

# DIE WELT ALS TÄUSCHUNG

Wie nehmen wir die Welt wahr? Forscher antworten: Nicht wie sie wirklich ist, sondern so, dass wir jeden Tag aufs Neue überleben können. Jetzt entschlüsseln sie, wie das Bild, das unser Gehirn konstruiert, mit der realen Welt zusammenhängt.

VON HEINZ PENZLIN

**V**öllig klar: „Da draußen“ existiert eine von uns unabhängige Welt. Diese ist genau so, wie wir sie erleben – der Himmel ist blau, der Schnee auf dem Autodach kalt, die Rose in meiner Hand duftet herrlich und die Nachtigall im Gebüsch singt wunderbar.

Doch stimmt das wirklich? Die Ergebnisse von Sinnesforschern deuten in eine andere Richtung: Die Gehirne der Lebewesen bilden die Außenwelt nicht einfach ab, sondern schaffen eine Wahrnehmungswelt. Genauso wie alle Tiere verbringen auch wir Menschen unser Leben in einer Art virtueller Realität. Diese gibt die reale Welt nicht in allen Bereichen wahrheitsgetreu wieder. Heute können sich Forscher schon ein recht genaues Bild darüber machen, wie unsere Wahrnehmung die Wirklichkeit verfremdet und warum wir damit in der Regel trotzdem gut zurechtkommen.

Von den vielfältigen Ereignissen in seiner Umgebung kann ein Lebewesen nur diejenigen registrieren, für die es entsprechende Antennen besitzt – Sinneszellen, die einen bestimmten Reiz aufnehmen und Informationen an das Nervensystem weiterleiten können. Nun sind aber einzelne Tierarten sehr verschieden mit Sinnesorganen ausgestattet: Während etwa fast alle Arten Tast- und Gleichgewichtsorgane und viele Tiere Lichtsinnesorgane besitzen, können nur recht wenige hören, nämlich Wirbeltiere und einige Insekten.

Viele Tiere können wesentlich weniger als der Mensch wahrnehmen, andere dagegen verfügen über uns völlig fremde

Sinne. Wer kann sich schon wirklich vorstellen, wie sich Fledermäuse mit Hilfe von Ultraschall orientieren oder wie Bienen ultraviolettes Licht sehen (Bild Seite 70 oben)? Brieftauben, Zugvögel oder Bienen verfügen außerdem über einen magnetischen Sinn, bestimmte Fischarten registrieren sogar elektrische Felder. Klapperschlangen „sehen“ mit ihrem Grubenorgan wie mit einer Infrarot-Kamera im Dunkeln und orten auf diese Weise ihre warmblütige Beute.

Wie alle Tiere registrieren auch wir Menschen nur die allerwichtigsten der unendlich vielen Ereignisse, die sich ständig in unserer Umgebung abspielen. Unsere Augen sehen nur elektromagnetische Wellen zwischen 400 bis 800 Nanometer Länge, hören können wir lediglich Schallwellen zwischen 16 und 20000 Hertz. Völlig blind sind wir für Wechselströme, Rundfunkwellen und Ultraschall, genau wie für Röntgen- und Gammastrahlen. UV-Strahlen werden uns erst dann schmerzlich bewusst, wenn wir einen Sonnenbrand haben – die Wärme der Sonnenstrahlen, die wir spüren, geht auf das Infrarot im Sonnenlicht zurück. Auch davon, dass wir uns ständig im Magnetfeld der Erde bewegen, merken wir nichts.

Wenn Wissenschaftler untersuchen, wie treffend unsere Wahrnehmung die Umwelt widerspiegelt, konzentrieren sie sich oft auf den Sehsinn; schließlich ist unsere ganze Wahrnehmungswelt optisch-räumlich dominiert. Die Netzhaut der Augen nimmt die visuellen Informationen auf, überträgt sie in Erregungen von Nervenzellen und beginnt mit einer parallelen Weiterverarbeitung.

Allerdings ist die Qualität des Netzhautbildes geradezu erbärmlich. Es strotzt nur so von Abbildungsfehlern, da die Linse nicht alles eingefallene Licht – unabhängig von seiner Wellenlänge und dem Durchtrittsort durch die Linse – präzise in einem Brennpunkt vereinigt. Dass wir davon nichts merken und trotzdem scharf sehen können, ist nicht dem bildgebenden Apparat zu verdanken, sondern unserem Gehirn! Es berücksichtigt diese Ungenauigkeiten des Netzhautbildes bei seinen Berechnungen und gleicht sie aus, wodurch wir den Eindruck eines scharfen Bildes erhalten.

