

Thomas Ditzinger

Illusionen des Sehens

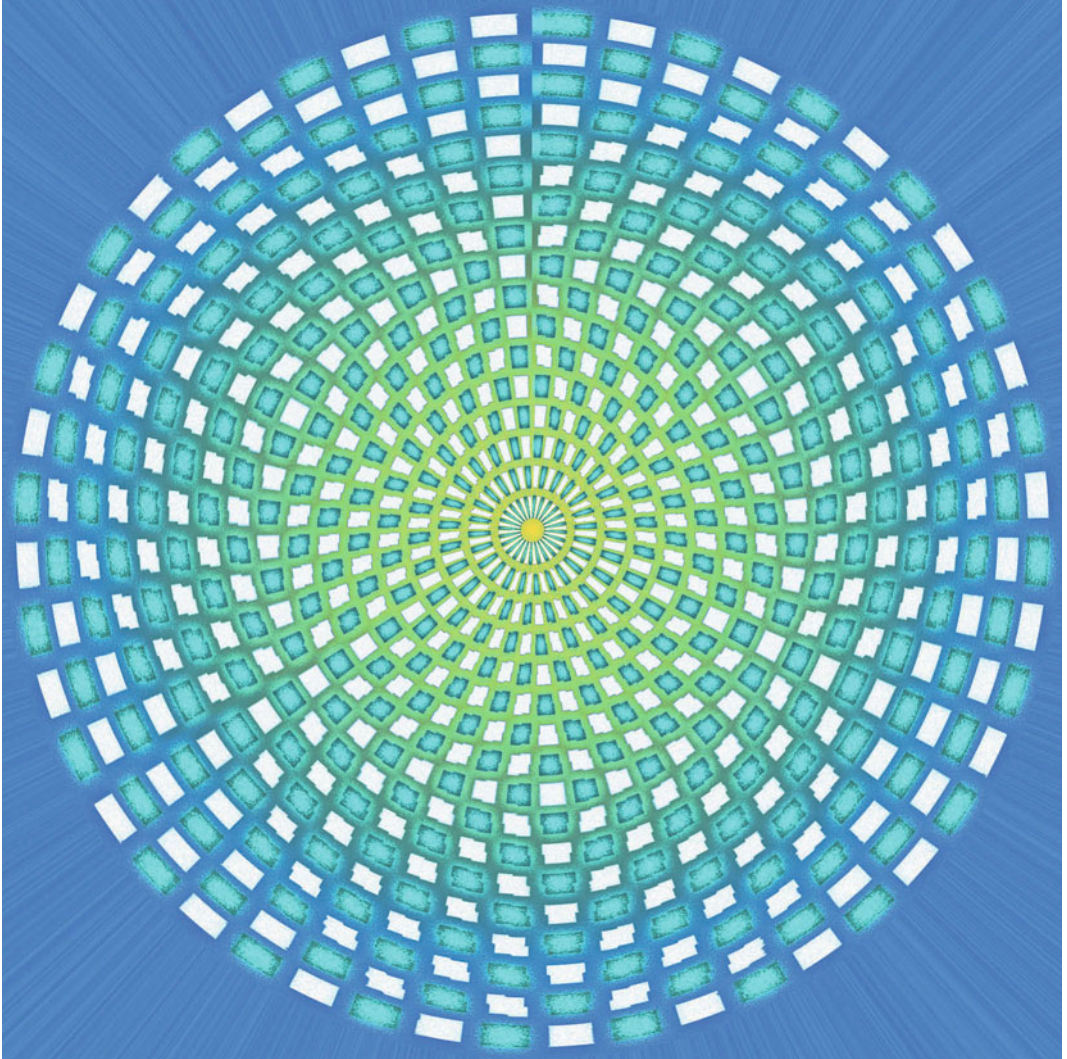
Eine Reise
in die Welt der visuellen
Wahrnehmung

2. Auflage

SACHBUCH

 Springer Spektrum

Illusionen des Sehens



Der Augenstern: Die gekrümmt wirkenden Strahlen sind in Wirklichkeit Geraden, und die deformierten, kreisförmigen Linien sind exakte konzentrische Kreise.

Thomas Ditzinger

Illusionen des Sehens

**Eine Reise in die Welt
der visuellen Wahrnehmung**

2. vollständig überarbeitete und
erweiterte Auflage

Thomas Ditzinger
Weingärtenstr. 19
74934 Reichartshausen
tditzinger@web.de

ISBN 978-3-642-37711-2

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

1. Aufl.: © Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2006

2. Aufl.: © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Marion Krämer, Bettina Saglio

Einbandabbildung: © Thomas Ditzinger

Einbandentwurf: deblik Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.springer-spektrum.de

Vorwort zur 2. Auflage

„Thomas Ditzinger führt uns auf eine faszinierende Reise durch die visuelle Welt der Illusionen. Das Licht ist der Stimulus für das Auge, aber die komplexen Prozesse, die der Stimulation folgen, werden erst durch die Untersuchung von Illusionen erhellt. Das Buch präsentiert nicht nur eine große Vielfalt an visuellen Illusionen (oft in Farbe), sondern verbindet sie auch mit dem physiologischen Prozess im visuellen System und mit den subtilen Verwendungen durch Künstler. Illusionen lassen uns lächeln und lassen uns wundern – über die Raffinesse und Perfektion des Sehens – und Ditzinger verliert nie den Kontakt mit der Freude an den Phänomenen, die er so übersichtlich darstellt.“

Dundee, den 20. Februar 2013

Prof. Dr. Nicholas Wade
School of Psychology,
University of Dundee,
Schottland, UK

Vorwort

Geometrisch-optische Täuschungen gehören seit altersher zum Grundbestand der Wahrnehmungspsychologie. Fast könnte man den Eindruck gewinnen, dass sich die Perzeptologen mehr mit fehlerhafter denn mit korrekter Wahrnehmung beschäftigen. Dies hat einfach darin seinen Grund, dass vermeintlich fehlerhafte Wahrnehmung den Zugang zum Verständnis der Wahrnehmungssysteme ermöglicht.

Thomas Ditzinger legt hier die völlig überarbeitete Neuauflage seines Buches „Illusionen des Sehens“ vor. Von Haus aus Physiker, würde man meinen, der Autor ließe sich nicht täuschen, da er weiß, wie die Welt wirklich aussieht. Genau dies aber wird von philosophisch reflektierten Physikern heute keiner mehr behaupten wollen. Der Physiker kommt dort zum Vorschein, wo es um die Erklärung und nicht nur um die Beschreibung der vielfältigen Phänomene auf dem Gebiet der optischen Täuschungen geht. Thomas Ditzingers reich bebildertes Buch unterscheidet sich von vielen anderen Büchern über optische Täuschungen dadurch, dass er nicht die wohlbekanntesten Schwarzweiß-Strichzeichnungen übernimmt, sondern dass er mit den Möglichkeiten der modernen Computergrafik optische Täuschungen neu gestaltet, sie in andere Kontexte setzt, sodass sie häufig noch verblüffender werden als ihre Vorgänger und damit schließlich und endlich den optischen Täuschungen ein eigenständiges künstlerisches Dasein verschafft.

Kein wesentliches Gebiet der klassischen Psychologie der Illusionen wird bei Ditzinger ausgelassen: Raum, Fläche, Farbe, Bewegung und dreidimensionale Körperlichkeit bilden die Grundlage für eine Desillusionierung des Betrachters. Am Ende des Bildbandes steht nämlich eine Verunsicherung, die zur Folge hat, dass der Betrachter die Frage nach einer illusionären Wirklichkeit verschärft reflektiert. Damit wird Ditzingers Buch ein impliziter philosophischer Anspruch verliehen.

