

In dieser Reihe erschienen:

Helmut Fink/Rainer Rosenzweig (Hrsg.): Freier Wille –  
frommer Wunsch? Gehirn und Willensfreiheit (2006)

Stephan Matthiesen/Rainer Rosenzweig (Hrsg.): Von  
Sinnen. Traum und Trance, Rausch und Rage aus Sicht  
der Hirnforschung (2007)

Helmut Fink/Rainer Rosenzweig (Hrsg.): Neuronen im  
Gespräch. Sprache und Gehirn (2008)

Rainer Rosenzweig (Hrsg.)

# Nicht wahr?!

Sinneskanäle, Hirnwindungen und  
Grenzen der Wahrnehmung

mentis  
PADERBORN

## Inhalt

Vorwort .....	7
<i>Rainer Rosenzweig</i>	
Einleitung	
Sinne, Wahrnehmung und die Welt in unseren Köpfen .....	9
<i>Heinrich H. Bülthoff</i>	
Was wir zu sehen denken	
Wahrnehmung und Handlung in virtuellen und	
realen Welten .....	25
<i>Karl R. Gegenfurtner, Alexander C. Schütz und Doris I. Braun</i>	
Wie die Bilder in den Kopf kommen	
Visuelle Informationsverarbeitung im Gehirn .....	47
<i>Bernd Lingelbach und Walter H. Ebreinlein jr.</i>	
Das Hermann-Gitter	
Geschichte seit Selwyn (1844) und bemerkenswert	
andauernde Aktualität für die Sehphysiologie .....	71
<i>Michael Bach</i>	
Lehrbuchklärung widerlegt	
Aktuelles zum Hermann-Gitter-Phänomen .....	93
<i>Birger Kollmeier</i>	
Cocktail-Parties und Hörgeräte	
Das Gehör aus Sicht von Medizin, Physik und Technik .....	107
<i>Hubert R. Dinse</i>	
Gehirne begreifen und erfassen	
Tasten – der unterschätzte Sinn .....	133
<i>Hanns Hatt</i>	
Die Macht der Düfte	
Vom Molekül zur Wahrnehmung .....	165

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem und alterungsbeständigem Papier (♻️) ISO 9706

© 2009 mentis Verlag GmbH  
Schulze-Delitzsch-Straße 19, D-33100 Paderborn  
[www.mentis.de](http://www.mentis.de)

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk sowie einzelne Teile desselben sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zulässigen Fällen ist ohne vorherige Zustimmung des Verlages nicht zulässig.

Printed in Germany  
Einbandgestaltung: Alexander Paul, Hannover  
Satz: Rhema – Tim Doherty, Münster [ChH] ([www.rhema-verlag.de](http://www.rhema-verlag.de))  
Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten  
ISBN 978-3-89785-672-1

<i>Hinderk M. Emrich, Markus Zedler und Wolfgang Dillo</i>	
Synästhesie	
Das Zusammenspiel der Sinne .....	183
<i>Mirja Hubert und Peter Kenning</i>	
Neuroökonomik	
Die Emotionen des <i>Homo Oeconomicus</i> .....	197
<i>Michael Pauen</i>	
Neurowissenschaften und Selbstverständnis	
Warum keine Revision unseres Menschenbildes durch	
den wissenschaftlichen Fortschritt droht .....	209
<i>Wolf Singer</i>	
Zum Problem der Willensfreiheit	
Selbsterfahrung und neurobiologische Fremdbeschreibung:	
Zwei sich widersprechende Erkenntnisquellen .....	233
Glossar .....	261
Die Autorinnen und Autoren .....	279

## Vorwort

»Was wir *wahrnehmen* ist nicht immer *wahr*.« Dieses Wortspiel liefert einen fundamentalen Gründungsgedanken des Nürnberger Hands-on-Museums **turmdersinne** ([www.turmdersinne.de](http://www.turmdersinne.de)). Das Thema des vorliegenden Buches bildete das inhaltliche Motto des 10. populärwissenschaftlichen Symposiums der gemeinnützigen **turmdersinne** GmbH, welches vom 5.-7. Oktober 2007 in Nürnberg stattfand.

Die in diesem Band versammelten Beiträge basieren auf Vorträgen dieses Symposiums. Sie geben Einblicke in den komplexen Vorgang der Wahrnehmung, liefern Beispiele für die Verarbeitungsleistungen unseres Gehirns bei diesem Prozess und vertiefen das Verständnis für daraus resultierende Konsequenzen für unser modernes Menschenbild.

Damit wird eine Buchreihe fortgesetzt, die mit den Bänden »Freier Wille – frommer Wunsch?« (2006), »Von Sinnen« (2007) und »Neuronen im Gespräch« (2008) begann. Den Bänden gemeinsam ist der Anspruch, wissenschaftliche Sachverhalte und aktuelle Forschungsergebnisse möglichst unverfälscht, aber dennoch für ein breites Leserpublikum mit Gewinn lesbar zu machen. Wie immer dürfen sich Naturwissenschaftler und Philosophen, aber auch Nicht-Wissenschaftler gleichermaßen angesprochen fühlen.

Ich danke dem Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen und vor allem meinem Kollegen Helmut Fink für die fruchtbare Kooperation bei der Planung sowie dem engagierten Team des **turmdersinne** für die Durchführung des Symposiums. Barbara Rosenzweig trug in bewährter Weise das immer umfangreicher werdende Glossar zusammen. Sie war als Neuropsychologin inhaltliche sowie als Ehefrau moralische Stütze beim Zustandekommen des Buches. Mit großer Geduld und Professionalität sorgten in gewohnter Weise Michael Kienecker vom mentis Verlag und Tim Doherty für einen reibungslosen Verlauf bei der Zusammenstellung der Beiträge in Buchform. Mein herzlichster Dank gilt ihnen sowie all den ungenannten Helfern und Korrekturlesern dieses Buches.

