Max J. Kobbert

Die zweite Entstehung der Welt

Was uns trennt und was uns verbindet

wbg Academic

Max J. Kobbert

Die zweite Entstehung der Welt

Max J. Kobbert

Die zweite Entstehung der Welt

Was uns trennt und was uns verbindet

wbg Academic

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

wbg Academic ist ein Imprint der wbg
© 2023 by wbg (Wissenschaftliche Buchgesellschaft), Darmstadt
Die Herausgabe des Werkes wurde durch die Vereinsmitglieder der wbg ermöglicht.
Satz und eBook: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH
Umschlagsabbildung: Max J. Kobbert
Gedruckt auf säurefreiem und alterungsbeständigem Papier
Printed in Germany

Besuchen Sie uns im Internet: www.wbg-wissenverbindet.de

ISBN 978-3-534-40760-6

Elektronisch ist folgende Ausgabe erhältlich:
eBook (PDF): 978-3-534-40761-3

Inhalt

Vorbemerkung 11

Umsturz eines Weltbildes 12
1 Wie kommt die Welt zustande? 13

Alles verkehrt 17
2 Warum steht die Welt nicht Kopf? 17

Als wäre die Welt verhundertfacht 22
3 Bildet das Auge die Welt ab? 22

Das seltsame Fliegenauge 27
4 Wie kommt Ordnung in Billionen Lichtreize? 28

Die peinliche Sache mit dem Müll 33
5 Wo kommen die Farben her? 33

Aus zwei Dimensionen werden drei 37
6 Warum sehen wir nicht alles flach? 38

Ausgebremst 46
7 Sehen ohne Bewusstsein? 46

Ein Zauberer liest Gedanken 50
8 Was spüren wir mit der Haut? 50
Ertasten von Farben 52

Ich als Rechteck 57
9 Wie nehmen wir unseren Körper wahr? 57

Der Januskopf 63
10 Was ist das Besondere am Tastsinn? 65
Nachts im stockfinsteren Wald 67

Das Wespennest 72
11 Warum dieser furchtbare Schmerz? 74

Der Geschmack von Tinte 79
12 Woher kommen Riechen und Schmecken? 80

Auf dem Brückengeländer 88
13 Warum fallen wir nicht um? 89

Wie eine Fledermaus 95
14 Wie entsteht Klang? 96
Jenseits der Schmerzgrenze 99

Genieße Blau, solange du jung bist! 102
15 Wie entwickelt sich die Wahrnehmungswelt? 102

Von Farben begleitete Zeichen 114
16 Nimmt jeder die Welt anders wahr? 115

Sterne, wo keine sind 123
17 Echte Erlebnisse bei falschen Reizen? 123

Der verschwundene Ton 128
18 Was hat unsere Welt mit der Realität zu tun? 129
Optikunterricht für Blinde 131

Uri Geller 137
19 Was ist wirklich und was Täuschung? 137
Diamanten wie Sand am Meer 150

Der Spaß, eine Treppe hinunterzufallen 155
20 Warum träumen wir? 155
Im Traum wiederbelebt 157

Aurora borealis 164
21 Woran merken wir, dass wir nicht träumen? 164

Ein Muster legt sich über die Welt 171
22 Wodurch entstehen Halluzination und Wahn? 172

Diese verdammte Sucht! 178
23 Was machen Drogen mit uns? 178

Für 20 Sekunden ein anderer Mensch 187
24 Was machen psychische Störungen mit uns? 188

Ein telepathisches Experiment 193
25 Gibt es paranormale Fähigkeiten? 193

Verpasste Chance 199
26 Können wir Gefühle anderer verstehen? 200
Cliffhanger an der Schwebebahn 210
Samy Molcho 212

Erste Erfahrungen mit einem neuen Lebensrätsel 218
27 Sexualität – haben wir eine Wahl? 219

Einswerden 229
28 Liebe – nur eine Illusion? 229

Die Geheimschrift 240
29 Sprache – Worüber reden wir eigentlich? 241

K. O. Götz und seine Bilder 254
30 Denken in Worten oder in Bildern? 255

Rudolf Arnheim und der Konstruktivismus 267
31 Meine Welt – ein Hirngespinst? 268

Drastische Lektionen 281
32 Wie kommt Wissen zustande? 281
Kann man vierdimensional wahrnehmen? 293

Auf dem Galtonbrett des Schicksals 299
33 Eine Welt oder viele Welten? 301
„42“ und die Magie der drei Dimensionen 307

Gedankenwege durch Schöpfung und Evolution 314
34 Sind alle Weltbilder gleich wahr? 316
Glaubensgewissheit und kritisches Denken 319

Corona zerreißt Freundschaften 325
35 Lassen sich Fake News erkennen? 326
Frühe Erfahrungen mit DDR-Propaganda 337

Der springende Punkt 344
36 Was verbindet uns? 344
Wenn ein alter Mensch stirbt, brennt eine Bibliothek ab 352

Terror und Gastfreundschaft 362
37 Warum spielen wir? 363
Spiel als Brücke in eine geschlossene Welt 370

Ein digitales Mordopfer 372
38 Überholt uns die Künstliche Intelligenz? 373
Der C64 als Frauenkenner 380

Der Zombie in mir 387
39 Sind wir Herr über uns selbst? 387
Schlafwandeln und ein Justizirrtum 391
Goldfieber und die Grenzen der Selbstkontrolle 393

Ich! Ich! Ich! 397
40 Bin Ich nur eine Illusion? 397

Joseph Aloisius Ratzinger ... 407
41 Hat der Mensch einen freien Willen? ... 407
Das Brötchen ... 417

Eine Entdeckung zur Bewusstseinsfrage ... 421
42 Wie hängen Gehirn und Bewusstsein zusammen? ... 422
Wie hat mein Gehirn das angestellt? ... 437

Gespräch zwischen Eheleuten ... 440
43 Welche Bedeutung hat das Bewusstsein? ... 441
Gespräch mit einem taubblinden Mädchen ... 443

Überraschende Klänge auf Island ... 460
44 Wofür brauchen wir die Musik? ... 461
Chill im Gorillahaus ... 466

Endgedanken ... 480
45 Die rechte oder die linke Hand? ... 481

Anhang ... 494
Glossar ... 494
Register ... 498
Abbildungsnachweis ... 505
Literatur ... 506
Quellen ... 521
Über den Autor ... 532

Vorbemerkung

Als dieses Buch entstand, konnte man nicht ahnen, welch dramatische Aktualität sein Hauptthema erfahren würden: die Subjektivität von Wahrnehmung und das Problem intersubjektiver Verständigung. Das Manuskript war gerade abgeschlossen, als am 24. Februar 2022 Wladimir Putin unter Missachtung des Völkerrechts die Ukraine überfiel und einen Krieg begann, der seit den Lehren aus dem Zweiten Weltkrieg für Europa undenkbar schien. Seither ist die Welt eine andere, und viele Menschen müssen ihr Weltbild revidieren, die an „Wandel durch Handel", an „Frieden schaffen ohne Waffen" und an die Allgemeingültigkeit des Strebens nach einer humanen Welt geglaubt haben, wie es etwa in der Charta der Vereinten Nationen formuliert ist. In diesem Buch angesprochene Probleme, die durch Lügen und Fake News angerichtet werden, konkretisierten sich in erschreckender Weise. Putin und sein Umfeld haben für sein imperialistisches Weltbild eine Echokammer erzeugt, aus der ihn niemand mehr mit Argumenten herausbringt, die aber verheerende Wirkung auf die allen gemeinsame Realität hat. Seine militärische Machtfülle, motiviert von Ressentiments gegenüber den westlichen Demokratien, ist zur internationalen Gefahr angewachsen. Er hat nicht nur In- und Ausland mit Desinformationen überzogen. Er selbst ist zum Gefangenen einer unkorrigierbaren Weltsicht mit Fehleinschätzungen geworden, die sich an dem folgenschweren Irrtum festmachen lassen, die Ukraine in einer kurzen Spezialoperation in seinem Sinne umwandeln zu können und als Befreier vom Faschismus gefeiert zu werden. Er selbst wurde zum Opfer immanenter Fake News, als sein Geheimdienst FSB und das Militär ihm offenbar nur zu sagen wagten, was er hören wollte. Auch nahm er wohl an, die Gelegenheit sei günstig, weil der Westen gespalten und schwach, der amerikanische Präsident zu alt und die deutsche Regierung zu unerfahren sei. Tatsächlich trug sein Angriffskrieg dazu bei, dass der Westen zu seltener Einigkeit zusammenrückte, die Ukraine unterstützte, und dass die deutsche Regierung in kürzester Zeit reifte. Russland wurde politisch isoliert, wirtschaftlich und militärisch geschwächt, seine Bevölkerung gespalten in Informierte und Desinformierte. Schockartig wurde bewusst, dass die Werte einer humanen und demokratischen Weltordnung nicht selbstverständlich sind, sondern mit der Bereitschaft zu Opfern verteidigt werden müssen.

Ich habe die Hoffnung, dass – auch im Interesse Russlands – nicht Phobos und Deimos, Angst und Terror, sondern dass Demokratie mit ihrer kreativen Streitkultur, Freiheit in Verantwortung und Verständigung mit der steten Suche nach Wahrheit die Oberhand gewinnen. Allen, die diese Hoffnung teilen, widme ich dieses Buch.

Münster, im März 2022 Max J. Kobbert

Abb. 1: Moskau im August 1966. Ich habe mir im Kaufhaus Gum Aquarellfarben besorgt, lehne an der Kremlmauer und male die Basiliuskathedrale. Ein etwa 10-jähriger Schuljunge kommt und schaut mir zu. Ich gebe ihm Blatt und Bleistift, und er zeichnet die nahegelegene Große Moskwa-Brücke. Nach einer guten Stunde verabschiedet sich der kleine Russe und schenkt mir die begonnene Zeichnung. Diese Geste hat wie viele andere Begegnungen mein Bild von den Russen nachhaltig positiv geprägt – im Kontrast zu meiner Meinung über manche ihrer Führer. Am 27. Februar 2015 wird auf eben dieser Brücke der russische Oppositionelle Boris Nemzow, unter Boris Jelzin Vizepräsident der Russischen Föderation, hinterrücks erschossen. Er hatte tags zuvor auf einer Pressekonferenz gesagt, „dass die russische Bevölkerung irgendwann erkennen werde, wessen Lügen sie aufgesessen sei. Dann würden die Menschen Putin hassen wie Hitler."[1] Niemand weiß, wie es nach den gegenwärtigen Verwerfungen weitergehen wird. Sicher ist, dass in der Zeit nach der Putin-Ära viele Brücken neu gebaut werden müssen, konkret, zwischenmenschlich und international.

Umsturz eines Weltbildes

Meine Mutter und ich leben nach dem Zweiten Weltkrieg als Flüchtlinge in einem Dorf zwischen Ruhrgebiet und Sauerland. Der Vater ist in Kriegsgefangenschaft, die Mutter arbeitet in einer Fabrik. Ich genieße als Vierjähriger die Freiheit, allein und unbeaufsichtigt die Welt zu erforschen. Ich wandere durch Felder, Wiesen und Siedlungen, finde überall große und kleine Freunde, streichle alle Hunde und Katzen, laufe mit Kühen, Pferden und Schafen über die Weiden. Ich atme den Duft von geschnittenem Heu und abgeflämmten Feldern, folge dem Harzduft von Nadelwäldern und laufe durch die Kathedralen der Buchen. Ich nasche Bucheckern, Himbeeren und Brombeeren, auch wenn mich ein paar Dornen kratzen. Ich plantsche durch kühle Bäche und spiele an den scharf riechenden buntschillernden Abwässern der Fabrik. Ich klettere über sonnenwarme Felsen, durchstöbere spannende Ruinen und zerschossene Autowracks. Ich liebe es, mich an den Rand einer grauen Felsklippe zu setzen und auf die Ruhr hinab zu blicken. Auf den Höhen lasse ich mich rücklings in eine duftende Blumenwiese fallen, einen gut schmeckenden Grashalm im Mundwinkel, genieße den kräftigen Geruch von Ginster und Weißdorn und schaue dem Spiel der Wolken zu. Sicher wie die Brieftauben unseres Nachbarn finde ich jeden Abend zurück zu unserem winzigen Zuhause in der Mansarde eines Fabrikgebäudes. Ich setze mich auf die Bank des einzigen kleinen Fensters, die Füße auf der Dachschräge, und schaue von dort in die Weite.

Die Landschaft vor mir steigt sanft an, überzogen von grünen Flecken, dunklen Waldstücken und grauen Häusern. Ganz oben, ganz hinten in der Ferne, gleich unter den Wolken, sehe ich eine hohe Ruine, durch deren Bogenfenster der Himmel scheint. Sie fasziniert mich. Denn dort, davon bin ich überzeugt, ist das Ende der Welt. Dahinter muss sich, so meine ich, ein schwarzer Abgrund auftun, unendlich viel tiefer als bei der Klippe über der Ruhr. Vielleicht auch, so stelle ich mir vor, berührt dort der Himmel die Erde, und man kann die Wolken hinaufklettern. Ich will niemanden danach fragen, sondern das Geheimnis selbst herausfinden. Eines Morgens mache ich mich auf den Weg, in der Umhängetasche das Butterbrot, das meine Mutter mir jeden Morgen macht. Die Ruine mit den leeren Bogenfenstern, die ich am Horizont gesehen habe, ist das magische Ziel. Bergauf geht es querbeet durch fremde Wälder und Wiesen. Stunden müssen vergangen sein, als ich endlich das Ziel erreiche. Büsche versperren mir die Sicht. Brennend vor Neugier klettere ich auf das zerklüftete Gebäude. Jetzt wird sich mir das Geheimnis zeigen. Oben angekommen habe ich freie Sicht und – bin baff. Was ich sehe, ist kein Abgrund und kein Zugang in den Himmel. Vielmehr breiten sich vor mir in endloser Folge immer neue Felder, Wälder, Straßen und Siedlungen aus. Sie erstrecken sich viel weiter, als ich je zuvor habe sehen können, bis zu einem neuen Horizont in dunstiger Ferne.

Dahinter, so wird mir im gleichen Moment klar, sieht es wohl ähnlich aus. Tief enttäuscht gebe ich meine Suche nach dem Ende der Welt auf und kehre nach Hause zurück.

Ich habe zwar nicht das Ende der Welt gefunden, aber ein neues Weltbild.

1 Wie kommt die Welt zustande?

Anders gefragt: Wie kommt es zu der Wirklichkeit, die ich um mich herum vorfinde? Da ist die Welt, und ich bin mitten darin. Menschen, Tiere, Dinge, der Himmel über uns – all das ist uns selbstverständlich. Für gewöhnlich machen wir uns keine Gedanken über das, was klar vor Augen liegt. Wir halten es einfach für gegeben. Erwachsene wissen aus Erfahrung, dass Meinungen und Wertvorstellungen von Mensch zu Mensch verschieden, also subjektiv sind. Damit, dass abstrakte Begriffe individuell verschieden aufgefasst werden, kennen wir uns aus. Jeder hat eine andere Vorstellung von Liebe, Gerechtigkeit oder Freiheit. Der Gedanke, dass auch die konkreten Dinge um uns herum subjektiv sein könnten, kommt kaum jemandem in den Sinn. Was wir vor Augen sehen und mit den Händen fühlen, was wir hören, riechen und schmecken – das alles ist doch objektiv vorhanden – oder etwa nicht?

Seit der Antike haben Philosophen den Wahrheitsgehalt unserer Sinneserfahrung in Zweifel gezogen. Aber was gehen uns Gedankenspiele von vor über 2000 Jahren an? Gut – die Sinne können uns manchmal täuschen, aber damit können wir leben. Optische Täuschungen zum Beispiel sind eine unterhaltsame Spielerei, die mit der Wirklichkeit nur wenig zu tun hat – so denken wir. Im Allgemeinen können wir uns darauf verlassen, dass alles seine Richtigkeit hat – so meinen wir. So wünschen wir es uns auch, denn wir lassen nicht gerne zu, dass unsere Gewissheiten in Zweifel gezogen werden. Das könnte ja unser ganzes Weltbild ins Wanken bringen. Da ist etwas dran. Während meiner lebenslangen Beschäftigung mit dem Thema Wahrnehmung hatte ich nicht selten das Gefühl, dass mir der Boden unter den Füßen weggezogen wird. Doch die Verabschiedung von falschen Gewissheiten ist mit der Freude darüber verbunden, neue Einsichten zu gewinnen. Wenn wir uns diesem Wagnis aussetzen, können wir ein neues, festeres Fundament finden. Dafür gibt es gute Gründe.

