

erscheint in: A. Schütz, H. Selg, M. Brand & S. Lautenbacher (Eds.), *Psychologie. Eine Einführung in ihre Grundlagen und Anwendungsfelder*. Stuttgart: Kohlhammer.

Wahrnehmungspsychologie

Rainer Mausfeld

1 Einleitung

1.1 Unsere Alltagskonzeption von der Wahrnehmung

Aus unserer Alltagsperspektive haben wir mit der Wahrnehmung in der Regel keine Probleme, so dass sie uns unter psychologischen Aspekten nicht sonderlich interessant erscheint. Wahrnehmen bedeutet, unseren Alltagsintuitionen zufolge, sich ein für unser Handeln angemessenes Bild der physikalischen Außenwelt zu machen; ein solches Bild wird durch die Sinne vermittelt. Abb. 1 illustriert am Beispiel der visuellen Wahrnehmung, wie wir uns im Kern den Wahrnehmungsprozeß vorstellen.

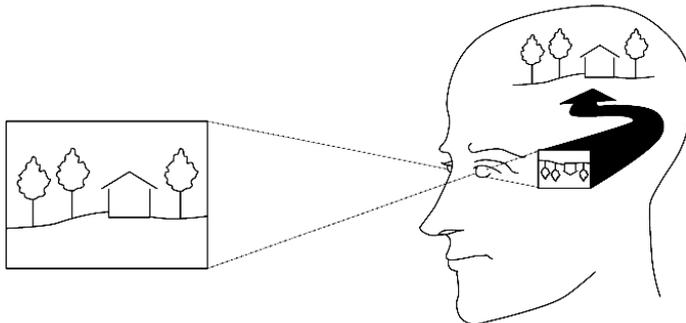


Abb. 1: Alltagskonzeption der Wahrnehmung

Unsere Alltagskonzeption der Wahrnehmung drückt also in ihrem Kern einen naiven Realismus aus: "Die Eigenschaften externer Objekte werden vom Auge erfaßt und durch Verarbeitungsprozesse im Gehirn unserem Geist vermittelt. Daher sehen wir die Welt so, wie sie wirklich ist." Insbesondere sind wir überzeugt, dass die Kategorien unserer Wahrnehmung auch Kategorien der Außenwelt sind und dass wir - bis auf einige ‚Sinnes-täuschungen‘ - die Welt so sehen, wie sie wirklich ist (vgl. Pylyshyn, 2003). Wobei wir natürlich bereit sind, einige ‚Spitzfindigkeiten‘ zu berücksichtigen, zu denen uns die Physik zwingt, die ja ihrerseits beansprucht, die Welt so zu beschreiben, wie sie wirklich ist: Natürlich nehmen wir beim Schmecken nicht die chemische Struktur von Molekülen wahr, sondern Geschmacksqualitäten, wie süß, sauer, salzig oder bitter, natürlich sehen wir nicht Wellenlängen des Lichtes, sondern Farben. Wir sind also in einigen Fällen

bereit zuzugestehen, dass wir die Welt nicht so wahrnehmen, wie die Physik sie beschreibt, sondern dass wir hier und da einige subjektive Aspekte hinzufügen: Doch mindert dies kaum unsere grundsätzliche Überzeugung, dass die Wahrnehmung - abgesehen von ‚subjektiven Sinnesqualitäten‘ und einigen Sinnestäuschungen – wirklichkeitsgetreu ist.

Dieser naive Realismus ist in unserem Alltag höchst zweckmäßig. Dass wir also über eine solche Alltagskonzeption der Wahrnehmung verfügen, stellt selbst eine zentrale Leistung unseres Gehirns dar, nämlich uns den Eindruck zu geben, wir stünden in der Wahrnehmung in einem direkten Kontakt mit der Welt. Erst wenn wir versuchen, im Rahmen einer *naturwissenschaftlichen* Zugangsweise die Prinzipien der Wahrnehmung theoretisch zu verstehen, zeigt sich, dass unsere Alltagskonzeption der Wahrnehmung (und psychischer Prozesse allgemein) kein guter Leitfaden ist, um die abstrakten Prinzipien, auf denen Wahrnehmungsleistungen und andere mentale Prozesse basieren, zu verstehen.

Bereits ein Vergleich der Welt, wie sie sich in unserer Wahrnehmung darstellt, mit der Welt, wie die Physik sie beschreibt, läßt die Unangemessenheit eines naiven Realismus erkennen. Die Dinge, die unsere Wahrnehmungswelt bevölkern, sind nicht die abstrakten Entitäten, welche die theoretische Physik zugrunde legt (wie Atome, Quarks, Superstrings, Gravitationsfelder, etc.). Auch wird der überwiegende Teil des auf den Organismus treffenden raum-zeitlichen Energiemusters überhaupt nicht wahrgenommen oder für biologische Zwecke verwendet; nur einige Aspekte werden für eine biologische Anpassung des Organismus an seine Umwelt herausgefiltert. Beispielsweise können wir weder die Polarisierungsebene von Licht wahrnehmen noch die Richtung magnetischer Felder. Was wir als Realität ansehen, ist also ein Produkt unseres Wahrnehmungssystems. Dies macht bereits deutlich, dass die Wahrnehmung nicht dem Erkennen der ‚physikalischen Realität‘ dient. Vielmehr ist unser Konzept von ‚Realität‘ bereits durch die uns biologisch verfügbaren Bedeutungskategorien bestimmt. Die vom Wahrnehmungssystem bzw. Gehirn generierte ‚Realität‘ ist also eine andere als das, was von der Physik als ‚Realität‘ postuliert wird. Wie sich beide Konzepte von ‚Realität‘ zueinander verhalten ist seit den Anfängen des Denkens eine der großen Fragen der Naturforschung. Dass sie nicht ganz auseinanderfallen, dürfte angesichts unserer Evolutionsgeschichte wohl offenkundig sein. Doch die Tatsache, dass es in biologisch relevanten Aspekten strukturelle Beziehungen zwischen beiden geben muß, darf uns in der Wahrnehmungspsychologie nicht dazu verleiten, die Bedeutungskategorien unseres Geistes mit den beobachterunabhängigen Kategorien zu verwechseln, mit denen die Physik die Realität beschreibt. Die Einheiten unseres Erlebens und Denkens sind als bedeutungshafte Einheiten Produkte unseres Geistes und nicht etwas in der physikalischen Außenwelt Vorgegebenes, das durch unseren Geist lediglich wahrgenommen und erfaßt wird.

Wenn wir also versuchen, die abstrakten Prinzipien theoretisch zu verstehen, auf deren Grundlage ein spezifisches biologisches System, das Gehirn, mentale Leistungen und damit bedeutungshafte Kategorisierungen hervorbringt, so müssen wir uns diesem System methodologisch in gleicher Weise nähern wie jedem anderen Objekt der Natur (wie in Abb. 2 illustriert).