Bremen, den 2. September 2005

Prof. Dr. M. A. Stadler
Institut für Psychologie und
Kognitionsforschung
der Universität Bremen

Für Leonie, meinen Augenstern.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage	V
Vorwort	VII
Einleitung	1
Erste Reise: das Licht, die Wahrnehmung und die Gesetze des Sehens	5
1.1 Die menschliche Wahrnehmung	6
1.2 Das Licht und das Sehen	6
1.3 Die Sinne streben nach Ordnung	12
1.3.1 Ein Rätseltier	12
1.3.2 Die Gestaltpsychologie	13
1.4 Die Schafe und die Gesetze des Sehens	14
1.4.1 Das Gesetz der Prägnanz	14
1.4.2 Das Gesetz der Ähnlichkeit	16
1.4.3 Das Gesetz der Nähe	16
1.4.4 Das Gesetz der guten Fortsetzung	19
1.4.5 Das Gesetz der Geschlossenheit	19
1.4.6 Das Gesetz der Erfahrung	19
Zweite Reise: die geometrisch-optischen Täuschungen	21
2.1 Irrtümer der Sinne	22
2.2 Die Müller-Lyer'sche Täuschung, Teil 1	22
2.3 Die Größenkonstanz: eine wichtige Grundlage der Wahrnehmung	23
2.4 Die Müller-Lyer'sche Täuschung, Teil 2	24
2.5 Die Poggendorff'sche Täuschung	28
2.6 Die Sander'sche Täuschung	29
2.7 Die Hering'sche Täuschung	30
2.8 Die Zöllner'sche Täuschung	31
2.9 Die Kippnachwirkung	32

2.10	Die Fraser'sche Täuschung	33
2.11	Die Vertikalentäuschung	34
2.12	T-Shirts, quer und längs gestreift	35
2.13	Die Oppel-Kundt'sche Täuschung	36
2.14	Die Mondtäuschung	36
2.15	Die Titchener'sche Täuschung	37
2.16	Die Ebbinghaus'sche Täuschung	38
2.17	Die Größentäuschung nach Jastrow	38
2.18	Der Trick mit den Tablets	39
2.19	Der Sonnenuntergang	41

Dritte Reise: Wahrnehmung von Formen und Helligkeiten

3.1	Reflektiertes Licht	44
3.2	Der Traum des Busfahrers	44
3.2.1	Die Symmetrie	44
3.2.2	Nähe gegen Symmetrie	46
3.2.3	Abgeschlossenheit gegen Symmetrie	47
3.3	Die Autobahnbrücke und die Asphaltbilder	47
3.3.1	Ein Blockschaltbild	48
3.3.2	Einfache Helligkeitstäuschungen	48
3.3.3	Kompliziertere Helligkeitstäuschungen	50
3.3.4	Die Mach-Streifen	52
3.3.5	Die Craik-Cornsweet-O'Brien-Täuschung	55
3.3.6	Das Hermann'sche Gitter	55
3.3.7	Die Irradiation	57
3.3.8	Helle und dunkle Sonnen	58
3.3.9	Das Kanizsa-Dreieck	59
3.4	Im Waldheim	60
3.4.1	Die Tische	60
3.4.2	Die Wertheimer-Benary-Figur	60
3.4.3	Die Wahrnehmung von Durchsichtigkeit	61
3.4.4	Die White-Täuschung: Überdeckung und Simultankontrast	63

Vierte Reise: Mehrdeutige Wahrnehmungen

4.1	Wie man Freiburg finden kann	66
4.2	Der Rubin-Kelch	67
4.3	Der Necker-Würfel	68
4.4	Perspektivische Ambivalenz	71
4.5	Ambivalente Bilder im Labor der Wahrnehmungspsychologie	72
4.5.1	Messverfahren	73
4.5.2	Die Oszillationsgeschwindigkeit als „Fingerabdruck der Psyche“	73
4.5.3	Bilder mit unterschiedlicher Gewichtung der Alternativen	74
4.6	Junger Mann oder Schwiegervater?	76
4.7	Junges Mädchen oder Schwiegermutter?	77
4.8	Wie fällt unser Gehirn Entscheidungen?	77

4.9 Die Synergetik	78
4.10 Die Voreingenommenheit	79
4.11 Umkehrbilder	81
4.12 Morphing	83
4.13. Hysterese in der Wahrnehmung	84
4.14 Die fantastische Kunsthalle	85

Fünfte Reise: die Farben und der graue Alltag

5.1 Nachts sind alle Katzen grau	92
5.1.1 Der Purkinje-Effekt	92
5.1.2 Das Tagsehen und das Nachtsehen	93
5.1.3 Der bunte Hund	93
5.1.4 Verschwindende Sterne	94
5.1.5 Die Helligkeit von Sternen	95
5.1.6 Die elektromagnetische Strahlung	96
5.1.7 Das sichtbare Licht	98
5.2 Das Farbsehen	99
5.2.1 Der Regenbogen	100
Wie entstehen die Farben des Regenbogens?	100
5.2.2 Eine Verbindung zwischen Logik und Gefühl	103
5.2.3 Die Dreifarben Theorie des Sehens	104
5.2.4 Stäbchen und Zapfen	106
5.2.5 Wie funktioniert das Farbsehen?	108
5.3 Die Schmetterlingswiese	111
5.3.1 Die Ausrüstung	111
5.3.2 Die Schmetterlinge, Einstein, das Licht und die Farben	113
5.3.3 Die Farbe Schwarz	113
5.3.4 Die Farbe Rot	114
5.3.5 Die Farbe Gelb	114
5.3.6 Die Farbe Magenta	114
5.3.7 Die Farbe Weiß	115
5.3.8 Die Komplementärfarbe zu Rot	116
5.4 Eine Rundfahrt durch das Farbsehen	116
5.4.1 Die Farbenadaption	116
5.4.2 Farbsehstörungen	118
5.4.3 Die fantastische Farbenwelt der Honigbiene	120
5.4.4 Das negative Nachbild	122
5.4.5 Rotierende Scheiben	123
5.4.6 Das Phänomen der flatternden Herzen	125
5.4.7 Blau ist eine ganz besondere Farbe	128
5.5 Am Meer	130
5.5.1 Warum ist der Himmel blau?	130
5.5.2 Die Farbkontrastverstärkung	133
5.5.3 Die Hering'sche Gegenfarbentheorie	136
5.5.4 Der Watercolor-Effekt	139

Sechste Reise: das räumliche Sehen

6.1 Vor der Abfahrt	144
6.1.1 Warum haben Menschen zwei Augen?	144

6.1.2	Die Augen	144
6.1.3	Gekoppelte und entkoppelte Augen	145
6.1.4	Dreidimensionale Umwelteindrücke	147
6.1.5	Tiefenbestimmung durch Konvergenz	148
6.1.6	Tiefenbestimmung durch Querdisparation	149
6.2	Der Zeigefingerweg	149
6.2.1	Ein senkrechter Zeigefinger	149
6.2.2	Zwei senkrechte Zeigefinger	150
6.2.3	Zwei waagrechte Zeigefinger	151
6.2.4	Tiefenauflösung durch die Querdisparation	151
6.3	Die Zufallspunktbilder	152
6.3.1	Der Trick mit dem Stereoblick	153
6.3.2	Die Herstellung von Zufallspunktbildern	153
6.3.3	Fantastische Versuche zur räumlichen Wahrnehmung	154
6.3.4	Verrauschte Bilder	157
6.3.5	Wo steckt der Fehler?	158
6.3.6	Die Rivalität von Strukturen	159
6.3.7	Die Rivalität von Farben	160
6.4	Auf der Hauptstraße	161
6.4.1	Stereofotografie	161
6.4.2	Die Hohlmaske	163
6.4.3	Das Erkennen von Tiefe mit einem Auge	165
6.5	Andere Methoden zur Tiefenwahrnehmung	166
6.5.1	Die Wahrnehmung von Tiefe durch Bewegung	166
6.5.2	Tiefenwahrnehmung durch das Erkennen von Überdeckungen	167
6.5.3	Tiefenwahrnehmung durch das Erkennen von Durchsichtigkeit	167
6.5.4	Tiefenwahrnehmung durch Größenvergleich	168
6.5.5	Tiefenwahrnehmung durch die Deutung des Schattenwurfs	171
6.5.6	Tiefenwahrnehmung durch die Erkennung des Helligkeitskontrasts	174
6.5.7	Eine nicht realisierte Methode zur Tiefen- wahrnehmung	175
6.6	Warum haben Menschen zwei Augen?	176
6.7	In Venice Beach	177
6.8	Eine Zeitreise durch die Technik des Stereosehens	178
6.8.1	Das Spiegelstereoskop	178
6.8.2	Das Linsenstereoskop	180
6.8.3	Die Sehtechiken mit und ohne Stereoskop	180
6.8.4	Der Tapeteneffekt	182
6.8.5	Die Rotgrün-Anaglyphentechnik	183
6.8.6	Die Polarisationsfiltertechnik	185
6.8.7	Der Pulfrich-Effekt	186
6.8.8	Die Shutter-Brille	188
6.8.9	Die Zufallspunktstereogramme	188
6.8.10	Die Autostereogramme	189
6.8.11	Zusammenfassung	190