Die guten Gründe liegen nicht nur in einer persönlich befriedigenden Einsicht in das eigene Weltverständnis. Wir können nicht nur Vieles besser verstehen, d. h. in einen größeren Zusammenhang einordnen. Ein guter Grund besteht auch darin, dass wir eine neue Basis für das soziale Miteinander gewinnen. Die ist dringend erforderlich. Nicht zu Unrecht wird häufig beklagt, dass die menschlichen Gemeinschaften heutzutage im großen wie im kleinen Maßstab immer mehr zersplittern. Das hat viele Ursachen, die von der Unterschiedlichkeit persönlicher Vorlieben bis hin zu politischen Interventionen nach dem Motto „teile und herrsche“ reichen. Ob es um Familie, Religion, Parteien oder Staaten geht – alles scheint auseinanderzubrechen.

Wer das nicht einfach hinnehmen will, wird bestrebt sein zu suchen, was uns verbindet. Die Lösung kann nicht in einer verordneten Uniformität liegen. Totalitäre Systeme haben in einer pluralistischen Welt keine Zukunft. Vielmehr gilt es herauszufinden und zu stärken, was uns verbindet, und die Unterschiede zu respektieren.

Wenn wir von der Entstehung der Welt hören, dann denken wir vielleicht an die Schöpfungsgeschichte oder an den Urknall, der sich laut Berechnung der Kosmologen vor 13,8 Milliarden Jahren ereignete. Wir denken an die Bildung von Galaxien, an die Entstehung der Sonne und der Erde, an das Leben, das sich darauf entwickelte, an die Geschichte der Menschheit bis zu unserer heutigen Zivilisation. Das ist die Welt, von der wir wissen, die Welt, in die wir hineingeboren wurden. Aber unsere Welt hat noch ein anderes Alter, nämlich unser persönliches. Es hat damit zu tun, dass die Welt uns nicht unmittelbar gegeben ist – auch wenn es uns so erscheinen mag –, sondern vom sich entwickelnden Menschen aufwändig konstruiert werden muss. Für jeden Menschen neu, durch direkte Erfahrung und durch vermitteltes Wissen. Mit unserer Geburt, ja schon Monate vor unserer Geburt begann sich unsere eigene Welt zu bilden. Während im Mutterleib unsere Sinnesorgane entstanden und die ersten Reize vom Gehirn verarbeitet wurden, formte sich allmählich ein Modell von der Welt. Es entwickelte sich in der Kindheit und immer weiter im Erwachsenenalter. Wir erleben es aber nicht als Modell, sondern als unsere tägliche Wirklichkeit, ob wir Kind sind oder Erwachsener. Wir befinden uns im Innern dieser Welt wie in einer Blase, die wir nicht von außen sehen können und deshalb für die einzig wirkliche halten, solange wir keine Erfahrung machen, die sie in Frage stellt. So sind wir höchst überrascht, wenn wir von Ansichten hören, die so ganz und gar nicht zu unseren Selbstverständlichkeiten passen, besonders bei der Begegnung mit anderen Kulturen.

Abb. 2: Die sogenannten „Vexierbilder" sind ein einfaches Beispiel dafür, wie das Gleiche von verschiedenen Menschen ganz verschieden gesehen werden kann. In diesem Kipp-Bild, das erstmalig auf einer Postkarte von 1888 erschien, kann man eine alte oder eine junge Frau sehen. Was haben Sie zuerst gesehen?

Wenn wir offen sind gegenüber anderen Sichtweisen, merken wir, dass manche hergebrachten Anschauungen relativiert werden müssen. Es ist ganz normal, dass sich anfänglich Widerstand bildet gegenüber dem Ungewohnten. Alles in uns sträubt sich, wenn etwas, das uns selbstverständlich erscheint, in Frage gestellt wird. Doch wer das Wagnis auf sich nimmt, wird merken, wie sich der Horizont erweitert. Ähnlich wie bei der Erfahrung, die man macht, wenn man aus einem heimeligen Tal mühsam auf einen Berg steigt, wird man reich belohnt durch die Weitsicht, die sich jetzt auftut. Die Erweiterung der Sicht ist eng verbunden mit dem Verständnis für andere Menschen. Sie ist eine wichtige Basis für Toleranz und Respekt vor anderen Weltsichten und Lebensweisen.

Wir werden uns in diesem Buch damit beschäftigen, was unsere Wirklichkeit ausmacht, wie die Wahrnehmung der Welt zustande kommt. Wir werden sehen, was das für den Einzelnen und für die Gemeinschaft bedeutet. Dieses Thema ist nicht graue Theorie, sondern betrifft ganz konkret unser aller Selbst- und Weltverständnis. Einerseits geht es darum, dass jedes Individuum wie eine Insel ist und seine eigene Welt von Wahrnehmungen und Ansichten entwickelt. Darüber hinaus geht es darum, wie und wieweit sich dennoch Gemeinschaft und Übereinstimmung bilden können, die wir uns wünschen und die wir brauchen.

Der Verfasser hat sich über 50 Jahre lang in Forschung und Lehre mit der Wahrnehmung befasst. Daraus ist dieses Buch hervorgegangen. Es richtet sich an Jeden, der an Bildung interessiert ist. Deshalb soll so weit als möglich die manchmal etwas verschwurbelte Fachsprache vermieden werden. Andererseits ist es mir ein Bedürfnis, den Bedeutungsreichtum unseres Wortschatzes zu nutzen und nicht zu sehr zu versimpeln. Für eine Reihe von Bezeichnungen gibt das Glossar im Anhang eine Hilfe. Mir war die Empfehlung von Albert Einstein hilfreich: Man soll alles so einfach wie möglich erklären, aber nicht einfacher. Sollte Ihnen dennoch ein Kapitel zu unverständlich sein, lesen Sie einfach die Zusammenfassung am Kapitelende und dann weiter. Die Themen sind sehr weit gefächert – es geht ja um nicht weniger als die ganze Welt einschließlich des eigenen Ichs –, sodass vieles nur angerissen werden kann. Andererseits möchte ich nicht nur abstrakte Kurzfassungen anbieten, sondern an konkreten Beispielen Farbe hineinbringen. An einigen Stellen werde ich etwas in die Tiefe gehen, nämlich dort, wo die Forschungsfelder von Geistes- und Naturwissenschaften sich überlappen: im heiß diskutierten Themenbereich von psychischen Vorgängen und Hirnprozessen, von der Frage nach dem freien Willen bis zur Bedeutung des Bewusstseins.

Außerdem habe ich mir erlaubt, die Kapitel mit anekdotischen Begebenheiten aus der eigenen Lebenserfahrung einzuleiten und anzureichern. Es handelt sich zum Teil um Zeugnisse aus einer Zeit, die den Jüngeren heute fast unwirklich fern erscheint. Sie sind wert, nacherlebt zu werden, weil für sie manche Erfahrungen heutzutage so nicht mehr möglich sind. Ältere werden sich in manchem wiederentdecken. Hier und da möchte ich dem Rat von Ortega y

Gasset folgen: „Darum meine ich, es sollte ein jeder, der zum Denken berufen ist, außer seinen fachlichen Büchern auch eines schreiben, das von seinem Lebenswissen handelt.“[2]

Erwarten Sie kein in Stein gemeißeltes Weltbild von mir. Letztlich geht es um *Ihr* persönliches Bild von der Welt und von Ihnen selbst, das Sie vielleicht bereichern möchten.

Kurz gesagt: Es geht in diesem Buch darum, dass die Welt bei jedem Menschen neu entsteht und welche Folgerungen daraus für uns als Gemeinschaft zu ziehen sind:

1. Auf welche Weise bildet sich die Wirklichkeit bei jedem Menschen neu?
2. Wie sind dennoch Gemeinsamkeiten und Gemeinschaft möglich?
3. Was passiert bei alldem im Gehirn, und welche Rolle spielt das Bewusstsein?

Alles verkehrt

Es ist ein schöner Sommertag. Ich bin mit fünf Jahren einer der Jüngsten in der Einklassenschule des Dorfes. Heute sitzen wir draußen im Grünen auf alten braunen Bänken, die im Kreis stehen. Rings umher zwitschern die Vögel in den Bäumen. Es duftet nach Heu. Der Unterricht geht zu Ende. Die Lehrerin stimmt zum Abschluss ein Lied an, und alle singen kräftig mit: „Geh aus, mein Herz, und suche Freud in dieser lieben Sommerzeit …“

Danach toben wir auf dem Gras und auf den Bänken herum. Zwischen den Büschen spielen wir Fangen und Verstecken. Die Jüngeren machen Purzelbäume, die Älteren schlagen Rad. Ich springe auf eine Bank und beuge mich weit vor, immer weiter, bis ich durch die eigenen Beine nach hinten schauen kann. Das sieht ja komisch aus! Alle Kinder laufen auf dem Kopf, die Bäume und Häuser stehen verkehrt herum. Die Wiese ist oben und der helle Himmel unten.

Jahre später kommt mir der Gedanke: Hätte ich nicht alles richtig herum sehen müssen?

2 Warum steht die Welt nicht Kopf?

Anders gefragt: Woher wissen wir, wo oben und unten ist? Die Unterscheidung von oben und unten gehört zu den elementarsten Selbstverständlichkeiten, die Ordnung in unsere Welt bringen. Aber sie ist alles andere als selbstverständlich. Fangen wir mit einem scheinbar einfachen Rätsel an. In der Schule haben wir gelernt, dass im Auge alles kopfstehend abgebildet wird. Das hat schon Anfang des 17. Jahrhunderts der Astronom Johannes Kepler beschrieben. Der Lichtstrahl, der wie in Abb. 3 von der Spitze eines Baumes ausgeht, durchläuft die Augenlinse und endet auf dem unteren Teil des Augenhintergrundes, ein Lichtstrahl vom Wurzelbereich des Baumes landet auf dem Augenhintergrund oben. Die Situation ist ganz ähnlich der, wie wir sie in einem Fotoapparat vorfinden. Auch dort werden auf der lichtempfindlichen Schicht – vormals ein Film, jetzt ein elektronischer Sensor – die Lichter der Welt kopfstehend projiziert. Seit dem Philosophen René Descartes ist darüber gerätselt worden, wie es kommt, dass wir trotzdem alles „richtig herum“ sehen, zudem als *eine* Welt, obwohl wir doch *zwei* Augen haben. In einem Buch über „Die Geschichte der Seele“ von 1839 kommt dies zum Ausdruck, ohne dass eine Lösung des Rätsels versucht würde: „Wir sehen das Bild, auf das unsere Augen gerichtet sind, weder doppelt noch verkehrt, wie dies nach der physikalisch-mathematischen Theorie doch sein sollte.“[3]

Es gab die Meinung, dass Neugeborene zunächst alles verkehrt herum sehen und allmählich lernen, das Abbild auf dem Augenhintergrund „herumzudrehen“. Oder dass es einer geistigen

Anstrengung bedarf, das Abbild in die richtige Lage zu bringen, und dass wir etwa bei Müdigkeit dazu nicht in der Lage sind. Diese Annahmen entbehren jeder Grundlage. Klären wir einmal die Situation.

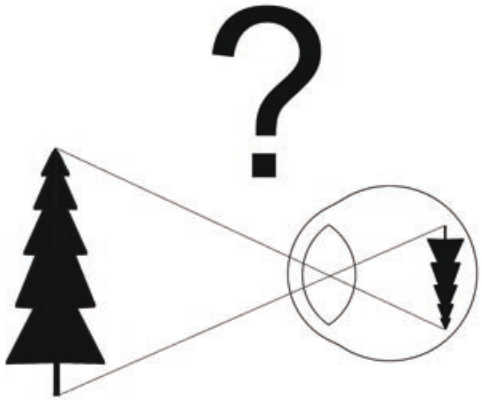

Abb. 3: So haben wir es gelernt: Wie bei einer Kamera bilden sich auf dem Augenhintergrund die Dinge kopfstehend ab. Doch dieses Schema gibt nur wieder, wie man sich den physikalischen Verlauf der Lichtstrahlen vorstellt. Was für uns oben und unten ist, wird im Auge noch gar nicht entschieden.

Dabei ist ein etwas verrücktes Experiment hilfreich, das erstmals 1896 George Stratton durchführte und danach oft wiederholt worden ist, und zwar mit Umkehrbrillen. Diese Brillen sind mit Spiegeln oder Prismen so konstruiert, dass auf dem Augenhintergrund alles umgekehrt abgebildet wird, etwa die Spitze eines Baumes oben und die Wurzel unten – also gewissermaßen der Realität entsprechend. Aber was passiert? Tatsächlich erscheint die Welt nun kopfstehend, man greift bei alltäglichen Handlungen ständig daneben und braucht mehrere Tage Hilfe, um zurecht zu kommen. Theodor Erismann und Ivo Kohler machten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Untersuchungen, bei denen sie und ihre Probanden solche Brillen ununterbrochen mehrere Wochen lang trugen, Kohler selbst bis zu 124 Tage.[4] Allmählich koordinierten sich Auge und Hand neu, nach drei Tagen hatte man gelernt, korrekt zu greifen und zu gehen, obwohl die Welt immer noch auf dem Kopf stehend erschien. Wichtig für den Lernfortschritt war, dass man die Welt nicht passiv auf sich wirken ließ, sondern dass man sich bewegte, aktiv mit den Dingen umging und sie beim Sehen abtastete. Das alltägliche Hantieren mit den Dingen gelang immer besser, und nach einiger Übung konnte man mit der Umkehrbrille auch Radfahren.

Abb. 4: Durch eine Umkehrbrille wird das gewohnte Oben und Unten vertauscht.

Nach etwas mehr als einer Woche registrierten Erismann und Kohler einen bemerkenswerten Wandel. Die Welt schien nicht mehr auf dem Kopf zu stehen, es stellte sich der zwingende Eindruck ein, dass jetzt alles richtig herum und wieder in Ordnung sei. Doch auch wenn die Welt jetzt wieder zu stimmen schien – selbst die geduldigste Versuchsperson möchte natürlich den Umkehrapparat irgendwann wieder loswerden. Nach dem Absetzen ergab sich eine Phase neuerlicher Irritation. Jetzt, wo die ursprünglichen Bedingungen wiederhergestellt waren, erschien wieder alles falsch herum, allerdings nur für kurze Zeit, und die Welt war nach einer Phase der Wiederherstellung der alten Koordination zwischen Sehen und Handeln wieder zurechtgerückt.

Bei späteren Untersuchungen mit Umkehrbrillen durch andere Autoren lernten die Probanden sogar, unter den neuen Bedingungen Auto zu fahren oder ein Sportflugzeug zu fliegen. Allerdings wurde der Punkt, dass die neue Orientierung schließlich als normal empfunden wurde, meistens nicht erreicht (siehe z. B. den Erfahrungsbericht von Rolf Reisiger von 2009).[5] Dieser Widerspruch bedarf der Klärung. Er bietet ein gutes Beispiel dafür, wie wichtig es ist, bei unterschiedlichen Ergebnissen wissenschaftlicher Untersuchungen zum gleichen Thema die jeweiligen Versuchsbedingungen zu hinterfragen. Erismann und Kohler verwendeten zunächst große, aber unhandliche, später kleinere Spiegelkonstruktionen. Bei den handlichen Prismenbrillen wie in Abb. 4, die in späteren Untersuchungen oft verwendet wurden, ist der sichtbare Bereich auf weniger als 10 % des gesamten Gesichtsfeldes eingeschränkt. Innerhalb dieses Bereichs wird zwar gelernt, Auge und Hand neu zu koordinieren, aber es kommt offenbar nicht zu einer Neudefinition von Oben und Unten, die Welt erscheint weiterhin kopfstehend.