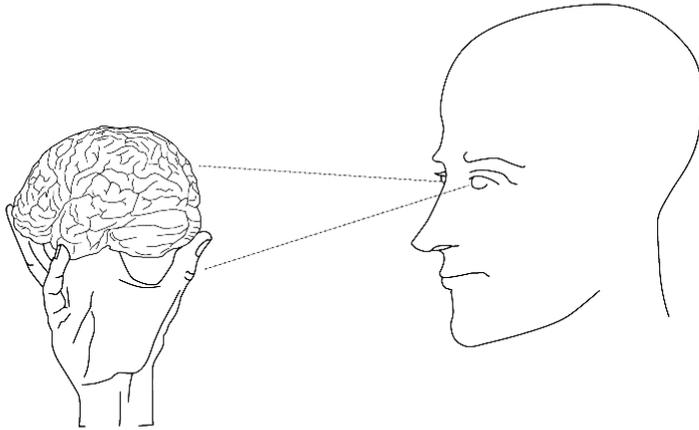


Abb. 2. Gehirn und Geist als Erkenntnisobjekt naturwissenschaftlicher Theoriebildung

Aus unserer Alltagsperspektive muß eine solche Zugangsweise völlig unnatürlich erscheinen und wird uns daher besondere Schwierigkeiten bereiten. Tatsächlich ist das Spannungsverhältnis zwischen Alltagsintuitionen und der naturwissenschaftlichen Zugangsweise so groß, dass sich bereits im Fall der Physik deren gesamte Geschichte als ein Kampf gegen Alltagsintuitionen lesen läßt. Daher ist es nicht überraschend, dass dieses Spannungsverhältnis bei einer naturwissenschaftlichen Untersuchung mentaler Prozesse vielfach größer sein wird. Denn bei psychischen Phänomenen glauben wir, anders als im Fall der Physik, über einen privilegierten Zugang zu verfügen und sind überzeugt, dass wir ein angemessenes Bild von der Funktionsweise unseres Geistes haben. Es ist jedoch gerade die Funktionsweise unseres Geistes, die uns einen introspektiven Einblick in seine Prinzipien verstellt. Denn wir sind so gebaut, dass unser Gehirn die Funktionsweise der Wahrnehmung fast vollständig vor uns, d.h. vor unserer bewußten Erfahrung, abschottet und uns nur das Endprodukt des Wahrnehmungssystems in einigen Aspekten bewußt werden läßt. Wir können also im Prozeß des Wahrnehmens nicht zugleich die Funktionsweise der Wahrnehmung beobachten. Die Prozesse, die der Wahrnehmung (wie auch allen anderen Leistungen des Gehirns) zugrunde liegen, gelangen nicht selbst zum Bewußtsein und sind daher nicht direkt und unmittelbar zugänglich.

Introspektiv haben wir – zumeist jedenfalls – den Eindruck einer Einheitlichkeit unseres Erlebens. Wir empfinden uns also als ein psychisch integrales Ganzes. Dieses Gefühl der Einheitlichkeit unseres Erlebens ist eine der großen und funktional wichtigen *Leistungen* unseres

Gehirns. Das in der Kognitionsforschung gewonnene theoretische Bild steht jedoch zu dieser Intuition in schroffem Gegensatz und läßt erkennen, dass dieser Eindruck der Einheitlichkeit *nicht* die Eigenschaften der funktionalen Architektur unseres Geistes widerspiegelt. Vielmehr können wir unseren Geist bildhaft mit einem großen Orchester vergleichen, in dem eine Fülle unterschiedlicher Einzelinstrumente in geradezu perfekter Harmonie all das hervorbringt, was unseren Geist auszeichnet. In unserem Erleben ist uns nur der *Gesamtklang* dieses ganzen Orchesters unserer geistigen Kapazitäten zugänglich. Welche Instrumente dazu beitragen und wie genau ihr Zusammenspiel organisiert ist, ist vollständig gegen unsere introspektiven Einblicke abgeschottet. Nur auf indirektem Wege – also über Experimente und wissenschaftliche Schlußfolgerungen – können wir die beteiligten Instrumente identifizieren und besser verstehen, worauf ihr Zusammenspiel beruht. Eines dieser Instrumente ist das Wahrnehmungssystem.

Die Funktion des Wahrnehmungssystems liegt darin, dass es an seinen Schnittstellen mit anderen kognitiven und motorischen Systemen die für deren Funktion erforderlichen Produkte bereitstellt. Das phänomenale Perzept, also der in unserem Erleben präsente Wahrnehmungseindruck, ist nur eines dieser vom Wahrnehmungssystem bereitgestellten Produkte. Die damit verbundene sinnliche Erfahrung vermittelt uns den Eindruck eines direkten Kontaktes zu der uns umgebenden Welt, über deren tatsächliche Beschaffenheit sie uns zu unterrichten scheint (von anderen Aspekten der Wahrnehmung, wie Körper- oder Schmerzempfindung wollen wir hier absehen). Es ist gerade die große Leistung unseres Gehirns, dass das Wahrnehmungssystem so arbeitet, dass wir den Eindruck haben, direkt die Welt zu beobachten, und dass es die inneren Prozesse, die dem zugrunde liegen, wieder herauskürzt. Diese Abkapselung des Wahrnehmungssystems gegen introspektive Prozesse stellt keinen Konstruktionsmangel dar, sondern ist eine für die Funktion des Wahrnehmungssystems geradezu notwendige Leistung des Gehirns. Unsere Alltagsintuitionen zur Wahrnehmung und damit unser Eindruck, dass wir die Natur der Wahrnehmung im wesentlichen zu durchschauen glauben, sind also selbst ein Resultat der Organisationsweise unseres Gehirns.

1.2 Die Fehlkonzeption einer Klassifikation von Wahrnehmungsphänomenen in normale und illusionäre

Eng mit unserer Alltagskonzeption von der Wahrnehmung verbunden ist die Vorstellung, dass sich die Wahrnehmung in Analogie zu einem physikalischen Meßinstrument verstehen lasse, das uns über die Werte physikalischer Größen unterrichtet oder zumindest im Normalfall unterrichten soll. Die Unangemessenheit dieser Auffassung, die sich auch als *Meßinstrumentkonzeption der Wahrnehmung* (Mausfeld, 2002) bezeichnen läßt, haben bereits die Gestaltpsychologen nachgewiesen. Gleichwohl ist sie bis heute weitverbreitet.

Mit der Meßinstrumentkonzeption der Wahrnehmung hängt wiederum ein weiteres weitverbreitetes Mißverständnis zusammen, nämlich die Auffassung, dass sog. Wahrnehmungstäuschungen von besonderem Interesse für die Wahrnehmungspsychologie seien. Das Konzept der ‚Wahrnehmungstäuschung‘ stellt jedoch eines der größten Hemmnisse für eine naturwissenschaftliche Theorieentwicklung zur Natur der Wahrnehmung dar. Die Abb. 3 und 4 illustrieren zwei dieser Phänomene, die sich aus Alltagsperspektive als Wahrnehmungstäuschungen klassifizieren lassen.

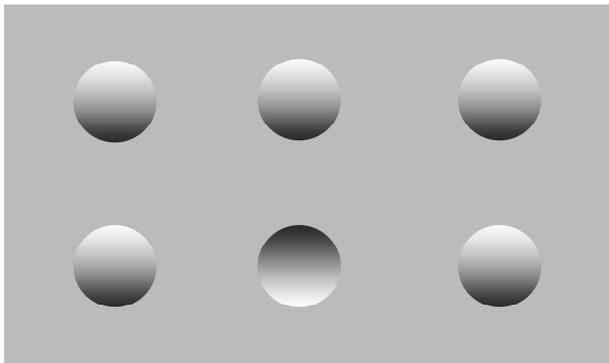


Abb. 3: Wahrnehmung dreidimensionaler Form auf der Basis von Intensitätsgradienten

Die Abb. 3 zeigt ein geometrisches Muster mit sechs Kreisen, von denen fünf einen Intensitätsgradienten aufweisen, der von oben nach unten dunkler wird, sowie einen Kreis, der einen umgekehrten Intensitätsgradienten aufweist. Die Kreise werden nun nicht als zweidimensionale, also flache Gebilde, wahrgenommen, sondern als dreidimensionale. Die Kreise, deren Intensitätsgradient von oben nach unten dunkler wird, erscheinen dabei als Erhebungen, der Kreis mit dem umgekehrten Gradienten als Vertiefung. Dreht man jedoch das Muster um 180 Grad, so erscheinen die Kreise, die zuvor als Erhöhung wahrgenommen wurden, nun als Vertiefungen, während der Kreis mit dem umgekehrten Gradienten nun als Erhöhung wahrgenommen wird.