Nürnberg, im Februar 2009

Rainer Rosenzweig

*Rainer Rosenzweig*

## Einleitung

*Sinne, Wahrnehmung und die Welt in unseren Köpfen*

Das Nichts. Es riecht nicht. Weder Rosenblüten noch Fäulnisgestank. Kein süß-saurer Gaumenschmaus, kein bitterer Nachgeschmack. Man spürt es nicht, weder kuschelweich noch steinhart, nicht glatt, nicht rau, nicht spitz, nicht stumpf, nicht kalt, nicht warm. Kein behagliches Gefühl, kein Schmerz. Kein Schwindel. Kein Körpergefühl, keine Ahnung, wo die eigenen Gliedmaßen sind, ob überhaupt ...? Wo ist oben, wo unten, und was bedeutet das eigentlich? Absolute Stille. Kein Laut. Weder Rascheln noch Rauschen, kein Zischen, kein Dröhnen. Und zu guter Letzt: Dunkelheit. Kein Lichtstrahl, kein einziges Photon, das nach innen dringt. Totale Finsternis. Nichts.

Dieses schauerhafte Gedankenexperiment führt vor, wie man es sich vorstellen müsste, wenn wir ohne Sinne zur Welt kämen, ohne die Chance, irgendetwas von der Welt »da draußen« zu erfahren. Ein Sinn-loses Dasein ohne Anhaltspunkt, ohne Anker, ohne Anlass zu denken, dass es außer uns irgendetwas anderes gäbe, ja ohne Anlass, überhaupt zu denken. Wahrscheinlich nicht nur ohne den Anlass, sondern auch ohne die Möglichkeit dazu. Ein Da-sein?

Im Sprachgebrauch wird *ruchbar*: Es mag uns nicht *schmecken*, dass wir erst *begreifen*, was mit *knalligen* Begriffen *augenscheinlich* wird: *Finstere* Worte *läuten* die mit den Händen zu *greifende* Erkenntnis ein, dass *geschmacklose* Wortspiele zum Himmel *stinken!* Drum genug der Redensarten, weiter wieder Wissenschaft!

### Was tun die Sinne?

Mit »Sinnen« sind einerseits oft umgangssprachlich die Sinnesorgane selbst gemeint – wie Auge, Ohr etc. –, physiologisch allerdings versteht man darunter oft generell die Wahrnehmung der Umwelt mit Hilfe der Sinnesorgane. Die Sinne sind also unser Fenster zur Welt. Ohne

sie hätten wir keinerlei Kontakt zur Außenwelt. Wir würden nichts erleben, nichts erfahren, nichts lernen – würden wir merken, wie die Zeit vergeht? Hätten wir eine Vorstellung vom Ich? »Verdammt zum Nichts« – das wären wir ohne unsere Sinne. Was das Eingangstor angeht, so lässt sich die kalauernde Frage »Wie kommt die Welt in den Kopf?« also leicht beantworten: Über unsere Sinneskanäle, unsere Sinne. Wie denn sonst?

### Wie viele Sinne hat der Mensch?

Bereits dem griechischen Philosophen Aristoteles (384–322 v.u.Z.<sup>1</sup>) verdanken wir eine erste vernünftige (»sinn-volle«) Beschreibung und Einteilung in die »fünf Sinne« Riechen, Schmecken, Tasten, Hören und Sehen.

Noch heute sprechen viele Menschen von den »fünf« Sinnen, wenngleich die Zählung längst als überholt gelten muss. Als erster weiterer Sinn wird häufig der Gleichgewichts- oder Vestibulärsinn genannt. Mit ihm stellen wir fest, in welcher Position oder Orientierung sich unser Körper im Raum gerade befindet, wenn wir uns bewegen. Ein Sinn, dessen Hauptorgan äußerlich vollständig unsichtbar ist. Es hat seinen Sitz im Innenohr des Menschen, in dem sich in einem Röhrensystem eine Flüssigkeit als träge Masse je nach Körperhaltung bewegt. (Zum statischen Gleichgewichtssinn tragen noch andere Faktoren bei.<sup>2</sup>)

Und damit beginnt nun schon die Begriffsverwirrung. Während einige den Gleichgewichtssinn kurzerhand als »sechsten Sinn« bezeichnen, gibt es andere, die mit einem Verweis auf den allgemeinen Sprachgebrauch diesen Begriff – additiv zur Aristoteles-Zählung – für das sogenannte »Bauchgefühl«, die »Intuition« reservieren möchten. (Dass diese umgangssprachlich etablierte Bezeichnung der Intuition als »Sinn« irreführend ist, wird im weiteren Verlauf noch zur Sprache kommen.)

Einige Vertreter der erstgenannten Zählung erklären dann kurzerhand die Intuition – arithmetisch korrekt – zum »siebten Sinn«. Ein Begriff, der allerdings bereits seit den späten sechziger Jahren des ver-

<sup>1</sup> v.u.Z. = vor unserer Zeitrechnung.

<sup>2</sup> Vgl. dazu beispielsweise von Campenhausen (1993), S. 85ff.

gangenen Jahrhunderts durch eine aufklärende gleichnamige Fernseh-sendung zur Verkehrserziehung geprägt wurde – wohl in Anlehnung an die vorausgesetzte Bedeutung des »sechsten Sinns« als Intuition.