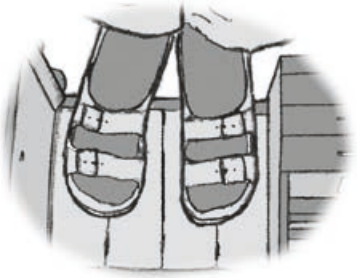

Abb. 5: Mit der Umkehrbrille in Abb. 4 wird nur ein kleiner Ausschnitt des Gesichtsfeldes erfasst. Man vergleiche ihn mit Abb. 16, das dem gesamten Gesichtsfeld entspricht.

Machen wir uns bewusst: Bei „unbewaffnetem", also normalem Blick ist das Gesichtsfeld annähernd so groß wie bei einem Fotoapparat mit einem extremen Weitwinkelobjektiv. Die Natur hat uns gleichsam mit einem „Fisheye" ausgestattet. In der Peripherie, im äußeren Bereich des Gesichtsfeldes, können wir zwar keine Details erkennen, aber sie ist von entscheidender Bedeutung für Raumorientierung und Raumerlebnis (s. Kap. 13 und 36). Vergleichen Sie einmal die Wirkung eines Films auf Breitleinwand mit der Wirkung auf einem kleinen Bildschirm und vergegenwärtigen Sie sich, wie Sie im ersten Fall in den großen Bildraum „hineingenommen" werden. Bei einem kleinen Bildschirm bleibt dagegen der umgebende Raum des Zimmers wirksam. Bei der technisch bedingten Beschneidung des Gesichtsfeldes durch die Prismenbrille nimmt das periphere Sehen an dem Umlernprogramm gar nicht teil. In diesem Fall ist die von Erismann und Kohler beschriebene Neuausrichtung des Raumerlebens nicht zu erwarten.

Mithilfe neuer Technologien könnte man besser als mit den bisherigen Hilfsmitteln feststellen, wie weitgehend ein Umlernen bei Umkehrbrillen tatsächlich möglich ist. Man müsste mit Virtual-Reality-Brillen hoher Auflösung und extremer Winkelgröße arbeiten, kombiniert mit aufgesetzten digitalen Kameras mit extremem Weitwinkel. Es müssten realitätsnahe Verhältnisse hergestellt werden, nur mit dem Unterschied, dass die Kameraaufnahmen in die Brille kopfstehend eingespielt werden. Vielleicht realisiert ein wahrnehmungspsychologisches Labor solche Umkehrbrillen und findet Probanden, die bereit sind, sie ein paar Wochen ununterbrochen zu tragen. Ich wage die Hypothese, dass unter diesen Umständen die verkehrte Welt den meisten Probanden schließlich richtig erscheint, wie es Erismann und Kohler beschrieben haben.

Umlernprozesse dieser Art können etwas darüber verraten, wie das Zusammenspiel der Sinne zustande kommt, wie es mit der Motorik des Körpers ein schlüssiges Ganzes bildet und wie flexibel und anpassungsfähig das System ist.[6] Jeder von uns hat ja auch gelernt, sich vor dem

Spiegel zu schminken oder zu rasieren. So kurios die Umkehrbrillen-Experimente zunächst wirken – sie tragen zum Verständnis dessen bei, wie wir zu dem Bild unserer Welt kommen. Zugleich lehrt uns das Beispiel, wie man mit widersprüchlichen Ergebnissen in der Wissenschaft umgehen kann.

Auf jeden Fall kann festgestellt werden, dass im Auge noch nicht entschieden wird, was oben und was unten ist. Entgegen verbreiteter Meinung wird das, was das Auge empfängt, dort noch gar nicht bewusst. Vielmehr ist das Auge die erste Station in einem vielstufigen Prozess. Licht löst im Auge Nervensignale aus, die hier vorverarbeitet und in die Tiefen des Gehirns geleitet werden. Erst dort bilden sich Erregungsmuster, die etwa zum Erlebnis „Baum" führen. Auch die Entscheidung darüber, was wir als oben und unten ansehen, erfolgt in Hirnbereichen, die hinter den Augen liegen. Die Erregungsmuster aus dem Sehprozess werden mit Signalen aus dem Gleichgewichtssinn kombiniert. Dieser hat seinen Ursprung im Innenohr. Hinzu kommen Nervensignale aus verschiedenen Regionen unseres Körpers, z. B. von den Fußsohlen, die den Boden spüren. Erst das systematische Zusammenspiel dieser ganz verschiedenen Sinne entscheidet über oben und unten, richtet den Raum aus, in dem wir die Dinge der Welt und uns selbst einordnen. Machen Sie doch einmal folgendes einfaches Experiment: Sie legen sich, wie man so schön sagt, aufs Ohr und halten dabei die Augen offen. Wo ist für Sie jetzt „unten"? Probieren Sie es aus!

Die Experimente mit Umkehrbrillen zeigen, wie anpassungsfähig das System ist, und dass es nicht ein für alle Mal festgelegt ist. In jeder Sekunde vollführt das Gehirn Millionen komplizierte Berechnungen aus Millionen von Sinnesdaten und inneren Quellen. Von diesen Berechnungen wird nichts bewusst außer dem Ergebnis: unsere Welt, in der wir uns bewegen, wo über uns sich der Himmel wölbt und unter uns die Erde liegt, auf der wir mit beiden Beinen sicher stehen.

Kurz gesagt: Dass die Projektionen auf dem Augenhintergrund kopfstehen, hat nichts zu bedeuten. Denn was in unserer Welt oben und unten ist, entscheidet sich nicht im Auge. Es ist vielmehr das Ergebnis des Zusammenspiels vieler Sinne und lässt sich sogar ändern.

Literatur

Erismann & Kohler 1950.

Metzger 1975.

Häfele 1993.

Als wäre die Welt verhundertfacht

Als ich aufs Gymnasium kam, war ich ein schlechter Schüler. Sogar in Zeichnen bekam ich eine 5, als einziger in der Klasse. Die Mitschüler fanden das ungerecht, ich sowieso, weil sie meinten, dass ich besonders gut zeichnen könne. Aber ich machte eben nicht, was der Lehrer von mir verlangte, sondern folgte eigenen Ideen. Außerdem konnte ich nicht erkennen, was die Lehrer an die Tafel schrieben, obwohl ich in der ersten Reihe saß. Weil es wenig brachte, nach vorn zu schauen, zeichnete ich derweil mit viel Phantasie Comic-Geschichten.

Auf Wunsch meiner Eltern musste ich Geigenunterricht nehmen. Ich hätte lieber Klavier gelernt, aber das, so meinte meine Mutter, die selbst Klavierunterricht erteilte, sei nichts Besonderes. So quälte ich mich ein paar Jahre mit der Violine herum. Am schlimmsten war, im Schulorchester mitzuspielen. Jeweils zu zweit spielten wir aus einem Notenheft. Um die Noten auf dem Pult zu erkennen, musste ich mich weit vorlehnen. Mein Kamerad beschwerte sich, dass ich ihm die Sicht versperrte. Also lehnte ich mich zurück, sah nichts mehr und spielte natürlich falsch. Nun ärgerten sich alle, die Mitspieler, der dirigierende Lehrer und am meisten ich selbst. Es war einfach nur peinlich.

Mein Freund Moritz – wir gefielen uns in der Rolle von Max und Moritz – meinte, dass ich es mal mit einer Brille versuchen sollte. Doch als ich sein Gerät ausprobierte, sah alles noch verschwommener aus. So dauerte es bis zu meinem 13. Lebensjahr, dass meine Eltern mit mir im Stadtzentrum von Münster zum Augenoptiker gingen. Interessiert ließ ich die Prozedur mit den klickenden Linsenmaschinen über mich ergehen. Mit der Testbrille ging ich hinaus vor den Laden – und war überwältigt. Staunend schaute ich hoch zum Turm der Lambertikirche und erkannte die filigranen Strukturen des gotischen Turms, die ich zuvor noch nie gesehen hatte. Ich sah die Gesichter der Passanten auf der anderen Seite der Straße, die Auslagen in den Schaufenstern, jeden Stein der Giebelhäuser. Tausende Details weckten meine Neugier. Ergriffen sagte ich zu meinen Eltern: „Mir ist, als wäre die Welt verhundertfacht worden!“ „Dann werden ja hoffentlich auch deine Zensuren besser“, meinte mein Vater trocken.

3 Bildet das Auge die Welt ab?

Anders gefragt: Wie kommt die Welt in unseren Kopf? Oder ist die Frage falsch gestellt? Die Zeichnung in Abb. 3 ist mit einem dicken Fragezeichen versehen. Es gilt nicht nur der Frage, warum wir nicht alles kopfstehend sehen. Es gilt vor allem einem verbreiteten Irrtum darüber, wie das Sehen funktioniert. Die Zeichnung, die in ähnlicher Form tausendfach in allen

möglichen Lehrbüchern ohne Fragezeichen zu sehen ist, suggeriert die Annahme, dass die Dinge der Welt „sich im Auge abbilden". Dabei wird die Wahrnehmung als passiver Vorgang aufgefasst, der im Wesentlichen mit den Gesetzen der physikalischen Optik beschrieben werden kann. Das ist grundfalsch.

Links ist ein Baum dargestellt, doch wir müssen uns vergegenwärtigen: Außerhalb des Auges befinden sich die physikalischen Ausgangsbedingungen für die Wahrnehmung; sie können selbst nicht direkt erfahren werden. Zum Beispiel sehen wir nicht, was Licht „wirklich" ist. Wir können einen Lichtstrahl nicht von der Seite sehen. Wir erkennen nicht, ob Licht aus Teilchen oder Wellen besteht. Licht, das im Auge zum Reiz wird, verbraucht dabei seine Energie zur Auslösung eines biochemischen Vorgangs und existiert nicht mehr. Licht selbst im physikalischen Sinne ist sinnlich nicht erfahrbar, nur seine Wirkungen.

Abb. 6: An einem regnerischen Tag auf Kreta war ich spät am Tage in die Melidonihöhle hinabgestiegen. Es war dunkel, es gab keine Beleuchtung. Ich ertastete den Altar, in dem die Gebeine von 340 Kretern liegen, die hier 1824 umkamen. Plötzlich fuhr ein leuchtender Balken aus Sonnenlicht in die Höhle. Es gelang, den Moment mit der Kamera einzufangen, bevor draußen die Regenwolken wieder die Sonne verdeckten. Ein solcher Sonnenstrahl wird nur indirekt sichtbar, weil das Licht an Millionen von Staubteilchen gestreut wird und dadurch das Auge trifft. Wäre die Luft völlig rein gewesen, wäre kein Strahl zu sehen gewesen.

Rechts in Abb. 3 ist eine Abbildung des Baumes dargestellt, doch das Auge empfängt kein Bild, sondern Millionen Einzelreize. Ein Bild entsteht erst dadurch, dass diese Reize von der Wahrnehmung in einem aufwändigen Prozess miteinander in Beziehung gebracht und im Gehirn zu einem Ganzen verarbeitet werden. Dieser Prozess ist nicht passiv, sondern kreativ und

vollzieht sich weitgehend ohne Beteiligung des Bewusstseins. Was wir bewusst sehen, sind vor allem die Ergebnisse, etwa den Gegenstand „Baum“. Hier wollen wir diesen Vorgang in wesentlichen Zügen nachzeichnen, weil er von grundsätzlicher Bedeutung ist. Beginnen wir mit den optischen Voraussetzungen.

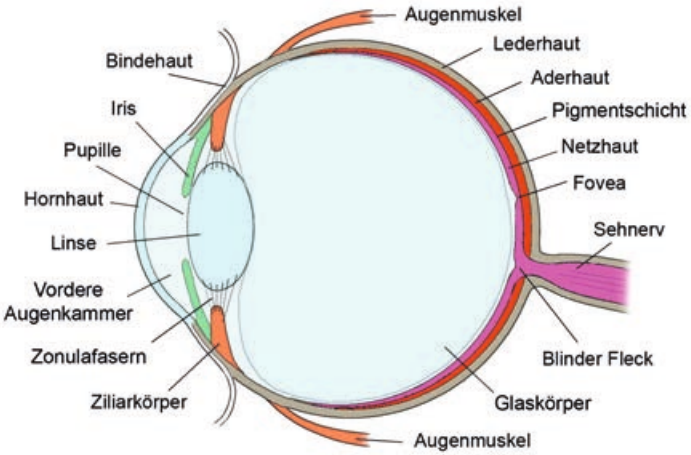

Abb. 7: Aufbau des Auges. Einfallendes Licht durchläuft zuerst die Hornhaut, dann die vordere Augenkammer, die von der Iris eingefasste Pupille, die elastische Linse und den Glaskörper, bis es in der Netzhaut auf lichtempfindliche Zellen trifft. Sie verwandeln die Lichtreize in elektrische Signale, die noch in der Netzhaut vorverarbeitet und über den Sehnerv in die Tiefen des Gehirns geleitet werden.

Die Oberfläche der Objekte unserer physikalischen Umwelt reflektiert Photonen, die wir uns als Lichtteilchen oder kleine Energiepakete vorstellen können. Sie strahlen von jedem Punkt in alle möglichen Richtungen wie die Wollfäden beim Bommel einer Strickmütze. Ein kleiner Teil eines solchen Lichtbüschels trifft auf die Hornhaut des Auges. Dahinter wird dieser Teil so gebündelt, dass die Strahlen auf die Netzhaut des Augenhintergrundes fokussieren, also zusammenlaufen. Das geschieht durch ein System aus zwei Linsen, s. Abb. 7. Die erste besteht aus der vorderen Augenkammer, die von dem wassergefüllten Raum zwischen Hornhaut und Iris gebildet wird. Diese Linse übernimmt den größten Teil der Lichtbrechung, ist aber starr. Dahinter schließt sich das gallertige Gebilde an, das Augenlinse genannt wird. Über sie erfolgt die veränderliche Feineinstellung. Diese wird durch einen Ringmuskel geregelt, der die elastische Augenlinse umgibt und mit ihr durch feine Fasern verbunden ist. Mit zunehmendem Alter ist bei vielen Menschen die Feineinstellung überfordert, weil die Augenlinse im Laufe der Zeit Elastizität verliert und weniger gut auf verschiedene Entfernungen akkomodieren kann. Durch

eine Brille wird die Brechkraft unterstützt. Bei Kurzsichtigkeit ist der Augapfel zu lang, da bedarf es zur Korrektur einer Zerstreuungslinse. Bei Weitsichtigkeit ist der Augapfel zu kurz, da bedarf es einer Sammellinse. Eine Gleitsichtbrille enthält verschiedene Krümmungszonen, die die Einschränkungen der Akkomodation von der Nah- bis zur Fernsicht ausgleichen.

Auch die Iris, die die individuelle Augenfarbe trägt, besteht aus einem Ringmuskel. Sie umgibt die Pupille, das „Sehloch", und lässt sie enger oder weiter werden, um die Menge des einfallenden Lichtes zu regeln. So schützt die Iris die lichtempfindlichen Organe im Augeninnern, die Rezeptoren, vor Überreizung durch starkes Licht. Bei Dämmerung lässt sie die größtmögliche Menge Licht einfallen. Die Pupille ist schwarz, weil das Auge seinen Job macht: Es lässt Licht hinein, aber nicht wieder heraus, denn die Rezeptoren, die lichtempfindlichen Organe, wandeln das Licht in eine andere Energieform um, die den Anfang des Sehprozesses ausmacht.