6.9	Neue Wunderwelten der Wahrnehmung	191
6.9.1	Mehrfachwelten und Geisterbilder	191
6.9.2	Ein Sehtest zur Ermittlung der Konvergenztiefe	195
6.9.3	Das Gehirn formt sich seine eigene drei- dimensionale Welt	197
6.9.4	Der Pulling-Effekt – unser Gehirn ist faul, aber nicht zu faul!	198
6.9.5	Ein Sehtest zur Ermittlung der Tiefensehschärfe	199
6.9.6	3D für Fortgeschrittene	200

Siebte Reise: Bewegungen sind Leben 203

7.1	Erkennung von Bewegungen	204
7.2	Relativbewegungen am Bahnhof	205
7.3	Scheinbewegungen, Filme und bewegliche Sterne	208
7.4	Nachwirkungen, Wasserfälle und nochmal Züge	212
7.5	Autokinetischer Effekt und Sternenschwanken	213
7.6	Bewegungsillusionen mit periodischen Mustern	214
7.7	Bewegungsillusionen mit Farben	216
7.7.1	Der schiefe Turm von Pisa wird begradigt	217
7.7.2	Gesetz des gemeinsamen Bewegungsschicksals	220
7.8	Bewegungsillusionen durch räumliche Wechselwirkung	221
7.9	Ein neues Faszinosum: die modernen Bewegungs- illusionen unter Einfluss von Farbe, Tiefe, Form und Helligkeiten	223
7.9.1	Die Ouchi-Illusion	223
7.9.2	Pinna-Brelstaff-Illusion	225
7.9.3	Rotierende Schnecken	228
7.9.4	Wirbelnde Ringe	230
7.9.5	Hitzeflimmern	231

Achte Reise: Der Alltag ist gar nicht grau – Täuschungen in unserem täglichen Leben 233

8.1	Im Supermarkt	234
8.2	Zeit sparen	236
8.3	Beim Zahnarzt	238
8.3.1	Zimmerfarben	238
8.3.2	Zahnfarben	240
8.4	Im Stadion	246
8.4.1	Das Runde muss in das Eckige	246
8.4.2	Cam Carpets – die Kamerateppiche	248
8.5	Räumliche Fehlinterpretationen in der Freizeit: in San Francisco und beim Skifahren	250
8.6	Sonne, Licht und Schatten	252
8.7	Optische Täuschungen in der Mode	256
8.8	Die Perspektive der doppelten Bilder	258
8.9	Verstecken und Tarnen	260

Schlusswort	265
Literaturhinweise	267
Bildnachweis	273
Index	277

Einleitung

Wir leben in einer fantastischen, faszinierenden, wunderbaren Welt.

Jeder Einzelne von uns ist ein wichtiges Puzzlestück in dieser Welt und versucht sich so gut wie möglich darin zurechtzufinden. Dazu bedienen wir uns unserer Sinne, die uns die gleichzeitige Wahrnehmung einer ungeheuren Menge von Umweltreizen und Informationen ermöglichen. Das menschliche Wahrnehmungssystem hat sich im Laufe der Evolution in engem Wechselspiel mit der Umwelt entwickelt. Deshalb ist es kein Wunder, dass unser Gehirn und sein Wahrnehmungsapparat zu einem Abbild seiner Umgebung wurde – mit ähnlich fantastischen, faszinierenden, wunderbaren Eigenschaften. Davon können Sie sich in dem vorliegenden Buch überzeugen.

Um diese enormen Wahrnehmungsleistungen zu vollbringen, ist ein hoch komplexer selbst organisierter Bauplan des Gehirns vonnöten. Unser Gehirn besteht aus der unvorstellbaren Zahl von mindestens 100 000 000 000 Nervenzellen, den Neuronen. Das ist knapp zwanzigmal so viel wie die momentane Anzahl der Erdbevölkerung! Die Neuronen bilden zusammen mit den Gliazellen, deren genaue Funktion bis heute noch nicht vollständig geklärt ist, die Grundbausteine unseres menschlichen Gehirns.

Im Schnitt verfügt jedes Neuron über ca. 1000–10 000 Verbindungen zu anderen Nervenzellen. Die Verbindung verläuft über stark verästelte Axone, deren Gesamtzahl bei mindestens 100–1000 Billionen liegt (eine 1 mit 14–15 Nullen) – das liegt größenordnungsmäßig schon im Bereich der Gesamtbevölkerung aller Ameisen auf der Erde. Würde man die Länge aller dieser Verbindungsäste addieren, so ergäbe sich schätzungsweise die schier unglaubliche Gesamtstrecke von einer halben bis einer Million Kilometern. Das entspräche einem Telefonkabel mit etwa der fünfundzwanzigfachen Länge der Entfernung von der Erde zum Mond und wieder zurück, aufgewickelt in unserem Gehirn!

Die vielleicht wichtigste Erfindung der Evolution für die Entwicklung des menschlichen Gehirns und der Wahrnehmung ist das Sehen. Durch das Auge gelangen ca. 60 Prozent aller Umwelterfahrungen in unser Gehirn. Deshalb gilt das Sehen auch als der Schlüssel zum Verständnis unseres Gehirns.

Das Hauptanliegen dieses Buches ist es, die wunderbaren Fähigkeiten unseres Sehapparats kennen und schätzen zu lernen. Dabei wird sich zeigen, dass unser Seh- und Wahrnehmungsapparat auf wunderbare Weise in der Lage ist, die widersprüchlichsten und kompliziertesten Umwelteindrücke sehr einfach in prägnanten Formen darzustellen. Lassen Sie sich mitnehmen auf eine Entdeckungsreise durch Ihre eigene Wahrnehmungsfähigkeit! Aufgrund des besonderen Reiseziels lesen Sie nicht nur in einem Buch, sondern Sie lesen – und sehen – hauptsächlich in sich selbst. Das vorliegende Buch dient Ihnen dabei als Reiseführer auf dieser fantastischen Abenteuerfahrt. Ähnlich wie bei einer Urlaubsreise wird es Augenblicke der Entspannung, aber auch höchst beeindruckende Naturschönheiten und interessante Entdeckungen zu erleben geben.

Dabei wird sich immer wieder zeigen, dass sich unsere Wahrnehmung mit wenigen einfachen Grundeigenschaften charakterisieren lässt: sie ist pragmatisch und strebt immer nach der einfachsten Lösung (man könnte auch sagen, sie ist „faul“) und sie hat einen mächtigen aus der Evolution erlernten Erfahrungsschatz an Vorwissen und Vorurteilen. Sie werden sehen, dass die eindrucklichsten Illusionen des Sehens immer dann stattfinden, wenn diese Grundeigenschaften in Konflikt miteinander geraten. Dabei werden Sie die wichtige Rolle einer dritten Eigenschaft Ihrer Wahrnehmung erkennen: sie ist einfallsreich und sinnstiftend und nimmt Kompromisse in Kauf – und schummelt dazu auch manchmal ein wenig.

Der vorliegende Erlebnisreiseführer für die Augen präsentiert Ihnen in dieser völlig überarbeiteten Auflage eine Vielzahl altbekannter und neuer optischer Täuschungen, Illusionen und fantastischer Bilder. Jedes dieser Reiseerlebnisse wird Ihnen dabei einen eigenen, neuen Weg zum Verständnis Ihrer eigenen Wahrnehmung eröffnen.

In der ersten Reise werden Sie einiges über das Wesen des Lichts und seine Wahrnehmung im menschlichen Auge erfahren. Sie können außerdem Bekanntschaft mit Schafen machen, die nicht nur blöken und Gras fressen, sondern sich bestens in den Gesetzen des Sehens auskennen. Sie werden einige wichtige Grundzüge der Gestaltpsychologie und die wesentlichen Gesetze der menschlichen Wahrnehmung kennen lernen.

Die zweite Reise führt Sie in die Zauberwelt der geometrisch-optischen Täuschungen. Sie werden staunen, wie leicht sich Ihr Gehirn schon durch einfache Strichzeichnungen aufs Glatteis führen lässt. So erscheinen gerade Linien plötzlich gekippt, gekrümmt oder unterschiedlich lang.