Um das Zählchaos komplett zu machen, fährt die Wissenschaft mit weiteren Kandidaten auf, die sich Chancen ausrechnen, in den Begriffs-Olymp der »Sinne« aufzusteigen, allen voran die Eigenwahrnehmung oder Propriozeption.<sup>3</sup> Sie gibt uns an, in welcher Haltung sich Körper und Gliedmaßen relativ zueinander gerade befinden. Manche trennen davon die Innenwahrnehmung des Körpers oder Interozeption<sup>4</sup>, also beispielsweise das Hunger- oder Durstgefühl sowie das Spüren der inneren Organe und deren Funktionen. Darüber hinaus werden häufig Schmerz- und Temperaturwahrnehmung als eigene Sinne gezählt.<sup>5</sup> Wer mitgezählt hat, kommt inzwischen schon auf zehn Sinne (ohne die Intuition). Dass die Kategorisierungen zuweilen nicht ganz trennscharf sind und sich die Kategorien überschneiden, liegt auf der Hand. Zähl- und kategorisierungswütige Wissenschaftler kommen dann auch mit diversen Unterteilungen und Verästelungen bisweilen auf bis zu 21 oder gar 33 Sinnesmodalitäten.<sup>6</sup>

Selbst in den bekannten Sinnesorganen entdecken Forscher gelegentlich ganz neue Funktionen. So hat eine aktuelle Studie<sup>7</sup> herausgefunden, dass kürzlich entdeckte weitere Sensoren in der Netzhaut des Auges nicht für das Sehen zuständig sind, sondern stattdessen in besonderer Weise auf sehr helles Licht reagieren: Wenn sie einmal aktiviert sind, senden sie ein starkes und gleichzeitig sehr langsames Signal ans Gehirn. Damit erfüllten sie möglicherweise den Zweck, langsame Veränderungen der Lichtverhältnisse wahrzunehmen und so die innere Uhr und den Schlaf-Wach-Rhythmus zu regulieren.

Doch zurück zur Anzahl der Sinne und deren Kategorisierungsmöglichkeiten. Diese kann man drastisch reduzieren, indem man das Augenmerk auf die Art der Reizaufnahme legt. Dabei kommt man beim Menschen auf nur drei Kategorien: die chemischen Sinne (etwa Rie-

<sup>3</sup> Mehr dazu im Beitrag von H.H. Bühlhoff in diesem Buch.

<sup>4</sup> Vgl. u.a. von Campenhausen (1993).

<sup>5</sup> Vgl. u.a. Goldstein (2002) oder von Campenhausen (1993).

<sup>6</sup> Durie (2005).

<sup>7</sup> Do et al. (2009).

chen und Schmecken), den Lichtsinn (das Sehen) und die mechanischen Sinne (etwa Tasten und Hören). Manche Tiere wären in der Lage, weitere Kategorien hinzuzufügen. Fledermäuse nehmen Ultraschallwellen wahr, Grubenottern können durch ihren Infrarotsinn Temperaturunterschiede von drei Tausendstel Grad erkennen und Haie haben einen elektrischen Sinn, mit dem sie im Prinzip eine ins Wasser geworfene Taschenlampenbatterie noch aus 4.000 Kilometern Entfernung orten können.<sup>8</sup> (Dabei wäre zumindest das letzte Beispiel eine völlig neue Kategorie.)

Die einfachste Kategorisierung ergibt sich aus der Einteilung in Fernsinne (Hören und Sehen) und Nahsinne (alle übrigen Sinne). Bei den Nahsinnen ist das wahrnehmende Organ die unmittelbare Schnittstelle zum Reizgeber: Die Haut spürt den unmittelbaren Druck des Gegenstandes, der ihn auslöst, die Zunge schmeckt das Bonbon im Mund, die Nase nimmt die Duftmoleküle in der Luft auf. Die Fernsinne dagegen ermöglichen es uns, gedanklich aus dem eigenen Körper heraus zu treten und aus dem Sinneseindruck auf eine Welt fern von unserer körperlichen Begrenzung zu schließen.

All diese Zählungen und Kategorisierungen machen deutlich, warum sich bis heute die aristotelische Zählung im Sprachgebrauch durchgesetzt hat, obgleich sie alles andere als vollständig ist: Sie ist erstens schön einfach und lässt alle auftretenden Probleme bei der Zählung und Erfassung der übrigen Sinne beiseite. Zweitens umfasst sie die wesentlichen, alltagsrelevanten und äußerlich sichtbaren Sinnesorgane und ordnet jedem Reiz ein-eindeutig das äußerlich erkennbare Sinnesorgan zu: dem Licht das Auge, dem Schall das Ohr, der mechanischen Berührung die Haut, dem Geschmacksstoff die Zunge und dem Duft die Nase. Und drittens: Bis fünf zählen können die meisten problemlos.

### Der »sechste Sinn«

Jeder kennt das: Man »spürt« die Anwesenheit weiterer Personen im Raum scheinbar bevor man sie bewusst wahrnimmt. Man »fühlt« irgendwie, dass eine Angabe, eine angebotene Lösung, eine Behauptung

<sup>8</sup> Varju (2002).

(nicht) stimmen kann. Man »erfasst« einen Sachverhalt, ohne ihn vollumfänglich rational erklären zu können. Trotz der gewählten Begrifflichkeit möchte man natürlich solche Empfindungen nicht dem schöneden Tastsinn zurechnen.

Vom »sechsten Sinn« zu sprechen, wenn man derlei »Intuitionen« meint, ist – was das Zähladjektiv angeht – nach den obigen Ausführungen schwer haltbar. Sehr schnell wird im Folgenden klar, dass auch das beteiligte Substantiv »Sinn« nicht wirklich zutreffend ist. Dass dann von dem Begriff eigentlich nichts mehr übrig bleibt, heißt nicht, dass die Existenz dieser Intuition zu bestreiten ist, im Gegenteil! Es heißt nur, dass der Begriff »sechster Sinn« in aller Hinsicht trügerisch ist.