Die Netzhaut oder Retina kleidet wie eine Tapete den Augenhintergrund aus. Auf einer Fläche, die so groß ist wie eine Briefmarke, drängen sich etwa 130 Millionen Photorezeptoren. Die überwiegende Mehrheit bilden die Stäbchen, die auf Licht aller Wellenlängen des sichtbaren Spektrums reagieren. Hinzu kommen drei Zapfentypen, 7 Millionen insgesamt. Sie enthalten als Filter in feiner Verteilung drei verschiedene Farbstoffe und messen für die entsprechenden Wellenlängen die jeweilige Lichtmenge. Dies ist die Basis für unser Farbensehen. Alle diese Rezeptoren arbeiten nach einem gemeinsamen Prinzip: Die winzige Energie eines Lichtteilchens wird dadurch verbraucht, dass sich ein Molekül, das Retinal, in seiner Form ändert. Dieser Vorgang wird millionenfach verstärkt zu einer Nervenerregung. Diese reicht aus, dass wir im Dunkeln einen Lichtfunken aufleuchten sehen. Bei Tage sind es Billionen von Lichtteilchen oder Quanten, deren verwandelte Energie zur Grundlage jedes „Augenblicks" werden. Das muss man sich einmal vorstellen: Ein Lichtteilchen, das von einem Stern kam und Lichtjahre unterwegs war, verliert seine Existenz, indem wir den Stern sehen.

Der zentrale Bereich der Netzhaut, die Fovea centralis, enthält farbempfindliche Rezeptoren in besonderer Dichte. Es ist die Zone schärfsten Sehens, die dem Blickpunkt entspricht.

In sog. Sakkaden werden die Augen sprunghaft bewegt, so dass die Blickachse in rascher Folge auf Stellen ausgerichtet wird, die uns gerade interessieren. Z. B. erfassen wir beim Lesen dieser Zeilen jedes Mal 3 bis 5 Buchstaben, bevor das Auge weiterspringt.

Außerhalb der 1,5 mm großen Fovea wird die Sehschärfe zunehmend geringer. Außen, in der Peripherie, gibt es nur sehr wenige farbempfindliche Zapfen. Trotzdem haben wir beim Blick auf eine große Wiese nicht den Eindruck, dass sie nur im Bereich des Blickpunkts grün ist. Dass die ganze Wiese grün aussieht, verdanken wir der Kreativität der Wahrnehmung: Sie übernimmt die Information aus dem Zentrum der Retina und einiger weniger Rezeptoren in der Peripherie und überträgt sie auf die Umgebung, solange es keine widersprechenden Informationen gibt. Dieses „pars pro toto" gilt auch in anderer Hinsicht. Einige Winkelgrade neben der Fovea befindet sich der sog. „Blinde Fleck". Es ist die Stelle des Augenhintergrundes, an

dem der Sehnerv aus dem Auge austritt und deshalb kein Platz für Rezeptoren ist. Wir haben dennoch nie den Eindruck, dass im Gesichtsfeld ein Loch ist, auch nicht beim Blick mit nur einem Auge. Vielmehr erhält der Bereich, über den wir keine Information haben, die Farbe des Umfeldes. Linien, die durch diesen Bereich laufen, erscheinen nicht unterbrochen, sondern werden von der Wahrnehmung vervollständigt, selbst dann, wenn das Reizmuster hier tatsächlich unterbrochen ist. Schon diese Beispiele zeigen, dass die Wahrnehmung die Reizsituation aktiv und kreativ verarbeitet.

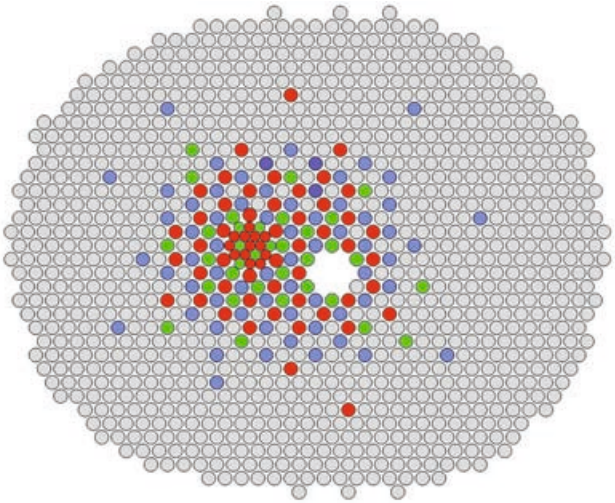

Abb. 8: Die Verteilung der lichtempfindlichen Zellen in der Netzhaut im Schema. Die farbig dargestellten Zapfen reagieren spezifisch auf drei verschiedene Wellenlängen des Lichts und bilden damit die Grundlage unseres Farbensehens. Die Stäbchen (grau dargestellt) reagieren auf Lichtwellen unspezifisch, sind dafür aber empfindlicher, was besonders bei schwachen Lichtverhältnissen zum Tragen kommt.

Kurz gesagt: Die Welt bildet sich nicht einfach im Auge ab. Die Sehwelt wird vielmehr auf der Grundlage von Millionen punktuellen Reizen geschaffen, die in jeder Sekunde die Netzhaut im Auge treffen und von der Wahrnehmung kreative Arbeit verlangen.

Literatur

Guski 1996.

Metzger 1968.

Das seltsame Fliegenauge

Der Biologielehrer nimmt eine tote Fliege von der Fensterbank und legt sie unter das Mikroskop. Dann dürfen wir Schüler einer nach dem anderen hindurchschauen. Ein tolles Erlebnis. Die unscheinbare Fliege wird zu einem fremdartigen Monster. „Was fällt euch auf?“, fragt der Lehrer. Einer nennt die sechs Beine, was gleich die Frage aufwirft, warum die Fliege beim Laufen nicht durcheinanderkommt. Ein Mädchen bemerkt, dass die Flügel keine Federn haben wie die Vögel, sondern nur aus Haut bestehen. Ich bin von den großen Augen gebannt, die aus tausenden kleinen Augen bestehen. Ob die Fliege die Welt damit tausendmal sieht? „Nein“, erklärte der Lehrer, „die Fliege sieht die Welt mit ihren Facettenaugen wie ein Mosaik, zusammengesetzt aus lauter Flecken.“ Er zeigt mir, was ein Mosaik ist. „Für unsere Augen sieht die Welt dagegen glatt aus und bildet ein lückenloses Ganzes.“

Das leuchtet mir ein, und für viele Jahre gehört dieser Unterschied zu meinem biologischen Wissen. Bis ich auf einen interessanten Begriff stoße: den „Reizirrtum“.

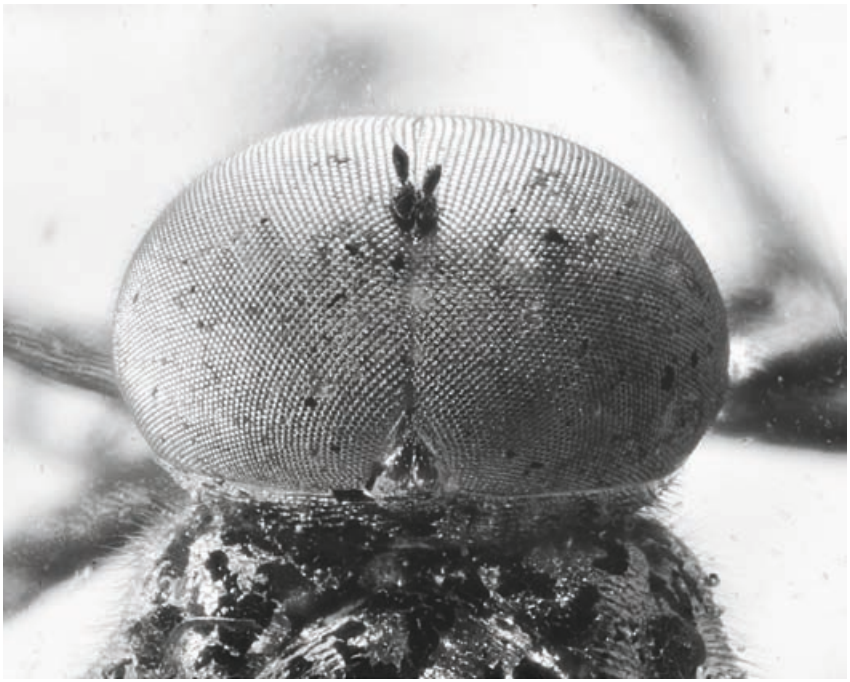

Abb. 9: Diese in Bernstein eingeschlossene Augenfliege hatte mit ihren riesigen Komplexaugen die Voraussetzungen für einen perfekten Rundumblick.

4 Wie kommt Ordnung in Billionen Lichtreize?

Anders gefragt: Wie werden aus punktuellen Reizen Dinge? Bei Tage treffen sechs Billionen Photonen die Netzhaut – pro Sekunde! Um daraus die visuelle Welt zu schaffen, muss das Wahrnehmungssystem diese Menge zunächst einmal ordnen. Natürlich ist die Reizverteilung auf dem Augenhintergrund durch die außerhalb der Augen liegenden Quellen der Reize vorstrukturiert. Allerdings teilt sich diese Struktur nicht direkt mit, sie muss nachgeschaffen werden. Schon ein kleiner Strich wie dieser – stellt einen gestaltlichen Zusammenhang dar, der nicht per se gegeben ist. Wenn wir darauf blicken, werden einige tausend Lichtrezeptoren gereizt. Wie entsteht aus diesen vielen Einzelreizen ein Strich?

Machen wir uns zunächst klar, was wir *nicht* sehen. Wir sehen die Welt nicht als Mosaik, obwohl die Rezeptoren in Abb. 8 wie bei einem Mosaik nebeneinanderliegen. Vielmehr sehen wir die Welt als kontinuierliches Ganzes mit durchgehenden Linien und Flächen. Offensichtlich können wir aus der mosaikartigen Verteilung der Rezeptoren nicht schließen, wie die Wahrnehmungswelt aussieht. Wer das tut, begeht einen „Reizirrtum". Dem unterlag auch der Lehrer in obiger Anekdote. Denn beim Fliegenauge ist die Situation nur oberflächlich gesehen eine andere. Das Komplexauge mit tausenden von Ommatidien in Abb. 9 sieht für uns aus wie ein Mosaik – ähnlich wie Abb. 8. Das heißt aber nicht, dass für die Fliege die Welt wie ein Mosaik aussieht. Beim Fliegenauge hat jedes Ommatidium außen eine Linse und im Innern einen Rezeptor. Im Unterschied dazu gibt es beim menschlichen Auge nur eine einzige Linse für alle Rezeptoren. Das Prinzip vieler einzelner Lichtrezeptoren ist beide Male das gleiche. Die voneinander getrennten Rezeptoren werden weder im einen noch im anderen Fall zum Wahrnehmungsgegenstand, daher wird kein Mosaik gesehen. Stattdessen werden in beiden Fällen aus den Einzelreizen Signale, die anschließend miteinander kombiniert und letztlich zu sichtbaren Dingen verarbeitet werden.

Wie macht denn nun die Wahrnehmung aus diskreten Einzelreizen ein kontinuierliches Ganzes? Sie stellt zwischen den Signalen der einzelnen Rezeptoren Beziehungen her. Das beginnt schon in der Retina. Sie enthält etwa eine Million Ganglienzellen. Jede Ganglienzelle empfängt Signale aus vielen Rezeptoren eines etwa kreisförmigen Feldes, s. Abb. 10. Deshalb spricht man von rezeptiven Feldern. Eine trickreiche Verschaltung sorgt dafür, dass die meisten Ganglienzellen nur dann Signale an das Gehirn weiterleiten, wenn das Zentrum des rezeptiven Felders anders gereizt wird als sein Umfeld. Dabei spielen Bahnung und Hemmung, zwei gegenläufige neuronale Vorgänge, eine entscheidende Rolle. Wird etwa das Umfeld stärker beleuchtet als das Zentrum, dann erfolgt eine Meldung, die zur Wahrnehmung eines schwarzen Punktes auf hellem Untergrund führen kann. Werden Zentrum und Umfeld dagegen gleichartig gereizt, dann erfolgt in vielen Fällen keine Meldung, denn Bahnung und Hemmung heben sich gegenseitig auf. Anders gesagt: Wenn

überall im Gesichtsfeld das Gleiche geschieht, dann ist das für die Wahrnehmung uninteressant. Informativ sind immer Unterschiede und Veränderungen, also Unstetigkeiten in räumlicher und zeitlicher Hinsicht. So findet schon auf dieser Ebene eine wichtige Auswahl von Informationen statt.

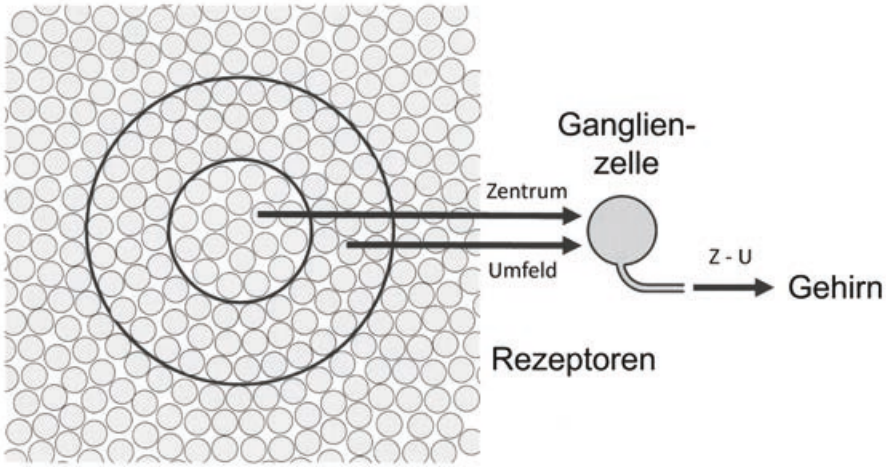

Abb. 10: Die Rezeptoren der Netzhaut sind in tausende einander überlappende rezeptive Felder gruppiert, von denen hier eins dargestellt ist. Die jeweils nachgeschaltete Ganglienzelle wird aktiv, wenn Zentrum und Umfeld unterschiedlich gereizt werden.

Beim Frosch spielt sich in diesem Sinne fast die ganze visuelle Verarbeitung im Auge ab. Das ist für seine Lebenswelt optimiert, in der Fliegen eine Hauptnahrung bilden: Ein schwarzer Punkt, der sich vor hellem Hintergrund bewegt, lässt den Frosch zielsicher danach schnappen. Beim Menschen ist die Vorverarbeitung in der Retina mit dem Nebeneffekt verbunden, dass der Sehnerv, der die Signale aus der Retina in die Tiefen des Gehirns führt, nur 4 mm dick und elastisch genug ist, um Augenbewegungen zuzulassen. Ohne diese Vorverarbeitung wäre ein dickes Nervenkabel nötig, das Augenbewegungen unmöglich machen würde. Man könnte meinen, dass die Reduktion von 130 Millionen Rezeptoren auf 1 Million Ganglien eine Vergröberung der Sehschärfe mit sich bringt. Doch das Gegenteil ist der Fall, zumindest im mittleren Bereich der Netzhaut. Die rezeptiven Felder überlappen sich stark mit dem Effekt, dass die Sehschärfe höher ist, als sie nach dem Abstand zweier Rezeptoren zu erwarten ist.