Aus dem gleichen Grund nehmen wir auch eine ruhende Welt wahr und haben nicht etwa das Gefühl, dass sich die Umwelt mit jeder Veränderung unserer Blickrichtung im Gegensinn verschiebt. Wer aber beispielsweise seinen Augapfel und damit das Abbild auf seiner Netzhaut nicht über die Augenmuskeln, sondern durch leichten seitlichen Druck mit dem Finger auf die Augenwinkel passiv verschiebt, erhält sehr wohl den Eindruck, als bewege sich die Außenwelt. Versuchen Sie es ruhig einmal selbst!

Manche Fehler macht das Gehirn sogar absichtlich. So steht das menschliche Auge beim Fixieren eines Gegenstands nicht still, sondern bewegt sich ständig hin und her, etwa 20- bis 150-mal pro Sekunde – und verschiebt damit auch das Netzhautbild jeweils um fünf bis zehn Sehzellen. Das Bild wird also ununterbrochen aktiv verwackelt – ein Albraum für jeden Fotografen!

Bei diesem so genannten Augentreemor handelt es sich jedoch keineswegs

*Aus urheberrechtlichen  
Gründen können wir Ihnen  
die Bilder leider nicht  
online zeigen.*

nur um eine lästige Fehlleistung des Auges. Im Gegenteil: Er ist unerlässlich zum Sehen, wie folgendes Experiment beweist. Wirft ein winziger, an einer Kontaktlinse befestigter Projektor ein Bild direkt auf die Netzhaut, koppelt sich die Position des Netzhautbildes von der Augenbewegung ab. Innerhalb weniger Sekunden nehmen wir das auf diese Weise stabilisierte Bild nicht mehr wahr – es wird vom Gehirn weggerechnet und verschwindet aus unserem Bewusstsein. Dies hilft, Störbilder innerhalb des Auges auszublenden, wie beispielsweise die Schatten der Blutkapillaren der Netzhaut.

### **FARBE UND BEWEGUNG ZERFALLEN**

Fröschen etwa fehlen diese unwillkürlichen Augenbewegungen. Wahrscheinlich aus diesem Grund beachten sie nur Gegenstände, die sich bewegen – als mögliche Beute natürlich! Forscher dürfen deshalb nicht einfach menschliche Seherfahrungen und -erlebnisse auf Tiere mit ähnlichen Sehorganen übertragen.

Unser Gehirn bestimmt also in erster Linie, was wir bewusst sehen – und we-

niger der bildgebende Apparat des Auges. Die neuronale Bildverarbeitung beginnt bereits in der Netzhaut. Bei dieser handelt es sich tatsächlich um einen Teil der Großhirnrinde, der im Laufe der Entwicklungsgeschichte in die Peripherie wanderte. Die Netzhaut enthält mehrere Zellschichten, die auswählen, welche optischen Informationen der Weiterverarbeitung würdig sind, und diese zusammenfassen. Entsprechend stehen beim Menschen den etwa 125 Millionen Lichtsinneszellen der Netzhaut nur eine Million Nervenfasern gegenüber, die als Sehnerv das Auge verlassen.

Als Nächstes wird das Netzhautbild erst einmal halbiert: Die linke Hälfte des Gesichtsfelds – und zwar beider Augen – wird über die Sehbahn in die rechte Großhirnhälfte gesandt, die rechte in die linke Hirnhemisphäre. Die Informationen gelangen dort zunächst in den so genannten seitlichen Kniehöcker (lateinisch Corpus geniculatum laterale, abgekürzt CGL), eine Zwischenstation der Sehbahn vom Auge zur Großhirnrinde (siehe Kasten Seite 71).

### **FARBENFLIMMERN:**

**Auf Grund der geringeren Farbauflösung unserer Wahrnehmung verschwimmen bei diesem Gemälde des Franzosen Georges Seurat (1859–1891), „Port-en-Bessin, avant-port, marée haute“ die einzelnen Farbtupfer zu einem einheitlichen Eindruck.**

Das CGL ist jedoch keineswegs eine bloße Umschaltstelle, sondern verarbeitet die optischen Informationen weiter, bevor es sie dann zur primären Sehrinde schickt. Insbesondere beginnen sich im CGL die Verarbeitungswege von Farbe, Form, Bewegungs- und Rauminformationen zu trennen. Von der primären Sehrinde an analysiert das visuelle System das empfangene Bild parallel über drei Bahnen:

◆ Der erste Kanal verarbeitet vor allem Farben mit relativ geringer Auflösung.