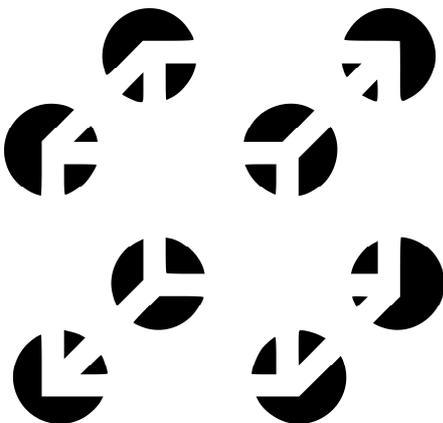


Abb. 4: Wahrnehmung dreidimensionaler Form auf der Basis von Scheinkonturen

Abb. 4 zeigt ein geometrisches Muster, das aus einer Reihe von Kreissegmenten besteht bzw. aus acht schwarzen Kreisen, aus denen jeweils Segmente ausgespart wurden. Dieses geometrische Inputmuster erzeugt nun den Wahrnehmungseindruck eines dreidimensionalen Würfels. Wir sehen dabei die Würfelkanten deutlich auch dort, wo es im Reizmuster überhaupt keinen Unterschied zum Hintergrund gibt. Zudem können wir den Würfel in zwei unterschiedlichen Orientierungen sehen.

Beide Abbildungen zeigen, dass wir hier etwas sehen, was im Reiz gar nicht vorhanden ist. Vergleichen wir also den tatsächlichen Input mit dem Perzept, so sind wir aus unserer Alltagsperspektive geneigt zu sagen, dass uns hier das Wahrnehmungssystem täuscht, weil es uns kein wirklichkeitstreuere Abbild der tatsächlichen Situation liefert, sondern gleichsam etwas hinzuhalluziniert. Wir vergleichen also unseren Wahrnehmungseindruck mit denjenigen Erwartungen, die wir durch unsere Beurteilung der physikalischen Inputsituation gewonnen haben. Dabei unterstellen wir wieder stillschweigend, dass es Aufgabe des Wahrnehmungssystems sei, ein physikalisch getreues Bild des Inputs zu erzeugen. Zudem zeigt sich hierbei ein weiteres gravierendes Mißverständnis, das sich auf die Wahl einer angemessenen Analyseeinheit bezieht. In unseren psychologischen Alltagstuitionen gehen wir ganz selbstverständlich davon aus, dass sich unsere Betrachtungen auf die Analyseeinheit einer integralen Person beziehen (statt auf ein funktionales Teilsystem unseres Geistes). In diesem Sinne können wir zu Recht davon sprechen, dass *wir* uns bei Demonstrationen der in Abb. 3 und 4 gezeigten Art täuschen. In der Wahrnehmungspsychologie ist jedoch die Analyseeinheit, auf die sich unsere Untersuchungen beziehen, nicht die einer Person, sondern vielmehr die eines spezifischen Teilsystems, nämlich des Wahrnehmungssystems. Das Wahrnehmungssystem erzeugt auf der Basis seiner Prinzipien aus einem Input ein Perzept. Da es kein urteilendes System ist, wäre es völlig irreführend zu sagen, dass sich das Wahrnehmungssystem dabei täuschen könne. Erst wenn der Output des Wahrnehmungssystems durch andere kognitive Systeme interpretiert wird, können wir, je nach unseren Erwartungen, von einer Täuschung sprechen. Wahrnehmungspsychologische Untersuchungen setzen also immer eine Konzeption der funktionalen Architektur unseres Geistes/Gehirns voraus und beziehen sich zunächst ausschließlich auf ein ganz spezifisches Teilsystem – eine Vorstellung, die unseren Alltagstuitionen von der Wahrnehmung völlig fremd ist.

In der Antike hatte man bereits erkannt, dass die Sinne und die urteilenden Instanzen zu unterschiedlichen Komponenten des menschlichen Geistes gehören. Diese für ein theoretisches Verständnis des Geistes notwendige Unterscheidung liegt jedoch in einem Konflikt mit unserer Alltagspsychologie, die nicht zwischen der Leistung des Wahrnehmungssystems und den höheren kognitiven Teilsystemen, die von ihm Gebrauch machen, unterscheidet. Denn unsere Alltagspsychologie macht – im Einklang mit der phänomenal erlebten Einheitlichkeit unseres Geistes – überhaupt keine Unterscheidung in funktionale Komponenten. Daher neigen wir im Alltag dazu, eine Diskrepanz zwischen unserem

Wahrnehmungseindruck einerseits und Erwartungen über physikalische Aspekte der Außenwelt andererseits dem Wahrnehmungssystem zuzuschreiben und als Täuschung des Wahrnehmungssystems anzusehen. Dass eine solche Auffassung und die damit verbundene Klassifikation von Wahrnehmungsphänomenen in ‚normale‘ und ‚illusorische‘ für ein naturwissenschaftliches Verständnis der Prinzipien des Wahrnehmungssystems hinderlich ist, hatte bereits Helmholtz klar ausgesprochen: „Das Sinnesorgan täuscht uns dabei nicht, es wirkt in keiner Weise regelwidrig, im Gegenteil, es wirkt nach seinen festen, unabänderlichen Gesetzen und es kann gar nicht anders wirken. Aber wir täuschen uns im Verständnis der Sinnesempfindung.“ (Helmholtz, 1855/1896, S. 100)

Die sog. Wahrnehmungstäuschungen sind also aus wahrnehmungspsychologischer Perspektive keineswegs erklärungsbedürftiger als der sog. Normalfall der Wahrnehmung. Die Faszination, die sog. Wahrnehmungstäuschungen auf uns ausüben, spiegelt den großen Einfluß unserer Alltagsintuitionen wider und verstellt den Blick auf ein tieferes Verständnis der Prinzipien der Wahrnehmung. Bei den in Abb. 3 und 4 illustrierten Phänomenen ist also gerade nicht der Täuschungsaspekt von theoretischem Interesse, sondern vielmehr die Frage, welche Bedeutungskategorien des Wahrnehmungssystems durch welche Inputs aktiviert werden. Diese Bedeutungskategorien – wie sie sich etwa im Perzept eines dreidimensionalen Würfels widerspiegeln – können aus grundsätzlichen Gründen niemals im Input gegeben sein; denn der Input ist stets nicht mehr als ein physikalisches Energiemuster, während alle Bedeutungskategorien gerade das Produkt mentaler Aktivität sind.

1.3. Kennzeichen einer naturwissenschaftlichen Zugangsweise

Was unterscheidet nun eine naturwissenschaftliche Zugangsweise zur Wahrnehmung von einer alltagspsychologischen? Eine naturwissenschaftliche Zugangsweise sucht allgemeine übergreifende Prinzipien hinter der Vielheit sinnlicher Erscheinungen zu identifizieren, auf deren Grundlage sie die Komplexität der Erscheinungen ordnend auf Weniges reduzieren kann; durch hochgradige Abstraktion und Idealisierung sucht sie einen Kern an Gesetzmäßigkeiten zu identifizieren, auf dessen Grundlage sich die Phänomene erklären läßt. Der Erklärungsbegriff der Naturwissenschaften weicht also grundlegend von dem des Alltags ab. Es ist durchaus möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass das, was aus naturwissenschaftlicher Perspektive, ob in Physik, Biologie oder im Falle der Untersuchung der Wahrnehmung, als eine Erklärung für eine Phänomenklasse betrachtet wird, die Art von Verstehensbedürfnissen, die mit dem Erklärungsbegriff unseres Alltags verbunden sind, in keiner Weise befriedigt; und umgekehrt werden Erklärungen, die wir aus Alltagssicht als befriedigend erleben, in den Naturwissenschaften in der Regel als unzureichend oder unangemessen angesehen. Die Naturwissenschaften beruhen also auf einer besonderen Konzeption des Verstehens, nämlich einem