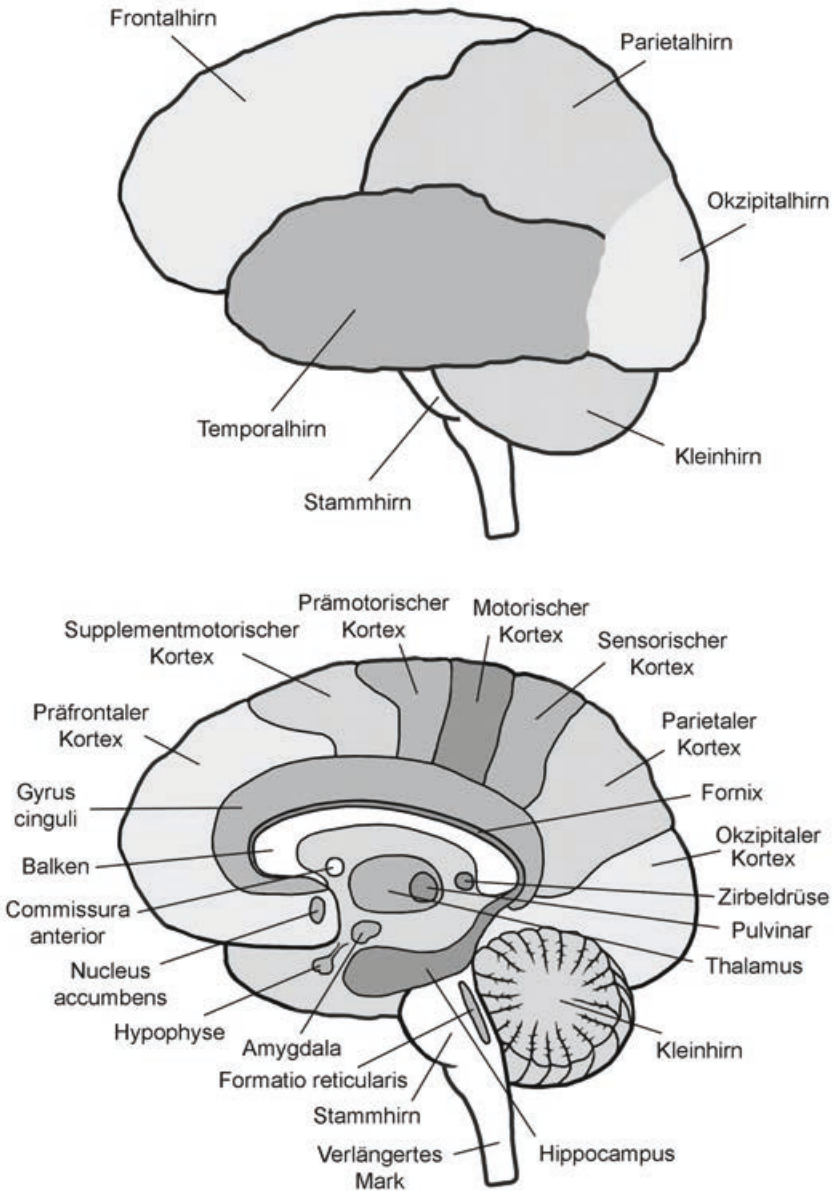

Abb. 11: Seitenansicht und Längsschnitt des Gehirns im Schema. Der Balken (Corpus callosum) und die Commissura anterior verbinden die beiden Großhirnhälften.

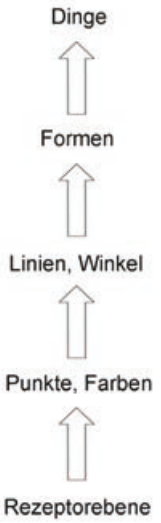

Abb. 12: Schema der visuellen Verarbeitungsebenen. Die unteren Ebenen sind retinotop, also auf die räumliche Ordnung der Netzhaut bezogen. Die oberen Ebenen beziehen sich auf erlernte Invarianzen, also unveränderliche Merkmale. Sie bilden die Voraussetzung für die Wahrnehmung einer in sich stabilen Umwelt, unabhängig vom momentanen optischen Reiz.

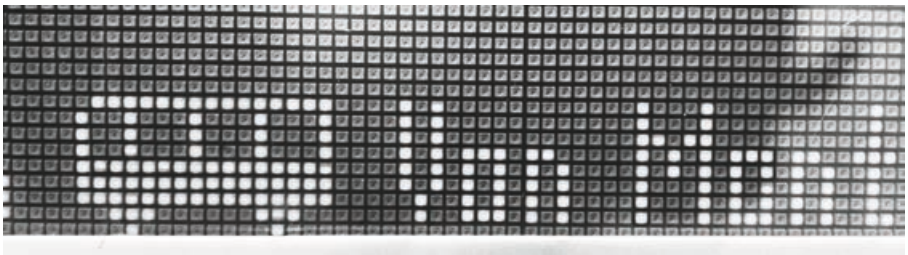

Abb. 13: Auf dem Bildschirm der Bushaltestelle gehen punktuell Lichter an und aus. Was wir stattdessen sehen, ist ein Schriftband, das über den Bildschirm zieht. Die Wahrnehmung stellt Beziehungen zwischen den Einzelreizen her und gestaltet daraus in mehreren Schritten ein kontinuierliches Ganzes, das sich bewegt.

Die Signale der Ganglienzellen werden in visuellen Zentren des Gehirns V1 und V2, die im okzipitalen Kortex liegen, weiterverarbeitet. Allerdings geht es dort nicht mehr um Punkte, sondern um komplexere Merkmale. Dort gibt es tausende von Nervenzellen, die nur dann feuern, wenn Linien oder Kanten einer bestimmten Orientierung auf die Netzhaut projiziert

werden, oder wenn dort Bewegung in einer bestimmten Richtung erfolgt. Andere Neurone, diesen nachgeschaltet, reagieren nur auf bestimmte Winkel, weitere auf bestimmte Muster. Der zunehmenden Komplexität folgt ein höherer Allgemeinheitsgrad. Dieser macht sich z. B. darin bemerkbar, dass bestimmte Neurone auf bestimmte Formen reagieren unabhängig davon, wo sie auf die Netzhaut projiziert werden, wie groß oder wie ausgerichtet sie sind. Das entspricht der erlebten „Formkonstanz", bei der Objekte unter unterschiedlichen Bedingungen als gleich erkannt werden. Häufig auftauchende Muster werden gespeichert. Dies geschieht dadurch, dass synaptische Verbindungen zwischen Nervenzellen, die oft gleichzeitig aktiv sind, verstärkt werden. Es bildet sich ein Formengedächtnis, mit dem eingehende Reize verglichen werden. Jeder visuelle Input wird im Rückgriff auf gespeicherte Erfahrungen darauf hin geprüft, ob er neu ist oder bereits Bekanntem entspricht, ob er bedeutsam ist oder unbedeutsam. Davon hängt die weitere Verarbeitung ab. Es gibt Gruppen sehr spezifischer Nervenzellen, die z. B. nur dann aktiv werden, wenn ein bereits bekanntes Gesicht auftaucht. Sind diese Neuronengruppen, die in der hinteren Basis des Gehirns liegen, etwa durch einen Schlaganfall geschädigt, dann erkennt der Betroffene seine nächsten Angehörigen nicht mehr. Solange das Gehirn gut funktioniert, merken wir nicht, wie abhängig unsere Wirklichkeit von seiner Arbeit ist.

Kurz gesagt: Die Reize der Rezeptoren im Auge werden nicht unmittelbar bewusst. Vielmehr stellen Wahrnehmungsprozesse auf nicht bewusster Ebene Beziehungen zwischen Einzelsignalen her, dann Beziehungen zwischen Beziehungen und so fort. Dabei entstehen zusammenhängende Ganzheiten, die mit bereits gespeicherten Erfahrungen verglichen werden und uns z. B. als Gesichter bewusst werden.

Literatur

Guski 1996.

Schönhammer 2009.

Speckmann, Hescheler & Köhling 2019.

Die peinliche Sache mit dem Müll

In der Küche quillt der Eimer mit dem Verpackungsmüll über: schmutzige Plastikdosen, leere Blechdosen und Kunststoffflaschen, Küchenfolie und Aludeckel. Das Zeug muss raus. Es ist spätabends. Die Mülltonnen – Entschuldigung: die Wertstofftonnen – stehen in einer dunklen Ecke des Gartens. Halbblind tappe ich hin. Allmählich gewöhnen sich die Augen an die Dunkelheit. Farben kann ich nicht erkennen, aber zur Orientierung reicht's. Wo kam der Verpackungsmüll rein? Klar, in die gelbe Wertstofftonne. Also in die mit dem hellsten Deckel. Rein mit dem Zeug und zurück in die warme Stube.

Am nächsten Tag sitze ich friedlich da und lese die Zeitung, als mich die Stimme meiner Frau ohne den gewohnten Liebreiz trifft. „Hast du gestern den Müll rausgebracht?" „Ja, wieso?" „Na, dann guck doch mal rein in die Tonnen." Ich gehe gucken und bin entsetzt. Der ganze schmutzige Plastik- und Blechkram liegt in der blauen Papiertonne. Allmählich geht mir ein Licht auf. Die Sache ist mir dreifach peinlich. Erstens, weil ich den Dreck in den falschen Behälter gekippt habe, zweitens, weil ausgerechnet mir als Wahrnehmungspsychologen das passieren musste, und drittens, weil ich unter den Augen des Nachbarn, der natürlich gerade jetzt vorbeikommt und grinst, das Zeug herausholen und umsortieren muss. Dabei hätte ich es wissen müssen …

5 Wo kommen die Farben her?

Anders gefragt: Warum ist die Welt eigentlich bunt? Kaum jemand kann sich dem Reiz entziehen, der in der Vielfalt der Farben liegt. Etwa 7 Millionen verschiedene Farben lassen sich nach Farbton, Sättigung und Helligkeit unterscheiden. Die Maler wissen seit jeher um die ästhetischen Qualitäten von Farben und Farbkompositionen und arbeiten an immer neuen Farbklängen seit Menschengedenken. Evolutionsforscher weisen auf den Überlebenswert hin, die Dinge der Umwelt nach Farben unterscheiden zu können. Das fängt schon mit der Unterscheidung von reifen und unreifen Früchten an und ist für jeden nachvollziehbar, der im Frühsommer nach Walderdbeeren sucht.

1671 war Isaak Newton von der Spektralzerlegung am Prisma fasziniert, bei der sich das Licht in die Farben des Regenbogens auffächert, und er entwarf eine erste Theorie des Lichts. Er erkannte bald, dass seine Theorie über Lichtteilchen nicht die sieben Grundfarben erklären kann, die er im Spektrum unterschied. Daran änderte auch die Wellentheorie des Lichts nichts, die 1690 von Christiaan Huygens veröffentlicht wurde. Bis heute versagen die Mittel der Physik bei dem Versuch, Qualitäten wie Rot, Gelb und Blau herleiten zu wollen.

Der sichtbare Teil des Spektrums reicht von 380 bis 720 Nanometer (nm) Wellenlänge. Die drei bereits genannten Zapfentypen in der Retina reagieren auf bestimmte Wellenlängen stärker als die anderen: der S-Typ auf 419 nm (was einem Blauviolett entspricht), der M-Typ auf 531 nm (was dem Grün entspricht) und der L-Typ auf 559 nm (was wir als Rotorange wahrnehmen). Schon im 19. Jahrhundert nahmen Farbforscher wie Thomas Young und Hermann Helmholtz drei Organe in der Netzhaut für genau diese drei Farben an, konnten es aber nicht beweisen. Unter dem Mikroskop sah man keine Unterschiede zwischen den Zapfen. Erst im späteren 20. Jahrhundert gelang eine Differenzierung, indem das Durchlicht physikalisch ausgemessen wurde. Die Pigmente in den Zapfen sind so schwach, dass ihre Farbigkeit unter dem Mikroskop für das Auge nicht zu erkennen ist. Erst die neuronale Verarbeitung, die den Rezeptoren nachgeschaltet ist, verstärkt die minimalen Reizunterschiede so, dass sie zur Grundlage des ganzen Farbenreichtums unserer Welt werden.

Der Beweis der Dreifarbentheorie von Young und Helmholtz mittels Fotodetektoren fiel genau in die Zeit, als ich begann, Wahrnehmungspsychologie zu studieren, und schlug ein wie eine Bombe. Bis dahin nämlich gab es die konkurrierende Gegenfarbentheorie von Ewald Hering, die nun in den Schatten gestellt schien. Sie besagt, dass die Farbwahrnehmung auf drei Gegensatzpaaren beruht, nämlich von Rot und Grün, von Blau und Gelb und von Weiß und Schwarz. Neben vielen anderen Argumenten hatte diese Theorie für sich, dass sie den erlebten Grundfarben viel besser entspricht als die drei merkwürdigen Zapfenfarben. Doch solche Argumente waren weich gegenüber den harten Fakten, die nun für die Dreifarbentheorie sprachen.

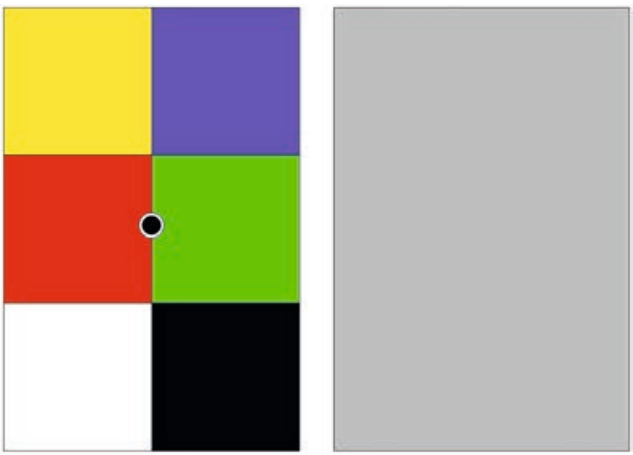

Abb. 14: Die Grundfarbenpaare nach Ewald Hering. Fixiert man längere Zeit den Punkt links und blickt dann auf die graue Fläche rechts, sieht man als Nachbild die Gegenfarben.

Dann aber passierte in der weiteren Forschung etwas Bemerkenswertes: Mit dem immer feineren Instrumentarium der Sinnesphysiologie konnte verfolgt werden, was mit den Signalen aus den Zapfen passiert. Es ist ein hochkomplizierter Vorgang, der schon in der Retina beginnt und sich stark vereinfacht so beschreiben lässt: Die Zapfensignale werden zueinander in Beziehung gebracht: Der Unterschied zwischen der Erregung von M- und L-Typ führt zum Gegensatzpaar Rot und Grün, zusammen führen M- und L-Typ zum Gelb, das seinerseits den Gegenpart zum Blau bildet, das aus dem S-Typ gespeist wird. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass auch Schwarz und Weiß nicht etwa aus der Aktivität der farbenblinden Stäbchen, sondern ebenfalls aus der Aktivität der Zapfen hervorgehen. Damit kam die Farbforschung nach vielen Jahrzehnten unentscheidbarer Konkurrenz zu einem wahrhaft salomonischen Urteil. Beide Theorien haben Geltung: die Dreifarbentheorie für die Ebene der Rezeptoren, die Gegenfarbentheorie für die Weiterverarbeitung.

Von allen Buntfarben erscheint Gelb besonders hell. Das hängt damit zusammen, dass Gelb aus der Summe der Signale aus dem M- und L-Typ entwickelt wird. Allerdings gilt dieses Helligkeitsempfinden nur bei guter Beleuchtung. Ist die Beleuchtung zu schwach, werden nur die Stäbchen gereizt. Diese aber haben ihre größte Empfindlichkeit nicht im Gelb-, sondern im Blaugrünbereich, ohne dass die Farbtöne als solche wahrgenommen werden. So passiert es, dass bei sehr schwachem Licht die blaue Mülltonne heller erscheint als die gelbe und beide verwechselt werden können. Das mag jeder bei Nacht einmal selbst überprüfen.

Wie bei der Formwahrnehmung lässt sich bei der Farbwahrnehmung ein Prozess vom Einfachen zum Komplexen verfolgen. Er reicht von punktuellen Einzelreizen über die Verschaltung zu Gegensatzpaaren hin zum Verhältnis von Objektfarben zu ihrer Umgebung. Eine wichtige Station im Gehirn ist V4, in einer Falte des Okzipitalhirns gelegen. Hier finden Vorgänge statt, die der Farb- und Helligkeitskonstanz entsprechen: Ein Blatt Papier wird in der Dämmerung immer noch als weiß wahrgenommen, obwohl es weniger Licht abstrahlt als ein schwarzer Pullover am Tage. Bei gelblichem Kunstlicht können wir Farben noch relativ gut beurteilen, obwohl das Spektrum gegenüber dem Tageslicht verschoben ist. V4 übernimmt gleichsam eine Belichtungskorrektur und einen Weißabgleich, wie er in elektronischen Kameras simuliert wird.