◆ Die zweite Bahn reagiert dagegen hoch auflösend besonders auf die Umrisse und ►



**ANSICHTSSACHE:**

Viele Blumen wie der hier gezeigte Blasenstrauch (*Colutea arborescens*) zeigen ultraviolett absorbierende Blütenmale (rechts; Aufnahme mit UV-durchlässigem Filter). Im Unterschied zum Menschen können Bienen diese Marken erkennen.

Orientierung von Bildern und liefert damit die wichtigsten Informationen darüber, was gerade wahrgenommen wird.

◆ Der dritte Kanal registriert hauptsächlich Bewegungen und räumliche Verhältnisse und sorgt damit für die dreidimensionale Tiefenwahrnehmung. Dagegen ist er gegenüber Farben völlig unempfindlich, und auch um ruhende Formen kümmert er sich nicht. Stattdessen sagt er etwa darüber aus, wo sich die Objekte befinden. Auf seine Rechnung geht die so genannte Ponzo-Täuschung (Bild unten).

Das Gehirn verarbeitet Farbe und Bewegung nicht nur getrennt, wir nehmen sie sogar getrennt wahr, auch wenn uns dies im täglichen Leben unter normalen Bedingungen kaum auffällt. So arbeitet der Farbkanal langsamer als der Bewegungskanal. Daher hinkt die Wahrnehmung der Farbe dem Erkennen von Be-

wegungen um etwa siebenzig bis achtzig Millisekunden hinterher. Unter bestimmten Bedingungen kann das Fehlinterpretationen hervorrufen, wie folgendes Experiment bewies: Versuchspersonen betrachteten auf einem Bildschirm mehrere Quadrate, die sich alle zusammen fortlaufend nach oben und wieder nach unten bewegten und dabei in einem anderen, unabhängigen Rhythmus auch ihre Farbe veränderten. Die Probanden sollten währenddessen immer wieder angeben, bei welcher Bewegungsrichtung gerade welche Farbe zu sehen ist. Dabei machten sie überdurchschnittlich häufig Fehler und nannten eine falsche Farbe.

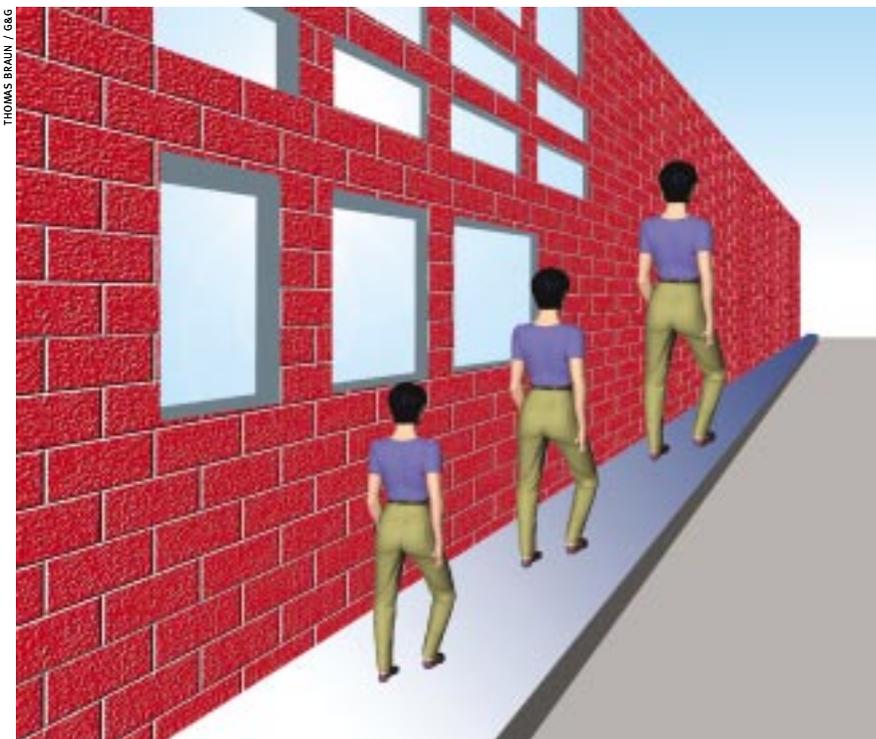
Künstler und Designer nutzen schon seit langem die unterschiedlichen Leistungen der visuellen Kanäle. So sieht man vielleicht durchaus die einzelnen Punkte eines pointillistischen Gemäldes

oder die groben Pinselstriche eines impressionistischen Bildes – auf Grund der geringen Auflösung des Farbkanals verschmelzen die Farben jedoch zu einem kontinuierlichen Gesamteindruck (siehe Bild Seite 69).