Bei der dritten Reise geht es um die Wahrnehmung von Formen, Helligkeiten und Durchsichtigkeit und ihre Wechselwirkung miteinander. Sie werden erkennen, dass die Wahrnehmung von Form und Helligkeit einer Figur entscheidend von Form und Helligkeit des Hintergrunds abhängt. So sehen Sie zum Beispiel zwei identische Sonnen, die dadurch völlig verschieden wahrgenommen werden, und erfahren, was es mit der Helligkeitskontrastverstärkung auf sich hat.

Die vierte Reise ist der mehrdeutigen Wahrnehmung gewidmet. Sie sehen Bilder, die nach kurzer Betrachtungszeit schlagartig ganz anders aussehen als zuvor und richtiggehend lebendig werden. Würfel, die wie wild im Raum springen, oder Zeichnungen von jungen Menschen, die genauso wie ihre eigenen Großeltern aussehen, werden Sie faszinieren. Diese ambivalenten Bilder werden unter anderem dazu verwendet, ganz individuelle „Fingerabdrücke Ihrer Psyche“ zu vermessen.

Bei der fünften Reise ins Farbensehen erfahren Sie, warum nachts tatsächlich alle Katzen grau sind, weshalb der Himmel ausgerechnet blau ist, worin sich das Tagsehen vom Nachtsehen unterscheidet und was es mit Komplementärfarben, Gegenfarben und Nachbildern auf sich hat. Und Sie können einem Hund begegnen, dessen Bild vor Ihren Augen mit dem Schwanz wedelt. Lesen Sie außerdem, warum Männer viel häufiger farbfehlsichtig sind als Frauen und dass die Farbe Blau etwas ganz Besonderes ist.

Während der sechsten Reise in das räumliche Sehen können Sie erfahren, warum Sie zwei Augen besitzen. Sie können in tiefere Wahrnehmungsdimensionen vordringen und verschiedene Methoden der Tiefenwahrnehmung wie den Pulfrich-Effekt, die Rotgrün-Anaglyphentechnik, die Zufallspunktbildpaare und die Autostereogramme erfahren.

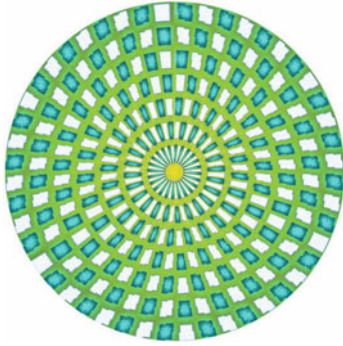
Die siebte Reise beinhaltet das Bewegungssehen und seine Wechselwirkung mit Farbe, Form und räumlicher Tiefe. Wir verwandeln einen festen Bleistift in Gummi und Schwarzweißbilder in Farbe und versetzen feststehende Bilder in Abhängigkeit von ihrer Farbe in Bewegung.

Die neueste, achte Reise führt Sie in den Alltag unseres ganz normalen Lebens. Wir sind im Supermarkt, beim Zahnarzt, im Modehaus, und suchen nach gut getarnten versteckten Tieren, bei Schatten und Licht. Sie werden staunen aus wie vielen kleinen und großen Wundern und Illusionen auch der graueste Alltag besteht, wenn man nur mit offenen Augen hinschaut. Und manchmal bringt unser tägliches Leben auch Freizeit und Sport oder eine Urlaubsreise. Deshalb besuchen wir in dieser Reise auch ein Fußballstadion, eine Skipiste, San Francisco und den Loch Ness.

Die bevorstehenden Reisen werden Sie vom Polarstern zum Jupiter über Freiburg wieder zurück zum Mond sowie ans Meer führen, zur grünen Wiese der heimischen Honigbiene, nach Venice Beach oder auf eine nahe Autobahnbrücke.

Alle diese Wege können Sie mit dem faszinierendsten, billigsten und bequemsten bekannten Transportmittel zurücklegen: Ihren eigenen Gedanken. So passt die gesamte vor Ihnen liegende Reiseroute von den unendlichen Weiten des Universums bis hin zum Café um die Ecke genau in dieses Buch und in Ihren Kopf – genauso wie das ausgerollte „Telefonkabel“ der bereits erwähnten Nervenverbindungen.

Ich verspreche Ihnen jede Menge Spaß und Bestaunenswertes auf allen diesen Wegen!



Erste Reise: das Licht, die Wahrnehmung und die Gesetze des Sehens

1

Am Anfang war das Licht. „Gott sprach: Es werde Licht. Und es wurde Licht. Gott sah, dass das Licht gut war. Gott schied das Licht von der Finsternis“ (Gen 1, 3–4). Licht – Wunder des Lebens, Zeichen von Erleuchtung, Symbol für Sinn und Ziel. Der Weg des Lichtes ist der Weg zum Leben.

Physikalisch betrachtet ist Licht elektromagnetische Strahlung, die sich – 900 000-mal schneller als der Schall – im leeren Raum geradlinig ausbreitet, bis sie auf ein Hindernis trifft. Der Mensch vermag jedoch nur einen winzig kleinen Ausschnitt dieses elektromagnetischen Spektrums wahrzunehmen.

In dieser ersten Reise durch die Welt der Wahrnehmung machen Sie Bekanntschaft mit physikalischen und psychologischen Gesetzen des Sehens, die unser Erleben bestimmen und dafür verantwortlich sind, wie wir was sehen ...

1.1 Die menschliche Wahrnehmung

Der erstaunliche Erfolg des Menschen in der Evolution der Arten beruht vor allem auf seiner außerordentlichen Fähigkeit, sich schnell und gut an die unterschiedlichsten Umweltbedingungen anpassen zu können. So ist er beispielsweise in der Lage, von der Umwelt ausgesandte Informationen durch seine Sinne aufzunehmen und damit in seinem Gehirn ein möglichst naturgetreues Abbild seiner Außenwelt zu erzeugen. Diesen faszinierenden Prozess bezeichnet man als *Wahrnehmung*.

Die Wahrnehmung bedient sich der unterschiedlichsten Sinnesorgane. Während Sie diese Zeilen lesen, strömt Ihnen vielleicht gerade der Geruch des fertigen Abendessens aus dem Ofen in die Nase, vielleicht hören Sie gerade einen Hund in der Nachbarschaft bellen, vielleicht spüren Sie gerade ein paar wärmende Sonnenstrahlen auf Ihrer Haut, vielleicht ertasten Sie gerade den Rücken dieses Buches. Eine entsprechende Wahrnehmung kann das Gehirn gegebenenfalls zu einer Reaktion veranlassen – beispielsweise die Wahrnehmung von Angebranntem aus dem Ofen.

Wir leben geradezu in einem Schlaraffenland voller Informationen und Nachrichten. Unsere Umwelt sendet in Hülle und Fülle Reize der unterschiedlichsten Art aus. Diese Reizvielfalt nehmen wir mit unseren Sinnesorganen auf, bei deren Entwicklung die Natur einen großen Erfindungsreichtum an den Tag (besser: an die Jahrtausenden) gelegt hat. Dabei hat die Natur die verschiedensten physikalischen Möglichkeiten auf das Intelligenteste ausgenutzt und das Hören, das Riechen, das Schmecken, das Tasten, das Fühlen, den Gleichgewichtssinn, die Temperatur- und Schmerzempfindung, die innere Organwahrnehmung und die Wahrnehmung durch das Immunsystem erfunden. Die jüngste und erfolgreichste Erfindung der Evolution aber ist das Sehen.

1.2 Das Licht und das Sehen

Träger der Sehinformation ist das Licht. Gegenüber den anderen Trägermedien der menschlichen Wahrnehmung wie Geruchsstoffen oder Schallwellen hat das Licht unschätzbare Vorzüge. Dazu zählt vor allem seine ungeheure Schnelligkeit: So ist das Licht beispielsweise ca. 900 000-mal schneller als der Schall. Während wir den Schall immer mit einer gewissen Verzögerung wahrnehmen, können wir alle im Sichtfeld stattfindenden Ereignisse praktisch gleichzeitig mit den Augen wahrnehmen. Dies bringt einen gewaltigen Frühwarnvorteil in Gefahrensituationen mit sich. Darüber hinaus ist das Licht auch nicht so anfällig für Störungen wie der Schall, dessen Wahrnehmung zum Beispiel bei Gegenwind oder einem lauten Nebengeräusch sehr erschwert wird.