Der Vergleich mit elektronischen Kameras führt zu einem ganz wesentlichen Punkt. In ihren CCD-Sensoren wird das einfallende Licht nach drei Wellenlängenbereichen punktuell getrennt registriert. Diese entsprechen in etwa den Empfindlichkeitsbereichen der menschlichen Zapfen. Anschließend werden die Signale weiterverarbeitet. Dennoch wird niemand annehmen, dass Fotoapparate ein Farbempfinden haben. Das Zustandekommen von erlebten Qualitäten wie Rot, Grün und Blau setzt offenbar Klassifizierungen voraus, wie sie das menschliche Gehirn vollbringt. Noch vor Kurzem nahm man an, dass diese Aktivitäten durch die Neuronen von V4 geleistet werden, weil dort hinein die vorverarbeiteten Signale der Farbrezeptoren

münden. Doch es ist eine offene Frage, ob an diesem Ort tatsächlich die physiologischen Vorgänge zu suchen sind, die den erlebten Farben entsprechen. Welche Zustände oder Prozesse im Gehirn Farbqualitäten codieren, ist nach wie vor Spekulation. Manche solcher Spekulationen sind aber gut begründet. Wir werden an anderer Stelle darauf zurückkommen.

Trotz der offenen Fragen gilt als erwiesen: Farbqualitäten entstehen durch die Tätigkeit des Gehirns. Photonen haben unterschiedliche Wellenlänge und damit unterschiedliche Energie, aber keine Farbe. Ebenso wenig die elektrochemischen Impulse, die von den Photorezeptoren ins Gehirn gesendet werden. Die uns vertrauten Farben werden erst durch anschließende Wahrnehmungsprozesse erschaffen. Sie sind keine Umwelteigenschaften, die sich dem Menschen direkt mitteilen. Das ist auch nicht lebensnotwendig. Entscheidend ist, dass die Farbigkeit unserer Welt hilft, die Dinge besser unterscheiden und erkennen zu können. Dass wir uns darüber hinaus an der Farbigkeit der Welt erfreuen können, ist ein zusätzliches Geschenk.

Kurz gesagt: Die Intensitäten von drei verschiedenen Wellenlängen des Lichts sind die Reizgrundlage für Millionen unterscheidbare Farben. Sie werden von drei verschiedenen Zapfentypen in der Retina registriert. Die Farbqualitäten, in denen uns die Welt erscheint, entstehen erst durch die Tätigkeit des Gehirns.

Literatur

Guski 1996.

Kobbert 2019.

Schönhammer 2009.

Speckmann, Hescheler & Köhling 2019.

Aus zwei Dimensionen werden drei

Schon als Jugendlicher war ich fasziniert davon, dass ein Bild flach ist, aber zwingend den Eindruck räumlicher Tiefe vermitteln kann. Um den Zusammenhang besser zu begreifen, zeichnete und malte ich zahlreiche Bilder hierzu. Ich studierte die Perspektivlehren von der Renaissance bis heute, die aber nur schematische Konstruktionsregeln gaben, ohne begreifbar zu machen, wie es zur Wahrnehmung der Dreidimensionalität kommt. Ich stellte mir selbst Aufgaben wie die, ein Bild zu malen, auf dem ich durch Wasser hindurch auf Steine sehe wie am Meeresstrand. Es misslang kläglich.

Später experimentierte ich mit Stereoskopie, bei der zwei „Halbbilder" von beiden Augen vereinigt werden. Die Wirkungen mit „unbewaffnetem" Parallelblick und Kreuzblick kriegte ich selbst zwar hin, doch andere Betrachter hatten ihre Schwierigkeiten. Das bekam ich zu hören, als ich ein erstes Buch über Bernsteineinschlüsse mit entsprechenden Bildern versah. Stereogeräte und das Polarisationsverfahren vermitteln beste 3D-Eindrücke, sind jedoch für Publikationen wenig geeignet. Beim „Anaglyphenverfahren" werden die Farben verfälscht, und im Druck ist die Wirkung schwach, aber am Monitor funktioniert der Tiefeneffekt hervorragend.

In Büchern mit beigefügter CD konnte ich zeigen, wie fossile Tierchen in Bernstein schweben, die Außen- und Innenwelt von Diamanten wurde plastisch erfahrbar, Schneekristalle, fallende Tropfen und gefrorene Wasserfälle, Eisberge und Wolken. Was bleibt, ist mein Traum, in 3D erfahrbar zu machen, was man bislang nur als flächige Phänomene kennt: Blitzgewitter mit ihren raumgreifenden Verästelungen an der Küste Venezuelas oder Nordaustraliens, oder die Aurora borealis am Polarkreis mit ihren Fältelungen und Wirbeln, die ich bislang in normalen Fotos eingefangen habe. Wenn ich nicht mehr dazu komme, schafft es vielleicht ein anderer. Man müsste zwei Kameras in großer Entfernung zueinander gleichzeitig per Funk auslösen …

3D-Aufnahmen haben eine unvergleichliche Wirkung, denn sie erzeugen nicht ein Bild, das dem Betrachter gegenübersteht, sondern vermitteln ein Raumerlebnis, das den Betrachter mit einbezieht. Das haben Millionen von Menschen in 3D-Filmen erleben können. Techniken sind also vorhanden, aber die Frage, wie aus flachen Mustern Plastizität und dreidimensionaler Raum entstehen, ist damit nicht beantwortet. Die Antwort ist in der Art zu suchen, wie die Wahrnehmung arbeitet.

6 Warum sehen wir nicht alles flach?

Anders gefragt: Wie macht die Wahrnehmung aus flachen Mustern etwas Dreidimensionales? Vergegenwärtigen wir uns zunächst einmal, wie wir die Welt sehen. Machen wir uns bewusst, was so alltäglich ist wie nichts anderes. Das ist nämlich so merkwürdig, dass man es kaum glauben mag, wenn man darauf zum ersten Mal hingewiesen wird. Aber es ist gleichzeitig nicht zu bezweifeln, weil es zu den tagtäglichen Grunderfahrungen gehört. Wenn wir die Aufmerksamkeit von den Dingen um uns herum verlagern, nicht darauf, *was* wir sehen, sondern darauf, *wie* wir sehen, dann ergibt sich eine ganz und gar absonderliche Situation. Es ist nämlich so, als schauten wir mitten aus unserem Kopf heraus! Als wäre unser Gesicht ein großer Trichter, der sich gegenüber der Welt öffnet.

Dieses Grunderlebnis steht in völligem Widerspruch zu dem, wie wir unser Gesicht im Spiegel sehen. Wir wissen, dass wir zwei Augen haben, doch im unmittelbaren Seherlebnis ist diese Information nicht enthalten, es sei denn, wir blicken abwechselnd mit dem linken und dem rechten Auge. Man hat das Phänomen als „Zyklopenauge" bezeichnet, nach jenem Riesen in der griechischen Sage, der ein einziges Auge mitten auf der Stirn besaß, und der von Odysseus mit dem Speer geblendet wurde. Gefühlsmäßig blicken wir wie ein Zyklop mit einem Riesenauge in die Welt. Der Eindruck lässt sich auch nicht durch unser besseres Wissen korrigieren, dass wir zwei Augen haben. Ist das nicht verrückt?

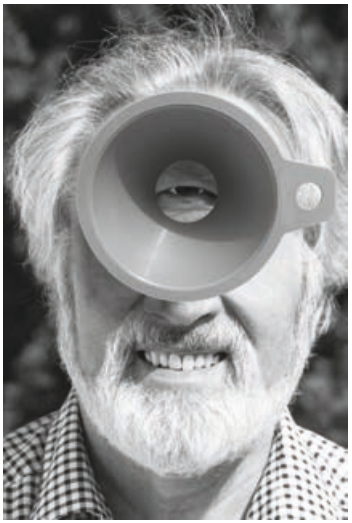

Abb. 15: Das seltsame „Zyklopenauge". Beim Sehen mit beiden Augen, also im Normalfall, haben wir das Gefühl, wie durch einen großen Trichter mitten aus dem Kopf heraus zu schauen.

Abb. 16: Der ganz normale „Zyklopenblick" in mein Arbeitszimmer, angeregt von einer Zeichnung von Ernst Mach (1922), die den Blick mit nur einem Auge zeigt.[7] Hier ist die zweiäugige Sicht dargestellt, die die Wahrnehmung zu einer einzigen macht.

Diese permanente Illusion ist unlösbarer Bestandteil der Welt, die unser Wahrnehmungssystem erschafft, und zugleich ein weiterer Hinweis darauf, dass diese unsere Wirklichkeit nicht darauf angelegt ist, ein 1:1-Verhältnis zur physikalischen Realität zu bilden. In der Evolution der Fähigkeit, sich visuell orientieren zu können, kamen keine Spiegel vor, und ohne einen solchen wäre den Menschen wohl nie bewusst geworden, wie merkwürdig die Grundsituation der visuellen Wahrnehmung ist.

Was steckt hinter dem Phänomen des Zyklopenauges? Die visuelle Wahrnehmung schafft eine Ver-*ein*-fachung der Informationen, die aus beiden Augen stammen (den „Halbbildern"), sie bildet eine einzige Sehwelt, allerdings, wie wir sehen werden, auf einem komplizierten Umweg.

Stellen wir uns nur einmal vor, wir hätten für jedes Auge gesondert ein Gesichtsfeld, das uns bewusst wäre. Das würde nicht nur eine Verdopplung des Aufwandes bedeuten, den unsere Aufmerksamkeit leisten müsste, wir müssten auch Punkt für Punkt entsprechende Orte vergleichen, um etwaige Abweichungen zwischen linkem und rechtem Halbbild festzustellen, und das in Sekundenbruchteilen, weil sich ständig die Blickrichtung verändert. Dagegen wäre der beliebte Bildervergleich einer Zeitschrift zwischen „Original und Fälschung" eine Kleinigkeit. Genau ein solcher Vergleich der Halbbilder auf „Querdisparation", also auf Differenzen in der Projektion von Umweltmerkmalen, findet tatsächlich statt, und er ist die Grundlage für das Erkennen von stereoskopischer Tiefe. Tierexperimente weisen darauf hin, dass dieser Vergleich im mittleren temporalen Hirnareal MT stattfindet. Hier befinden sich Nervenzellen, die abhängig von der Querdisparation aktiv werden. Sie erhalten den notwendigen Input aus V1 und V2, wo, wie bereits angesprochen, Konturen und einfache Formen in den Gesichtsfeldern beider Augen festgestellt werden.[8] In Kap. 42 werden wir noch sehen, welche Bedeutung das stereoskopische Sehen für das menschliche Bewusstsein hat. Vorläufig können wir feststellen, dass der Vergleich auf Querdisparation nicht bewusst erfolgt. Bewusst wird nur das Ergebnis, nämlich die Anordnung der Dinge im dreidimensionalen Raum.

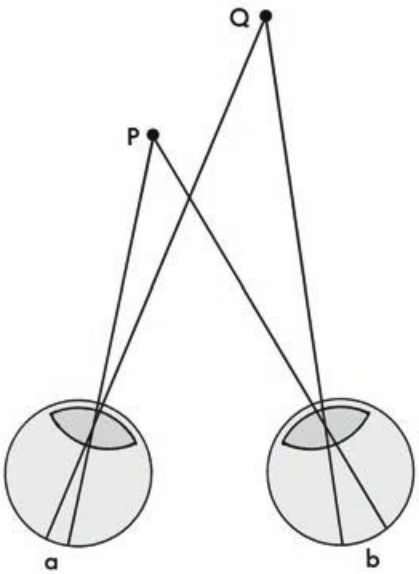

Abb. 17: Die beiden Punkte P und Q werden auf die Netzhaut in beiden Augen in unterschiedlichem Abstand voneinander projiziert. Aus der Differenz zwischen a und b, der Querdisparation, errechnet das Wahrnehmungssystem den Tiefenunterschied beider Punkte.

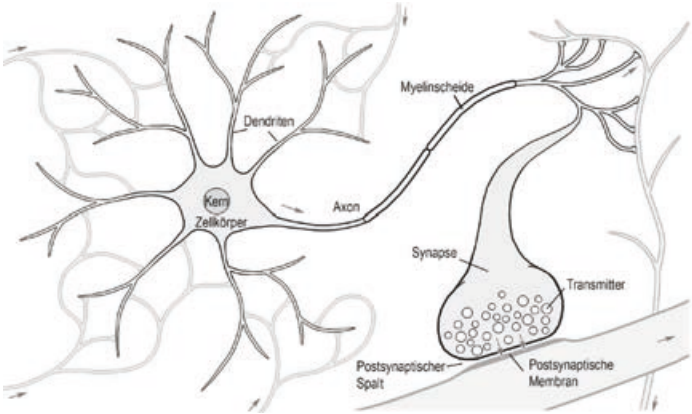

Abb. 18: Eine Nervenzelle besteht aus Zellkörper, Dendriten und Axon. Die Dendriten empfangen Impulse, das Axon sendet Impulse aus, wenn ein Schwellenwert überschritten wird. Die Übertragung geschieht chemisch an Synapsen, und zwar durch Ausschüttung eines Neurotransmitters auf die nachgeschaltete Nervenzelle. Die Impulse bahnen oder hemmen die Aktivität nachgeschalteter Neuronen. Die Signale, die entlang der Axone transportiert werden, bestehen in allen Hirnregionen aus immer gleichen elektrischen Aktionspotentialen.

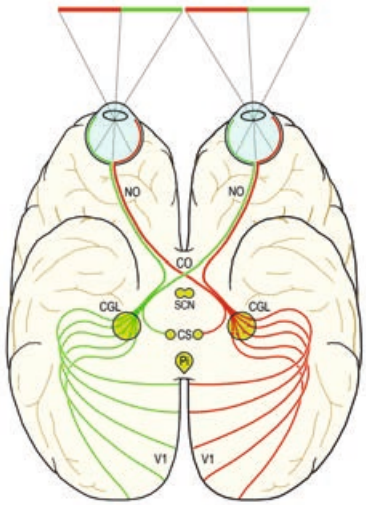

Abb. 19: Schema der Sehbahn. NO = Nervus opticus (Sehnerv), CO = Chiasma opticum (Sehnervenkreuzung), CGL = Corpus geniculatum laterale (seitlicher Kniehöcker), SCN = Nucleus suprachiasmaticus, CS = Colliculi superiores, Pi = Pinealorgan (Zirbeldrüse), V1 = visuelles Zentrum 1.

Es ist an der Zeit, den Weg zu skizzieren, den die Signale aus den Augen in die Tiefen des Gehirns nehmen, um der Frage näherzukommen, wo und wie unsere bewusste Wahrnehmungswelt entsteht. Der Weg dorthin erwies sich im Laufe der Wissenschaftsgeschichte als zunehmend komplex. Vor über 500 Jahren vermutete Leonardo da Vinci, dass die Botschaften der Augen in die *Ventriculi* münden, flüssigkeitsgefüllte Hohlräume des Gehirns, und dass sich dort die Bühne befindet, auf der sich das Weltgeschehen widerspiegelt. Vor etwa 400 Jahren sah René Descartes die Zirbeldrüse als Ort der Seele an, in der die Meldungen der Augen und der anderen Sinnesorgane zusammenlaufen. Vor etwa 100 Jahren galt als Ort der visuellen Verarbeitung und des Bewusstseins das Hirnzentrum V1 im Bereich des Hinterkopfes. Inzwischen spielt es die Rolle einer Zwischenstation im Netzwerk der visuellen Informationsverarbeitung.

Die Axone der Ganglienzellen, die die vorverarbeiteten Signale der Photorezeptoren weiterleiten, verlassen jedes Auge in zwei getrennten Strängen. An der Sehnervenkreuzung teilen sie sich systematisch auf, sodass im weiteren Verlauf die Informationen aus der linken Hälfte des Gesichtsfeldes in der rechten Hirnhälfte verarbeitet werden, die Informationen aus der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes in der linken Hirnhälfte. Nur die *Fovea centralis* beider Augen ist in beiden Hirnhälften repräsentiert, und zwar im Verhältnis zum übrigen Gesichtsfeld überproportional groß. Frühere Annahmen, dass in den seitlichen Kniehöckern stereoskopische Tiefe analysiert wird, weil dort Informationen aus beiden Augen in Nachbarschaft geraten, haben sich als falsch erwiesen. Hier erfolgt lediglich eine Weiterschaltung auf andere Neuronen, die die Signale zur Hirnrinde in die Region V1 leiten.