Verstehen im Sinne einer Zurückführbarkeit einzelner Phänomene auf allgemeine abstrakte Prinzipien im Rahmen gleichermaßen abstrakter Theorien. Es stellt eine besondere Leistung unseres Gehirns dar, dass wir zu einer naturwissenschaftlichen Zugangsweise mit der ihr zugrunde liegenden Konzeption von Objektivität, d.h. Betrachterunabhängigkeit des Verstehens, befähigt sind. Wir verfügen also, als ein humanspezifisches Charakteristikum, über zwei ganz unterschiedliche Arten des Verstehens, nämlich einem eng an die sinnlichen Erfahrungen des Alltags angebundenen Verstehen und einem sich von diesen sinnlichen Erfahrungen lösenden, gleichsam über sie hinausgehenden abstrakten theoretischen Verstehens, wie es die Naturwissenschaften verkörpern. Beide Arten des Verstehens stehen zwar in einem Spannungsverhältnis, aber nicht in Konkurrenz; vielmehr ergänzen sie einander. Es wäre ein Mißverständnis, wenn man die eine Art des Verstehens gegen die andere ausspielen wollte. Wenn wir also Wahrnehmungspsychologie aus naturwissenschaftlicher Perspektive betreiben und uns dabei - in fast paradoxer Weise - von der unmittelbaren Evidenz des sinnlich Erlebten lösen, um so einige abstrakte Funktionsprinzipien des Wahrnehmungssystems theoretisch zu verstehen, so brauchen wir nicht zu fürchten, dass uns durch eine solche Zugangsweise die im sinnlichen Erleben präsekte Komplexität und Reichhaltigkeit der Wahrnehmung verloren geht. Vielmehr ergänzen wir unser alltagspsychologisches Verstehen der Wahrnehmung durch eine andere Art des Verstehens, mit der wir hoffen, Phänomene, die sich der alltagspsychologischen Erklärung entziehen, auf der Ebene der naturwissenschaftlichen Theoriebildung erklären zu können. Wir nehmen also - hier wie auch in anderen Naturwissenschaften - in Kauf, dass zwischen unseren Alltagsvorstellungen und den Theorievorstellungen der Naturwissenschaft eine sich zunehmend vergrößernde Kluft entwickelt, sofern wir dadurch einen Gewinn in der Erklärungskraft unserer Theorien erzielen. Eine ernsthafte Theoriebildung im Sinne der Naturwissenschaften hat zur Voraussetzung, dass sich durch sie eine Reihe ganz verschiedener Phänomene oder gar Phänomenbereiche in fruchtbarer Weise miteinander in Beziehung setzen lassen. Je mehr ihr dies gelingt, umso weniger scheut sie sich, radikal von Alltagsintuitionen abzuweichen. Daran müssen wir uns gerade in der Psychologie immer wieder erinnern, weil wir hier mehr als in anderen Bereichen der Naturwissenschaften dazu neigen, die Plausibilität theoretischer Vorstellungen nach alltagspsychologischen Intuitionen zu bewerten statt nach ihrer explanatorischen Tiefe und Breite.

Wenn wir uns nun bei einer naturwissenschaftlichen Zugangsweise auf eine Art der Theoriebildung einlassen, bei der wir uns weit vom sinnlichen Erleben und von vertrauten Alltagsintuitionen lösen, so sind wir dabei um so stärker auf verlässliche Kriterien angewiesen, die uns helfen, das, was wir durch diese Loslösung von der Alltagsperspektive gewinnen, nämlich explanatorische Breite und Tiefe, zu bewerten. Das ist, wie die Geschichte der Naturwissenschaften zeigt, ein höchst schwieriges Problem. Das Kriterium der explanatorischen Breite bezieht sich darauf, dass die Erklärungskraft einer Theorie davon abhängt, wie gut es ihr gelingt, Phänomene aus ganz unterschiedlichen

Bereichen (etwa der visuellen und der auditiven Wahrnehmung oder der Wahrnehmungspsychologie und der Ethologie) miteinander in Beziehung zu setzen und zu neuen und überraschenden Befunden zu führen, die wiederum fruchtbar für die weitere Theoriebildung sind. Eine Theorie, die sich nur auf eine bestimmte Klasse experimenteller Befunde bezieht, würde also nur einen degenerierten Fall von Theoriebildung darstellen. Das Kriterium der explanatorischen Tiefe bezieht sich auf die Deduktionstiefe einer Theorie, also auf die Zahl der Schritte, die notwendig sind, um die Theorie mit den Phänomenen in Beziehung zu setzen. Eine Theorie, die nicht weit über die Phänomene hinausgeht, insbesondere also eine Theorie, die nahe an Alltagskonzeptionen bleibt, würde also wiederum nur einen degenerierten Fall der Theoriebildung darstellen. Wenn sich nun in ganz unterschiedlichen Bereichen, die aus der Alltagsperspektive wenig miteinander verbindet, eine Konvergenz auf dieselben Theorievorstellungen ergibt, so ist dies ein guter Indikator für die explanatorische Fruchtbarkeit einer Theorievorstellung. Zeigt sich eine solche Konvergenz, so erhöht dies unser Vertrauen in die Angemessenheit einer theoretischen Vorstellung. Und genau dies ist seit den letzten Jahrzehnten in der Wahrnehmungspsychologie der Fall. Hier konvergieren zunehmend ganz unterschiedliche Disziplinen, nämlich Wahrnehmungspsychologie, Ethologie bzw. vergleichende Wahrnehmungsforschung sowie Säuglingsforschung, auf die Konturen eines gemeinsamen theoretischen Bildes von der Natur der Wahrnehmung. Diese Konvergenz erhöht unsere Konfidenz in die Angemessenheit des errungenen theoretischen Bildes, mag es auch weit von unseren Alltagsintuitionen zur Wahrnehmung abweichen. Mit einigen Aspekten dieses theoretischen Bildes wollen wir uns im Folgenden vertraut machen.

2 Wahrnehmung als inputbasierte Aktivierung interner Konzeptformen

2.1 Das Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie

Unserer alltagspsychologischen Vorstellung zufolge liefert uns die Wahrnehmung ein durch die Sinnesorgane vermitteltes Bild der Außenwelt; unsere naive Wahrnehmungstheorie ist im wesentlichen eine Abbild- oder Ähnlichkeitstheorie. Auch die klassische Tradition der Wahrnehmungspsychologie folgt - mit wenigen Ausnahmen, wie insbesondere die Gestaltpsychologie - einer solchen Vorstellung. In der klassischen Tradition wird der Wahrnehmungsprozeß als ein Prozeß der stufenweisen Informationsverarbeitung aufgefaßt, durch den sich aus dem auf die Sinnesorgane treffenden physikalischen Energiemuster durch eine Reihe vermittelnder Mechanismen wieder ein Bild der Außenwelt gleichsam zurückrechnen läßt (dies ist im Kern die Aristotelische Ähnlichkeitstheorie der Wahrnehmung). Abb. 5 illustriert diese Konzeption.