**WIE SIEHT EINE FLEDERMAUS DIE WELT ?**

Aus alldem wird eines klar: Der Sehvorgang ist keine Abbildung der Außenwelt, sondern ein Konstrukt des Gehirns auf der Grundlage der eintreffenden Informationen. Aus den einzelnen Elementen der abstrakten Verarbeitung der Sinnesindrücke baut das Gehirn aktiv unsere dreidimensionale Wahrnehmungswelt zusammen. Dabei leistet es unbewusst und unablässig einen enormen Aufwand an Rechenarbeit.

Einige optische Täuschungen zeigen, wie sehr unser Denkapparat die Wahrnehmungen formt. So beweist zwar einfaches Nachmessen mit einem Lineal, dass die drei Personen in der Ponzo-Täuschung (links) gleich groß sind – dennoch bleibt der vom Gehirn diktierte subjektive Eindruck bestehen. In der Kanizsa-Täuschung (siehe Bild Seite 73) erkennt der Betrachter ein helleres Dreieck, obwohl er weiß, dass es sich dabei nur um eine eingebildete Struktur handelt. Dagegen stören zwei horizontale Striche durch das Bild diesen Eindruck: Weil jetzt keine einfache Interpretation mehr möglich ist, hindern sie unser Gehirn – genauer: die sekundäre Sehrinde – daran, die Kontur zu konstruieren.



**GRÖSSENWAHN:**

Der perspektivisch gezeichnete Hintergrund in der Ponzo-Täuschung führt unser Gehirn in die Irre: Es schließt fälschlicherweise, dass die drei identischen Figuren unterschiedlich groß seien.

Vermutlich besitzen alle höheren Tiere subjektive Empfindungen und können sich daher eine Wahrnehmungswelt aktiv aufbauen, in der sie sich orientieren. Dabei drängt sich die Frage auf, ob diese Wahrnehmungswelt der unseren ähnelt oder vielleicht völlig anders geartet ist. Im Jahre 1974 veröffentlichte der amerikanische Philosoph Thomas Nagel von der New York University seinen berühmten Aufsatz „Wie ist es, eine Fledermaus zu sein?“. Fledermäuse vollbringen mit ihrem Ultraschall-Ortungssystem Leistungen, die mit denjenigen der „Augentiere“ vergleichbar sind. Dennoch wird für uns Menschen die Wahrnehmungswelt einer Fledermaus, die wohl hauptsächlich von der Echoortung geprägt

sein dürfte, letztlich immer unzugänglich bleiben.

Es ist ja schon schwierig genug, in die Grundlagen der menschlichen Wahrnehmung einzudringen. Aber wohl gerade deswegen interessieren sich schon seit langem Philosophen und andere Denker für dieses Problem. So nahm der deutsche Philosoph Immanuel Kant (1724–1804) an, dass jeder Mensch von Geburt an einige Voraussetzungen benötigt, um überhaupt wahrnehmen zu können: ein Gefühl für Raum und Zeit sowie bestimmte Formen des Denkens. Tatsächlich besitzt unser Gehirn eine Reihe angeborener Fähigkeiten, mit deren Hilfe es visuelle Informationen angemessen verarbeiten und

ein taugliches Bild der Wirklichkeit konstruieren kann.

Ein Beispiel dafür wären die völlig automatisch ablaufenden so genannten Konstanzleistungen unseres Wahrnehmungsapparats. So nehmen etwa Gegenstände in der Umgebung für uns feste Positionen im Raum ein, obwohl sich ihr Abbild auf der Netzhaut jedes Mal verschiebt, wenn sich unsere Augen, unser Kopf oder unser ganzer Körper bewegen. Dieses Phänomen nennen Fachleute Bewegungs- und Richtungskonstanz.