Vor den seitlichen Kniehöckern zweigen einige tausend Sehnervenfasern in Hirngebiete ab, die nichts mit dem bewussten Sehen zu tun haben, deren Wirkung wir dennoch spüren. Dazu gehört der Wechsel zwischen Schlafen und Wachen. Dass wir bei schwachem Abendlicht müde werden und von hellblauem Morgenlicht wach werden, wird hier geregelt. Auch der Reflex, der die Pupillen je nach Lichteinfall enger oder weiter werden lässt, wird von hier aus gesteuert.

Verfolgen wir, wie die Sehbahn nach den Kniehöckern weiter verläuft. Sie mündet in die primäre Sehrinde V1, wo elementare Formmerkmale und Bewegungsrichtungen für die linke bzw. rechte Gesichtsfeldhälfte festgestellt sowie Farbinformationen vorverarbeitet werden. Die Mündungsgebiete aus dem linken bzw. rechten Auge bilden ein Zebramuster, bei dem sie getrennt sind, aber interagieren können.

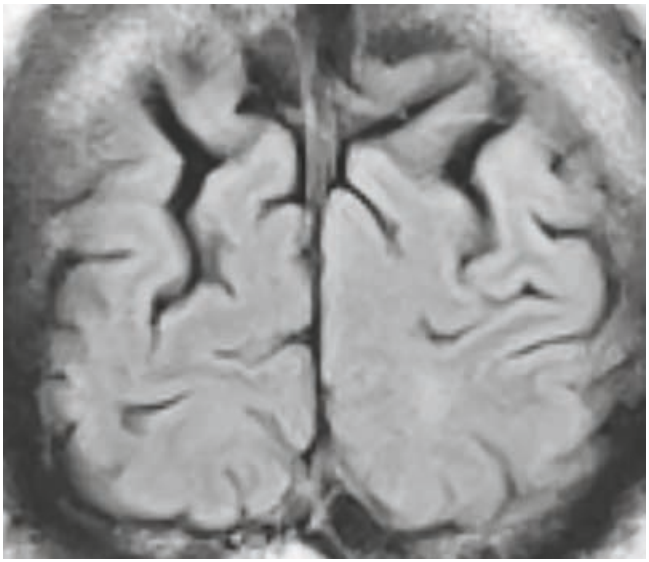

Abb. 20: MRT-Aufnahme des visuellen Zentrums. Die Oberfläche des Kortex ist stark gefaltet. Hierbei bleiben aber die Nachbarschaftsbeziehungen innerhalb der Oberfläche erhalten wie bei einer Zeichnung auf Papier, wenn man es zusammenknüllt. Anders gesagt: Die retinotope Ordnung bleibt unverändert.

Abb. 21: Schädel eines Menschen aus dem 19. Jahrhundert mit schwerer Schädigung am linken Hinterkopf, vermutlich von einer Kriegsverletzung. Der Betreffende hat danach noch lange gelebt, denn die Knochenränder sind teilweise verheilt. Die Verletzung muss erhebliche Ausfälle in der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes zur Folge gehabt haben.

V1 projiziert in mehrere andere Hirnareale. V2 ist eine weitere Zwischenstation, die den Input nach seiner Funktion für Form, Farbe und Tiefe gliedert. V4 und IT sind für Farbe, Kontur und Form zuständig. Sie gehören zu dem System „Was sehe ich?". V3, MT, MST und FAF sind für Bewegung, Raum und Tiefe zuständig und gehören zu dem System „Wo sehe ich etwas?" Beide Systeme laufen getrennt und treffen im präfrontalen Kortex zusammen. Dort im Vorderhirn dienen sie mit ihrem Input der Planung, Ausführung und Kontrolle unseres Handelns. Alle Teilsysteme visueller Verarbeitung sind in beiden Hemisphären des Gehirns vertreten, getrennt für die linke und die rechte Gesichtsfeldhälfte. Über das *Corpus callosum*, den „Balken", ein System aus 250 Millionen Nervenfasern, findet ein Austausch zwischen den Hemisphären statt. Das ermöglicht die Bildung einer zusammenhängenden Sehwelt.

Mehr als ein Drittel der Großhirnrinde des Menschen beschäftigt sich mit der visuellen Wahrnehmung. Alle genannten visuellen Hirnareale sind Abteilungen und Zulieferer, die für das Endprodukt „Sehwelt" die unterschiedlichsten Bestandteile und Aspekte beitragen. Die Frage, wie und warum die Hirntätigkeit das bewusste Erlebnis dieser Welt hervorbringt, soll uns noch an anderer Stelle beschäftigen.

Jetzt soll noch einmal die Frage aufgegriffen werden, warum wir die Welt dreidimensional sehen. Die Netzhaut ist ja eine zweidimensionale Projektionsfläche. Manche Forscher meinten, dass wir deshalb eigentlich alles flächig sehen, und dass die dritte Dimension nur hinzugedacht sei. Aber das ist ein Reizirrtum. Das auf die Netzhaut projizierte Muster wird als solches gar nicht bewusst, sondern ist die erste Stufe eines langen Verarbeitungsprozesses.

Man kann die Wirklichkeit als flaches Bild sehen, aber das verlangt viel Übung. Es ist eine künstliche Form der Wahrnehmung und ein Hilfsmittel, über das Maler verfügen, die die Welt „perspektivisch" darstellen wollen. Normalerweise werden perspektivische Merkmale wie Fluchtlinien und Verkürzung, die im Muster auf der Netzhaut enthalten sind, von der Wahrnehmung automatisch in Tiefe umgesetzt. Immer wieder wurde behauptet, dass die Dreidimensionalität des Erlebnisraumes erlernt sei. Wenn das stimmt, müssten wir primär alles flächig sehen. Aber es gibt nichts, was dafürspricht. Im Gegenteil.

Wenn dem Auge z. B. dieser Punkt ● geboten wird, dann sieht man eine Figur *vor* weißem Hintergrund. Stets schafft die Wahrnehmung eine dreidimensionale Situation. Wenn man dem Auge eine tatsächlich perfekte Fläche bietet, indem das ganze Gesichtsfeld von einer völlig homogen gefärbten Fläche ausgefüllt wird, dann sehen wir keine Fläche, sondern einen Raum von unbestimmter Tiefe, der von einem Nebel ausgefüllt scheint. Dieses Phänomen wird unter dem Begriff „homogenes Ganzfeld" geführt. Es scheint paradox, aber damit eine Fläche als Fläche erscheint, muss sie begrenzt sein oder Textur zeigen, also Störungen in der Homogenität aufweisen.

Seit Ende des 19. Jahrhunderts gibt es in der Malerei starke Tendenzen, von dem ehemaligen Diktat perspektivischer Darstellung freizukommen. Aber gerade Bilder, die mit der Intention geschaffen wurden, in der Fläche zu verbleiben, sind der beste Beweis dafür, dass die dritte

Dimension untrennbar zu unserer Wahrnehmung gehört. Denn wir können solche Bilder nicht anders sehen als Objekte *vor* uns. Sie liegen anschaulich immer in einer gewissen Entfernung von uns. Zur Höhe und Breite eines Bildes kommt stets die Distanz, in der es sich vor uns befindet. Niemals haben wir das Gefühl, uns innerhalb einer Fläche zu befinden. Alle Gegenstände oder Objekte sind entsprechend der ursprünglichen Bedeutung des Wortes uns „entgegengestellt". Der Philosoph Karl Jaspers schrieb: Allen Anschauungen „ist eines gemeinsam: sie erfassen das Sein als etwas, das mir als Gegenstand gegenübersteht … Wir nennen diesen Grundbefund des denkenden Daseins die Subjekt-Objekt-Spaltung."[9]

Diese Trennung einschließlich der dritten Dimension, die das Gegenüberstehen im räumlichen und im übertragenen Sinne bedingt, gehört zum Grundbestand unserer Welt. Goethe nannte es ein Urphänomen. Immanuel Kant hat in seiner „Kritik der reinen Vernunft" den dreidimensionalen Raum als Anschauungsform bezeichnet. Er ist nicht Produkt der Erfahrung, sondern gehört zu den in uns liegenden Vorbedingungen aller Erfahrung.

Bei großen Entfernungen sind mehrere Faktoren dafür verantwortlich, dass wir Tiefenverhältnisse wahrnehmen. Dazu gehören Linearperspektive und Schattierung, Mittel, mit denen man z. B. Plastizität und Tiefe in Zeichnungen realisieren kann (s. auch Kap. 19). Bei kürzeren Entfernungen wird das beidäugige Tiefensehen über Querdisparation wirksam. Dabei ist die Raumwirkung besonders eindringlich und die Tiefenunterscheidung besonders präzise. Die aufwändige Analyse der Querdisparation geschieht in Hirnzentren, deren Arbeitsweise nicht bewusst wird. Auch über die Verarbeitung von Linearperspektive oder Schattierung machen wir uns in der alltäglichen Wahrnehmung keine Gedanken, sie vollzieht sich ohne bewusstes Zutun. Bewusst wird das Ergebnis: die Lokalisation der Dinge in einer dreidimensionalen Welt.

Kurz gesagt: Wir sehen mit zwei Augen, haben aber das Gefühl, aus einem einzigen zu blicken. Die Wahrnehmung vereinigt die Informationen aus beiden Augen zu einem Ganzen. Aus Unterschieden zwischen beiden Quellen macht sie im Nahbereich Tiefenunterschiede zwischen den Dingen der Wahrnehmungswelt. Bei großen Distanzen erfolgt die Tiefenwahrnehmung z. B. durch Linearperspektive und Schattierung.

Literatur

Guski 1996.

Kandel, Schwartz & Jessell 1996.

Kobbert 1976.

Schönhammer 2009.

Speckmann, Hescheler & Köhling 2019.

Ausgebremst

Es passiert ausgerechnet während der Führerscheinprüfung. Aufs höchste gespannt umkrampfe ich den Lenker und stiere geradeaus. Soeben soll ich mit 50 km/h eine Wohnstraße entlangfahren, zu dieser Zeit gibt es noch keine 30er Zonen. Es gibt auch noch keine Anschnallgurte, sonst wäre der Fahrlehrer nicht fast durch die Windschutzscheibe geflogen. Denn plötzlich bremst der Wagen, dass es kreischt. Ich werde nach vorn geschleudert. Als ich mich wieder aufrichte, sehe ich ein Schulkind, das mit dem Schulranzen auf dem Rücken verdattert vor der Kühlerhaube steht. Offensichtlich ist es von rechts vor den Wagen gelaufen.

Mir ist siedend heiß. Das war's wohl mit dem Führerschein. Ich habe das Kind nicht rechtzeitig gesehen und der Fahrlehrer musste auf die Zusatzbremse auf seiner Seite treten, um das Schlimmste zu verhüten. Davon bin ich in diesem Moment überzeugt. Da ertönt von hinten die Stimme des Fahrprüfers. „Gut reagiert!" sagt er trocken. Ich schaue den Fahrlehrer neben mir an. Der schüttelt den Kopf und zieht die Schultern hoch. „Ich habe nichts gemacht!" Sein Fuß steht nicht auf dem Bremspedal. Meiner schon. Aber ich weiß beim besten Willen nicht, wie es dazu gekommen ist.

7 Sehen ohne Bewusstsein?

Anders gefragt: Kann man auf Sichtbares reagieren, ohne es zu bemerken? Anfang der 1970er Jahre berichteten Neurowissenschaftler wie Larry Weiskrantz, Ernst Pöppel und andere über Beobachtungen, die bei Kollegen zunächst auf Unglauben und Spott stießen.[10] Es handelte sich um Patienten mit Hemianopsie, bei denen eine Hälfte des visuellen Kortex etwa durch einen Schlaganfall so stark geschädigt war, dass sie auf einer Hälfte des Gesichtsfeldes blind waren. Die Überraschungen begannen damit, dass ein Patient Hindernissen auswich, die er eigentlich nicht sehen konnte. Wurden Lichter in die blinde Gesichtsfeldhälfte projiziert, konnte der Patient nicht beschreiben, ob, was oder wo etwas aufgeleuchtet haben sollte. Wurde er aber aufgefordert, es zu zeigen, wies er in die richtige Richtung, ohne recht zu wissen, warum. Weiskrantz prägte für dieses Phänomen das Oxymoron „Blindsehen". Manche blindsichtigen Patienten konnten sogar Farben und einfache Figuren wie Kreis und Kreuz unterscheiden. In allen Fällen betonten die Patienten unerschütterlich, nichts gesehen und nur geraten zu haben. Besonders erfolgreich waren sie darin, unmittelbar nach Auftauchen eines Objekts im blinden Gesichtsfeld zielsicher und reaktionsschnell danach zu greifen. Vergingen mehr als zwei Sekunden nach der Präsentation, waren sie dazu nicht mehr in der Lage. Sie konnten die blindsichtig gewonnen Informationen nicht behalten und für Handlungspläne nutzen. Auch war es

ihnen nicht möglich, auf komplexe Bilder zu reagieren. Wie lassen sich diese merkwürdigen Befunde erklären?

Lange wurde diskutiert, ob die betroffenen Bereiche des Sehzentrums nicht vollständig zerstört waren, sondern in Resten noch funktionierten. Genaue Messungen ergaben allerdings, dass V1 hier keinerlei Aktivitäten mehr zeigte. Die Aufmerksamkeit der Forscher wandte sich subkortikalen Hirnbereichen zu. Wie schon erwähnt, zweigen hinter der Sehnervenkreuzung und vor dem seitlichen Kniehöcker von den etwa eine Million Nerven der Sehbahn einige tausend Fasern ab. Sie münden in den Thalamus, der den größten Teil des Zwischenhirns ausmacht.

Der Thalamus ist ein entwicklungsgeschichtlich sehr altes Hirngebiet mit Eingängen aus allen Sinnesorganen, mit Verbindungen zum Kortex, insbesondere auch zu motorischen Zentren. Seine Rolle für die Verarbeitung visuellen Inputs wurde bei den Säugetieren zunehmend vom visuellen Kortex übernommen. Ein Rest der alten Funktion aber blieb offenbar erhalten. Befunde legen nahe, dass der Thalamus – ähnlich wie die visuellen Zentren des Kortex – über eine Karte des Gesichtsfeldes verfügt. Dies und seine Verbindungen zu motorischen Zentren lassen die Leistungen blindsichtiger Personen erklären. Allerdings haben sie keine Entsprechung im Bewusstsein, das offenbar auf kortikale Prozesse angewiesen ist.

Auch bei gesunden Menschen wird gelegentlich die thalamische Abkürzung vom Reiz zur Reaktion genommen. Z. B. erfolgt auf rasche Bewegungen im seitlichen Gesichtsfeld auf diesem Wege eine Steuerung der Augenmuskulatur, die den Blick unmittelbar und zielgenau auf das fragliche Objekt richtet, bevor die aufwändige Arbeit der visuellen Zentren zur bewussten Identifizierung dieses Objekts geschieht. Was einst dafür sorgte, rechtzeitig auf den Sprung des Säbelzahntigers zu reagieren, dient heute dazu, sofort auf die Bremse zu treten, wenn ein Kind vor das Auto läuft!

Oliver Sacks hat die Öffentlichkeit auf eine bemerkenswerte Störung aufmerksam gemacht. Mrs. S. hat nach einem Schlaganfall ihre Intelligenz und den Sinn für Humor behalten. Aber sie verhält sich eigenartig. Sie beschwert sich, dass die Schwester ihr weder Kaffee und Nachtisch gebracht hat, obwohl beides links auf dem Tablett steht. Sie schminkt sich, aber nur die rechte Hälfte des Gesichts, und versteht den Hinweis nicht, sich auch links zu schminken. Sie isst vom Teller immer nur die rechte Hälfte und beklagt, zu wenig bekommen zu haben. Allmählich begreift sie, dass ihre Welt nicht vollständig ist. Sie denkt sich den Trick aus, mithilfe eines Rollstuhls, der sich um die Achse drehen lässt, zu essen. Sobald sie meint, der Teller sei leer, dreht sie sich rechts herum, bis der Essensrest rechts im Gesichtsfeld auftaucht, und isst weiter.[11]

Die Störung heißt Hemi-Neglect und tritt auf, wenn im Gehirn der rechte untere Scheitellappen (Parietallappen) geschädigt ist. Seine Funktion ist offenbar unverzichtbar dafür, die

Aufmerksamkeit, die eng mit dem Bewusstsein verbunden ist, auf wechselnde Ziele zu richten. Obwohl die Sehzentren normal funktionieren, sind die Betroffenen außer Stande, ihre Aufmerksamkeit auf die linke Seite der Dinge zu richten. „Links" ist für sie kein Begriff mehr, mit dem sie etwas anfangen können. Ihrer Welt fehlt jeweils die Hälfte, doch sie halten sie für vollständig.