Intuitionen, umgangssprachlich oft als »Bauchgefühle« bezeichnet – nicht zu verwechseln mit der oben erwähnten Interozeption –, basieren nach allen bisherigen Erkenntnissen auf einer großen Vielzahl von Reizen, die über die herkömmlichen Sinnesorgane unbewusst aufgenommen werden. Die Vielfalt der einprasselnden Sinnesdaten ist atemberaubend. Allein das Auge hat über 100 Millionen Photorezeptoren, die permanent Signale ans Gehirn senden. Schon diese Zahl gibt uns eine kleine Vorstellung von der Menge der in jeder Sekunde eingehenden Sinnesinformationen. Es leuchtet ein, dass nur ein kleiner Bruchteil davon zu einer bewussten Wahrnehmung verarbeitet werden kann. Das Gehirn muss also restriktiv selektieren. Der Großteil der bei uns ankommenden Wahrnehmungsdaten bleibt unbewusst.<sup>9</sup>

Besonders bemerkenswert wird dieser Umstand bei einem verblüffenden Phänomen, der Blindsightigkeit<sup>10</sup>: Es gibt Patienten, bei denen Hirnbereiche, die visuelle Reize verarbeiten, beschädigt sind. Diese können in weiten Bereichen ihres Gesichtsfelds nichts sehen, viele davon sind vollständig erblindet. Erstaunlicherweise sind einige von ihnen aber dennoch in der Lage, auf Gegenstände zu zeigen, sie zu ergreifen, ihre Orientierung zu beschreiben und mit ihnen umzugehen. *Sehen* können sie diese Gegenstände aber nicht. Wenn sie gefragt werden, was in ihnen vorgeht, geben diese Personen an, dass ihre Leistung auf bloßem »Raten« beruht. Allerdings »raten« sie so gut, dass ein

<sup>9</sup> Ausführlicher etwa in Hell (2007).

<sup>10</sup> Weiskrantz (1987); Stoerig und Cowey (1997).

Zufall statistisch signifikant ausgeschlossen werden kann.<sup>11</sup> Erstmals beschrieben wurde dieses Phänomen bei Soldaten, die im 1. Weltkrieg verwundet wurden. Seit den 70er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde das Phänomen bestätigt und genauer untersucht. Ein Pendant im Bereich des Hörens wurde erst kürzlich beschrieben<sup>12</sup>: Menschen, die keine Melodien erkennen können – man nennt sie »melodientaub«, ein Phänomen, das bei etwa zwei Prozent der Bevölkerung auftritt –, können falsche Töne dennoch unbewusst wahrnehmen, wie sich mit dem EEG nachweisen ließ.

Das komplexe Zusammenspiel der unbewussten Wahrnehmungen, die sich gelegentlich in Intuitionen manifestieren, deren Leistung und deren Grenzen sind ein Quell an Inspiration für Künstler, inzwischen auch vermehrt für Wissenschaftler.<sup>13</sup> Die kritische Erforschung des komplexen Zusammenspiels der Sinne, der Verarbeitung der Sinnesreize und der Rolle der unbewussten Wahrnehmung fasziniert Forscher und Laien.<sup>14</sup> Glücklicherweise übertönt dies allmählich auch die Unkenrufe von allerlei Wichtigtuern und Esoterikern, die nur allzu schnell immer wieder vermeintlich über-sinnliche »Erklärungen« zur Hand haben, wenn sie komplexen Phänomenen begegnen, die nicht unmittelbar zu durchschauen sind.<sup>15</sup>

## Von den Sinnen zur Wahrnehmung

Die Sinne versorgen uns also mit Informationen über unsere Umwelt. Doch wie verlässlich sind diese Informationen? Bilden die Sinne die Welt naturgetreu ab? Was machen unsere Hirnwindungen mit den eingehenden Sinnesdaten?

Der Mensch ist mit verblüffenden Wahrnehmungsleistungen ausgestattet. Im Vordergrund stehen dabei schnelles Reagieren und die adäquate Bewältigung von Alltagssituationen. Beispielsweise hat eine

<sup>11</sup> Eine populärwissenschaftliche Betrachtung dazu beispielsweise in Fink et al. (1999).

<sup>12</sup> Braun et al. (2008).

<sup>13</sup> Beispielsweise Gigerenzer (2008), vgl. auch Wolf (2005).

<sup>14</sup> Eine lesenswerte populärwissenschaftliche Darstellung in Kast (2007).

<sup>15</sup> Eine kritische Betrachtung siehe Wolf (1999).

aktuelle Studie<sup>16</sup> herausgefunden, dass Menschen blitzschnell erkennen, ob eine andere Person Angst hat, auch ohne das Gesicht des Gegenübers zu sehen. Allein die Körperhaltung scheint als Schlüsselreiz zu genügen. Nach einer weiteren Studie<sup>17</sup> sollen Beobachter selbst den sozialen Status eines Menschen relativ genau nur anhand der Körpersprache identifizieren können.