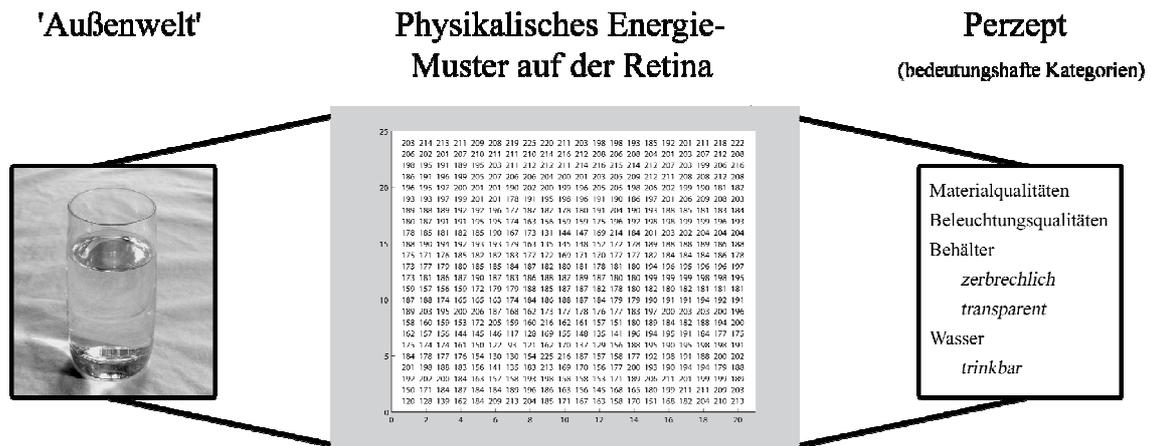
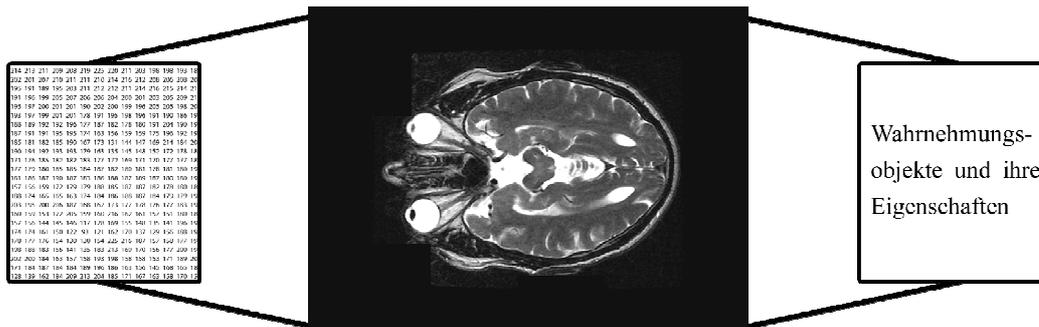


Abb. 5: Fehlkonzeption: Wahrnehmung als Rekonstruktion der Außenwelt aus dem sensorischen Input

Eine solche Konzeption ist jedoch bereits aus grundlegenden konzeptuellen Gründen unangemessen, da sie für eine Beschreibung des Inputs bereits die erst vom Wahrnehmungssystem generierten Bedeutungskategorien heranzieht. Im Falle der Abb. 5 würde die ‚Außenwelt‘ etwa als ein gefülltes transparentes Gefäß beschrieben. Eine solche Beschreibung verwendet jedoch bereits die vom Wahrnehmungssystem erst als Output generierten Perzeptkategorien. Das Bild des Wasserglases auf der linken Seite müßte eigentlich auf der rechten Seite stehen, da es unser Perzept charakterisiert; würde man es konsequenterweise zugleich auf beiden Seiten verwenden, wäre die Fehlkonzeption sofort erkennbar. Die klassische Tradition der Wahrnehmungspsychologie verwendet also Outputkategorien zur Beschreibung des Inputs und setzt damit das bereits voraus, was wahrnehmungspsychologisch erst noch zu erklären ist. Durch diese Verwechslung, die wiederum durch den uns gleichsam biologisch eingebauten naiven Realismus nahegelegt wird, trivialisiert die klassische Tradition das eigentliche theoretisch zu verstehende Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie, nämlich die Frage, wie ein biologisches System auf der Basis eines physikalischen Energiemusters als Input ein in bedeutungshafte Kategorien organisiertes Perzept als Output generieren kann. Dieses Fundamentalproblem ist in Abb. 6 illustriert.



**physico-geometrisches
Energimuster auf der Retina**

Perzept
(bedeutungshafte Kategorien)

Abb. 6: Das Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie

Formuliert man das Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie in angemessener Weise, so wird deutlich, dass das Wahrnehmungssystem – wenig überraschend für ein biologisches System dieser Komplexität – mit einer hochgradig komplexen inneren Struktur ausgestattet sein muß, die erst ermöglicht, dass es in seinen Leistung so weit über alles hinausgeht, was im sensorischen Input gegeben ist. Es ist gerade die zentrale Aufgabe der Wahrnehmungspsychologie, diese innere Struktur und die in ihr verkörperten abstrakten Prinzipien zu identifizieren, auf deren Grundlage das Wahrnehmungssystem seine Leistungen erbringt.

Eine Fülle experimenteller Befunde in den genannten Disziplinen zeigt nun, dass das Wahrnehmungssystem als Teil seiner biologischen Ausstattung über ein reiches und hochstrukturiertes Reservoir an Grundkonzepten verfügt. Diese Grundkonzepte stellen gleichsam die Sprache des Wahrnehmungssystems dar; sie legen die Kategorien fest, in denen die von den Sinnen gelieferten Informationen in Bedeutungseinheiten organisiert werden. Wir werden diese Grundkonzepte als Konzeptformen bezeichnen. Sie unterscheiden sich von dem, was wir informell als Konzepte bezeichnen, darin, dass sie lediglich gleichsam Hülsen für Konzepte darstellen, da sie eine Fülle von freien Parametern enthalten, die erst durch den sensorischen Input spezifiziert werden. Es handelt sich also um abstrakte Codierungsschemata, die zahlreiche freie Stellen enthalten und daher sehr viel weniger spezifiziert sind, als wir dies von Konzepten verlangen. Betont man den computationalen Aspekt des Wahrnehmungssystems als eines Systems der internen Informationsverarbeitung, so werden die Konzeptformen auch als abstrakte Datenformate bezeichnet. In der traditionellen Wahrnehmungspsychologie werden sie häufig als symbolische Repräsentationen bezeichnet; eine solche Bezeichnung ist jedoch irreführend, da sich im Begriff der Repräsentation wieder eine Abbild- oder Ähnlichkeitstheorie der Wahrnehmung verbirgt.

Die Konzeptformen des Wahrnehmungssystems legen die Kategorien unserer Welt fest. Was wir als Kategorien der Außenwelt erleben, sind die uns biologisch vorgegebenen

Kategorien des Wahrnehmungssystems. Die Leistung unseres Gehirnes besteht darin, dass wir diese Kategorien der uns biologisch gegebenen konzeptuellen Grundausstattung nicht bemerken, sondern sie gleichsam von innen nach außen verlegen und so die Illusion ihrer Objektivität erhalten. Unsere wahrgenommene Welt ist eine Konstruktion und zwar eine Konstruktion auf der Basis der uns biologisch vorgegebenen konzeptuellen Grundausstattung unseres Wahrnehmungssystems. Damit stellt sich die Frage, wie genau die dem Wahrnehmungssystem verfügbaren Konzeptformen beschaffen sind und nach welchen Prinzipien die Beziehung zwischen sensorischem Input und diesen Konzeptformen geregelt ist.

2.2 Zur Natur und zur biologischen Plausibilität von Konzeptformen

Aus unserer Alltagsperspektive erscheint es kaum plausibel, dass unser Wahrnehmungssystem als Teil seiner biologischen Ausstattung über ein reiches Repertoire an Konzeptformen verfügen soll. Zwar sind wir bereit, bei anderen Spezies anzunehmen, dass die grundlegenden Bedeutungskategorien, in denen sie ihre Wahrnehmungswelt organisieren, beispielsweise Konzeptformen für ‚Nahrung‘, ‚Beute‘, ‚Feind‘ oder ‚Paarungspartner‘ biologisch vorgegeben sind. Im Falle des menschlichen Wahrnehmungssystems neigen wir jedoch, im Einklang mit unseren Alltagsintuitionen, dazu, das Ausmaß dieser biologisch vorgegeben Grundausstattung in gravierender Weise zu unterschätzen. Daher ist es hilfreich, sich durch einen Blick auf die Evolutionsgeschichte deutlich zu machen, dass die biologische Entstehung derartiger Konzeptformen eine natürliche Konsequenz der Ausdifferenzierung von komplexen neuronalen Systemen ist.