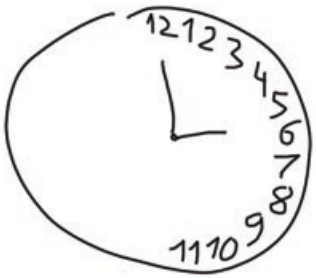

Abb. 22: Nach der Aufforderung, eine Uhr zu zeichnen, trägt ein Patient mit Hemi-Neglect die Ziffern nur in eine Hälfte des vorgegebenen Kreises ein. Er ist überzeugt, die ganze Uhr korrekt gezeichnet zu haben.

Das betrifft auch die Fähigkeit, sich Dinge vorzustellen. 1978 wurden an der Universität Mailand Patienten mit Hemi-Neglect gebeten, sich vorzustellen, mitten auf dem berühmten Domplatz der Stadt zu stehen, und sollten ihn nun vollständig beschreiben. Sie nannten die angrenzenden Gebäude und Straßen, bis sie überzeugt waren, alles erfasst zu haben. Tatsächlich hatten sie nur die rechte Seite des Platzes beachtet. Nun wurden sie gebeten, sich in der Vorstellung um 180 Grad zu drehen und noch einmal den kompletten Platz zu beschreiben. Nun schilderten sie die andere Hälfte des Platzes. In beiden Fällen waren sie sich sicher, den ganzen Platz beschrieben zu haben!

Wie manche Folgen eines Schlaganfalls kann auch diese Störung durch monatelanges Training eventuell wieder verschwinden. Der Maler Anton Räderscheid erlitt mit 75 Jahren einen Schlaganfall und malte zwei Monate später ein Selbstportrait. Es zeigte nur die rechte Hälfte seines Gesichts. Er selbst war aber überzeugt, das ganze Gesicht gemalt zu haben, und ließ sich nicht davon abbringen. Im Lauf mehrerer Monate tauchten in der linken Hälfte seiner Selbstporträts allmählich einzelne schwarze Striche auf, dann auch Farben, bis die Selbstportraits zwar noch etwas asymmetrisch, aber wieder vollständig wurden.[12]

Kurz gesagt: Manche Signale, die die Augen empfangen, führen zu schnellen und zielgenauen Reaktionen, die nicht mit bewusstem Sehen verbunden sind. Sind Teile des Sehzentrums zerstört, sind dennoch Reaktionen auf optische Signale möglich, obwohl bewusst nichts gesehen

wird. Bestimmte Hirnschädigungen haben zur Folge, dass die linke Seite der Dinge nicht mehr zu existieren scheint.

Literatur

Kerkhoff 2004.

Pöppel, Held & Frost 1973.

Speckmann, Hescheler & Köhling 2019.

Ein Zauberer liest Gedanken

Zusammen mit Alexander und seiner Frau Marianne besuche ich im sauerländischen Attendorn den alten Bühnenzauberer Theodor von Schledorn, alias Bellachini. Er lebt zurückgezogen inmitten der Utensilien seiner ehemaligen Shows. Wir sind aus wahrnehmungspsychologischer Perspektive an Zauberei interessiert, denn sie ist für uns angewandte Phänomenologie. Wir erzählen ihm etwas von unserem theoretischen Hintergrund, und er erzählt uns etwas von seinen Tricks. Von Karten, die verschwinden, von Bällen, die sich vermehren und von plötzlich aufflatternden Tauben. „Dort hinter dem Vorhang", sagt er, während wir zu einem Türdurchgang gehen und er den Vorhang lupft, „ist die schwebende Jungfrau". Kaum, dass wir die Andeutung eines Apparates erspähen, lässt er den Vorhang wieder fallen. „Das will ich Ihnen lieber nicht verraten", sagt er verschmitzt. „Magier-Kodex, Sie verstehen."

Wir bitten ihn, uns eins seiner Kunststücke vorzuführen. Privatissime sozusagen. „In Ordnung", sagt er und fügt nach kurzem Nachdenken hinzu: „Ich werde Ihre Gedanken lesen." Er schließt die Augen und bittet Marianne, an irgendetwas in diesem Zimmer zu denken. Sie schaut in dem mit Möbeln und geheimnisvollen Geräten gefüllten Raum umher. „Ok", sagt sie schließlich und schaut Bellachini erwartungsvoll an. Er öffnet die Augen, greift ihr Handgelenk und geht langsam und gemessen mit ihr im Raum umher. Er mustert sorgfältig einen Gegenstand nach dem anderen. Dann geht sein Blick empor zu einer kleinen Wandvase. Er nimmt das kleine Erikasträußchen heraus und überreicht es ihr. „Das schenke ich Ihnen", sagt er lächelnd. Ihr steht der Mund offen. Es ist genau dieses Sträußchen, an das sie gedacht hat.

8 Was spüren wir mit der Haut?

Anders gefragt: Was bemerken wir an unserer Kontaktzone zur Außenwelt? Alkmaion von Kroton, der als der erste Hirnforscher der Antike gilt und z. B. die Sehbahn entdeckte, unterschied 4 Sinne: Sehen, Hören, Riechen und Schmecken. Erst Aristoteles nannte als 5. Sinn den Tastsinn. Diese Anzahl galt über 2000 Jahre lang und zeigt sich noch heute als abgesunkenes Kulturgut, wenn vom „6. Sinn" gesprochen wird und damit außersinnliche Wahrnehmung gemeint ist. Erst im 19. Jahrhundert wurde der Gleichgewichtssinn als 6. Sinn beschrieben. Inzwischen werden seitens der Sinnesphysiologie etwa 13 verschiedene Sinne unterschieden. Allein für die Wahrnehmung des eigenen Körpers gibt es mehrere Sinne, auf die wir noch zu sprechen kommen werden. Das Tasten kann nicht, wie weithin gebräuchlich, als ein einzelner Sinn betrachtet werden, denn hierbei wirkt die taktile Sensibilität der Haut untrennbar

zusammen mit den Bewegungssinnen. Auf dieses Gebiet der Haptik gehen wir noch gesondert ein.

Widmen wir uns zunächst dem mit zwei Quadratmetern Fläche größten Organ, das wir haben, der Haut. Sie bildet unsere Grenze zur Umwelt, ist Schutzschicht und Kontaktzone zugleich. Sie umhüllt, was zu unserem Körper-Ich gehört. Damit wir jederzeit über die unmittelbare Beziehung zur Außenwelt unterrichtet sind, sind in der Haut mehrere hundert Millionen Rezeptoren verteilt. Ihre Aktivität wirkt oft nur im Hintergrund des Bewusstseins, doch können wir sie leicht in den Vordergrund rücken. Lenken wir einmal die Aufmerksamkeit auf die ruhende Hand. Bald merken wir ein permanentes Kribbeln bis in die Fingerspitzen, vielleicht sogar das Pochen des Pulses. Entsprechendes geschieht, wenn wir uns auf einen Fuß oder einen anderen Körperbereich konzentrieren. Die höchste Dichte und Empfindlichkeit haben die Rezeptoren auf der Zungenspitze, auf den Lippen und den Fingerbeeren. Dort haben wir eine Sensibilität, die es erlaubt, nur 1–3 mm auseinanderliegende Berührungspunkte zu unterscheiden. Auf dem Rücken dagegen nehmen wir noch zwei Berührungspunkte als einen einzigen wahr, wenn sie mehrere Zentimeter auseinanderliegen.

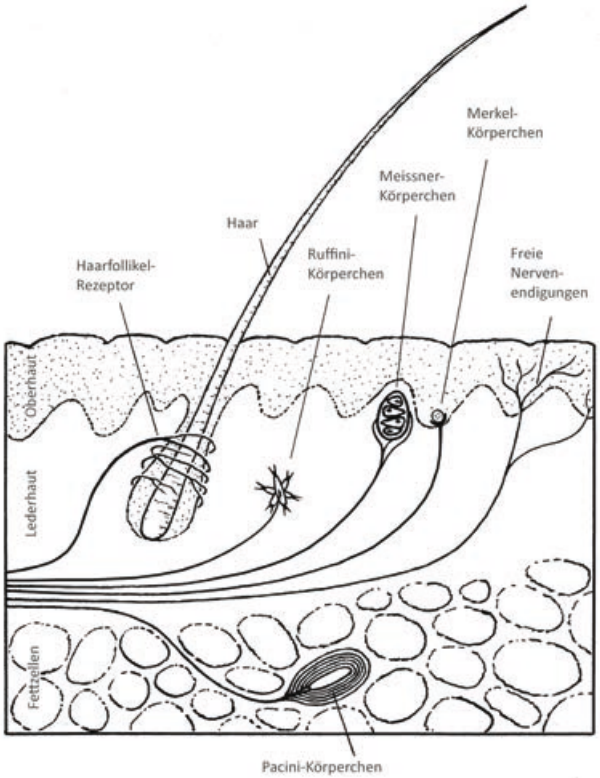

Abb. 23: Rezeptoren in der Haut.

Wie viele Sinne hat die Haut? Das ist nicht so einfach zu beantworten, denn es kommt darauf an, ob die Anzahl unterschiedlicher Rezeptoren oder die Anzahl unterschiedlicher Empfindungen gezählt wird. In Abb. 23 sind zunächst einmal vier verschiedene Organe dargestellt, die auf mechanische Reize wie Druck und Vibration reagieren: die Pacini-Körperchen im Fettgewebe, die Ruffini-Körperchen und die Meißner-Körperchen in der Lederhaut sowie die Merkel-Körperchen in den Papillen der Oberhaut. Die Meißner-Körperchen erfassen nur Änderungen der Druckintensität, Merkel- und Ruffini-Körperchen melden darüber hinaus auch gleichbleibenden Druck, die Pacini-Körperchen signalisieren Beginn und Ende einer Druckänderung. Alle zusammen bilden in ihrer Rolle für das taktile Erleben eine untrennbare Einheit. Zwischen Berührung und Druck ist der Übergang fließend.

In die Oberhaut münden zudem freie Nervenendigungen. Manche sind beteiligt bei der Wahrnehmung von angenehmen Berührungen, andere bilden die Rezeptoren für Temperatur oder Schmerz. Jeder hat schon die Erfahrung gemacht, dass das Setzen einer Spritze weh tun kann oder nur als Berührung wahrgenommen wird. Das liegt daran, dass die Rezeptoren einzeln in der Haut verteilt sind und dass die Art der Empfindung davon abhängt, in welches Hirngebiet welcher Rezeptortyp seine Afferenzen schickt. 2021 erhielten David Julius und Andan Patapoutian den Nobelpreis für ihre Entdeckung, wie Druck, Temperatur und Schmerz erspürt werden. Mechanische, thermische und chemische Einflüsse sorgen dafür, dass an den Neuronen je verschiedene Rezeptormoleküle als Ionenkanäle fungieren und so Aktionspotentiale ausgelöst werden.[13]

Ertasten von Farben

2005 gibt es in den Medien eine Sensation. In der Fernsehsendung „Wetten dass" ist die blinde Gabriele Simon aus Osnabrück Wettkönigin geworden. Sie hat verschieden gefärbte und gemusterte Stoffe vorgelegt bekommen, sie befühlt und treffsicher in ihrer Farbigkeit benannt. Sie sagt, sie spüre das an der Härte der Stoffe. Das Publikum ist begeistert. Sie hat einen Auftritt bei Günther Jauch. Das Publikum jubelt. Die Bildzeitung und andere Medien sprechen von Betrug. Textilhersteller weisen darauf hin, dass die Härte von Textilien vom Material, nicht aber von der Farbe abhängt. Der Deutsche Blindenverband bezweifelt, dass alles mit rechten Dingen zugegangen ist. Ausländische Blindenverbände zeigen sich erstaunt und erwarten wissenschaftliche Untersuchungen. Moderator Thomas Gottschalk besucht Frau Simon zuhause und lässt sich ihre Fähigkeit noch einmal vorführen, mit gleichem Ergebnis wie bei der Show.

Ich rufe bei Gabriele Simon an und bekomme ihre Mutter ans Telefon, die sie managt. Ich stelle mich als Hochschullehrer vor, der sich in der Forschung sowohl mit der visuellen

wie mit der haptischen Wahrnehmung eingehend beschäftigt und von der Darbietung ihrer Tochter fasziniert ist. Ich berichte, dass ich selbst vor Jahren Experimente zu der Frage gemacht habe, ob Farben ertastet werden können. Sie verliefen alle negativ bis auf Befunde bei offenbar besonders sensiblen Personen, die immerhin den Unterschied zwischen schwarzen und weißen Flächen wahrnehmen konnten. „Klar, wegen der Wärmeunterschiede", antwortet Frau Simon, und hat damit Recht. Ich sage, dass ich bedaure, dass es inzwischen so viele Anfeindungen und Betrugsvorwürfe in den Medien gäbe, und dass ich sehr daran interessiert sei, als Wahrnehmungsforscher die Fähigkeit ihrer Tochter zu untersuchen. Dadurch ließen sich Vorwürfe von Betrug und Tricks endgültig entkräften. Auch hätte ich Einblick in manche Tricks von Illusionisten und könnte insofern als Fachmann herhalten.

Nein, daran hätten sie kein Interesse, die Tochter hätte in letzter Zeit schon genug durchgemacht. Das könne ich gut nachvollziehen, sage ich, aber es würde die Leistung ihrer Tochter erheblich aufwerten und sie in der Öffentlichkeit rehabilitieren, wenn wissenschaftlich bestätigt würde, was sie bisher nur in Shows gezeigt habe. Wenn bewiesen würde, dass sie tatsächlich über eine besondere Fähigkeit verfügt, für die es bislang keine Erklärung gibt. Dass kein Trick benutzt würde, etwa mit einem kleinen Farberkennungsgerät. Wie sie vielleicht wisse, gebe es seit einiger Zeit solch ein Blindenhilfsmittel, das Farben optisch analysiert und akustisch in Farbwörter übersetzt. Es soll Blinden z. B. beim Kauf von Kleidung helfen. „Davon haben wir gehört, aber so etwas haben wir nicht", sagt Frau Simon und legt auf. Schade.

Der Temperatursinn hat eine doppelte Aufgabe. Erstens kontrolliert er die Umgebungstemperatur daraufhin, inwieweit sie von der Körpertemperatur abweicht, die bei uns Warmblütern konstant bei etwa 36° C gehalten werden muss. Zudem dient er dazu, die Temperatur von Objekten unserer Umgebung zu prüfen. Ob wir frieren, ob uns angenehm warm oder ob es uns zu heiß ist, ob sich ein Gegenstand kalt, warm oder heiß anfühlt, geht auf zwei oder drei Typen freier Nervenendigungen zurück. Sie signalisieren, wie weit die registrierte Temperatur die des Körpers über- bzw. unterschreitet. Bei Temperaturen über 45° C sprechen auch die Kälterezeptoren an, weshalb es bei Hitze zu einer paradoxen Kälteempfindung kommen kann. Die höchste Dichte von Thermorezeptoren haben wir übrigens in der Mundschleimhaut. Dass man sich direkt oder im übertragenen Sinne „den Mund verbrennen" kann, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Bei starker Hitze erstatten auch die Nozizeptoren Meldung, die Schmerzrezeptoren. Sie reagieren auf die Schädigung von Körperzellen, etwa wenn wir die Haut schneiden, aufschürfen, quetschen oder verbrennen, oder wenn die Haut entzündet ist. Dem Thema Schmerz werden wir uns noch gesondert widmen.

Jucken wird gelegentlich als der kleine Bruder des Schmerzes bezeichnet. Wer unter Neurodermitis leidet, wird dies als Untertreibung bezeichnen. Auslöser ist im Allgemeinen Histamin,