Solche und viele andere komplexe Wahrnehmungsleistungen werden von Klein auf eingeübt und erlernt. Schon vier Monate alte Babys reagieren etwa auf Blickkontakt und Mimik und können Gesichtsausdrücke interpretieren.<sup>18</sup> Länger dauert indes offenbar das Einüben der Integration mehrerer Sinne: Erst ab acht Jahren gelingt es Kindern, die Eindrücke verschiedener Sinne wie Sehen, Tasten und Hören gleichzeitig zur Bewertung von Situationen heranzuziehen.<sup>19</sup>

Doch wie zuverlässig sind die so aufwändig erstellten und trickreich ermittelten Wahrnehmungsergebnisse? Schon der erste Beitrag von *Heinrich H. Bülhoff* macht deutlich, dass eine 1:1-Abbildung der Umwelt über unsere Sinnesorgane nicht nur unmöglich ist, sondern auch wenig sinnvoll wäre. Wahrnehmen ist als Aufgabe unterbestimmt. Das heißt: Die Informationen, die wir über unsere Sinnesorgane erhalten, reichen in der Regel nicht aus, um eine brauchbare Repräsentation der Umwelt bereit zu stellen. Zudem sind viele Sinnesreize mehrdeutig, was Annahmen für ihre Verarbeitung erfordert.<sup>20</sup> Eintreffende Sinnesdaten müssen also geprüft, bewertet und gefiltert werden. Kriterien hierfür sind die (Wahrnehmungs-)Erfahrungen, das explizite Vorwissen – also was wir über den Wahrnehmungsinhalt bereits wissen oder zu wissen glauben –, der Kontext, in dem ein Reiz stattfindet und der Scheinwerfer der Aufmerksamkeit, den wir dem Sinnesreiz zuwenden.<sup>21</sup>

Natürlich nehmen wir in der Welt nicht nur passiv wahr, sondern wir bewegen uns aktiv darin, interagieren mit der Umwelt, und all dies

<sup>16</sup> Bannerman et al. (2009).

<sup>17</sup> Kraus und Keltner (2009).

<sup>18</sup> Grossmann et al. (2008).

<sup>19</sup> Nardini et al. (2008) und Gori et al. (2008).

<sup>20</sup> Eine Übersicht dazu in Rock (1998).

<sup>21</sup> Zu einer ausführlichen Darstellung siehe Goldstein (2002).

führt zu weiteren, damit im Zusammenhang stehenden Wahrnehmungen. Die Integration der verschiedenen beteiligten Sinne so detailliert wie möglich zu erforschen ist eine Herausforderung, der sich die Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik stellen. Direktor Heinrich Bülhoff berichtet in seinem Beitrag von den Methoden der Forschung und einzelnen Ergebnissen.

Wahrnehmung ist also ein aktiver Prozess. Dabei vollbringt unser Gehirn tagtäglich enorme Leistungen, um die eintreffenden Sinnesdaten sinnvoll auszuwerten. Bewusst wird uns jedoch nur das Ergebnis dieses Prozesses. Wie die Verarbeitung im Gehirn vonstatten geht, berichten *Karl R. Gegenfurtner*, *Alexander C. Schütz* und *Doris I. Braun* anhand des dominantesten Sinnes, des Sehens. Faszinierend dabei ist nicht nur, dass mit etwa 60% ein Großteil der Kortexoberfläche mit der Verarbeitung visueller Informationen beschäftigt ist, sondern auch wie effizient die Prozesse sind, die sich im Gehirn dabei herausgebildet haben, um uns ein (visuelles) Wahrnehmungsergebnis zu präsentieren, mit dem wir in der Welt zurecht kommen.

Dieses Wahrnehmungsergebnis beruht auf Hypothesen des Gehirns.<sup>22</sup> War jedoch eine dieser Hypothesen falsch, kommt es zu einer Wahrnehmungstäuschung.<sup>23</sup> Wahrnehmungstäuschungen jedoch als pure »Fehlleistungen« zu betrachten, wäre verfehlt. Das Gegenteil ist richtig: Sie sind ein Triumph unseres Wahrnehmungssystems über ein auf den ersten Blick zwar nahe liegendes, letztlich aber wenig hilfreiches Konzept, die Welt einfach nur so genau wie möglich über die Sinne abzubilden.<sup>24</sup> Relevant (z. B. für das Überleben) ist nämlich nicht in erster Linie, was »wahr« ist – um das zu erkennen, fehlen uns ja in aller Regel die vollständigen Informationen. Viel wichtiger ist, was uns in die Lage versetzt, effektiv und sinnvoll auf unsere Umwelt zu reagieren.

Ein hochinteressantes und in mehrfacher Hinsicht musterhaftes Beispiel für eine derartige Wahrnehmungstäuschung ist das Hermann-

<sup>22</sup> Gregory (1997).

<sup>23</sup> Der umgangssprachlich häufig benutzte Ausdruck »Sinnestäuschung« wäre hier nicht korrekt, denn falsch ist ja nicht, was die Sinne liefern, sondern was das Gehirn beim Verarbeitungsprozess namens »Wahrnehmung« daraus macht.

<sup>24</sup> Siehe dazu etwa auch Wolf (1987).

Gitter, das auch eines der Memory-Kärtchen auf dem Einband dieses Buches zeigt. Mit diesem populären Täuschungsmuster beschäftigen sich gleich zwei Beiträge in diesem Band.

*Bernd Lingelbach* und *Walter H. Ehrenstein* zeichnen die Geschichte der Entdeckung und Erforschung dieses Täuschungsphänomens nach. Ausgehend von einem vom Namensgeber Hermann selbst kaum gewürdigten Zufallsfund blieb die Täuschung erst einmal fast ein halbes Jahrhundert von Wissenschaftlern unbeachtet. Brandaktuell ist die im vorliegenden Buch erstmals publizierte Entdeckung, dass Leser eines populären Strandmagazins sich offenbar schon 1897 – also 10 Jahre vor der Wiederentdeckung durch Hering<sup>25</sup> – am Bild vom Hermann-Gitter erfreuen konnten. Befeuert durch einen durchaus plausiblen Erklärungsversuch im Jahre 1960 begann der Popularitätsaufschwung des Hermann-Gitters, das man bis heute in zahllosen Büchern, Zeitungen und Magazinen findet. Erheblich erschüttert wurde dieser Erklärungsversuch erst 44 Jahre später:

Eine kleine Modifikation des Hermann-Gitters hat 2004 dazu geführt, dass die Erklärung des Phänomens, die seit Jahren in allen Lehrbüchern nachzulesen ist, wieder heftig umstritten ist. Vereinzelt Zweifel entstanden zwar schon früher, doch nun steht man vor der wissenschaftshistorisch hochinteressanten und äußerst seltenen Situation, dass ein einziges Bild genügt, um ein über Jahre hinweg ausgearbeitetes Theoriegebäude ins Wanken zu bringen, wie *Michael Bach* in seinem Beitrag erläutert.