Wir sind umgeben von einem Meer von Licht; Licht ist allgegenwärtig. Seine Bedeutung für den Menschen lässt sich bereits aus der Schöpfungsgeschichte des Alten Testaments erschließen: „Gott

sprach: Es werde Licht. Und es wurde Licht. Gott sah, dass das Licht gut war. Gott schied das Licht von der Finsternis“ (Gen. 1,3–4). Was aber genau hat es mit dem Licht auf sich?

Obwohl jeder von uns zu wissen glaubt, was Licht ist, fällt eine fassbare Beschreibung dieser Naturerscheinung selbst im Zeitalter der modernen Naturwissenschaften gar nicht so leicht. Bis hinein ins 18. Jahrhundert tappte die Wissenschaft „über das Licht sogar ganz im Dunkeln“ – einschließlich Benjamin Franklin, von dem dieses Zitat stammt.

Licht wird stets von einem natürlichen oder künstlichen Sender ausgestrahlt. Beispiele für natürliche Lichtquellen sind Sonne, Sterne, Feuer oder die Chemolumineszenz in Glühwürmchen; Beispiele für künstliche Quellen sind Glühlampen, Leuchtstoffröhren oder Kerzenlicht. Alle diese Sender erzeugen Energie, die sie in Form *elektromagnetischer Wellen* an ihre Umgebung abgeben.

Der genaue Prozess der Ausstrahlung des Lichts kann durch ein Wechselspiel zwischen schwingender geladener Materie im Sender, elektrischen und magnetischen Feldern erklärt werden. Je schneller die Materie im Sender schwingt, umso höher ist die ausgestrahlte Energie und umso schneller schwingen deshalb auch die elektromagnetischen Wellen. Je schneller eine Welle schwingt, umso mehr und umso kürzere Wellenzüge bringt sie mit sich. Damit ist auch klar, dass diese Wellen eine kürzere *Wellenlänge* haben.

Die Energie der elektromagnetischen Welle steht also in einem direkten Zusammenhang mit der Wellenlänge: Je kleiner die Wellenlänge, umso größer ist die Energie der Welle.

Die Wellenlänge bestimmt dabei die Empfindung der Farbe des Lichts. Licht mit der niedrigen Wellenlänge von ca. 400 Nanometern (das sind 0,00004 cm) sehen wir als blaues Licht, während wir Licht mit der etwas höheren Wellenlänge von ca. 800 Nanometern als Rot wahrnehmen.

Im Normalfall besitzt das von einer Quelle ausgesandte Licht ein ganzes Spektrum von unterschiedlichen Wellenlängen in verschiedenen Intensitäten oder Helligkeiten. Jegliche Strahlung mit Wellenlängen außerhalb dieses schmalen Bereiches ist für den Menschen unsichtbar! Das sichtbare Licht ist also nur ein kleiner Ausschnitt des gesamten elektromagnetischen Spektrums, welches in Bild 1.1 dargestellt ist.

Strahlung mit weniger Energie als das sichtbare Rot ist zum Beispiel die Infrarotstrahlung, die Mikrowellen und die Radiowellen, Strahlung mit höherer Energie als das sichtbare Blau ist beispielsweise das Ultraviolett, die Gammastrahlung oder die kosmische Strahlung.

Die elektromagnetische Strahlung hat die Eigenschaft, sich und ihre Energie im Vakuum ohne Zuhilfenahme von Materie in Form einer Welle aufrechtzuerhalten. Diese Welle breitet sich von der Quelle mit der sehr hohen, für das Vakuum konstanten Lichtgeschwindigkeit von ca. 300 000 km/s aus. Das Licht bewegt sich, wie alle elektromagnetische Strahlung, so lange in eine Richtung, bis es auf ein Hindernis trifft. Die Strahlung transportiert also Energie von einem

Wellenlänge in Nanometer (10^{-9} Meter)

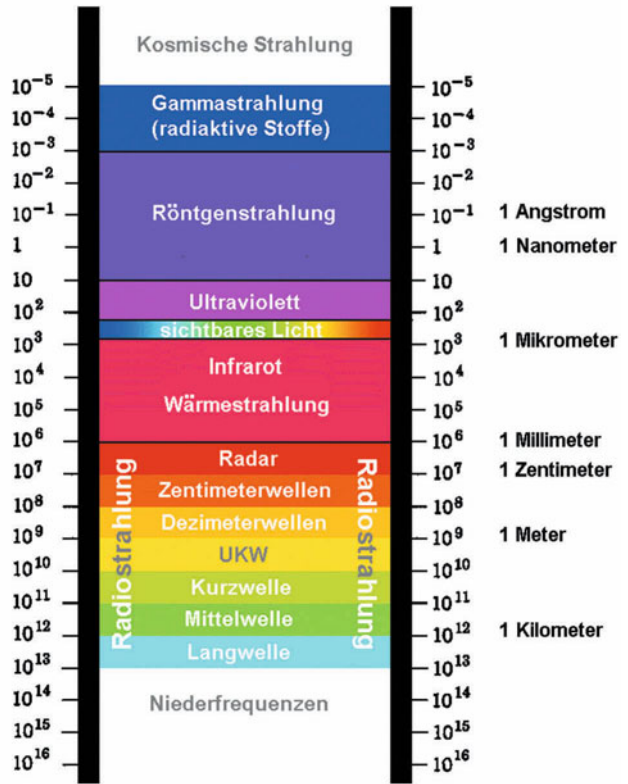


Abb. 1.1: Das elektromagnetische Spektrum.

Ort an einen anderen. Das ist vergleichbar mit einem Fahrstuhl oder einem Taxi, die Menschen an einen anderen Ort transportieren.

An dem Hindernis findet ein Energieaustausch zwischen der Lichtwelle und der Materie statt. Je nach der inneren Beschaffenheit des Hindernisses wird die Strahlung mit ganz bestimmten Wellenlängen vom Stoff aufgenommen. Diesen Vorgang des Aufnehmens von *elektromagnetischer Strahlung* durch feste Stoffe und die Umwandlung ihrer Energie nennt man *Absorption*.

Alle Strahlen mit anderen Wellenlängen werden unverrichteter Dinge reflektiert. Die Wellenlängen und die Intensität dieser reflektierten Strahlung sind für jeden Stoff ähnlich charakteristisch wie ein Fingerabdruck. Trifft ein solcher Strahl auf unsere Augen, so wird seine Energie in chemische Energie und Nervenpulse umgewandelt und wir können seinen Ausgangspunkt identifizieren. Mit anderen Worten: Wir können ihn *sehen*.

Wie kommt diese Sinnesempfindung des Sehens im Einzelnen zustande? Um einen Seheindruck zu erzielen, bedient sich das menschliche Auge der unterschiedlichsten Techniken. Mit Hilfe einer Reihe fantastischer Eigenschaften hat es einen Weg gefunden, eintreffende Strahlen mit einem hoch intelligenten Informationsverarbeitungssystem aufzunehmen und weiterzuleiten.

Der Sehprozess beginnt, wie in Bild 1.2 zu sehen ist, beim Eintritt eines Lichtstrahls in den optischen Apparat des Auges. Dieses besteht aus der Hornhaut, der vorderen Augenkammer und der Linse. Der Lichtstrahl wird in der Hornhaut und der Linse gebrochen. Vor der Linse befindet sich die kreisförmige *Iris*, die wegen ihrer auffällenden Färbung auch *Regenbogenhaut* genannt wird. Die Iris hat in ihrer Mitte ein Loch, die *Pupille*; durch diese gelangt das Licht in die Linse. Die Pupille verkleinert sich bei intensivem Lichteinfall und erweitert sich bei schwachem Licht. Somit erfüllt die Iris genau die Funktion einer Blende.

Die Form der Linse und damit ihre Brechkraft kann mit Hilfe des sie ringförmig umgebenden *Ciliarmuskels* verändert werden. Der Ciliarmuskel ist einer der aktivsten Muskeln unseres Körpers. Durch eine Anspannung des Ciliarmuskels wird die Linse rund, was ihre Brechkraft erhöht. Dadurch wird das Auge auf nahe Entfernungen scharf gestellt. Umgekehrt wird bei einer Entspannung des Ciliarmuskels die Linse abgeflacht und die Sehschärfe auf die Ferne eingestellt. Da die Linse unter dauernder Belastung immer unelastischer wird, ist der Ciliarmuskel mit zunehmendem Alter nicht mehr in der Lage, die Linse auf nahe Entfernungen scharf zu stellen. Die Linse bildet den Lichtstrahl nach seinem Weg durch den durchsichtigen *Glaskörper* auf die *Netzhaut* (die *Retina*) ab. Die Retina liegt auf der hinteren inneren Oberfläche des Auges. Dort entsteht ein auf dem Kopf stehendes, verkleinertes Bild.