Der evolutionäre Pfad, der von Systemen mit einer vergleichsweise einfachen und rigiden Kopplung von Sensorik und Motorik, wie sie beispielsweise bei Colibakterien zu finden ist, zur Entwicklung eines Gehirns führt, ist dadurch gekennzeichnet, dass sich immer mehr interne Elemente zwischen Sensorik und Motorik schieben und sich dadurch mit der evolutionären Weiterentwicklung die Beziehung von Sensorik und Motorik immer stärker entkoppelt und immer komplexer wird.

Diese bei der Ausdifferenzierung entstehenden internen Systeme weisen nun eine starke Tendenz zu einer modularen Organisation auf. Ein System ist modular, wenn es aus Teilsystemen besteht, deren interne Operationsweisen weitgehend unabhängig voneinander sind und die sich daher in weitgehender Isolation von anderen Teilsystemen untersuchen lassen. Das Prinzip einer zunehmenden Modularisierung läßt sich geradezu als Grundlage der Evolvabilität von Wahrnehmungssystemen ansehen, d.h. als Grundlage der Möglichkeit der evolutionären Ausdifferenzierung und der Entwicklung neuer Funktionen von Wahrnehmungssystemen (Kirschner & Gerhart, 1998). Da bei modular aufgebauten Systemen evolutionäre Änderungen in internen Funktionen mit Änderungen nur eines

oder weniger Module einhergehen und die Funktionsweisen anderer Systeme nicht beeinträchtigt werden, erweisen sich modulare Systeme als evolutionär ‚gutmütig‘, hochgradig plastisch und besonders robust (s. Kitano, 2004).

Die Vergrößerung des neuralen Substrates, das sich zwischen Sensorik und Motorik schiebt, dient zum einen dazu, immer mehr sensorische Kanäle so zu integrieren, dass zunehmend komplexer werdende Aspekte der Außenwelt erfaßt werden können. Zum anderen ermöglichen sie, die motorisch verfügbaren Aktionen in komplexerer Weise einzusetzen, indem der sensorische Input nicht direkt wirksam wird, sondern in vielfältigen internen Systemen (etwa für Raumorientierung und Navigation, Nahrungssuche, Partnersuche, komplexes Sozialverhalten, Werkzeuggebrauch, Wahrnehmung emotionaler Zustände anderer, etc.) eine Fülle ganz unterschiedlicher sensorischer Informationen und interner Zustände integriert wird, bevor es zu einer motorischen Reaktion kommt. Doch entsteht zugleich mit der Vergrößerung und Ausdifferenzierung der sich zwischen die sensorischen Systeme und das motorische System schiebenden komplexen Systeme von Interneuronen (wie das Gehirn) das Problem, wie sich die unterschiedlichen Datenformate der einzelnen sensorischen Systeme und modularen Komponenten in ein gemeinsames Datenformat abbilden lassen; es entstehen also vielfältige Schnittstellenprobleme. Insbesondere muß das gemeinsame Datenformat für die unterschiedlichen sensorischen Systeme so beschaffen sein, dass es für die an sensorischer Information interessierten höheren kognitiven Systeme (beim Menschen bis hin zur Sprache) nutzbar ist. Die Lösung dieser Schnittstellenprobleme wird durch die Verfügbarkeit abstrakter Datentypen bzw. von Konzeptformen ermöglicht. Konzeptformen entstehen also nahezu zwangsläufig bei einer zunehmenden Integration der vielfältigen und evolutionär auf unterschiedlichen Pfaden sich entwickelnden Teilsysteme des Gehirns (s.a. Carroll, 2005; Goodwin, 2009).

Die Verfügbarkeit von Konzeptformen hat eine Reihe adaptiver und funktionaler Vorteile:

- Die Auswahl einer geeigneten motorischen Reaktion ist zwar reizvermittelt, aber nicht mehr reizgebunden. Zudem kann sie zeitlich vom Auftreten des Reizes unabhängig sein (z.B. beim Planungsverhalten).
- Ganz unterschiedliche Inputkanäle können dieselbe Konzeptform aktivieren.
- In verschiedenen sensorischen Teilsystemen *inferentiell isolierte* Verarbeitungspfade können inferentiell integriert werden und damit unterschiedlichen höheren Systemen zur Verfügung stehen. Dadurch erhöht sich die interne Kohärenz des Systems.

- Die Wahrnehmung kann sich auf Aspekte der Außenwelt beziehen, die durch die Sinnesrezeptoren nicht direkt erfaßt werden können (z.B. *Beute* bzw. *eßbares Objekt*, *mentale Zustände anderer*, Kausalität bei Ereignissen etc.).

Organismen, deren Wahrnehmungssystem über abstrakte Konzeptformen verfügt, sind beispielsweise in der Lage, aus der dem Auge zur Verfügung stehenden Bildinformation Eigenschaften ‚herauszulesen‘, die sich auf visuell verborgene Eigenschaften von Objekten beziehen oder auf innere ‚Wesenseigenschaften‘ von Objekten. Beispielsweise können wir rein visuell (z.B. Fleming & Bühlhoff, 2004) oder auditiv (z.B. Klatzky, Pai & Krotkov, 2000; Carello, Wagman & Turvey, 2005) Materialeigenschaften physikalischer Objekte oder emotionale Zustände anderer wahrnehmen (s.a. Mausfeld, 2010a). Zudem ermöglicht die Verfügbarkeit entsprechender Konzeptformen, zukünftige Zustände von Objekten gleichsam vorherzusehen – eine Voraussetzung für Leistungen wie z.B. das Vermeiden von Zusammenstößen, das Fangen eines distalen Beuteobjekts oder das Wiederfinden entfernter Nahrungsquellen. Die ersten in der Evolution von Wahrnehmungssystemen entstandenen Konzeptformen beziehen sich auf einfache strukturelle Aspekte der physikalischen Außenwelt, z.B. bei Ortsrepräsentationen auf geometrische Relationen (vgl. Gallistel, 1998). Es gibt jedoch eine Vielzahl anderer Klassen von Konzeptformen, die für biologische Funktionen des Organismus eine wichtige Rolle spielen, ohne dass sie ein strukturelles Abbild *physikalischer* Dinge sind, z.B. Repräsentationen für ‚Feind‘, ‚eßbares Ding‘, ‚Meinesgleichen‘, ‚Werkzeug‘, etc. Sie bilden ein Gewebe interner Konzepte, die die ‚interne Semantik‘ des Systems festlegen, d.h. die Menge an Konzepten, die für die internen Prozesse von Bedeutung sind, also das Vokabular, den Wortschatz des Systems, in dem die unterschiedlichen Teilsysteme miteinander kommunizieren. In der Evolutionsgeschichte des Gehirns haben sich also mit der sich vergrößernden Zahl von Teilsystemen - und damit auch von Schnittstellenproblemen – abstrakte Ebenen ausgebildet, durch die jeweils ganze Klassen von Teilsystemen ihre Informationen in ein gemeinsames Datenformat abbilden können (die komplexeste dieser abstrakten Ebenen ist die *Sprache*). Gäbe es nicht eine solche Ebene von Konzeptformen, auf der höhere kognitive Systeme, insbesondere die Sprache, mit sensorischen Systemen kompatibel werden, so könnten wir z.B. über das, was wir sehen, nicht reden. Auch die sensorischen Systeme und das motorische System benötigen eine gemeinsame Konzeptstruktur, auf deren Basis erst eine wechselseitige Übersetzung visueller und motorischer Konzepte und somit ein Handlungsverstehen möglich ist. Illustrative Beispiele hierfür sind die Imitationsleistungen bei Säuglingen (Meltzoff, 2005) sowie auf neuraler Ebene die Identifizierung von sog. Spiegelneuronen (*mirror neurons*‘, s. Borg, 2007). Diese Spiegelneurone feuern, wenn beispielsweise eine zielgerichtete Greifaktion ausgeführt wird oder wenn sie visuell beobachtet, imaginiert, erschlossen oder gehört wird. Sie codieren also die ‚Bedeutung‘ bzw. die interne Semantik von Handlungsmustern und stehen im Dienste eines multimodal aktivierbaren abstrakten Datentyps.