## Hören, Tasten, Riechen und das Zusammenspiel der Sinne

Nach diesen vertieften Betrachtungen einer beispielhaften visuellen Wahrnehmungstäuschung ist es an der Zeit, sich anderen Sinnesmodalitäten zuzuwenden. Den Anfang macht *Birger Kollmeier*, der in seinem Beitrag Aufbau und Funktion des Gehörsinns sowie die Verarbeitung der Hörreize im Gehirn beschreibt. Das Hören ist auch der erste Sinn, für den ein künstlicher Ersatz entwickelt wurde: Hörgeschädigte, deren

<sup>25</sup> Hering (1907). Allerdings wurde dies erst mit der posthum veröffentlichten Darstellung in Hering (1920) allgemein zugänglich.



Hörnerv noch funktioniert, haben schon seit etwa den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Möglichkeit, ihr Wahrnehmungsdefizit mit einem technischen Hilfsmittel, dem Cochlea-Implantat, auszugleichen. Die Entwicklung künftiger Hörgeräte führt inzwischen zu immer intelligenteren Implantaten, die in der Lage sind, sich den Anforderungen ihrer Träger optimal anzupassen.

Im Vergleich zum Sehen und Hören deutlich unterschätzt wird nach Ansicht *Hubert Dinses* die Bedeutung des Tastsinns in unserem Leben. Seiner Bewusstmachung und Rehabilitierung ist Dinses Beitrag gewidmet. Er verweist darin unter anderem auf die ungeheure Plastizität des Gehirns im Bereich der Sensorik. Wie der kanadische Neurochirurg Wilder Penfield Mitte des vergangenen Jahrhunderts herausgefunden hatte, ist im sensorischen Kortex des Gehirns eine Karte angelegt, die das Tastempfinden auf dem Körper repräsentiert. Berührt man benachbarte Bereiche auf der Körperoberfläche, so reagieren darauf benachbarte Nervenzellen im Gehirn mit neuronaler Aktivität. Bei dieser Abbildung der Körperoberfläche ins Gehirn geht es allerdings nicht ganz »fair« zu: Empfindlichere Bereiche des Körpers, wie Hände, Lippen oder Zunge, bekommen mehr Gehirnmasse zur Verfügung als ihnen eigentlich aufgrund ihrer Größe zustehen würde. Konstruiert man eine Figur, die exakt so große Hände, Füße, Rumpf etc. hat, wie die anteilig repräsentierende Gehirnmasse, so erhält man eine verzerrte Gestalt, den sensorischen Homunkulus, den Hubert Dinse in seinem Beitrag beschreibt und den er 2004 zusammen mit einem Team des Nürnberger Museums **turmdersinne** nach aktuellen neurowissenschaftlichen Daten neu zusammengestellt hat. Das Produkt dieser Arbeit, das Museums-Maskottchen HEINER, ist als lebensgroßes Exponat im Museum **turmdersinne** zu besichtigen, bzw. spaziert als animierte virtuelle Figur quer über die Homepage [www.turmdersinne.de](http://www.turmdersinne.de).

Den direktesten Zugang zur emotionalen Schaltstelle des Gehirns, dem limbischen System, kann das Riechen für sich reklamieren. Die chemischen Sinne Riechen und Schmecken zählen ja wie der taktile Sinn zu den oben genannten »Nahsinnen«. Das heißt, die Reize – hier in Form von chemischen Molekülen – interagieren unmittelbar mit den Rezeptoren, also nicht etwa vermittelt durch Licht oder Druckschwankungen in der Luft wie beim Sehen oder beim Hören. Dass das Riechen für den Menschen – zumindest in der phylogenetischen Entwicklung –

eine hohe Bedeutung gehabt haben muss, erkennt man nicht zuletzt an den etwa 350 Riechrezeptormolekülen, die im menschlichen Genom codiert sind. *Hanns Hatt* verfolgt in seinem Beitrag den Riechvorgang nicht nur von der Nase über die Riechzellen zum Gehirn. Er liefert dazu auch eine detaillierte Methodenbeschreibung der aktuellen Forschungen in diesem Wissenschaftszweig.

Zweifellos eines der faszinierendsten Phänomene in der Sinnesphysiologie ist die Verknüpfung verschiedener Sinnesmodalitäten zu einer gemeinsamen Empfindung, die Synästhesie. Wer zum ersten Mal als »Nicht-Synästhetiker« davon erfährt, kann kaum glauben, dass es so etwas geben soll: Menschen, die Farben hören, Tönen eine »Form« zuordnen, einen Geschmack »spitz« finden oder nach einer neueren Entdeckung<sup>26</sup> gar »Bewegungen hören« – also Töne hören, wenn sie Bewegungen sehen. Und das alles nicht etwa als metaphorische Umschreibung oder assoziierte Wahrnehmung<sup>27</sup>, sondern als tatsächliche Empfindung verknüpfter Sinneseindrücke. Umgekehrt können sich Menschen mit dieser Begabung lange Zeit gar nicht vorstellen, dass ihre Mitmenschen nicht so empfinden wie sie. *Hinderk M. Emrich*, *Markus Zedler* und *Wolfgang Dillo* schildern in ihrem Beitrag, wie Betroffene dieses »Zusammenspiel der Sinne« nutzen, als Orientierung oder gar für besondere Gedächtnisleistungen. Dabei sind die Arten von Synästhesie sehr vielfältig und je nach Person ganz unterschiedlich. Die Analyse gemeinsamer Fakten über Synästhetiker kann allerdings zu einem besseren Verständnis des Phänomens auf neurobiologischer Ebene führen.