Die Netzhaut ist mit einer Vielzahl von lichtempfindlichen Sehzellen bestückt, die das empfangene Licht in elektrische Nervenimpulse umwandeln können. Insgesamt befinden sich ca. 126 Millionen (!) Sehzellen auf der Netzhaut! Dabei kann zwischen den *Stäbchen* und den *Zapfen* unterschieden werden, die aus verschiedenen lichtempfindlichen Stoffen bestehen und sich auf das Erkennen verschiedener Helligkeiten und Farben eingerichtet haben.

Die ca. 120 Millionen Stäbchen der Netzhaut sind auf schwaches Licht spezialisiert. Die Stäbchen können aber keine Farben unterscheiden, sodass in schwachem Dämmerlicht nur verschiedene Grautöne erkannt werden („nachts sind alle Katzen grau“). Die Stäb-

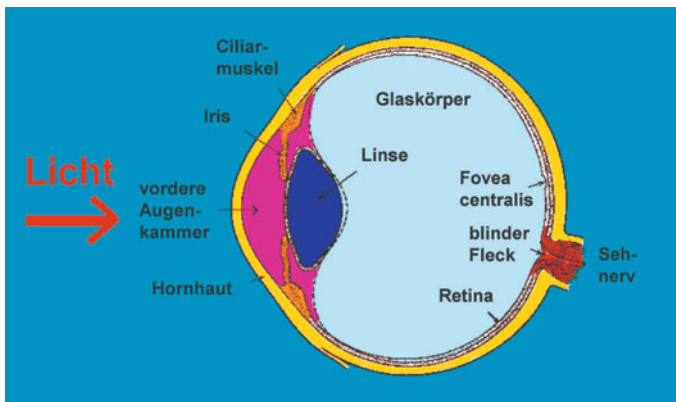


Abb. 1.2: Ein schematischer Querschnitt durch das Auge.

chen sind gleichmäßig über die Netzhaut verteilt – abgesehen von der so genannten *Fovea centralis*, in der keine Stäbchen anzutreffen sind. Bei der Fovea handelt es sich um eine winzige Grube, die im Zentralbereich der Netzhaut liegt. Dort befindet sich auf engstem Raum ein Großteil der ca. sechs Millionen Zapfen, mit denen wir tagsüber sehen. Durch die Zapfen sind wir in der Lage, farbig und sehr scharf zu sehen.

Die Zapfen und Stäbchen leiten ihre Sehinformation in Form von elektrischen Impulsen an die Neuronen weiter. In diesen Neuronen, die in mehreren Schichten angeordnet sind, liegen *Horizontalzellen*, *Bipolarzellen*, *Amakrinen* und *Ganglienzellen*, die die hoch komplizierte Aufgabe der Vorverarbeitung der Bildinformation übernehmen.

Bemerkenswerterweise liegen die Sehzellen am „falschen“, das heißt am lichtabgewandten Ende der Netzhaut. Das einfallende Licht muss daher zunächst, wie in Bild 1.3 zu sehen ist, die ganzen weiterverarbeitenden (durchsichtigen) Schichten der Netzhaut durchqueren, bis es auf die Zapfen und Stäbchen trifft.

Diese Lage der Sehzellen hat zwei Vorteile für das Auge. Zum einen wird die Schicht der Sehzellen vor Stößen und Deformationen geschützt. Zum anderen können die Sehzellen von der lichtabgewandten Seite her durch die *Pigmentepithelzellen* sehr einfach versorgt werden. Der komplizierte Sehvorgang erfordert einen ständigen Wiederaufbau der Farbpigmente in den Sehzellen. Dies geschieht mit Hilfe eines Enzyms – also eines Eiweißstoffes –, das in diesen Pigmentepithelzellen enthalten ist.

Die Netzhaut übernimmt einen großen Teil der Bildauswertung bereits selbst, indem sie die Informationseinheiten der 126 Millionen Sehzellen in Form von elektrischen Reizen im Sehstrang zusammenfasst, der aus „nur“ noch ca. 800 000 Nervenleitungen besteht. Diese enorme Leistung bedingt schier unglaubliche Fähig-

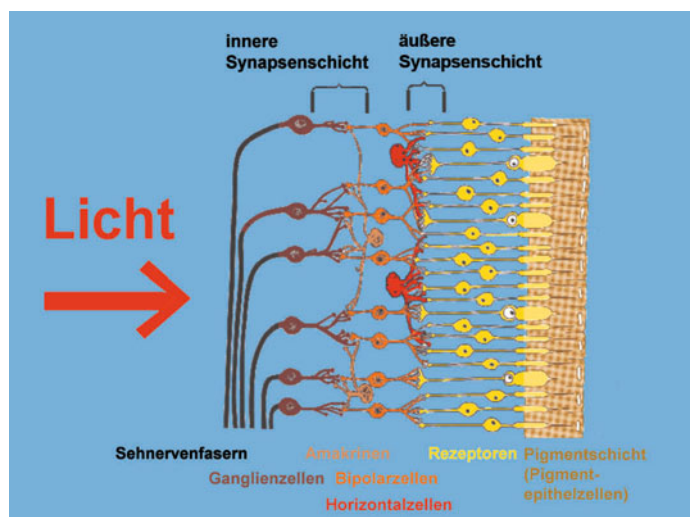


Abb. 1.3: Querschnitt durch die Netzhaut.

keiten der nachgeschalteten Netzhautschichten. Nicht von ungefähr entsteht die Netzhaut in der Embryonalphase aus einer Ausstülpung des Hirngewebes, ist also Teil des Gehirns. Das Endergebnis des Sehvorgangs eines Auges sind die in den 800 000 Nervenleitungen gebündelten elektrischen Impulse. Sie werden im Sehstrang an das Sehzentrum im Gehirn weitergeleitet.

Der Sehstrang tritt dazu an einer bestimmten Stelle, dem *blinden Fleck*, durch die Retina. An dieser Stelle kann keine Sehzelle sitzen und damit auch keine Seh wahrnehmung stattfinden. Diesen blinden Fleck können Sie mit Hilfe von Bild 1.4 feststellen.

Schließen Sie bitte Ihr linkes Auge und blicken mit dem rechten Auge auf den Busfahrer in Bild 1.4! Bewegen Sie das Buch so lange langsam vor sich hin und her, bis der für die bevorstehende Abenteuerreise durch die Wahrnehmung bereitstehende Reisebus verschwindet! Falls er noch teilweise zu sehen ist, drehen Sie das Bild ein wenig um die Bildmitte und verändern den Beobachtungsabstand. Achten Sie auch auf das horizontale Muster der Garage im Hintergrund – das Muster wird von unserem Wahrnehmungssystem durchgängig ergänzt. Umgekehrt funktioniert der Trick genauso. Halten Sie dazu das rechte Auge geschlossen und blicken Sie auf den Reisebus! Diesmal können Sie bei richtigem Buchabstand den Busfahrer zum Verschwinden bringen!

Wie schafft es unsere Wahrnehmung, diesen baubedingten Mangel des blinden Flecks so gut auszugleichen, dass wir im Alltag überhaupt nichts mehr davon bemerken? Die einfachste Erklärung wäre die, dass jeweils das eine Auge den blinden Fleck des anderen Auges ausgleicht. Dagegen spricht allerdings, dass der blinde Fleck auch beim einäugigen Sehen durch das Wahrnehmungssystem so gut ausgeglichen wird, dass er auch dann normalerweise nicht auffällt.

Unter Berücksichtigung aller Sehinformationen um den blinden Fleck herum ergänzt unser Sehsystem die Lücke so, dass sich auf möglichst einfache Art und Weise eine „gute Gestalt“ ergibt. Das bedeutet für Bild 1.4, dass die Balken der Garage an der Stelle, an der der

Abb. 1.4: Lassen Sie entweder den Bus oder den Busfahrer verschwinden.



Reisebus verschwunden ist, durchgängig ergänzt werden und keine Lücken im Sehfeld sichtbar sind!