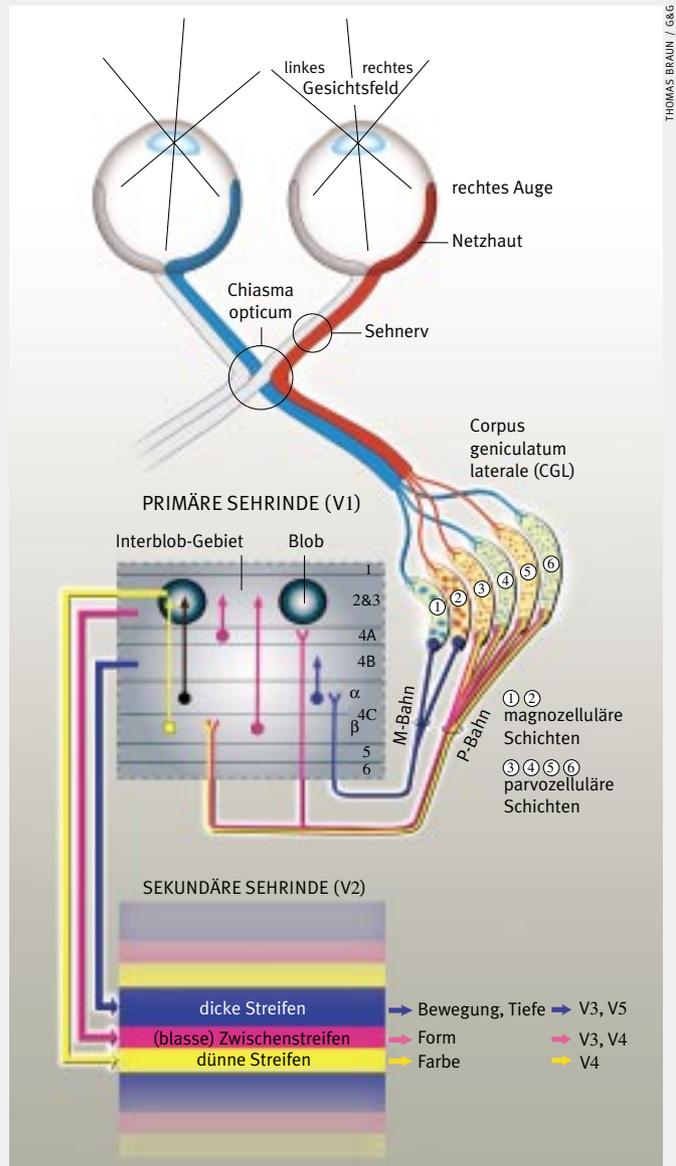
Darüber hinaus erkennen wir auch die Färbung und relative Helligkeit der Gegenstände weitgehend unabhängig von den jeweiligen Lichtverhältnissen. So nehmen wir dank der Helligkeits-

## DER LANGE WEG ZUM BILD IM KOPF

**DAS NETZHAUTBILD WIRD NACH VERLASSEN DES AUGES HALBIERT.** Die rechte Hälfte des Gesichtsfelds beider Augen gelangt über die Sehbahn in die linke Großhirnhälfte. Dort speichert das Corpus geniculatum laterale (CGL) die Halbbilder insgesamt sechsmal in verschiedenen Schichten, und zwar das Bild aus dem linken und aus dem rechten Auge jeweils dreimal. Die vier oberen dieser Zellschichten enthalten relativ kleine Nervenzellen. Daher werden sie parvozelluläre Schichten genannt (von lateinisch parvus = klein). Die beiden unteren Schichten bestehen aus vergleichsweise großen Zellen und heißen daher magnozelluläre Schichten (lateinisch magnus = groß).

**HIER TRENNEN SICH DIE DREI BAHNEN, DIE ZUR SEHRINDE VERLAUFEN.** Der erste Kanal – der „Farbkanal“ – führt von den parvozellulären Schichten des CGL zu den so genannten Blobs (englisch für Tropfen oder Kleckse) in den Schichten 2 und 3 der primären Sehrinde (abgekürzt V1) und weiter zu den dünnen Streifen der sekundären Sehrinde (V2). Der zweite Kanal – der „Formkanal“ – nimmt ebenfalls in den parvozellulären Schichten des CGL seinen Ausgang, führt dann aber über die so genannten Interblob-Gebiete zu den blassen Zwischenstreifen der sekundären Sehrinde. Zwischen CGL und V1 heißen diese beiden Bahnen zusammen auch P-Bahn.

Kanal Nummer drei schließlich verläuft von den magnozellulären Schichten des CGL zu den dicken Streifen der sekundären Sehrinde. Er verarbeitet Bewegungen und Räumlichkeit und wird zwischen CGL und V1 auch als M-Bahn bezeichnet. Die drei Kanäle führen schließlich zur weiteren Verarbeitung zu den nachgeordneten Teilen der Sehrinde (V3–V5).



THOMAS BRAUN / G&G

konstanz schwarz immer als dunkel und weiß als hell wahr – auch wenn eine schwarze Fläche bei hellem Sonnenschein tausendmal mehr Licht reflektiert als eine weiße Fläche bei Dämmerung. Ähnliches gilt für die Farbkonstanz: Obwohl die Farbtonung des Himmelslichts mittags erheblich von der in den Mor-

gen- und Abendstunden abweicht, sehen wir die Gegenstände farblich kaum verändert.