<sup>26</sup> Saenz und Koch (2008).

<sup>27</sup> Ein frappierendes Beispiel hierfür siehe Williams und Bargh (2008): Die Forscher konnten einen Zusammenhang zwischen physiologischem und körperlichem Temperaturempfinden finden, indem Probanden, die ein warmes Getränk in Händen hielten, auch zwischenmenschlich »wärmer« agierten: Sie beurteilten ein Gegenüber als sympathischer.

## Entscheidungen, Willensfreiheit und Determinismus

Die letzten drei Beiträge des Buches führen uns weg von den unmittelbaren Sinneserfahrungen und deren Verarbeitung im Gehirn, hin zu einer Anwendung und der Fortsetzung der weit zurückreichenden und von den Neurowissenschaften aktuell angereicherten Debatte um die Freiheit des Willens.<sup>28</sup>

Zunächst beschäftigen sich *Mirja Hubert* und *Peter Kenning* mit der Frage, wie Konsumenten angesichts der auf sie einströmenden Reize und ihrer komplexen Verarbeitung zu (Kauf-)Entscheidungen kommen. Verhalten sich Kunden als rational abwägende Käufer wie ein »Homo oeconomicus« oder führen ganz andere Faktoren dazu, sich für das eine und gegen das andere Produkt zu entscheiden? Der relativ junge Forschungsbereich der Neuroökonomik versucht, den Menschen beim Entscheiden ins Hirn zu schauen. So konnte auch mit neurowissenschaftlicher Hilfe die Rolle der Emotionen als Ursache von Handlungen und Entscheidungen untersucht und bestätigt werden.

»Science meets philosophy« hieß die Einführungsveranstaltung des Symposiums, aus dem dieses Buch hervorging, mit »philosophy meets science« endet dieses Buch: einem Ausschnitt aus der gegenwärtigen Diskussion über die Konsequenzen der Neurowissenschaften. Zu einer »Kränkung« führen die neurowissenschaftlichen Erkenntnisse laut *Michael Pauen* jedenfalls nicht. Doch wie steht es mit der Willensfreiheit? Steht die Freiheit im Widerspruch zum Determinismus? Setzt Freiheit die Existenz echter Handlungsalternativen voraus? Gibt es empirische Befunde, die für oder gegen die Existenz von Willensfreiheit und Verantwortung sprechen?

Im abschließenden Beitrag geht *Wolf Singer* ausführlich auf die Evolution des Gehirns und seiner Funktionen ein. Selbstverständlich gelten Naturgesetze auch im Hirn, für alle Hirnfunktionen gibt es also neuronale Korrelate. Die Komplexität des Gehirns überschreitet dabei jedes Vorstellungsvermögen, sie wird zwangsläufig unterschätzt. Die Wahrnehmung liefert viele Einzelergebnisse: Die Form des Babygesichtes, die Farbe des Strampelanzugs, die Bewegung der Fingerchen, das hungrige

<sup>28</sup> Vgl. hierzu auch der erste Band in dieser Reihe: Fink und Rosenzweig (2006).

Schreien des Kindes, dessen Geruch, die Tastinformationen, wenn wir das Baby auf dem Arm tragen. Wie schafft es das Gehirn, all diese einzelnen Wahrnehmungssplitter zu einem einheitlichen Bild »schreiendes Baby auf dem Arm« zusammen zu »binden«? Auch dieser Beitrag schließt mit Gedanken zu Freiheit und Determinismus.

## Erkenntnis und Gewissheit

Zurück zur Wahrnehmung. Das Gehirn als Gestalter, Wahrnehmung als aktiver Prozess: Täuschungen offenbaren Verarbeitungsmechanismen – Strategien, die unser Gehirn bei der Wahrnehmung anwendet. Und sie lehren uns zu differenzieren. Nie können wir sicher sein, dass unsere Erfahrungen mit der Außenwelt in allen Punkten übereinstimmen – so überzeugend das Erlebte auch ist oder war. Täuschungen führen uns vor Augen, dass der bloße Augenschein nicht genügt. Allein durch unser Erleben können wir nicht an verlässliche Erkenntnis gelangen. Dafür müssen wir geeignete Fragestellungen finden, passende Methoden entwickeln, Hypothesen bilden und kritisch prüfen – alles wichtige Grundlagen der Wissenschaft. Diese Wissenschaft ist niemals endgültig, liefert keine absoluten Wahrheiten. Sie ist fehlbar und ihre Ergebnisse müssen immer wieder kritisch überprüft und gegebenenfalls modifiziert werden. Aber dennoch: Erkenntnisse, die auf diese Weise erlangt werden, sind die verlässlichsten, die man bekommen kann.

Wer dagegen absolute und unangefochtene Sicherheit der Erkenntnis haben möchte, kann sich nur noch flüchten – in eine Illusion, etwas zu wissen, was man nicht wissen kann. Manche nennen das ihren »Glauben«. Wo diese Illusion zur seelischen Stabilität beiträgt, mag sie nützlich sein. Wo sie allerdings als unumstößliche Gewissheit empfunden wird, kann sie schaden: der eigenen Person beim Ignorieren ernsthafter Probleme oder dem verhassten Mitmenschen, der diese Illusion nicht teilen mag. Umso wichtiger ist es, uns immer wieder die Grenzen der Erkenntnisfähigkeit vor Augen zu führen: Eine der bedeutendsten Erfahrungen im Leben eines Menschen ist das Erlebnis, dass wir uns täuschen können. Es zeigt uns diese Grenzen auf und lehrt uns Zurückhaltung und Selbstkritik. Fundamentalisten sind Menschen, denen diese Erfahrung fehlt.

