</b>
10.8.1	Die Nutzung von binokularer Disparität	253
10.8.2	Tiefe durch vertraute Größe	253
10.8.3	Tiefe durch Schatten	254
<b>10.9</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>255</b>
<b>10.10</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>255</b>
<b>10.11</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>256</b>
<b>11</b>	<b>Hören</b>	<b>257</b>
<b>11.1</b>	<b>Der Wahrnehmungsprozess beim Hören</b>	<b>258</b>
<b>11.2</b>	<b>Die physikalische Seite</b>	<b>259</b>
11.2.1	Schall als Druckschwankung	259
11.2.2	Reine Töne	260
11.2.3	Wellenformen und Frequenzspektren	261
<b>11.3</b>	<b>Die Seite der Wahrnehmung</b>	<b>262</b>
11.3.1	Hörschwellen und Lautheit	263
11.3.2	Tonhöhe	265
11.3.3	Die Klangfarbe	266
<b>11.4</b>	<b>Vom Schalldruck zum elektrischen Signal</b>	<b>267</b>
11.4.1	Das äußere Ohr	267
11.4.2	Das Mittelohr	268
11.4.3	Das Innenohr	269
<b>11.5</b>	<b>Die Schwingungen der Basilarmembran</b>	<b>272</b>
11.5.1	Bekesy's 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 Bekesy's Theorie	275
11.5.5	Die Schwingung der Basilarmembran bei komplexen Tönen	275
<b>11.6</b>	<b>Die Physiologie der Tonhöhenwahrnehmung</b>	<b>276</b>
11.6.1	Tonhöhe und Ohr	276
11.6.2	Tonhöhe und Gehirn	277
<b>11.7</b>	<b>Zum Nachdenken: Was die Haarzellen zerstört</b>	<b>278</b>
11.7.1	Presbycusis	279
11.7.2	Hörverlust durch Lärmbelastung	279
<b>11.8</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Hören bei Säuglingen</b>	<b>280</b>
11.8.1	Die Schwelle für das Hören eines Tons	280
11.8.2	Das Erkennen der Stimme der Mutter	281
<b>11.9</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>282</b>
<b>11.10</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>282</b>
<b>11.11</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>283</b>
<b>12</b>	<b>Auditive Lokalisierung und Organisation</b>	<b>285</b>
<b>12.1</b>	<b>Auditive Lokalisierung</b>	<b>286</b>
12.1.1	Binaurale Positionsreize bei der auditiven Lokalisierung	286
12.1.2	Monaurale Positionsreize	290

<b>12.2</b>	<b>Die Physiologie der auditiven Lokalisierung</b>	<b>292</b>
12.2.1	Die Hörbahnen und der auditorische Kortex	292
12.2.2	Das Jeffress-Modell der auditiven Lokalisierung	293
12.2.3	Breite Zeitdifferenz-Tuningkurven bei Säugern	294
12.2.4	Auditive Lokalisierung in AI und Gürtel	295
12.2.5	Außerhalb des Temporallappens: Was- und <b>Wo</b> -Ströme für das Hören	296
<b>12.3</b>	<b>Hören in geschlossenen Räumen</b>	<b>297</b>
12.3.1	Die Wahrnehmung von zwei Schallereignissen, die zu verschiedenen Zeitpunkten bei den Ohren eintreffen	298
12.3.2	Raumakustik	299
<b>12.4</b>	<b>Wahrnehmungsorganisation beim Hören: Szeneanalyse</b>	<b>300</b>
12.4.1	Die Analyse der auditiven Szene	300
12.4.2	Trennen der Schallquellen	301
<b>12.5</b>	<b>Wahrnehmungsorganisation beim Hören: Das Metrum</b>	<b>304</b>
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	<b>Zurück in das Cafe</b>	306
<b>12.7</b>	<b>Zum Nachdenken: Interaktionen zwischen Sehen und Hören</b>	<b>307</b>
12.7.1	Hören und Sehen: Wahrnehmung	307
12.7.2	Hören und Sehen: Physiologie	308
<b>12.8</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>310</b>
12.9	<b>Weiterführende Literatur</b>	310
12.10	<b>Schlüsselbegriffe</b>	311
<b>13</b>	<b>Sprachwahrnehmung</b>	<b>313</b>
<b>13.1</b>	<b>Der Sprachreiz</b>	<b>314</b>
13.1.1	Das akustische Sprachsignal	314
13.1.2	Phoneme: Die Grundeinheiten der gesprochenen Sprache	315
<b>13.2</b>	<b>Die wechselhaften Beziehungen zwischen Phonemen und akustischem Signal</b>	<b>317</b>
13.2.1	Variabilität durch den Kontext	317
13.2.2	Variabilität bei unterschiedlichen Sprechern	317
<b>13.3</b>	<b>Phonemwahrnehmung</b>	<b>318</b>
13.3.1	Kategoriale Wahrnehmung	318
13.3.2	Informationsquelle Gesicht	319
13.3.3	Informationsquelle Sprachkenntnis	321
<b>13.4</b>	<b>Wortwahrnehmung</b>	<b>321</b>
13.4.1	Die Wahrnehmung von Wörtern innerhalb von Sätzen	322
13.4.2	Wahrnehmen von Wortgrenzen	322
13.4.3	Der Einfluss der Sprechereigenschaften	324
<b>13.5</b>	<b>Sprachwahrnehmung und Gehirn</b>	<b>325</b>
13.5.1	Hirnareale, Neuronen und Sprachwahrnehmung	325
13.5.2	Die Rekonstruktion von Sprachreizen aus dem kortikalen Signal	326
13.6	<b>Zum Nachdenken: Sprachwahrnehmung und Handlung</b>	326
<b>13.7</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Sprachwahrnehmung bei Säuglingen</b>	<b>328</b>
13.7.1	Kategoriale Wahrnehmung von Phonemen	328
13.7.2	Das Lernen von Sprachlauten	328
<b>13.8</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>330</b>
13.9	<b>Weiterführende Literatur</b>	330
13.10	<b>Schlüsselbegriffe</b>	330
<b>14</b>	<b>Die Hautsinne</b>	<b>331</b>
<b>14.1</b>	<b>Die Hautsinne im Überblick</b>	<b>332</b>
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
<b>14.2</b>	<b>Taktile Detailwahrnehmung</b>	<b>337</b>
14.2.1	Rezeptormechanismen für taktile Unterscheidungsfähigkeit	337
14.2.2	Kortikale Mechanismen für taktile Unterscheidungsfähigkeit	338
<b>14.3</b>	<b>Die Wahrnehmung von Vibration</b>	<b>339</b>
<b>14.4</b>	<b>Die Wahrnehmung von Oberflächenstrukturen</b>	<b>340</b>
<b>14.5</b>	<b>Die Wahrnehmung von Objekten</b>	<b>342</b>
14.5.1	Objektidentifikation durch haptische Exploration	342
14.5.2	Die Physiologie der taktilen Objektwahrnehmung	343
<b>14.6</b>	<b>Schmerz</b>	<b>345</b>
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
<b>14.7</b>	<b>Zum Nachdenken: Wie die Beobachtung von Schmerz oder Berührung anderer auf uns wirkt</b>	<b>352</b>
<b>14.8</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>354</b>
<b>14.9</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>354</b>
<b>14.10</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>355</b>
<b>15</b>	<b>Die chemischen Sinne</b>	<b>357</b>
<b>15.1</b>	<b>Das gustatorische System</b>	<b>358</b>
15.1.1	Funktionen des Schmeckens	358
15.1.2	Grundqualitäten der Geschmackswahrnehmung	359
<b>15.2</b>	<b>Die neuronale Codierung von Geschmacksqualitäten</b>	<b>359</b>
15.2.1	Die Struktur des gustatorischen Systems	359
15.2.2	Ensemblecodierung	361
15.2.3	Einzelzellencodierung	362
<b>15.3</b>	<b>Individuelle Unterschiede bei der Geschmackswahrnehmung</b>	<b>364</b>
<b>15.4</b>	<b>Das olfaktorische System</b>	<b>365</b>
15.4.1	Das Entdecken von Gerüchen	367
15.4.2	Das Identifizieren von Gerüchen	367
<b>15.5</b>	<b>Die Analyse der Geruchsstoffe in der Riechschleimhaut und im Riechkolben</b>	<b>368</b>
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
<b>15.6</b>	<b>Die Repräsentation von Gerüchen im Kortex</b>	<b>373</b>
15.6.1	Die Repräsentation von Geruchsstoffen im piriformen Kortex	373
15.6.2	Die Repräsentation von Geruchsobjekten im piriformen Kortex	375
<b>15.7</b>	<b>Die Wahrnehmung des Aromas</b>	<b>376</b>
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
<b>15.8</b>	<b>Zum Nachdenken: Der Proust-Effekt beim Geruchsgedächtnis</b>	<b>380</b>
<b>15.9</b>	<b>Der Entwicklungsaspekt: Die chemischen Sinne bei Säuglingen</b>	<b>380</b>
<b>15.10</b>	<b>Zum weiteren Nachdenken</b>	<b>382</b>
<b>15.11</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>382</b>
<b>15.12</b>	<b>Schlüsselbegriffe</b>	<b>382</b>
	<b>Serviceteil</b>	<b>385</b>
	Epilog: The Long and Winding Road	386
	Anhang: Die Signalentdeckungstheorie	395
	Glossar	401
	Literatur	425
	Stichwortverzeichnis	443