Auch unsere Neigung, Bilder dreidimensional zu deuten, ist dem Gehirn fest eingepflanzt. Entsprechend interpretieren wir die so genannte Necker-Figur (siehe Bild Seite 73 ganz rechts) stets als

Würfel, obwohl sie ja eigentlich zweidimensional ist. Daher erlaubt die Zeichnung auch zwei Deutungen, je nachdem ob das Quadrat links unten oder dasjenige rechts oben die Vorderseite des Würfels darstellt. Hier tritt nun ein faszinierendes Phänomen auf: Hat sich der Betrachter für eine Variante entschieden und betrachtet die Zeichnung weiter, so schlägt nach wenigen Sekunden das Bild um, und die andere Sichtweise setzt sich durch. Vielleicht ermüden nach einer gewissen Zeit diejenigen Nervenzellen, die für die erste Interpretation zuständig sind, und solche Neurone gewinnen die Oberhand, welche die andere Deutung vermitteln.

Ist aber unsere Fähigkeit wirklich angeboren, aus den Unterschieden der Netzhautbilder beider Augen und anderen Informationen – wie etwa wahrgenommenen Verschiebungen auf Grund von Bewegungen – eine räumliche Wahrnehmungswelt zu konstruieren? Oder sind dazu nicht doch Erfahrungen aus frühen Lebensphasen notwendig? Wenn Wissenschaftler dies mit Hilfe von Experimenten entscheiden möchten, stoßen sie auf ein Problem: Weder Säuglinge noch Tiere können den Forschern berichten, was sie wahrnehmen. Also müssen die Experimentatoren Schlüsse aus Beobachtungen in Verhaltenstests ziehen.

### SÄUGLINGE IM CRASHTEST

Einige solcher Versuche lassen in der Tat vermuten, dass viele höhere Tiere von Geburt an Räumlichkeit wahrnehmen können. Für diese Experimente nutzten die Wissenschaftler die angeborene Furcht der Tiere vor steil abfallenden Kanten und setzten sie auf eine Glasscheibe, unter der sich auf der einen Seite eine flache und auf der anderen Seite eine hohe, steil abfallende Stufe befand. Das Ergebnis war eindeutig: Die verschiedenen Jungtiere – Küken sowie unterschiedliche Säugetiere von Ratten über Hunde, Katzen und Ziegen bis hin zu Schneeleoparden und Affen – näherten sich allesamt der Steilwand nur außerordentlich zögerlich, während sie von der flachen Stufe kaum Notiz nahmen. Auch der Mensch macht dabei keine Ausnahme: Drei Tage alte Säuglinge reagieren mit deutlichem Unbehagen, wenn man sie über die steil abfallende Stufe legt. Anscheinend steckt tatsächlich bereits von Geburt an eine dreidimensionale Sichtweise in unserem Kopf.

Andere Verhaltenstests wiederum deuten auf eine angeborene Bereitschaft des Menschen hin, Ursachen hinter Wahrnehmungen zu vermuten. Schließlich denken wir am liebsten in linearen

## GIBT ES EINE WELT DA DRAUSSEN?

**DER PHILOSOPHISCHEN RICHTUNG DES REALISMUS** zufolge existiert – unabhängig von unseren Sinneswahrnehmungen und unserem Bewusstsein – tatsächlich eine Welt um uns herum und wird nicht nur eingebildet, im Unterschied etwa zu den Ansichten des Idealismus.

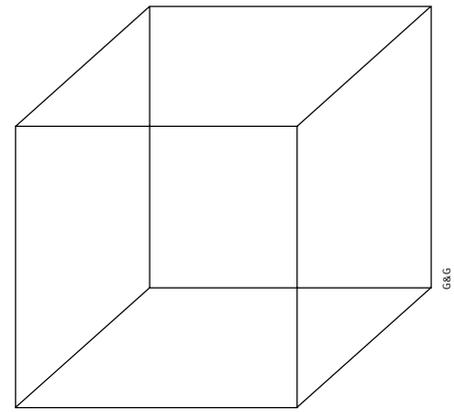
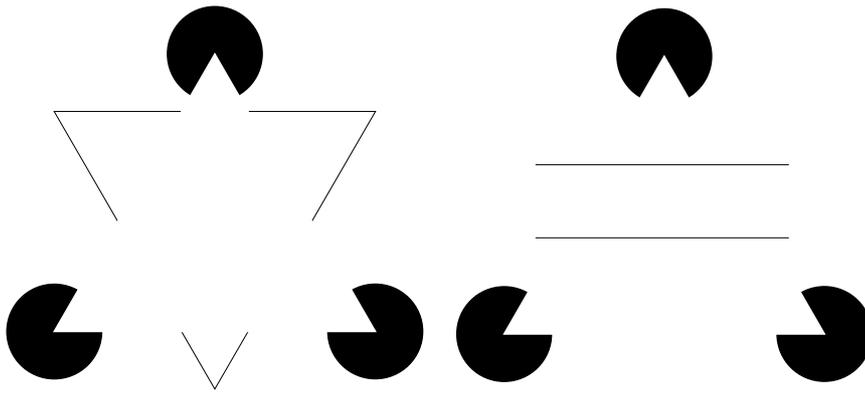
Auch Naturwissenschaftler gehen für ihre Arbeit von diesem Realitätspostulat aus. Über was sollten sie auch sonst forschen? Allerdings: Die Annahme einer unabhängig existierenden Wirklichkeit ist zwar notwendig, kann aber wissenschaftlich weder bewiesen noch widerlegt werden. Sie entspricht jedoch dem natürlichen, unerschütterlichen Realitätsbewusstsein des Menschen, das seinem täglichen Handeln zu Grunde liegt. Auch wenn jemand aus philosophischen Gründen die Realität einer von ihm unabhängigen Welt bestreitet, verlässt ihn dieses persönliche Realitätsbewusstsein in seinem Handeln nie.

**NUN GIBT ES ABER SEHR UNTERSCHIEDLICHE AUFFASSUNGEN DARÜBER**, wie diese Welt „da draußen“ eigentlich aussieht. Der **naive Realismus** besagt, sie sei tatsächlich so, wie wir sie mit unseren Sinnen und unserem Geist erleben. Diese Ansicht dürfte wohl nicht zutreffen, wie dieser Artikel ausführt. Viele Menschen bleiben allerdings ihr Leben lang naive Realisten, weil sie nie ernsthaft Anlass hatten, an dieser Position zu zweifeln. Sie kommen schließlich mit dieser Weltsicht im täglichen Leben gut zurecht. Widerspricht dieser Sichtweise einmal eine Beobachtung, tun sie diese als Sinnestäuschung und Kuriosität ab.

Doch schon vor über zweitausend Jahren vertrat der griechische Philosoph Demokrit (etwa 460–375 v. Chr.) die Auffassung, dass die sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften der Dinge subjektiv seien und nicht ihnen selbst zugeschrieben werden könnten: „Von Natur sei nichts weiß oder schwarz, gelb oder rot, bitter oder süß.“ Demokrit zufolge sind nur quantitative Eigenschaften, wie Anzahl und Ausdehnung, sowie die Gestalt, Schwere, Undurchdringbarkeit und Bewegung objektiv. Dies umreißt die Auffassung des so genannten **physikalischen Realismus**.

**IN DER TAT EXISTIEREN IN DER OBJEKTIVEN WELT** zunächst einmal weder Farben noch Töne, Geräusche oder Gerüche – ja nicht einmal Helligkeit. Während die physikalischen Lichtwellen von Subjekten unabhängig sind, entsteht Licht als Empfindung erst mit den Lebewesen, die es sehen können. Wir erblicken also bei der Geburt nicht das Licht der Welt, sondern schalten es uns selbst an.

Der **kritische Realismus** geht schließlich noch einen Schritt weiter und lässt offen, ob die von uns wahrgenommenen Merkmale auch tatsächlich Eigenschaften der objektiven Welt sind, nimmt aber einen Bezug zwischen diesen beiden an. Daher sollte es nach Ansicht der kritischen Realisten zumindest bis zu einem gewissen Grad möglich sein, gültige Aussagen über die reale Welt zu machen. Vielleicht ist ja die Art und Weise, wie wir denken und wahrnehmen, gerade deshalb so, wie sie ist, weil sie die wirkliche Ordnung der Dinge widerspiegelt?



**ALLES NUR EINBILDUNG:**  
**In der Kanizsa-Täuschung (links) sehen wir ein nicht vorhandenes Dreieck, da unser Gehirn versucht, eine angedeutete Figur zu vervollständigen. Querstriche stören die Illusion (rechts daneben).**  
**Das Nervensystem konstruiert sogar aus zweidimensionalen Zeichnungen dreidimensionale Figuren, sofern es dafür einige Anhaltspunkte erhält. Der Necker-Würfel (ganz rechts) erlaubt zwei verschiedene Interpretationen, je nachdem welche Seite des Würfels als Vorderseite gesehen wird. Alle paar Sekunden kippt die Figur in die andere Interpretation um.**

diglich eine Ansammlung von Hypothesen unseres Ichs über die Umwelt dar. Da diese sich jedoch tagtäglich bewähren, scheinen sie zumindest gewisse Aspekte der realen Welt richtig wiederzuspiegeln. Wie hat unser Gehirn die Fähigkeit erworben, solche nützliche Hypothesen über die Welt aufzustellen?