Dieses Buch startet bei den Sinneskanälen, bohrt sich durch die verarbeitenden Hirnwindungen und verschafft seinen Lesern eine Ahnung von den Grenzen der Wahrnehmung und der Erkenntnis.

## Literatur

- Bannerman, R., Milders, M., de Gelder, B. und Sahraie, A.: Orienting to threat: faster localization of fearful facial expressions and body postures revealed by saccadic eye movements. In: *Proceedings of the Royal Society B*, 2009, (Online-Vorabveröffentlichung: DOI:10.1098/rspb.2008.1744).
- Braun, A., McArdle, J., Jones, J., Nechaev, V., Zalewski, C., Brewer, C. und Drayna, D.: Tune Deafness: Processing Melodic Errors Outside of Conscious Awareness as Reflected by Components of the Auditory ERP. In: *PLoS ONE* 3(6), 2008, e2349.
- Do, M.T.H., Kang, S.H., Xue, T., Zhong, H., Liao, H.-W., Bergles, D.E. und Yau, K.-W.: Photon capture and signalling by melanopsin retinal ganglion cells. In: *Nature* 457, 2009, S. 281–288.
- Durie, B.: Doors of perception. In: *New Scientist* 2484: *Why you have at least 21 senses*, 2005, S. 33–43.
- Fink, H., Pausenberger, R., Rosenzweig, R. und Weber, A.: Unbewusste Wahrnehmungen. In: *Skeptiker* 12, 1999, S. 150–153.
- Fink, H. und Rosenzweig, R.: *Freier Wille – frommer Wunsch*, mentis, Paderborn 2006.
- Gigerenzer, G.: *Bauchentscheidungen*, Goldmann, München <sup>2</sup>2008.
- Gregory, R.L.: Perception as hypotheses. In: *The Oxford Companion to the Mind*, hg. von R.L. Gregory. Oxford University Press, Oxford <sup>10</sup>1997.
- Goldstein, E.B.: *Wahrnehmungspsychologie*, Spektrum akademischer Verlag, Heidelberg 2002.
- Gori, M., Del Viva, M., Sandini, G. und Burr, D.C.: Young Children Do Not Integrate Visual and Haptic Form Information. In: *Current Biology* 18, 2008, S. 694–698.
- Grossmann, T., Johnson, M.H., Lloyd-Fox, S., Blasi, A., Deligianni, F., Elwell, C. und Csibra, G.: Early cortical specialization for face-to-face communication in human infants. In: *Proceedings of the Royal Society B* 275, 2008, S. 2803–2811.
- Hell, W.: Von Schafen und Ziegen – Der sechste Sinn und die unbewusste Wahrnehmung. In: *Von Sinnen, Traum und Trance, Rausch und Rage aus*

- Sicht der Hirnforschung*, hg. von S. Matthiesen und R. Rosenzweig. Mentis, Paderborn 2007, S. 99–112.
- Hering, E.: Vom simultanen Grenzkontrast. In: *Graefe-Saemisch. Handbuch der gesamten Augenheilkunde* 3, hg. von T. Saemisch. Engelmann, Leipzig 1907, S. 135–141.
- Hering, E.: *Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn*, Springer, Berlin 1920.
- Kast, B.: *Wie der Bauch dem Kopf beim Denken hilft: Die Kraft der Intuition*, Fischer, Frankfurt/Main <sup>2</sup>2007.
- Kraus, M. und Keltner, D.: Signs of Socioeconomic Status – A Thin-Slicing Approach. In: *Psychological Science* 20(1), 2009, S. 99ff.
- Nardini, M., Jones, P., Bedford, R. und Braddick, O.: Development of Cue Integration in Human Navigation. In: *Current Biology* 18, 2008, S. 689–693.
- Rock, I.: *Wahrnehmung. Vom visuellen Reiz zum Sehen und Erkennen*, Spektrum akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin <sup>2</sup>1998.
- Saenz, M. und Koch, C.: The sound of change: visually-induced auditory synesthesia. In: *Current Biology* 18(15), 2008, R650–R651.
- Stoerig, P. und Cowey, A.: Blindsight in man and monkey. In: *Brain* 120, 1997, S. 535–559.
- Varju, D.: *Mit den Ohren sehen und Beinen hören. Die spektakulären Sinne der Tiere*, C.H. Beck, München 2002.
- von Campenhausen, C.: *Die Sinne des Menschen*, Thieme, Stuttgart <sup>2</sup>1993.
- Weiskrantz, L.: Blindsight: A Case Study and Implications. In: *Oxford Psychology Series* 12, 1986, S. 24.
- Williams, L.E. und Bargh, J.A.: Experiencing Physical Warmth Promotes Interpersonal Warmth. In: *Science* 322, 2008, S. 606–607.
- Wolf, R.: Der biologische Sinn der Sinnestäuschung. Experimente und Gedanken zur Funktion unseres »ratiomorphen Apparates«. In: *BiuZ* 17, 1987, S. 33–49.
- Wolf, R.: Das 11. Gebot: Du sollst dich nicht täuschen. In: *Skeptiker* 12, 1999, S. 140–149.
- Wolf, R.: Bildende Kunst – Wirklichkeit gespiegelt und auf den Kopf gestellt. In: *Materie in Raum und Zeit. 123. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte GDNÄ*, Passau 2005, S. 358–381.