Diese fantastische Eigenschaft ist ein erster Hinweis auf die von unserem Gehirn verwendeten genialen Strategien der Wahrnehmung, auf deren Spuren wir uns im Laufe dieser Reise der etwas anderen Art begeben wollen: dem Streben nach „guter Gestalt“ und Ordnung.

1.3 Die Sinne streben nach Ordnung

Nehmen Sie nun in Gedanken auf einem der Sitze des Reisebusses von Bild 1.4 Platz. Die Entdeckungsfahrt durch das fantastische Land der Gesetze des Sehens kann beginnen!

1.3.1 Ein Rätseltier

Die Fahrt wird schon bald durch ein aus schwarzen und weißen Klecksen bestehendes Gebilde gestoppt, das auf der Straße vor dem Bus steht. Der Anblick durch die Fensterscheibe auf dieses Gebilde ist in Bild 1.5 dargestellt.

Der Busfahrer hält an und blickt besorgt auf die Uhr. Eigentlich sollte die Reisegesellschaft jetzt schon auf der Wiese mit seinen Lieblingstieren, den Schafen, sein. Aber er weiß, die Schafe sind geduldig und bewahren die Ruhe, deshalb sind sie ja gerade seine Lieblingstiere. Aus seiner Erfahrung mit früheren Reisegruppen weiß er, dass dieses lästige Rätseltier, das Bild 1.5 zeigt, erst dann aus dem Weg verschwindet, wenn alle Reisetilnehmer es *nicht nur gesehen*, sondern auch *wahrgenommen* haben! Um diesen Vorgang etwas zu beschleunigen, erklärt er seinen Fahrgästen Folgendes:

„Jeder von Ihnen kann dieses Tier erkennen, wenn Sie nur genügend lange auf die zunächst willkürlich erscheinende Kombination von



Abb. 1.5: Das Rätseltier auf der Straße (Dallenbach'sche Figur).

schwarzen und weißen Flächen blicken. Lassen sie Ihrem Wahrnehmungssystem genügend Zeit; es wird dann ganz von selbst eine sinnvolle Deutung dieses Wirrwarrs finden!“

Befolgen Sie diesen Ratschlag, so verschwindet nach einiger Zeit (zwischen einigen Sekunden bis Stunden) das vermeintliche Durcheinander schlagartig und Ihre Wahrnehmung geht in einen Zustand der Ordnung über.

Das Rätseltier verwandelt sich in das Bild 1.11, trottet mit einem lauten „Muh“ gemütlich zur Seite und gibt den Weg für den Bus frei.

Anhand dieses unvollständigen Rätselbilds können wir die Erfolgsstrategie unserer Wahrnehmung genau nachvollziehen. Beim erstmaligen Betrachten sehen Sie sicherlich „nur“ ein völliges Durcheinander aus schwarzen und weißen Flächen. Mit diesem Zustand vermeintlicher Unordnung gibt sich unser Wahrnehmungssystem aber nur sehr ungern zufrieden. Vielmehr ist es ständig auf der Suche nach einer geordneten Empfindung. Diese „innere Unruhe“ wird schlagartig abgelöst durch die Wahrnehmung einer sinnvollen Interpretation der Einzelflächen als Gesamtbild. Dieser Zustand erweist sich als dauerhaft stabil.

Wenn Sie nach einiger Zeit neuerlich auf das Bild blicken, werden Sie keinerlei Probleme mehr haben, diese einmal wahrgenommene geordnete Struktur wiederzuerkennen!

Diese Eigenschaft, ungeordnete, unvollständige oder – wie beim blinden Fleck – vollständig fehlende Sinneseindrücke zu einem sinnvollen Gesamteindruck zu ergänzen, ist Bestandteil eines großen, fantastischen Plans, den unser Wahrnehmungssystem verfolgt.

Dieser Plan lässt sich am besten mit einem Streben nach einer sinnvollen, möglichst einfachen Wahrnehmung beschreiben. Dieser Zustand der Ordnung kann mit den Worten von Wolfgang Metzger auch als das „Lieblingskind der Sinne“ bezeichnet werden. Metzger ist ein Vertreter der *Gestaltpsychologie*, die sich die Deutung dieses Plans unseres Wahrnehmungssystems zur Aufgabe gemacht hat. Davon soll im Folgenden die Rede sein.

1.3.2 Die Gestaltpsychologie

Die Geburtsstunde der Gestaltpsychologie schlug im Sommer 1910, als der Frankfurter Professor Max Wertheimer sich auf einer Zugfahrt in das Rheinland befand. Urplötzlich hatte er eine Eingebung über die Erkennung von Bewegungen und Scheinbewegungen. Er verließ den Zug und experimentierte noch im Hotelzimmer mit einer Art Daumenkino. Seine Experimente führte er in der Universität in Frankfurt weiter. Er untersuchte die Wirkung zweier fester Lichtpunkte, die in schneller Folge abwechselnd aufleuchten. Dabei erkannte er, dass der Mensch eine Scheinbewegung zwischen diesen beiden Punkten wahrnimmt. Diese Beobachtung führte ihn 1912 zu einer wichtigen Erkenntnis über die Organisation der menschlichen Wahrnehmung: die Gestalttheorie. Sie besagt, dass wir im stabilen Wahrnehmungszustand nicht eine Summe oder Folge von Einzel-

empfindungen wahrnehmen, sondern das Bild als Gesamtheit – und zwar mit den Einzelempfindungen als deren Bestandteile. Diese Sichtweise entspricht genau den Vorgängen beim Betrachten der Dallenbach-Figur (Bild 1.5): Das Ganze (die *Gestalt*) ist mehr als die Summe seiner Einzelteile!

Wertheimer konnte erstmals die Wahrnehmung einer Gestalt mit Hilfe der *Gruppierungsgesetze* erklären. Gestaltpsychologen wie Kurt Koffka, Wolfgang Köhler, Wolfgang Metzger oder Michael Stadler führten diese Arbeit fort und erkannten, dass das Wahrnehmungssystem die einzelnen Bildbestandteile nach solchen Gruppierungsgesetzen zu Gestalten zusammenfasst.

Um diese Gruppierungsgesetze des Sehens zu demonstrieren, bleibt der fantastische Reisebus auf seiner Reise in das Land der Gesetze des Sehens nun an einer Weide mit vielen Schäfchen stehen.

1.4 Die Schafe und die Gesetze des Sehens

„Heute bist du ja fast pünktlich“, begrüßt der Schäfer den Busfahrer, und sein Hund wedelt mit dem Schwanz. Der Hund freut sich, weil er weiß, dass er gleich etwas zu tun bekommt.

„Meine Schafe sind ganz besondere Schafe. Sie fressen nämlich nicht nur den lieben langen Tag, stehen kreuz und quer auf der Wiese herum, blöken dumm und erscheinen in den Träumen der Menschen wie gewöhnliche Schafe. Nein, meine Schafe sind vielmehr schon ganz wild darauf, Ihnen die Gesetze des Sehens zu demonstrieren“, sagt der Schäfer.

1.4.1 Das Gesetz der Prägnanz

Der Hund treibt nun die Schafe an, und schnell stehen diese – von weit oben betrachtet – in einer Anordnung wie in Bild 1.6 links vor uns.

Abb. 1.6: Das Gesetz der Prägnanz: Sicherlich erkennen Sie in der Anordnung links eher eine Ellipse und ein Quadrat (Mitte) als irgendwelche anderen Formen, die Sie zum Beispiel rechts sehen.



Vermutlich erkennen Sie links deutlich ein Quadrat und eine Ellipse. Zur Verdeutlichung dieser Formen treibt der Hund die Schafe, wie in der Mitte zu sehen, auseinander. Warum aber erkennen wir gerade diese Figuren und nicht irgendwelche anderen, wie z. B. in Bild 1.6 rechts? Die Antwort ist im zentralen Gesetz der Gestalttheorie, dem *Gesetz der Prägnanz*, zusammengefasst.

Das Gesetz der Prägnanz wurde von Kurt Koffka (1886–1941) sinngemäß so formuliert:

Die psychologische Organisation wird immer so gut sein, wie die herrschenden Bedingungen es erlauben. Das Wort „gut“ umfasst Eigenschaften wie Regelmäßigkeit, Symmetrie, Geschlossenheit, Einheitlichkeit, Ausgeglichenheit, maximale Einfachheit, Knappheit und die Tendenz zur Orientierung senkrecht – waagrecht.