2.3 Die funktionale Architektur des Wahrnehmungssystems

Bei der Behandlung des Wahrnehmungssystems müssen wir mindestens zwei unterschiedliche Teilsysteme unterscheiden, die sich als *Sensorisches System* und als *Perzeptuelles System* bezeichnen lassen. Der Unterschied zwischen beiden Systemen liegt in der Natur ihrer Datenformate, auf denen ihre jeweiligen informationsverarbeitenden Prozesse operieren. Das Sensorische System, das evolutionär älter ist, übersetzt das auf die Sinnesrezeptoren treffende Energiemuster in sensorische Codes und transformiert diese so, dass sie an der Schnittstelle zum Perzeptuellen System lesbar sind. Die internen Operationen des Sensorischen Systems basieren auf den physikalisch-geometrischen Datenformaten, durch die auch der Input charakterisiert wird (beispielsweise Linien, Kanten, konvexe Gebilde, Texturstatistiken), und sind rein inputbasierte Transformationen, wie Filterungsprozesse, Berechnungen von Luminanzgradienten oder andere mathematische Operationen auf dem Input. Das Sensorische System stellt eine Art Vorverarbeitung des sensorischen Inputs dar, der an die Anforderungen des Perzeptuellen Systems angepaßt ist. Über die Arbeitsweise des Sensorischen Systems ist vergleichsweise viel bekannt, da in der Psychophysik und der traditionellen Wahrnehmungspsychologie der Forschungsfokus auf diesem System liegt.

Das Perzeptuelle System hingegen ist dadurch gekennzeichnet, dass seine internen Operationen auf einem logisch sehr viel mächtigeren und reichhaltigeren Vokabular basieren, nämlich auf einem umfassenden System von Konzeptformen. Das Perzeptuelle System läßt sich also gerade als das System von Bedeutungskategorien bzw. Konzeptformen auffassen, mit denen unser Wahrnehmungssystem biologisch ausgestattet ist. Zu diesen Konzeptformen, durch die wir unsere Wahrnehmungswelt konzeptualisieren, gehören u.a. Konzeptformen für ‚Oberflächen‘, ‚physikalisches Objekt‘, ‚Nahrung‘, ‚Werkzeug‘, ‚Ereignis‘, ‚potentieller Akteur‘, ‚andere Person‘, ‚Selbst‘ mit ihren assoziierten Attributen wie ‚begehrbar‘, ‚manipulierbar‘, ‚eßbar‘, ‚Form‘, ‚mentaler Zustand‘ und mit entsprechenden Relationen wie ‚kausal‘ oder ‚intentional‘ (zur Struktur von Konzeptformen s. Mausfeld, 2010b). Das bestimmende Merkmal dieser Konzeptformen ist, dass sie sich nicht durch rein sensorische Konzepte definieren lassen und somit nicht aus den Datenformaten des Sensorischen Systems ableiten lassen. Wir sind also explanatorisch gezwungen, sie als biologisch vorgegebene Ausstattung des Wahrnehmungssystems zu postulieren. Das Perzeptuelle System erzeugt nun auf der Basis der vom Sensorischen System gelieferten Codes über die Aktivierung entsprechender Konzeptformen Outputs, die es an seinen Schnittstellen höheren Systemen zur Verfügung stellt. Abb. 7 illustriert den Kern der sich aus diesen theoretischen Vorstellungen ergebenden funktionalen Architektur des Wahrnehmungssystems.

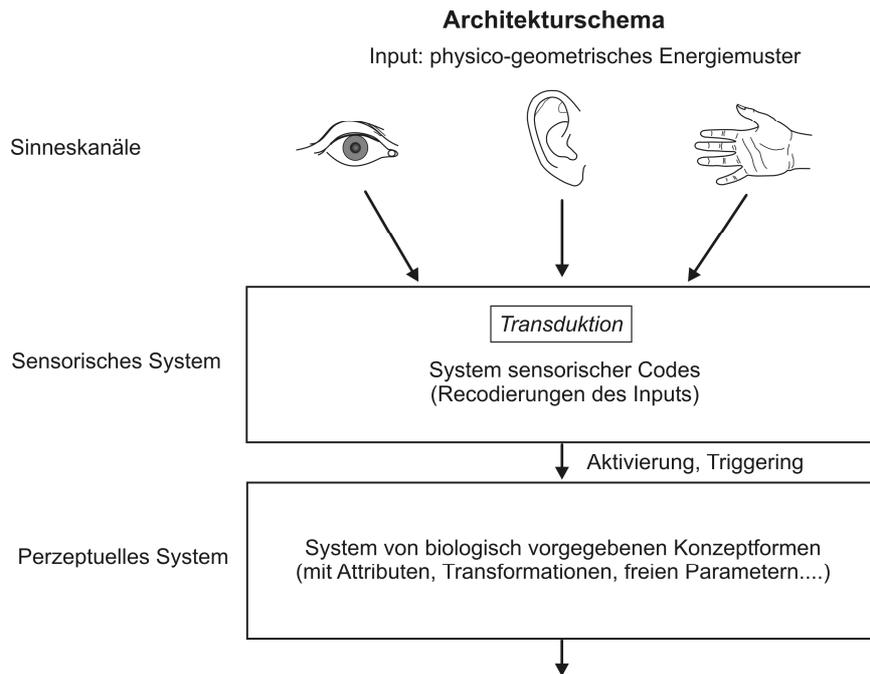


Abb. 7 Schema der funktionalen Architektur des Wahrnehmungssystems

Die Beziehung zwischen dem Reiz oder sensorischen Input und dem Perzept stellt sich damit grundlegend anders dar als in der traditionellen Wahrnehmungspsychologie. Nach der traditionellen Vorstellung stellt der sensorische Input die Informationen bereit, aus denen das Wahrnehmungssystem die distale Szene gleichsam rekonstruiert oder durch Inferenzprozesse erschließt. Zwar hatten bereits die Gestaltpsychologen die prinzipielle Unangemessenheit dieser Vorstellung aufgezeigt. Da sie jedoch im Einklang mit unseren Alltagsintuitionen von der Wahrnehmung steht, ist sie bis heute auch in der Wahrnehmungspsychologie weit verbreitet. Der in den vergangenen Jahrzehnten neu gewonnenen theoretischen Konzeption zufolge hat der sensorische Input eine grundlegend andere Funktion. Die sensorischen Inputs bzw. die durch das Sensorische System bereitgestellten Codes stellen für das Perzeptuelle System eine Art *Stichwortgeber* dar, die spezifische Konzeptformen aktivieren (dies entspricht dem Konzept des *Triggers* in der Ethologie und dem Konzept einer Schnittstellenfunktion in der Theorie computationaler Systeme). Abb. 8 stellt metaphorisch diese Beziehung zwischen dem Input und den durch den Input aktivierten vorgegeben Konzeptformen dar. Sensorische Reize bzw. sensorische Codes stellen also nur Zeichen bereit, die vom Wahrnehmungssystem auf der Grundlage der ihm verfügbaren Konzeptformen ‚interpretiert‘ werden. Nur auf der Basis einer solchen funktionalen Architektur vermag die Wahrnehmung weit über alles hinauszugehen, was sich auf der Ebene des sensorischen Reizes ausdrücken läßt. Die wesentliche Aufgabe der Wahrnehmungspsychologie ist also, die Struktur der Konzeptformen zu identifizieren und die Beziehung zwischen dem vergleichsweise mageren Zeichenalphabet des sensori-

schen Systems und den hochkomplexen Bedeutungskategorien des Wahrnehmungssystems zu untersuchen.