Heute können Forscher im Rahmen der Evolutionstheorie eine naturwissenschaftliche Erklärung anbieten: Ebenso wie sich die anderen Merkmale und Leistungen der Tiere während der Evolution an die Umwelt anpassten, vervollkommnete sich auch der Wahrnehmungsapparat Schritt für Schritt. Bewährten sich zufällige Änderungen des Erbguts in der Auseinandersetzung mit der Umwelt, trugen sie zum Fortpflanzungserfolg der Tierart bei und blieben in den nächsten Generationen erhalten. Führten sie dagegen zu falschen Hypothesen, starben diese Tiere früher oder später aus. Oder mit den Worten des amerikanischen Evolutionsbiologen George G. Simpson (1902–1984): „Der Affe, der keine realistische Wahrnehmung von dem Ast hatte, zu dem er sprang, war bald ein toter Affe – und gehört daher nicht zu unseren Urahnen.“

Diese Überlegungen sind das Herzstück der so genannten evolutionären Erkenntnistheorie: Als Folge der evolutionären Entwicklung bildet unsere mentale Welt, die unser Gehirn mit Hilfe der Sinne aufbaut, die reale Welt zumindest in einigen wesentlichen Eigenschaften so gut nach, dass wir in ihr erfolgreich handeln können. Nun geschehen aber Innovationen im Verlauf der Evolution immer auf Grund eines konkreten Anpassungsdrucks und werden nur so weit vorangetrieben, wie es für den Fortpflanzungserfolg notwendig ist. Der Wahrnehmungsapparat von Tier und Mensch hat sich also nur in dem Maße an die Wirklichkeit angepasst, wie es für das Überleben jeder Art notwendig war. Daher bleibt auch unsere Wahrnehmung unvollständig und ungenau – und wir werden wohl nie sicher wissen, ob die reale Welt tatsächlich dreidimensional ist.

Aus demselben Grund können wir nicht erwarten, dass sich unser spezifisch angepasster Wahrnehmungsapparat auch dann noch bewährt, wenn wir unsere vertraute Welt verlassen und in den Makrokosmos oder Mikrokosmos vorstoßen. Hier sind wir mit unseren beschränkten Fähigkeiten, uns Dinge vorzustellen, sehr schnell am Ende, und der „gesunde Menschenverstand“ verabschiedet sich. Kein Mensch kann sich die kosmischen Entfernungen oder eine gekrümmte Raumzeit wirklich vorstellen. Ebenso sind wir hoffnungslos überfordert, wenn wir uns in der Quantenphysik die Doppelnatur von Teilchen und Welle veranschaulichen sollen. Den Verlust an unmittelbarer Anschauung in den Welten des Kleinen und Großen können wir zwar beklagen, aber nicht verhindern: Er ist unserem Gehirn angeboren – der Preis dafür, dass wir in der Regel ganz gut in der Welt zurechtkommen. ♦

und unmittelbaren kausalen Zusammenhängen. Dies erklärt auch unsere natürliche Neigung zum Aberglauben.

Auch viele Erwartungen sind uns angeboren. Ein Beispiel: Forscher befestigten vierzehn Tage alte Säuglinge senkrecht in einem Stuhl und bewegten eine Kiste auf sie zu. Die Säuglinge verhielten sich, als würden sie einen Zusammenstoß erwarten, obwohl sie noch keine Erfahrungen in diese Richtung gesammelt haben konnten: Sie hoben abwehrend ihre Ärmchen und zwinkerten mit den Augenlidern. Diese Erwartungshaltung ist auch bei höheren Tieren zu beobachten.

Angeborene Voreinstellungen helfen dem Gehirn dabei, die Informationen über die Umwelt, die ihm die Sinnesorgane liefern, zu interpretieren. Trotzdem: Ist es nicht erstaunlich, dass die subjektive Wahrnehmungswelt, die unser Denkapparat aus derart ungenauen und unvollständigen Daten konstruiert, so gut zur objektiven Welt passt, dass sie für unser tägliches Leben geeignet ist? Eigentlich stellt unsere Wahrnehmungswelt ja le-



**HEINZ PENZLIN** war bis zu seiner Emeritierung Professor für Tierphysiologie an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Hauptarbeitsgebiete sind Neurobiologie und Endokrinologie der Insekten sowie theoretische und wissenschaftshistorische Fragen der Biologie.

#### Literaturtipps

**Hubel, D. H.:** Auge und Gehirn. Neurobiologie des Sehens. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft 1989.

**Milner, A. D., Goodale, M. A.:** The Visual Brain in Action. Oxford University Press 1996.

**Roth, G.:** Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1997.

**Zeki, S.:** Inner Vision. An Exploration of Art and the Brain. Oxford University Press 1999.