Das Prägnanzgesetz ist sehr allgemein gefasst, was ihm gerade die zentrale Rolle als oberste Spielregel für die Wahrnehmung von Gestalten sichert. Es wird auch als *Gesetz der guten Gestalt* oder als *Gesetz der Einfachheit* bezeichnet. Das Ergebnis der Betrachtung einer beliebigen Szene ist immer so, dass die schlussendlich wahrgenommene Struktur so einfach wie möglich ist.

Deshalb erkennen wir in der ersten Anordnung der Schafe auch deutlich die Ellipse und das Quadrat. Diese beiden Muster zeichnen sich durch ihre Einfachheit gegenüber allen anderen möglichen Mustern aus. Ebenso ergeht es uns bei der Betrachtung von Bild 1.7, in dem wir wiederum aus großer Entfernung von oben auf die Schafherde blicken. Sicherlich erkennen Sie anstelle eines komplizierten zwölfeckigen Gebildes sehr bald zwei übereinander liegende einfache Dreiecke!

Sehr gute Formen im Sinne der Prägnanz sind erfahrungsgemäß Kreise, rechte Winkel und Geraden. Beispiele für die bevorzugte Wahrnehmung dieser guten Formen zeigen uns die Schafe in den nächsten Anordnungen. Von weit oben betrachtet sehen sie wie in den Bildern 1.8 bis 1.10 aus.

Es zeigt sich beispielsweise (Bild 1.8), dass einige wenige Punkte, die etwas von einer Kreislinie abweichen, so erscheinen, als lägen sie wirklich auf dem Kreis – das ist natürlich nicht der Fall. Ebenso können Sie sehen (Bild 1.9), dass Winkel mit 87 Grad oder 93 Grad immer noch so wahrgenommen werden, als würden sie einen rechten Winkel (90 Grad) bilden.

Zur Demonstration der guten Gestalt von Geraden haben sich die Schafe etwas Besonderes ausgedacht. Betrachten Sie das Ergebnis in Bild 1.10.

Dieses Muster heißt nach ihrem Entdecker *Lipp'sche Täuschung*. Das Prinzip der Prägnanz bewirkt, dass unsere Wahrnehmung geknickte Linienzüge überbrückt und angenähert als Geraden wahrnimmt. Dass dies tatsächlich der Fall ist, beweist die Lipp'sche Täuschung. Die Mittelsegmente der einzelnen Linienzüge bestehen zum Hauptteil aus langen geraden Stücken, die als stark gegeneinander gekippt wahrgenommen werden. In Wirklichkeit liegen sie aber genau parallel zueinander! Für diesen Effekt sorgen die kurzen, geknickten Abschlusstücke der parallelen Linien, die abwechselnd nach unten und oben weisen. Unsere Wahrnehmung ergänzt diese geknickten Linienzüge, so gut es geht, jeweils zu einer Geraden. Dies ist nur möglich, wenn in der Wahrnehmung die eigentlich parallelen mittleren Linien entsprechend gekippt werden – was genau die Täuschung bewirkt!

Die Lipp'sche Täuschung ist ein Beispiel für zahlreiche faszinierende *geometrisch-optische Täuschungen*, denen wir uns in der zweiten Reise zuwenden werden. Zunächst wollen wir aber die Auf-

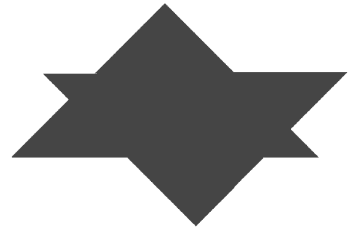


Abb. 1.7: Erkennen Sie anstelle eines komplizierten Zwölfecks zwei übereinander liegende Dreiecke?

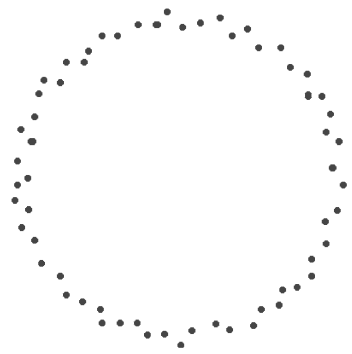


Abb. 1.8: Einige wenige Punkte, die von einer Kreislinie abweichen, werden trotzdem als zur Kreislinie gehörig wahrgenommen!

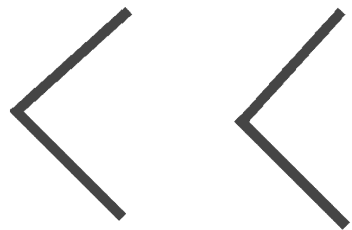


Abb. 1.9: Ein Winkel mit 87 Grad oder mit 93 Grad wird immer noch als rechter Winkel erkannt.

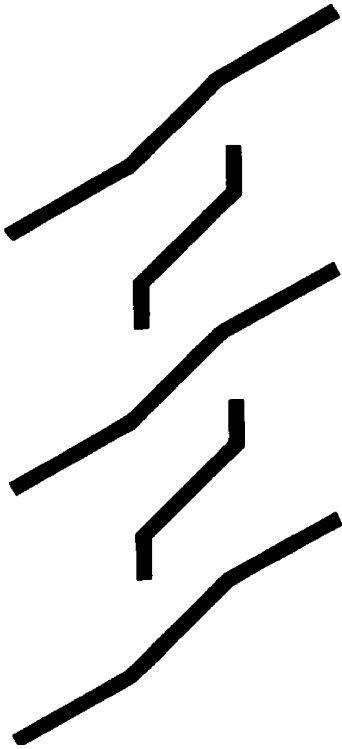


Abb. 1.10: Lipp'sche Täuschung: Die Linienzüge erscheinen gegeneinander gekippt.

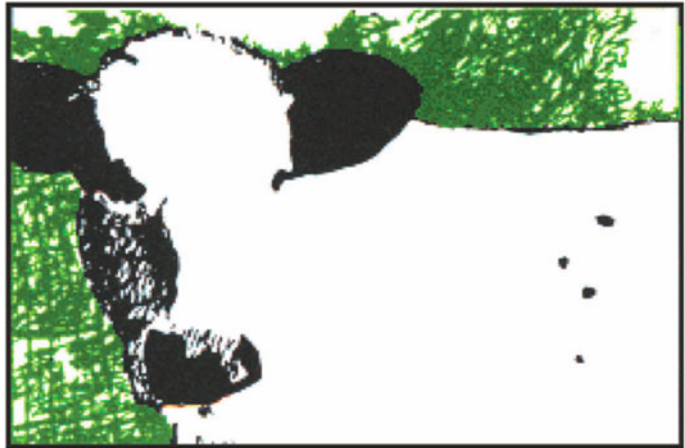


Abb. 1.11: Die Auflösung der Dallenbach'schen Figur (vgl. Bild 1.5).

zählung der Gesetze des Sehens vervollständigen. Diese Gesetze führt uns die Schafherde jetzt nacheinander vor.

1.4.2 Das Gesetz der Ähnlichkeit

Betrachten Sie die neuen Anordnungen der Schäfchen in Bild 1.12. Die Schäfchen haben senkrecht und waagrecht genau den gleichen Abstand voneinander. Diese Anordnung lässt unserer Wahrnehmung eine Wahlmöglichkeit. Es können entweder waagrechte oder senkrechte Anordnungen von Schafen gesehen werden, aber auch beide Anordnungen zugleich!

Diese Wahlmöglichkeit verschwindet sofort, wenn jede zweite Reihe aus schwarzen Schafen besteht (vgl. zweites Teilbild von Bild 1.12). Sie nehmen nun sofort eindeutig eine senkrechte Anordnung von schwarzen und weißen Schafen wahr!

Diese Wahrnehmung verdeutlicht das *Gesetz der Ähnlichkeit*. Es besagt, dass die einzelnen Elemente eines Bilds bevorzugt als Gruppe wahrgenommen werden, wenn sie sich ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit kann sich auf Farbe, Helligkeit, Größe, Orientierung oder Form beziehen. Der gleiche Gruppierungseffekt würde erzielt werden, wenn sich abwechselnd große und kleine Schafe oder rote und grüne Schafe aufstellen würden.

1.4.3 Das Gesetz der Nähe

Wenn manche Schafe näher zueinander stehen als andere, so fällt diese Struktur sofort ins Auge. Sind die vertikalen Abstände (Bild 1.13 oben) sehr gering, so erkennen Sie sicher eine Ausrichtung der