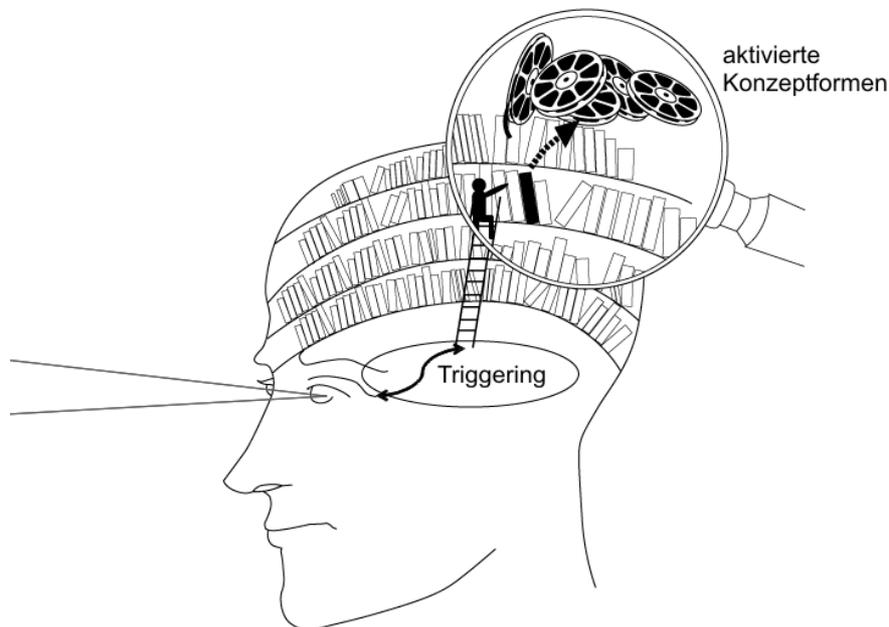


Abb. 8: Der sensorische Input dient als Stichwortgeber für die Aktivierung vorgegebener Konzeptformen

Ein Wahrnehmungssystem, das durch die Verfügbarkeit eines reichen Repertoires von Konzeptformen gekennzeichnet ist, weist eine wichtige Eigenschaft auf, die eine Grundlage von einigen unserer komplexesten mentalen Leistungen darstellt, nämlich unsere Befähigung, zu ein und derselben äußeren Situation gleichzeitig unterschiedliche mentale Perspektiven einnehmen zu können. Denn dieselben sensorischen Codes können gleichzeitig eine Vielzahl unterschiedlicher und sogar miteinander unverträglicher Konzeptformen aktivieren. Es ist gerade ein Kennzeichen unserer mentalen Ausstattung, dass unser Geist, wie William James (1890/1983, S. 277) es ausdrückte, „in jedem Moment ein Schauplatz geistiger Möglichkeiten ist“. Diese Befähigung zu einer doppelten mentalen Buchführung durchzieht alle Bereiche mentaler Aktivitäten. Leicht erkennbar wird sie bei der Wahrnehmung von Bildern, beispielsweise eines Gemäldes des Innenraumes einer gotischen Kathedrale. Hierbei werden gleichzeitig unterschiedliche und miteinander unverträgliche Konzeptformen aktiviert, so dass uns unser Wahrnehmungssystem gleichzeitig zwei mentale Perspektiven bereitstellt (der sog. *duale Charakter der Bildwahrnehmung*): die Perspektive der abgebildeten Szene mit ihrer lebendigen Dreidimensionalität – die interessanterweise trotz ihrer Lebendigkeit nicht dazu verleiten würde, beispielsweise in sie hineinzugreifen – und die Perspektive der

flachen, zweidimensionalen Leinwand. Die Befähigung, gleichzeitig unterschiedliche mentale Perspektiven einnehmen zu können, wird besonders augenfällig bei ‚Als-ob‘-Spielen von Kindern, bei der Betrachtung von Film- oder Theaterdarbietungen oder beim Gebrauch von Metaphern und Allegorien. In ihr liegt eine wesentliche Grundlage für unsere Befähigung zur Kulturentwicklung (für eine ausführlichere Diskussion dieser Fragen siehe Mausfeld, 2010b).

3. Grundlegende Konzeptformen des Wahrnehmungssystems

Es ist eine empirische Frage und somit Aufgabe der Wahrnehmungspsychologie, die Art und Struktur der dem Wahrnehmungssystem verfügbaren Konzeptformen herauszufinden. Dabei können wir uns auf unterschiedliche Klassen von Beobachtungen und Befunden stützen. (i) Wichtige, doch mit großer Vorsicht zu verwendende Heuristiken werden durch *phänomenologische Beobachtungen* bereitgestellt. Phänomenologische Beobachtungen können uns helfen, durch bewußte Exploration des Perzeptes, d.h. des Outputs des Wahrnehmungssystems, Aufschlüsse über die Grundkonzepte zu gewinnen, auf deren Grundlage es sensorische Information segmentiert und kategorisiert. (ii) In der Wahrnehmungspsychologie kommt Experimenten mit hochgradig reduzierten Reizen eine besondere Bedeutung zu, da sie uns durch die deutlich erkennbare Kluft zwischen Input und Perzept ermöglichen, den ‚internen Beitrag‘ des Wahrnehmungssystems zu identifizieren. (iii) Eine wichtige Rolle kommt Untersuchungen und Befunden aus der vergleichenden Wahrnehmungsforschung (Ethologie) zu, da sie uns ermöglichen, zentrale Prinzipien in vergleichsweise einfacheren Systemen zu identifizieren; zudem schützen uns vergleichende Untersuchungen vor anthropozentrischen Theorievorstellungen. (iv) Untersuchungen der Wahrnehmungsleistungen von Säuglingen können uns helfen, die biologisch vorgegebenen Konzeptformen zu identifizieren, da sich das Wahrnehmungssystem des Neugeborenen idealisiert als der Anfangszustand des Systems vor jeder Erfahrungsmodifikation auffassen läßt. (v) Weitere Aufschlüsse über vorgegebene modulare Basisstrukturen lassen sich aus - oft schwierig zu interpretierenden - neurophysiologischen Befunden zur Dissoziation von Wahrnehmungsaspekten als Folge von Läsionen gewinnen. In der klinischen Neurophysiologie wurden kategoriespezifische Defizite und Agnosien u.a. für Gesichter, Körperteile, Tiere, Artefakte, Orte, Früchte und Gemüse dokumentiert (z.B. Caramazza & Shelton 1998; s.a. Hauser, 2003).

In jüngerer Zeit konnten wichtige neue Einsichten in die Natur der uns biologisch vorgegebenen Konzeptformen des Wahrnehmungssystems gewonnen werden. Diese betreffen vor allem Konzeptformen für unbelebte physikalische Objekte, Konzeptformen für belebte Objekte (mit dem wichtigen Untertyp ‚*Meinesgleichen*‘) sowie Konzeptformen für Artefakte (dies sind ‚perzeptuelle Objekte‘, wie ‚*Stuhl*‘, ