

WOLF SINGER

Das Bild in uns

*Vom Bild zur Wahrnehmung**

Die Ausgabe der *Frankfurter Allgemeinen Zeitung* vom 12. September 2001 unterschied sich von allen vorhergehenden Ausgaben dieser Zeitung durch ein großformatiges Bild auf der ersten Seite. Das Bild zeigte die brennenden Türme des World Trade Center. Die FAZ hatte mit der Tradition gebrochen, auf der ersten Seite nur Worte gelten zu lassen. Offenbar hatten die verantwortlichen Redakteure empfunden, daß hier etwas mitzuteilen war, das sich mit Worten alleine nicht fassen ließ. Vielleicht ist dies ein Symptom für den *iconic turn* und die Ablösung des *linguistic turn*, der einst das Wort zum mächtigsten Inhaltsträger erklärte hatte. Vielleicht schwingt das Pendel zurück, und wir besinnen uns wieder auf die Überzeugungskraft von Bildern, wie dies vormals schon die Gegenreformatoren und später die Propagandisten jedweder Couleur getan haben. Das Thema erinnert an den Paragone-Streit in der frühen Neuzeit, als Künstler und deren Exegeten heftig die Frage diskutierten, ob das zweidimensionale Bild oder die dreidimensionale Skulptur die Wirklichkeit treffender abbilden könne. Wie der neuerliche Diskurs ausgehen wird, weiß ich nicht, aber ich möchte versuchen, ihn etwas zu konturieren und mit einigen Argumenten aus der Wahrnehmungsphysiologie anzureichern.

1. Das Verhältnis von Wort und Bild

Die auf Bildern dargestellten Objekte sind der unmittelbaren visuellen Wahrnehmung ebenso gut oder schlecht zugänglich wie die dargestellten Objekte selbst, denn auch Objekte können ja nur über Bilder erfaßt werden, die sie auf der Netzhaut des Auges erzeugen. Mit Objekten, die durch Sprache beschrieben werden, verhält es sich anders. Sie sind weiter entfernt von dem, was der primären Wahrnehmung

* Wiederabdruck mit freundlicher Genehmigung des Verlags aus: *Iconic Turn. Die Macht der Bilder*. Hg. von C. Maar u. H. Burda. Köln: DuMont Verlag 2004, S. 56-76.

zugänglich ist, da Sprache sich abstrakter, symbolischer Codes bedient, die ihrerseits lediglich Beschreibungen von Wahrnehmungsinhalten sind. Sprache bezieht sich zwar auf die Inhalte unvermittelter Wahrnehmung, doch sind die Symbole, die sie verwendet, nicht mit den bezeichneten Inhalten identisch. Diese Distanz zwischen sprachlich vermittelter und durch Primärwahrnehmung erschließbarer Wirklichkeit hat zwei Konsequenzen: Zum einen nährt sie die Überzeugung, sprachlich Vermitteltes sei weniger vertrauenswürdig als unmittelbar Wahrgenommenes. Zum anderen befreit sie sprachliche Darstellungen aber auch von einigen der Beschränkungen, denen die Primärwahrnehmung natürlicherweise unterliegt. Sprachliche Darstellungen können sich abstrakter Darstellungen und differenzierter syntaktischer Verknüpfungsregeln bedienen, um Sachverhalte auszudrücken. Damit sind sie fähig, Gebilde zu beschreiben, die weitaus komplizierter sind als jene, die der Primärwahrnehmung zugänglich sind. Dennoch entbehrt nach unserem Empfinden selbst das beste Argument meist der Überzeugungskraft des unmittelbar Wahrgenommenen. Diese Überzeugungskraft wird dann als besonders stark empfunden, wenn das Auge uns etwas über die Welt berichtet und wir uns dessen zusätzlich durch eine andere Sinnesmodalität vergewissern können, indem wir das Wahrgenommene ergreifen oder mit dem Ohr orten. Wenn unsere Wahrnehmung von zwei Sinnesmodalitäten bestätigt wird, wenn wir also beispielsweise greifen können, was wir sehen, dann besteht in der Regel kein Zweifel an der Realität dessen, was da draußen ist. Der Inhalt der Wahrnehmung hat dann den sogenannten »intermodalen Konsistenztest« bestanden.

Die Dominanz des unmittelbar Wahrgenommenen über das in Sprache Gefaßte soll ein kleines Beispiel belegen, das ich selbst erlebt habe. Vor vielen Jahren lud mich der Kunstpädagoge Hans Daucher, der an der Münchener Akademie der Künste unterrichtete, zu einem Symposium in die Villa Malaparte nach Capri ein. Unter dem Titel *Lux et Lumen* ging es um die Beziehungen zwischen Kunst und Wissenschaft. Nachdem wir drei Tage lang den üblichen akademischen Diskurs gepflegt hatten, sagte Daucher: »Der heutige Tag ist mein Tag. Wir werden heute nicht miteinander diskutieren, sondern den Vormittag nutzen, um gemeinsam ein Bild zu malen.« Die Regeln waren streng: Wir durften nicht sprechen, hatten aber freien Zugang zu Pinseln und Farbtröpfchen. Und wann immer uns danach war, konnten wir aufstehen, um an dem, was da auf der Leinwand entstand,

irgendwelche Veränderungen vorzunehmen. Aber es durfte immer nur einer nach dem anderen aufstehen und malen, nie zwei zur gleichen Zeit. Wir haben dann hart gearbeitet, fünf oder sechs Stunden lang, und ein recht passables Bild zustande gebracht, das viele Veränderungen durchlaufen hatte, bevor wir es als fertig erachteten. Am Nachmittag versuchten wir dann, die Malaktion vom Vormittag zu reflektieren, was sich als aufschlußreicher Fehler erwies. Denn jeder von uns hatte im Verlauf des gemeinsamen Malens sehr klare Vorstellungen davon entwickelt, welche gestalterischen Ziele die verschiedenen Akteure verfolgten, welche Allianzen sich gebildet hatten, welcher Natur die ästhetischen Urteile der anderen waren und an welcher Stelle sich Aggressionen entwickelt und zu destruktiven Eingriffen in das Gesamtkunstwerk geführt hatten. Als wir versuchten, diese Wahrnehmungen in Worte zu fassen, wurde klar, daß das, was die einzelnen über ihr Bestreben und ihre Motive berichteten, überhaupt nicht mit dem übereinstimmte, was die anderen jeweils wahrgenommen hatten. Und es war keine Frage, daß jeder nur das glaubte, was er gesehen und erlebt hatte, und nicht das, was von den anderen berichtet wurde. Ein Beispiel dafür, daß das unmittelbar Wahrgenommene für uns eine höhere Glaubwürdigkeit zu besitzen scheint als das sprachlich Vermittelte.

2. Die Hierarchie der Sinne

Das bringt mich zu der Frage, ob sich die verschiedenen Sinnesmodalitäten, welche unsere Primärerfahrungen vermitteln, im Hinblick auf ihre Überzeugungskraft unterscheiden. Trauen wir unseren Augen mehr als dem Tastsinn oder dem Gehör? Mir scheint, daß die größte Verlässlichkeit dem Tastsinn, der haptischen Wahrnehmung, zugebilligt wird. Was wir greifen können, halten wir für real, und daher leitet sich wohl auch das Wort »begreifen« ab. Nicht zuletzt beruht all unsere Körpererfahrung auf diesem Sinnessystem. Wir wissen, daß wir sind, weil wir uns fühlen, spüren und greifen können. Babys begreifen sich zuerst über den Tastsinn. Sie erfahren ihr Körperschema durch Berührungsreize, Signale des somatosensorischen Systems, das ihnen Auskunft über die Stellung ihrer Glieder gibt. Daß die Welt um sie herum strukturiert ist, erfahren Babys ebenfalls zuerst durch den Tastsinn: Die Welt wird von ihnen im wahren Sinn

des Wortes ertastet. Dagegen beginnt das Sehsystem erst später sich auf das Begreifen der Welt einzustellen. Es greift dabei auf die Erfahrung zurück, die der Tastsinn bereits vor ihm gemacht hat. Es ist deshalb kein Zufall, daß die Regionen der Hirnrinde, die das Körperschema repräsentieren, vorwiegend mit Signalen des Tastsinns versorgt werden. Ich will die Überzeugungskraft haptischer Erfahrungen mit einem weiteren autobiographischen Erlebnis belegen. Als ich zum ersten Mal nach Amerika fliegen durfte und auf dem Rückweg völlig übermüdet im Flieger nicht schlafen konnte, sah ich im dämmrigen Licht ein paar Reihen vor mir einen Hummer von rechts nach links über den Gang gehen. Ich war überzeugt, daß dies eine Halluzination war und ich vermutlich verrückt geworden sei. Ich wagte es nicht, die Stewardess zu informieren, weil ich fürchtete, daß sie mich bei der Landung der Psychiatrie übergeben würde. Nach Minuten großer Panik habe ich schließlich den Mut gefaßt, nach vorn zu gehen und das vermeintliche Hirngespinnst anzufassen. Es war ein quicklebendiger Hummer, der sich nur ein bißchen kalt anfühlte. Was ich damals nicht wußte: Man kann am Logan Airport in Boston lebende Hummer kaufen, die dort aus einem Bassin gefischt, auf Eis gelegt und in Styroporkisten verpackt werden, so daß man sie mit ins Flugzeug nehmen kann. Das war des Rätsels Lösung: Der Hummer war aus einer Styroporkiste entkommen. Seit diesem Vorfall weiß ich, daß wir auch das Unwahrscheinliche zu glauben bereit sind, wenn das visuelle und das haptische Sinnessystem zum gleichen Schluß kommen. Wenn sich die Wahrnehmungserfahrungen zweier unterschiedlicher Sinnessysteme decken, macht uns das sicher, daß das Wahrgenommene Realität ist. Dem visuellen System alleine hätte ich nicht getraut, dem haptischen System alleine wahrscheinlich schon eher, vor allem wenn das Tier sich beim Anfassen gewehrt und mich mit seinen Zangen gezwickt hätte.

So scheint auf der Verlässlichkeitsskala der Sinne der Tastsinn der überzeugendste zu sein. An zweiter Stelle folgt, zumindest bei Primaten, vermutlich der Gesichtssinn. Er kommt dem haptischen Sinn insofern am nächsten, als er die Welt so repräsentiert, wie sie sich diesem darbietet. Wie der Tastsinn, so ist auch der Gesichtssinn in der Lage, Objekte präzise zu identifizieren und in ihrer dreidimensionalen Gestalt darzustellen sowie Auskunft über die Lage der Objekte im Raum zu geben und ihre Bewegung zu dekodieren. Das heißt, das Gesehene kann im Prinzip auch ertastet, begriffen werden. Zwischen

dem haptischen Sinn und dem Sehsinn kann also der oben angeführte Kongruenz- oder Stimmigkeitstest besonders leicht durchgeführt werden. Und so verwundert es auch nicht, daß Bilder von der Wirklichkeit, gemalte Bilder, photographierte Bilder – auf der Netzhaut unseres Auges sind sie nichts anderes als die Wirklichkeit, beide werden dort als zweidimensionale Helligkeitsverteilung abgebildet – uns fast genauso überzeugend vorkommen wie die Wirklichkeit selbst. Man muß sich das einmal vor Augen führen: Ein realistisch gemaltes Bild erzeugt auf der Netzhaut genau die gleichen Farb- und Helligkeitsverteilungen wie die Realität, die sie abbildet. Deshalb können Bilder, die es wie die Trompe-l'œil-Malerei darauf anlegen, die Wirklichkeit täuschend echt wiederzugeben, von unserer Vorstellung tatsächlich für die Wirklichkeit selbst genommen werden. Man hat Lust, das, was dargestellt ist, wirklich zu ergreifen, wenn man sich solchen Bildern nähert. Wenn es einem Bild wie dem Trompe-l'œil einer Pinnwand darüber hinaus auch noch gelingt, das Dargestellte in den Raum des Betrachters einzubetten, indem es sich fugenlos in den Raumhintergrund einpaßt, dann wird die Versuchung groß, nach dem gemalten Zettel zu greifen, der auf der Pinnwand festgemacht ist (siehe Abb. 1).

Ein besonders hinterhältiges Trompe-l'œil hat René Magritte komponiert (siehe Abb. 2). Auf einer Staffelei steht ein Bild, das seinerseits ein Fenster darstellt, durch das der Betrachter auf die Landschaft draußen, auf die ›wirkliche‹ Wirklichkeit blicken kann. Bilder wie dieses verdeutlichen, was Malerei insgesamt vermag und daß sie weit über das hinausgehen kann, was mit einer reinen Abbildung, zum Beispiel einer Photographie, erreicht werden kann.

Den Gesichtssinn zeichnet ferner aus, daß er in der Lage ist, die Körper anderer Organismen, Mitmenschen oder Tiere in ihrer Ausformung und Dynamik präzise erfahrbar zu machen. Er ermöglicht es dem Betrachter, durch die Auswertung von Mimik, Gestik, Bewegung, Eleganz und Körperbau Rückschlüsse zu ziehen auf die Gemüthsstimmung, aber auch auf die Wesenheit der Person. Der Gesichtssinn erfüllt damit eine eminent wichtige Funktion in der sozialen Kommunikation und beim Aufbau sozialer Strukturen. Das Gehör vermag Ähnliches, ist aber, wenn man von der semantischen Dekodierung von Sprache absieht, auf die Bewertung der Betonungen der Sprache beschränkt. Auch sie verrät Gemüthsstimmung, läßt erkennen, ob jemand ängstlich, entschlossen oder aufgereggt ist. Aber dies scheint uns nicht

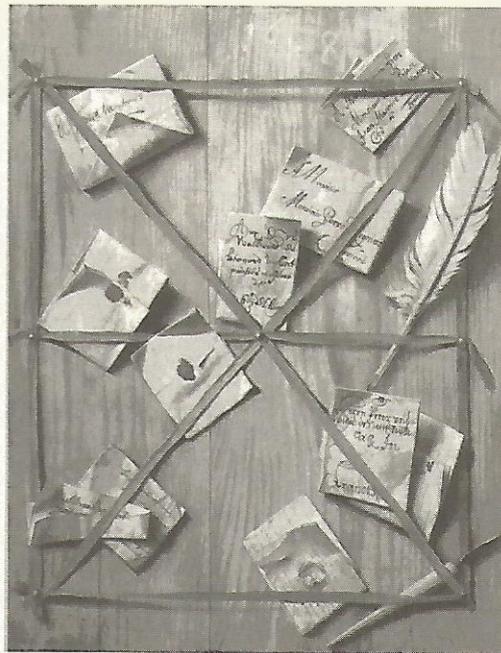


Abb. 1: Prinzip des Trompe-l'œil: Wenn die Wahrnehmung von zwei Sinnen bestätigt wird, nehmen wir auch das Unwahrscheinlichste für wirklich. Abbildung: Wallerant Vaillants: *Letter Rack with Letters* (1658), in: *Die Geschichte des Stillebens*. Hg. von S. Ebert-Schifferer. München: Hirmer Verlag 1998, S. 228, Abb. 167.

zu genügen. Wenn wir jemanden per Telefon kennengelernt haben – wobei natürlich wegen der begrenzten Bandbreite der Tontübertragung auch viel von der differenzierten Betonung verlorengeht –, wollen wir uns unseres Eindrucks in der Regel versichern, indem wir die Person in Augenschein nehmen. Das heißt, wir wollen unseren Gesichtssinn einsetzen und die nichtverbalen Kommunikationskanäle benutzen, die uns das Sehsystem zur Verfügung stellt, um zusätzliche Informationen über den Gesprächspartner zu erhalten.

In der Hierarchie der Sinne ist die nächste Modalität auf der Verlässlichkeitsskala, zumindest bei Primaten, das Gehör. Bei Fledermäusen und Nachtteulen mag das anders sein, da ist vermutlich der Seh-



Abb. 2: Malerei als Fenster zur Welt: Das Bild thematisiert auf ironische Weise den Wahrheitsgehalt der Malerei im Bezug zur Realität.

Abbildung: René Magritte: *La condition humaine* (1933), in: *The Pastoral Landscape*. Hg. von J.D. Hunt. Hannover/London: University Press of New England 1992, S. 203. © VG Bild-Kunst, Bonn 2008.

sinn der verlässlichste, da diese Tiere mit ihrem Gehör tatsächlich Formen und Objekte erkennen und genau lokalisieren können. Aber wer von uns weiß schon, um mit dem amerikanischen Philosophen Thomas Nagel, einem Vertreter der analytischen Schule, zu sprechen, »What is it like to be a bat?« (Wie fühlt es sich an, eine Fledermaus zu sein?). Unser Gehör vermag jedenfalls im Vergleich zum Gesichtssinn räumliche Zuordnungen nur-unvollkommen aufzulösen. Wir können uns zwar mit dem akustischen System grob orientieren, aber Schallquellen nicht sehr präzise verorten. Die Domäne des auditorischen Systems liegt in der Kodierung serieller Vorgänge. Deshalb haben wir es wahrscheinlich auch als Träger unserer Sprache

gewählt, die ja ein serieller Prozeß ist. Akustische Kommunikation vollzieht sich im relativ niedrigdimensionalen Kodierungsraum von Frequenz und Rhythmen. Ein quantitativer Vergleich der Sinnesorgane mag das verdeutlichen. Um Tonhöhen zu kodieren, sind in der Schnecke des Ohres etwa 60 000 Haarzellen angeordnet. Um Bilder zu kodieren, verfügen wir hingegen in jedem der beiden Augen über mehr als eine Million Photorezeptoren. Die Natur treibt also schon auf der Ebene der Rezeption von Signalen viel mehr Aufwand für den Gesichtssinn als für das Gehör. Zwei Beispiele machen den Vorrang des Gesichtssinns über das Gehör deutlich, zumindest in Bezug auf Primaten und Menschen. In unserem Gehirn gibt es topologische Karten, die den Raum um uns abbilden. Sie werden sowohl vom Sehsystem als auch vom auditorischen System mit Informationen versorgt. Die beiden Karten müssen sich präzise decken, um den Ort einer Schallquelle sowohl visuell als auch auditorisch gleichermaßen erfassen und zur Deckung bringen zu können. Würden diese Karten nicht aneinander angepaßt, könnte es passieren, daß wir rechts einen Hund sehen, dessen Gebell von links kommt, was uns sehr verwirren würde. Nun ist das In-Deckung-Bringen verschiedener sensorischer Karten kein triviales entwicklungsbiologisches Problem. Die Karten entwickeln sich zunächst nämlich unabhängig voneinander und müssen dann aufeinander abgestimmt werden. Diese Anpassung erfolgt mit Hilfe von Erfahrung. Babys lernen mit der Zeit, die verschiedenen Karten ihres Sensoriums zur Deckung zu bringen. Nun kann man fragen: Wer paßt sich an wen an, die akustische Karte an die visuelle oder umgekehrt? Es gilt inzwischen als gesichert, daß erst die visuelle Karte festgelegt und dann die akustische daran angepaßt wird. Daraus läßt sich ableiten, daß die größere Verlässlichkeit dem visuellen System zugeschrieben wird und das akustische System sich anpassen muß.

Der sogenannte Bauchrednereffekt nutzt dieses Primat des Sehsystems über das Gehör. Wenn ich sprechen könnte, ohne meine Lippen zu bewegen, und die Bewegungen, die nötig wären, um zu sagen, was ich sagen möchte, irgendwo anders erzeugt würden, dann hätte ein Zuhörer den zwingenden Eindruck, meine Sprache käme von dem Ort, an dem die Bewegung erzeugt wird. Das kommt daher, weil unser Nervensystem danach strebt, die verschiedenen Sinnesmodalitäten zur Deckung zu bringen, und die Sprachquelle folgerichtig dem motorischen Akt zuordnet. Diese Suche nach Übereinstimmung

ist so stark, daß der Sinneseindruck selbst verändert wird. Man denkt nicht nur, die Schallquelle sei am Ort der Bewegung, sondern man hört die Sprache tatsächlich auch von dort kommen.

3. Zur Organisation der Großhirnrinde

Gibt es nun für die unterschiedlichen Positionen, die die unterschiedlichen Sinnessysteme auf der Überzeugungsskala einnehmen, neurobiologische Entsprechungen? Hier interessiert vor allem die Organisation unserer Sinne auf der Ebene der Hirnrinde, denn diese ist die Struktur, die für alle höheren kognitiven Leistungen verantwortlich ist. Es geht um den etwa zwei Millimeter dünnen Zellmantel, der die Großhirnhemisphären bedeckt. Er besteht aus dicht gepackten Nervenzellen, von denen sich etwa 60 000 auf einem Kubikmillimeter drängen. Jede dieser Zellen ist mit etwa 20 000 anderen verbunden. Am intensivsten kommunizieren Nervenzellen mit ihren unmittelbaren Nachbarn, doch unterhalten sie auch Verbindungen mit Nervenzellen, die weit entfernt in anderen Hirnregionen liegen. Diese mächtigen Leitungsbahnen treten als weiße Substanz in Erscheinung, welche als sogenanntes Marklager die Großhirnrinde unterfüttert. In einem Kubikmillimeter Großhirnrinde sind etwa sechs Kilometer Kabel verlegt. Das Faszinierende an dieser Struktur ist nun, daß ihr interner Aufbau in allen Bereichen, ob sie sich mit dem Sehen, Hören, Riechen, Fühlen oder Sprechen befassen, nahezu identisch ist. Dies bedeutet, daß auch die Verarbeitungsprozesse, die in den verschiedenen Arealen der Großhirnrinde ablaufen, sehr ähnlich sein müssen. In der Großhirnrinde wird offenbar ein sehr mächtiger Verarbeitungsalgorithmus realisiert, der zur Bearbeitung sehr unterschiedlicher Signale verwendet werden kann. Die verschiedenen Funktionen der Großhirnrinde kommen vorwiegend dadurch zustande, daß die Arealen unterschiedliche Eingangsinformationen zur Verarbeitung erhalten. Arealen, die ihre Signale vom Auge beziehen, vermitteln die Wahrnehmung der Sehwelt. Entsprechend obliegt die Dekodierung von Sprache Arealen, die vom Gehör aktiviert werden. Die Verarbeitung der Signale scheint trotz aller Unterschiede in der Struktur des sensorischen Materials nach gleichen Prinzipien zu erfolgen. Dieses erstaunliche Faktum gilt es zu berücksichtigen, wenn nach Erklärungen gesucht wird, wie sich im Lauf der Evolution

durch eine Vermehrung der Großhirnrinde höhere kognitive Funktionen ausgebildet haben könnten. Trotz aller Ähnlichkeiten ist es möglich, die verschiedenen Areale der Großhirnrinde nach funktionellen und feinatomischen Kriterien voneinander zu unterscheiden. Beim Menschen lassen sich etwas mehr als 100 verschiedene Hirnrindenareale ausmachen, wobei der weitaus größte Anteil der Areale, die mit der Verarbeitung von Sinnesinformationen befaßt sind, zum Sehsystem gehört.

Von allen Sinnessystemen beansprucht das visuelle den weitaus meisten Platz. Zudem gliedert es sich in zwei parallele Subsysteme, die unterschiedliche, aber komplementäre Funktionen erfüllen: Der ventrale Pfad ist damit befaßt, Objekte zu identifizieren, während es dem dorsalen Pfad obliegt, den Ort von Objekten und ihren Bewegungen im Raum zu bestimmen und die Form von Objekten so weit zu analysieren, wie dies erforderlich ist, um sie greifen zu können. Wenn zum Beispiel im ventralen Pfad, der für die Identifikation visueller Objekte zuständig ist, Störungen auftreten, dann verlieren die Patienten die Fähigkeit, Objekte, die sie sehen, zu erkennen und zu benennen. Sie wissen dann also nicht, was sie sehen, sind aber ohne weiteres in der Lage, nach einem Objekt zu greifen, die Stellung der Hand an das Objekt anzupassen und es zu manipulieren. Sobald sie das Objekt ertastet haben, erkennen sie es in der Regel sofort und können es adäquat verwenden. Störungen im dorsalen Pfad hingegen führen zu sogenannten visuellen Ataxien. In diesem Fall können die Patienten ohne weiteres erkennen, um was es sich handelt, zum Beispiel um ein Glas mit Wasser. Aber wenn sie dieses ergreifen und austrinken wollen, greifen sie oft daneben, weil sie die Stellung ihrer Hand nicht der Form des Objektes anpassen können. Ein Teil des Sehsystems wird also dafür verwendet, die Motorik darauf vorzubereiten, eine gezielte Greifbewegung zu machen. Wie eng visuelles Wahrnehmen mit dem Vorbereiten von Motorik verbunden ist, hat die Entdeckung der sogenannten Spiegelneuronen (*mirror neurons*) durch Giacomo Rizzolatti und seine Gruppe deutlich gemacht. Rizzolatti hat beobachtet, daß bei einem Affen, der einen anderen Affen oder einen Menschen beobachtet, der eine bestimmte Greifbewegung ausführt, Nervenzellen in den exekutiven Arealen seiner Großhirnrinde auf genau die gleiche Weise aktiv werden, als würde das beobachtende Tier diese Bewegung selbst ausführen. Das Tier bereitet die Bewegung, die es sieht, offenbar selbst vor,

ahmt sie mental nach, führt sie dann aber nicht aus, weil gleichzeitig hemmende Impulse erzeugt werden, welche die Übertragung des motorischen Programms auf die Muskeln verhindern. Wir bereiten also, wenn wir schauen, unsere Motorik darauf vor, mit dem Gesehenen haptisch zu interagieren, und wir erzeugen sogar motorische Programme. Wenn ein Baby seinen Mund aufsperrt, um den Löffel mit Brei endlich hineinzulassen, genügt es oft, den eigenen Mund weit zu öffnen. Das Baby ahmt die Bewegung nach, und weil seine Hemmechanismen noch wenig entwickelt sind, öffnet es seinen Mund tatsächlich.

4. Wahrnehmung und Konstruktion

Diese Beispiele legen nahe, das Sehsystem würde das Beobachtbare sehr effizient und wirklichkeitsgetreu abbilden und uns die visuelle Welt in all ihren Dimensionen vollständig erschließen. Psychophysik und experimentelle Befunde belegen jedoch, daß dem nicht so ist. Unsere Wahrnehmungen sind keine isomorphen Abbildungen einer wie auch immer gearteten Wirklichkeit. Sie sind vielmehr das Ergebnis hochkomplexer Konstruktionen und Interpretationsprozesse, die sich sehr stark auf gespeichertes Vorwissen stützen. Dieses Vorwissen wiederum speist sich aus unterschiedlichen Quellen, wobei sowohl evolutionäre Prozesse als auch individuelle Seherfahrungen, die das Gesehene zu interpretieren erlauben, von Bedeutung sind. Vielleicht ist Vorstellen zunächst Nachahmen gewesen? Unser Sehsystem geht zum Beispiel davon aus, Licht komme von oben. Strukturen, die Schatten nach unten werfen, werden deshalb als hervortretend, konvex, wahrgenommen, während Schatten am Oberrand eines Objektes auf konkave Vertiefungen verweisen (siehe Abb. 3). Warum wir das annehmen, ist zwar evolutionsgeschichtlich nachvollziehbar, doch stimmt die Annahme in unserer modernen Welt nur noch bedingt. Nach wie vor jedoch bestimmt sie unsere Wahrnehmung.

Künstler machen sich diese interpretative Leistung unseres Sehsystems zunutze, um beispielsweise mit zweidimensionaler Malerei durch entsprechende Schattierungen dreidimensionale Seheindrücke zu erzeugen. Interessant ist, daß wir keine bewußte Kontrolle über diese interpretativen Prozesse haben. Selbst wenn wir wissen, daß ein Objekt in zwei Dimensionen dargestellt ist, nehmen wir es dennoch –

wenn es naturalistisch genug gemalt ist – in drei Dimensionen wahr. Ein Beispiel sind die sogenannten Kanisza-Figuren. Wenn drei Kreisscheiben mit ausgeschnittenen Segmenten so angeordnet werden, daß man annimmt, die fehlenden Segmente seien durch die Spitzen eines undurchsichtigen, darübergelegten Dreiecks verdeckt, dann nimmt man tatsächlich ein Dreieck wahr (siehe Abb. 4). Unser Sehsystem zieht dann die Schlußfolgerung, daß es sich hier mit größter Wahrscheinlichkeit um intakte Kreisscheiben handelt und daß diese nur deshalb nicht vollständig sichtbar sind, weil ein ebenfalls geschlossener, symmetrischer Körper darüberliegt. Bei drei Kreisscheiben gehen wir davon aus, daß ein Dreieck darüberliegt, bei vier Kreisscheiben erwarten wir, daß es ein Quadrat ist. Unser Sehsystem erfindet also eine Figur, um der Vorerwartung Rechnung zu tragen, daß Objekte der Sehwelt symmetrisch, geschlossen, intakt, kurz: von guter Form sind. Kreisscheiben mit ausgeschnittenen Segmenten gehören nicht dazu, da sie in der Natur selten vorkommen.

Ähnlich eindrucksvoll sind die bekannten perspektivischen Täuschungen, die auf die Vorannahme zurückgehen, daß etwas, das weiter weg ist, automatisch kleiner erscheint. Werden in perspektivisch gezeichneten Bildern Personen im Hinter- und Vordergrund gleich groß wiedergegeben, erscheinen uns diejenigen im Hintergrund viel größer. Und auch in diesem Fall hat das Wissen um die Illusion keinen Einfluß auf die Wahrnehmung. Selbst wenn man sich durch Nachmessen davon überzeugt hat, daß die Personen im Hintergrund objektiv die gleiche Größe haben wie im Vordergrund, werden die im Hintergrund immer noch als größer wahrgenommen. Schließlich läßt sich das Sehsystem sogar dazu verführen, Unmögliches wahrzunehmen und Welten zu konstruieren, die keine natürliche Entsprechung haben können. Solches gelingt zum Beispiel durch eine Kombination von Täuschungsmanövern, die zu widersprüchlichen Interpretationen zwingen. Bei M. C. Escher finden sich viele Beispiele für solche Art Verführbarkeit wie auch für die Grenzen der konstruktivistischen Fähigkeiten unseres Sehsystems.

Inzwischen verfügen wir auch über eindrucksvolle neurobiologische Hinweise auf die konstruktivistische Natur der Wahrnehmung. Mit Hilfe bildgebender Verfahren läßt sich feststellen, wann welche Gehirnregionen aktiv werden, wenn sich eine Versuchsperson beispielsweise etwas vorstellt, etwas sieht oder wenn sie nachdenkt oder laut spricht. Man kann nun außerdem noch untersuchen, wie sich

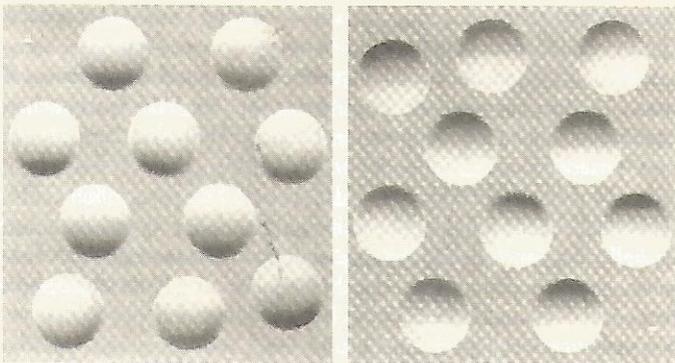


Abb. 3: Unser Sehsystem geht automatisch davon aus, daß Licht von oben kommt: Strukturen, die Schatten nach unten werfen (links), werden deshalb als konvex wahrgenommen, während Strukturen, die Schatten nach oben werfen, als konkav aufgefaßt werden.

Abbildung aus: Kandel, E. R./Schwartz, J. H./Jessell, T. M.: *Neurowissenschaften: Eine Einführung*. Heidelberg/Berlin/Oxford: Spektrum Akademischer Verlag 1996, S. 399, Abb. 21.9.

die Aktivierungsmuster unterscheiden, wenn sich die Versuchsperson ein Objekt beispielsweise mit geschlossenen Augen lediglich so konkret wie möglich vorzustellen versucht oder wenn sie das Objekt mit geöffneten Augen tatsächlich sieht. Der Vergleich führt zu dem erstaunlichen Ergebnis, daß fast alle Hirnrindenareale, die bei der Wahrnehmung sichtbarer Objekte aktiv werden, auch aktiviert sind, wenn man sich die Objekte nur vorstellt. Nur die primären sensorischen Areale der Hirnrinde, die ihre Signale direkt von den Sinnesorganen beziehen, zeigen bei der Vorstellung wenig oder gar keine Aktivierung. Dies belegt, wie nahe sich Vorstellung und Wahrnehmung kommen. Im pathologischen Fall, bei halluzinatorischen Wahrnehmungen zum Beispiel, verschmelzen diese Grenzen vollständig. Halluzinierende Menschen nehmen eine selbstgenerierte Aktivität so wahr, als wäre sie durch konkrete von außen kommende Sinnesreize ausgelöst. Wenn man mit bildgebenden Verfahren untersucht, welche Gehirnregionen während der Halluzination aktiv werden, dann findet sich bei Patienten mit sprachbezogener Halluzination, wie erwartet, eine erhöhte Aktivität in allen Hirnrindenarealen, die auch aktiv werden, wenn wir stumm sprechen, uns Sprache also nur vor-

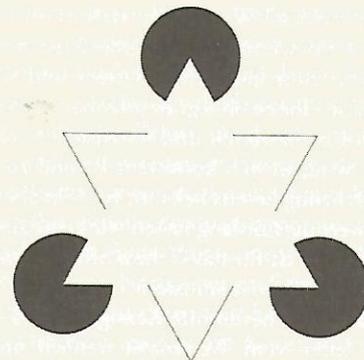


Abb. 4: Unser Sehsystem favorisiert geschlossene Formen. Kreisscheiben mit ausgeschnittenen Segmenten gehören nicht dazu. Deshalb ergänzen wir automatisch ein darüberliegendes Dreieck.

Abbildung aus: Kandel, E. R./Schwartz, J. H./Jessell, T. M.: *Neurowissenschaften: Eine Einführung*. Heidelberg/Berlin/Oxford: Spektrum Akademischer Verlag 1996, S. 398, Abb. 21.7.

stellen. Zusätzlich aber wird noch die primäre Hörrinde aktiv. Wenn sich hingegen gesunde Versuchspersonen, die keine Halluzination haben, vorstellen, daß jemand spricht, wird die primäre Hörrinde niemals mit aktiviert. Bei den Patienten mit Halluzinationen schlägt offenbar die selbsterzeugte Aktivität höherer Hirnrindenareale durch bis auf dieses primäre Areal der Hörrinde, so daß diese jedesmal, wenn eine Halluzination auftritt, vorübergehend aktiviert wird. Diese Aktivierung kann fast so stark sein wie die Aktivierung bei einer tatsächlichen auditorischen Reizung. Offenbar ist es also so, daß das Gehirn Aktivität, auch wenn sie nicht von außen kommt, sondern selbst erzeugt wird, als real wahrnimmt, wenn primäre Areale mit aktiviert werden.

Dies wirft die interessante Frage auf, wie das Gehirn überhaupt weiß, ob und wann etwas, das es rekonstruiert und wahrgenommen hat, zutrifft und stimmig ist. Eine mögliche Interpretation der Halluzinationsexperimente wäre, daß wir Inhalte dann für real halten, wenn Aktivität in primären sensorischen Arealen auftritt. Aber das garantiert natürlich noch nicht, daß das Wahrgenommene mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Woher nimmt das Gehirn die Sicherheit, daß das, was es wahrnimmt, tatsächlich mit dem übereinstimmt, was

die Sinnesorgane melden? Wir wissen, daß es im Gehirn Systeme gibt, die sich mit der Bewertung hirnterner Zustände befassen. Diese Zentren gehören zum limbischen System und sind stammesgeschichtlich relativ alt. Ihnen obliegt es offenbar, die verteilten Aktivitäten im Großhirn zu bewerten und festzustellen, ob das, was dort jeweils erarbeitet wird, in sich konsistent ist und zu dem paßt, was durch frühere Erfahrung bereits bekannt ist. Was aber sind die Kriterien für diese Bewertung? Bislang haben wir keine Antwort auf diese faszinierende Frage. Es ist für das Gehirn offenbar möglich, aus den ständig wechselnden Aktivitätsmustern raum-zeitlich strukturierter elektrischer Entladungen bestimmte Kenngrößen zu extrahieren, die es erlauben, die Spreu vom Weizen zu trennen und festzustellen, wann eine Wahrnehmung konsistent ist, ein Gedanke schlüssig, eine Entscheidung richtig, ein Bild fertig. Wir wissen nicht, welches die internen Kriterien sind, die uns dazu befähigen. Eine Hypothese wäre, daß als Konsistenzbeweis gilt, wenn das, was über die Sinnessignale geliefert wird, mit dem Vorwissen kompatibel ist, welches das Gehirn über die Welt gespeichert hat. Gehirne verfügen über beträchtliches Weltwissen, schon wenn sie auf die Welt kommen, denn im Laufe der Evolution wurde durch Versuch und Irrtum viel Wissen angesammelt. Dieses Wissen liegt in den Genen gespeichert und wird während der Individualentwicklung in Gehirnstrukturen exprimiert. Unsere Gehirne verdanken einen Großteil ihrer Ausdifferenzierung genetischen Instruktionen. Diese legen die Arbeitsweise des Gehirns fest und damit die Kriterien, nach denen die Signale aus der Welt verrechnet und bewertet werden. In der Verschaltung der Nervenzellen liegt also Wissen über zweckmäßige Verrechnungsoperationen und damit Vorwissen über die Welt, in der wir uns bewegen. Die Gene sind eine Quelle des Vorwissens, an dem sich hirnterne Bewertungszentren orientieren könnten. Dann ist da das Erfahrungswissen, das im Laufe der Individualentwicklung hinzukommt. Denkbar wäre also, daß dann, wenn sich sensorische Signale mit Gewußtem decken, das Gehirn zu dem Schluß kommt, es stimme. Ein weiteres Kriterium für Stimmigkeit könnte, wie bereits ausgeführt, intermodale Kongruenz sein. Wenn Geruchs-, Gehör-, Seh- und taktiler Sinn alle zum gleichen Ergebnis kommen, dann stimmt das Wahrgenommene wahrscheinlich. Solche Kongruenz ist jedoch nur ein Wahrscheinlichkeitskriterium, das nicht vor Täuschung schützt, im Gegenteil: Das System wird durch Vertrauen auf die Validität

des Kontingenzkriteriums in hohem Maße verführ- und täuschbar, wenn es mit einer manipulierten Sinneswelt konfrontiert wird. Wenn es gelingt, durch künstliche oder manipulative Verfahren zu erreichen, daß verschiedene Sinnessignale als deckungsgleich wahrgenommen werden, dann hat das Gehirn überhaupt keine Chance herauszufinden, daß es getäuscht worden ist. Systeme, die virtuelle Realität erzeugen, beweisen dies auf eindrucksvolle Weise. Ein Pilot in einem Flugsimulator erfährt visuelle Eindrücke ganz so, als flöge er. Auch hört er Geräusche und fühlt Vibrationen und Beschleunigungen so, als säße er im Flieger. Nach wenigen Sekunden ist das Bewußtsein, auf der festen Erde zu sitzen und keiner Gefahr ausgesetzt zu sein, verdrängt. Der Pilot reagiert auf Krisen mit dem gleichen Erschrecken, wie er dies in Wirklichkeit täte. Viele dürften ähnliche Erfahrungen in IMAX-Kinos gewonnen haben. Wenn mehrere Sinnessysteme das gleiche behaupten, dann läßt man sich überzeugen, daß dem so ist. Dieses Faktum wird natürlich von den Medien genutzt, um zu überzeugen. Die Printmedien suchen nach Kongruenz von Wort und Bild. Das Fernsehen hat sogar die Möglichkeit, Schrift, Ton und bewegte Bilder zur Deckung zu bringen, um Zweifel zu beschwichtigen. Damit können starke Evidenzerlebnisse erzeugt werden, und ebensogroß ist das entsprechende Täuschungspotential. Seit wir über digitale Bildverarbeitung verfügen, sind wir der Manipulation hilflos ausgeliefert, da wir immer noch archaisch glauben, das, was wir sehen, sei wahr, anstatt uns klarzumachen, daß das, was wir sehen, mannigfach manipuliert sein kann. Ich vermute dennoch, daß die immer häufiger werdende Erfahrung, über den so verläßlich geglaubten Gesichtssinn getäuscht zu werden, zunehmende Skepsis erzeugen wird. Wir werden dann nicht an unseren Sinnen zweifeln, sondern an dem, was ihnen die Medien zu verarbeiten geben. Und so könnte sich in absehbarer Zeit das, was wir als *iconic turn* erleben, zum *iconic turn down* wandeln, wenn die Medien nicht sorgfältiger mit der Bilderflut umgehen.

5. Das Bild im Kopf

Wie werden nun Sinnessignale zu Wahrnehmungen? Wie werden aus den Bildern auf der Netzhaut Bilder im Kopf? Es stellt sich die Frage der neuronalen Organisation des inneren Auges. Die Intuition legt

nahe, daß es irgendwo im Gehirn ein Zentrum geben muß, in dem alle Informationen aus den verschiedenen Sinnessystemen gesammelt werden, um dann einer einheitlichen Interpretation zugeführt zu werden. Es wäre dies der Ort, an dem ein kohärentes Bild der Welt entsteht, der Ort, an dem Entscheidungen getroffen und Verhaltensreaktionen programmiert werden. Es wäre dies der Ort, an dem das »Ich« residiert und sich seiner bewußt wird. Diese Vorstellung, weil intuitiv so plausibel, hat jahrzehntelang auch unser Vorgehen bei der wissenschaftlichen Analyse von Hirnfunktionen geleitet. Die Untersuchungen, welche diese Hypothese bestätigen sollten, haben jedoch zu der Erkenntnis geführt, daß uns unsere Intuition getäuscht hatte und die Vorstellung von der Existenz eines Konvergenzzentrums nicht länger haltbar war. Heutige Darstellungen von vernetzten Hirnrindenarealen entwerfen ein gänzlich anderes Bild. Die verschiedenen, mit unterschiedlichen Aufgaben betrauten Areale sind über ein komplexes Netz von Verbindungen wechselseitig miteinander verkoppelt. Doch nirgends findet sich ein Areal, das als singuläres Konvergenzzentrum, als Endpunkt einer Verarbeitungshierarchie gesehen werden könnte. In jedem der auf diese Weise verkoppelten Hirnrindenareale befinden sich Millionen, oft Milliarden von Nervenzellen, die miteinander innerhalb des gleichen Areals, aber auch über Arealgrenzen hinweg kommunizieren. Eine bestimmte Zelle erhält dabei die überwiegende Mehrheit ihrer Eingangssignale von anderen Hirnrindenneuronen. Nur ein kleiner Prozentsatz von Zellen in primär sensorischen Arealen erhält Signale von den Sinnesorganen. Die Hirnrinde ist also hauptsächlich mit sich selbst beschäftigt. Die Signale aus der Umwelt sind nur lose eingekoppelt. Jedes der vielen Areale arbeitet an bestimmten Teilaspekten und sendet dann die Ergebnisse der jeweiligen Rechenprozesse an andere weiter.

6. Das Bindungsproblem

Wie kann nun ein System mit solch distributiver Organisation kohärente Bilder von der Welt entwerfen? Und wie kann es die Vielfalt von Teilergebnissen zu einer Gesamtheit zusammenfügen? Wir bezeichnen dieses Problem als das Bindungsproblem und haben dafür noch keine konsensfähige Lösung. Ich will dennoch versuchen, nachvollziehbar zu machen, welche Zugangswege zur Lösung dieses

Problems die Hirnforschung anbietet. Betrachtet man eine komplexe visuelle Szene, so vergeht oft geraume Zeit, bis geklärt ist, welche Konturen zu welchen Objekten gehören. Der Grund ist, daß das Sehsystem dabei eine äußerst anspruchsvolle Leistung vollbringen muß, eine Leistung, die bis jetzt keines der mustererkennenden technischen Systeme auch nur annähernd so gut bewältigen kann wie unser Gehirn. Das Sehsystem muß herausfinden, welche der vielen, in komplexen Szenen oder Bildern enthaltenen Konturen zusammengehören und gemeinsam eine Figur definieren. Das Sehsystem ist in der Lage, jene Konturelemente ausfindig zu machen, die zusammengebunden werden müssen, um eine Figur zu ergeben. Dabei muß es diese Gruppierungsleistung erbringen, bevor es weiß, welche Objekte im Bild enthalten sind. Denn erst, wenn diese Gruppierung erfolgreich war und die zu einer Figur gehörigen Bildelemente richtig gebunden wurden, läßt sich die Figur als solche isolieren und identifizieren. Bei diesem Gruppierungsprozeß geht das Sehsystem nach zum Teil angeborenen, zum Teil erlernten Kriterien vor, die etwas über die Beschaffenheit von Objekten aussagen. Zu solchen Kriterien, die auch als Gestaltgesetze bezeichnet werden, gehören etwa Geschlossenheit, Kontinuität, kohärente Bewegung und Ähnlichkeit. Auch bei der Verarbeitung visueller Informationen gibt es also ein Bindungsproblem, das im Prinzip demjenigen ähnelt, das beim Zusammenbinden der weit verteilten Aktivitäten im Gehirn auftritt. Wir stellen uns nun, in Anlehnung an das intuitiv plausible Konzept, daß an einem Ort zusammenkommen muß, was gebunden werden soll, vor, daß die zu bindenden Sinnessignale auf gemeinsame Zielneuronen verschaltet werden müßten. Von Neuronen, die auf die verschiedenen Bildkomponenten reagieren, sollten dann Verbindungen auf die Zielneuronen geschaltet werden, so daß diese dann auf die entsprechenden Kombinationen von Komponenten ansprechen. Und es gibt tatsächlich Hinweise für diese von uns angenommene Bindungsstrategie. In der Netzhaut des Auges reagieren die Zellen noch auf sehr allgemeine Variablen wie zum Beispiel die Helligkeit und Farbe von Bildpunkten. Zellen in der Hirnrinde sind bereits viel selektiver und reagieren nur noch auf ganz bestimmte Konstellationen dieser elementaren Variablen wie etwa Linien oder Konturgrenzen. Je höher die Verarbeitungsebene, umso komplexer werden die Antwortigenschaften der Neuronen. Durch Konvergenz und Rekombination von Eingangsverbindungen werden über mehrere Verarbei-

tungsstufen hinweg Neuronen herausgebildet, die auf zunehmend komplexere Konstellationen von elementaren Merkmalen ansprechen. Dieses Erkenntnis nährte für einige Zeit die Erwartung, daß sich am Ende des Verarbeitungspfades Neuronen finden würden, die selektiv auf einzelne visuelle Objekte und Gestalten reagieren. Inzwischen ist deutlich geworden, daß diese Spezialisierungsstrategie vom Gehirn nur bis zu einer relativ niedrigen Komplexitätsstufe verfolgt wird. Es gibt keine Areale, in denen sich Zellen befinden, die ganze Objekte kodieren. Bei Gesichtern geht die Spezialisierung vermutlich am weitesten, weil deren Repräsentation für sozial kompetente Wesen sehr wichtig ist, aber auch hier finden sich keine Zellen, die individuelle Gesichter kodieren. So gibt es auch im Gehirn von Affen keine Zellen, die selektiv auf Bananen oder Erdnüsse reagieren. Und das hat gute Gründe. Denn würde eine solche Kodierungsstrategie konsequent durchgehalten, dann würde sie zu einer kombinatorischen Explosion der Zahl von Nervenzellen führen, die benötigt würden, um alle möglichen Objekte der dinglichen Welt zu repräsentieren. Man bräuchte für jedes erkennbare Objekt einen ganzen Satz spezialisierter Nervenzellen, da sich jedesmal, wenn ein Objekt im Raum gedreht wird, eine andere Merkmalskonstellation im entsprechenden Netzhautbild ergibt. Zur Repräsentation der verschiedenen Erscheinungsformen von Objekten bedürfte es also jeweils eines Satzes spezialisierter Zellen samt der hierfür erforderlichen Verschaltungen. Obgleich es im Gehirn viele Zellen gibt, dürfte der hierfür notwendige Bedarf die Ressourcen des Gehirns übersteigen. Noch gravierender wird das Problem, wenn mit dieser Strategie neue Objekte repräsentiert werden sollen. Formt ein Künstler eine neue Skulptur, bereitet es keine Schwierigkeiten, sie sofort zu erkennen, zu beschreiben und zu erinnern. Aber woher sollen die Nervenzellen kommen, die just diese Skulptur kodieren? Andere Probleme sind mit der Repräsentation syntaktischer Strukturen verbunden, mit der Repräsentation verschränkter Relationen. Solches läßt sich mit hochspezialisierten Neuronen alleine nicht mehr bewerkstelligen, weil die Kombinatorik hier gegen unendlich geht.

Aus diesen Gründen wurden komplementäre Kodierungsstrategien postuliert. Donald Hebb zum Beispiel schlug vor, daß die nicht weiter reduzierbare Repräsentation eines kognitiven Gegenstands, eines Objekts etwa oder eines Begriffes, in der koordinierten Aktivität einer großen Zahl von Nervenzellen bestehen sollte. Jede einzelne

von ihnen würde dabei nur für Teilaspekte des Gegenstandes kodieren, und die Gesamtheit wäre die nicht weiter reduzierbare Beschreibung eines komplexen Inhalts. Die Eleganz und Ökonomie dieser Kodierungsstrategie besteht darin, daß jetzt die gleichen Nervenzellen durch Einbindung in unterschiedliche Ensembles genutzt werden können, um ganz unterschiedliche Objekte zu repräsentieren. Mit einem endlichen Satz von Nervenzellen, die relativ elementare Merkmale kodieren, lassen sich nahezu unendlich viele Kombinationen erzeugen, von denen jede für ein bestimmtes kognitives Objekt kodiert. Mustererkennungsmaschinen funktionieren samt und sonders nach dem oben diskutierten, klassischen Bindungsschema. Der Grund, warum diese Kodierungsstrategie nicht schon längst technisch umgesetzt wurde, um die Beschränkungen der technischen Mustererkennungsmaschinen zu überwinden, liegt darin, daß bei der Ensemble-Kodierung ebenfalls schwer zu bewältigende Bindungsprobleme auftreten. Es wird naturgemäß Situationen geben, wo mehrere Objekte zum Teil die gleichen Merkmale aufweisen und gleichzeitig repräsentiert werden müssen. In diesem Fall müßten die Neuronen, die für die gemeinsamen Merkmale kodieren, gleichzeitig an mehreren Ensembles teilnehmen. Dies würde aber einer Fusion der Ensembles gleichkommen, und es ließe sich nicht mehr klären, welches Neuron zu welchem Ensemble gehört, ein Problem, das als ›Superpositionskatastrophe‹ bezeichnet wird. Donald Hebb hat diese Schwierigkeit nicht thematisiert. Er forderte lediglich, daß Neuronen, die zu einem Ensemble gehören, sich dadurch als zugehörig ausweisen sollten, daß sie aktiver sind als solche, die nicht dazugehören. Dies macht so lange keine Probleme, wie es nur ein Objekt gibt. Die Zugehörigkeit der Zellen zum ›Ensemble‹ ist dann auf eindeutige Weise definiert. Aber wenn mehrere Objekte vorhanden sind, die zum Teil die gleichen Merkmale aufweisen und deshalb Ensembles aktivieren, die auf Teilmengen der gleichen Neuronen rekurren müssen, dann ergeben sich mehrere Gruppen von Neuronen, die allesamt eine erhöhte Aktivierung aufweisen. Es wird dann unmöglich, herauszufinden, welche Neuronen zu welchem Ensemble gehören. Auf diese Weise entsteht also ebenfalls wieder ein Bindungsproblem, es müssen wieder Relationen definiert und Gruppierungen vorgenommen werden. Ein Vorschlag zur Lösung dieses Problems – und diesen versuchen wir am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt experimentell zu überprüfen – geht davon aus, daß Re-

lationen durch die zeitliche Synchronisation der Entladungen von Nervenzellen definiert werden. Die Hypothese ist, daß die Entladungen der Nervenzellen, die ein Ensemble bilden, hochsynchron erfolgen, daß jedoch zwischen den Aktivitäten von Zellen, die zu verschiedenen Ensembles gehören, keine konsistenten zeitlichen Relationen bestehen. Inzwischen suchen immer mehr Arbeitsgruppen nach einer Antwort auf die Frage, ob die Synchronisationsphänomene, die seit ihrer Entdeckung immer häufiger beschrieben werden, tatsächlich die postulierte Bindungsfunktion haben oder ob sie in anderem Kontext von Bedeutung sind. Die Befunde hierzu sind mittlerweile zu vielfältig und differenziert, um in diesem Rahmen beschrieben zu werden. Die meisten stützen die Hypothese, daß präzise Synchronisation zur Selektion neuronaler Antworten und als Signatur der Zusammengehörigkeit eingesetzt wird. Vieles spricht ferner dafür, daß nicht nur das visuelle System, sondern alle sensorischen Systeme diese Option zur Selektion und Bindung von neuronaler Aktivität nutzen und daß dieser Mechanismus darüber hinaus auch bei der Steuerung von Bewegungen und der Speicherung von Information zur Anwendung kommt. So spricht vieles dafür, daß die Repräsentation kognitiver Inhalte distributiver Natur ist und aus Ensembles von Neuronen besteht, die sich in flexibler, kontextabhängiger Weise gruppiert haben und sich durch die Synchronizität ihrer Aktivität als zusammengehörig ausweisen. Die neuronale Entsprechung dessen, was wir als Bild wahrnehmen, und damit auch das Substrat unserer inneren Bilder und Vorstellungen, könnte somit ein weit verteiltes, dynamisches raum-zeitliches Erregungsmuster sein, an dem jeweils sehr viele Neuronen teilhaben, die über viele Hirnrindenareale verteilt sind. Das hieße dann aber auch, daß die Inhalte unseres Bewußtseins verteilte Erregungszustände sein müssen, die nicht an einem bestimmten Punkt oder in einem Konvergenzzentrum lokalisierbar sind. Dies impliziert nicht, daß Funktionen nicht lokalisiert sein können. Wenn bestimmte Areale zerstört werden, dann fallen Teilaspekte unserer bewußten Wahrnehmung aus, wie vorher am Beispiel der visuellen Ataxie ausgeführt wurde, doch das Bewußtsein bleibt erhalten. Dies weist darauf hin, daß Verarbeitungsergebnisse, die in den einzelnen Gehirnrindenregionen erbracht werden, in vielfältigen Kombinationen zu einem Ganzen zusammengebunden und bewußt werden können. Vermutlich erfolgt dies dadurch, daß die verschiedenen Gehirnrindenregionen und damit die in ihnen residierenden

Zellen ihre Aktivitäten zeitlich koordinieren und auf diese Weise hochkomplexe, rasch wechselnde dynamische Muster erzeugen, welche das nicht weiter reduzierbare Substrat kognitiver Zustände und Inhalte sind.

7. Abschließende Bemerkungen

Ziel dieses kurzen Ausflugs in die Neurobiologie war, das Gehirn als ein in hohem Maße aktives, auf sein eigenes Wissen zurückgreifendes, selbstreferentielles System vorzustellen, das auf der Basis der gespeicherten Information – genetischer ebenso wie im Laufe der biologischen Entwicklung erworbener – aus dem wenigen, was die Sinnessysteme zur Verfügung stellen, ein kohärentes Bild der Welt zusammensetzt. Das Gehirn entwirft Modelle der Welt, vergleicht dann die einlaufenden Signale mit diesen Modellen und sucht nach den wahrscheinlichsten Lösungen. Diese müssen nicht unbedingt mit der physikalischen Realität übereinstimmen – und sie tun dies in vielen Fällen auch nicht –, denn es kommt vorwiegend darauf an, die Variablen zu bewerten, die für das Verhalten relevant und für das Überleben dienlich sind. Es ist wichtig, dabei so schnell wie möglich zu sein. Unsere Kognition fußt also auf Wahrscheinlichkeitsberechnungen und Inferenzen. Das Faszinierende dabei ist, daß wir das Ergebnis dieses interpretativen Aktes als Wirklichkeit auffassen. Wir merken nicht, daß wir konstruieren, sondern wir glauben, daß wir abbilden. Es ist dies eine der vielen Illusionen, denen wir erliegen. Eine weitere betrifft die Vorstellung, daß wir im Gehirn ein Kommandozentrum haben, in dem das Ich residiert und wertet, entscheidet und befiehlt. Statt dessen müssen wir uns das Ich als einen räumlich verteilten, sich selbst organisierenden Zustand denken – was weder attraktiv erscheint noch leichtfällt. Hinzu kommt unser zunehmendes Unbehagen angesichts der Inkompatibilität zwischen unserer Selbsterfahrung und dem naturwissenschaftlichen Bild von uns. Subjektiv erfahren wir uns als autonome, mentale, mit einem freien Willen ausgestattete Handelnde, die selbst entscheiden, was sie tun wollen, und diese Entscheidung dann in neuronale Aktivität umsetzen, damit dann auch das geschieht, was sie tun wollen. Diese Sicht ist immer weniger vereinbar mit den Ergebnissen neurobiologischer Forschung. Wir leben also parallel in zwei Welten. In der einen,

der subjektiv erfahrenen, nehmen wir unsere Wahrnehmungen für die Realität und merken nicht, daß wir konstruieren – vermuten unser Ich an einem singulären Ort und trauen ihm zu, frei schalten und walten zu können. Aus neurobiologischer Perspektive hingegen müssen wir erkennen, daß diese Annahmen und Vorstellungen in hohem Maße unplausibel sind. Die Zukunft wird zeigen, wie sich diese Einsichten auf unser Selbstbild auswirken werden. Vielleicht werden wir uns einfach an die Widersprüche gewöhnen, so wie wir uns an die Inkompatibilität gewöhnt haben, daß uns die Sonne im Osten aufgeht, während wir wissen, daß sich die Erde unter ihr hindurch dreht. Diese Dissoziation macht uns anscheinend keine Probleme. Die beiden Beschreibungen erfüllen komplementäre Funktionen. Das eine nutzt der Literatur, das andere den Raketenbauern. Nicht hinnehmen aber werden wir die Erfahrung, daß wir auch mit Bildern getäuscht werden können. Dies wird unser Zutrauen zu Bildern nachhaltiger erschüttern, als es Zweifel an unserer eigenen Wahrnehmung je vermögen.

HANS-JÖRG RHEINBERGER

Sichtbar Machen

Visualisierung in den Naturwissenschaften

Die folgenden Ausführungen über das Sichtbarmachen in den Naturwissenschaften gehen von einer grundsätzlichen Überlegung zur Verfaßtheit der neuzeitlichen Wissenschaften aus, die zu verstehen helfen soll, wie Visualisierung in den Wissenschaften verortet ist und als Problem angegangen werden kann. Es ist wohl nicht zu weit hergeholt, wenn man behauptet, daß das Sichtbarmachen von etwas, das sich nicht von sich aus zeigt, das also nicht unmittelbar evident ist und vor Augen liegt, den Grundriß und Grundgestus der modernen Wissenschaft überhaupt ausmacht. Solches Sichtbarmachen ist immer schon mit mannigfachen Formen des Eingreifens in das Darzustellende und der Manipulation seiner Bestandteile verbunden. Eben deshalb hat sich in der wissenschaftlichen Erkenntnisproduktion der Neuzeit historisch eine so enge Verbindung zwischen Wissen und Technik herausgebildet. Man kann in diesem Zusammenhang von einer grundsätzlichen technologischen Verfaßtheit der naturwissenschaftlichen Erkenntnisproduktion sprechen. Es gibt also im Innersten der naturwissenschaftlichen Form des Wissensgewinns so etwas wie ein technisches Momentum. Es manifestiert sich im instrumentellen Zugriff als sichtbare Spur, die der Eingriff hinterläßt.

An diesem Begriff der Spur oder auch des Graphismus gilt es anzuknüpfen.¹ Die Spur ist eine Form der Manifestation, die noch nicht entweder in die Schrift oder ins Bild in ihren traditionell ausgeprägten Formen gekippt ist. Die Spur ist beiden vorgängig. Von dieser Vorgängigkeit her läßt sich vielleicht bestimmen, was epistemisch vor sich geht und auf dem Spiel steht in den materiellen Transformationsvorgängen des Experiments, und zwar noch diesseits von Bildkritik auf der einen Seite und von Schriftkritik auf der anderen. Das war und ist der Einsatz der Experimentalsystem-Perspektive. Das bedeutet aber, daß die Reflexion auf die technologischen Bedingungen von solchen Spuren erzeugenden Erkenntnisumgebungen unabdingbar ist. Genau diese Vermitteltheit jedoch, und damit auch die Auf-

1 Vgl. auch Rheinberger 2007 sowie die weiteren dort versammelten Aufsätze.

Bildtheorien

Anthropologische und kulturelle Grundlagen des Visualistic Turn

Herausgegeben von
Klaus Sachs-Hombach

Bilder sind in unserer Kultur allgegenwärtig und gewinnen auch in den Wissenschaften zunehmend an Bedeutung. Entsprechend war in den vergangenen Jahrzehnten wiederholt von einer Wende zum Bild – vom *visualistic* oder *pictorial turn* – die Rede, ohne daß der damit verbundene Anspruch bislang ausreichend begründet worden wäre. Er bleibt daher zunächst nur Ausdruck des rasanten Anstiegs von bildhaften Darstellungen in allen wichtigen Bereichen der Gesellschaft. In diesem Band werden die tieferen Wurzeln der Bildthematik ausgelotet, um ihre theoretische Fundierung zu ermöglichen. Hierbei geht es zum einen um die anthropologischen Grundlagen der Bildthematik, etwa um die Neurobiologie der Bildwahrnehmung oder den Zusammenhang zwischen Bild und Evolution, zum anderen um eine kurze Theoriegeschichte der wichtigsten bildwissenschaftlichen Traditionen. Der Band schließt mit einer ersten Bilanz der derzeit aktuellen Diskussion zur visuellen Kultur.

Klaus Sachs-Hombach, geboren 1957, ist Professor für Philosophie an der Universität Chemnitz. Bereits erschienen bei Suhrkamp: *Bildwissenschaft. Disziplinen, Themen, Methoden* (stw 1751).

Suhrkamp

Bildtheorien
 von
 Franz M. Wuketits
 Gerhard Bosinski
 Jan Assmann
 Wolf Singer
 Hans-Jörg Rheinberger
 Oliver Robert Scholz
 Stefan Majetschak
 Michael Diers
 Felix Thürlemann
 Winfried Nöth
 Antje Kapust
 Jakob Steinbrenner
 W. J. T. Mitchell
 Tom Holert
 Gustav Frank
 Klaus Sachs-Hombach
 und Jörg R. J. Schirra

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.

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 1888
 Erste Auflage 2009

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 2009

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Übersetzung,
 des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung
 durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form
 (durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)

ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert
 oder unter Verwendung elektronischer Systeme
 verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Umschlag nach Entwürfen von Willy Fleckhaus und Rolf Staudt

Satz: Hümmel GmbH, Waldbüttelbrunn

Druck: Druckhaus Nomos, Sinzheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-518-29488-8

I 2 3 4 5 6 - 14 13 12 11 10 09

Inhalt

Einleitung 7

I. Anthropologische Grundlagen

FRANZ M. WUKETITS Bild und Evolution.	
Bilder: des Menschen andere Sprache	17
GERHARD BOSINSKI Das Bild in der Altsteinzeit	31
JAN ASSMANN Altägyptische Bildpraxen und ihre impliziten Theorien	74
WOLF SINGER Das Bild in uns. Vom Bild zur Wahrnehmung	104
HANS-JÖRG RHEINBERGER Sichtbar Machen. Visualisierung in den Naturwissenschaften	127
OLIVER ROBERT SCHOLZ Abbilder und Entwürfe. Bilder und die Strukturen der menschlichen Intentionalität	146

II. Theoriegeschichte

STEFAN MAJETSCHAK Die Sichtbarkeit des Bildes und der Anblick der Welt. Über einige Anregungen Konrad Fiedlers für die Bild- und Kunsttheorie	165
MICHAEL DIERS Atlas und Mnemosyne. Von der Praxis der Bildtheorie bei Aby Warburg.	181
FELIX THÜRLEMANN Ikonographie, Ikonologie, Ikonik. Max Imdahl liest Erwin Panofsky	214
WINFRIED NÖTH Bildsemiotik	235
ANTJE KAPUST Phänomenologische Bildpositionen	255
JAKOB STEINBRENNER Bildtheorien der analytischen Tradition	284

III. Visual Culture

W. J. T. MITCHELL Vier Grundbegriffe der Bildwissenschaft	319
TOM HOLERT Regimewechsel. Visual Studies, Politik, Kritik	328
GUSTAV FRANK Literaturtheorie und Visuelle Kultur	354
KLAUS SACHS-HOMBACH UND JÖRG R. J. SCHIRRA Medientheorie, visuelle Kultur und Bildanthropologie . . .	393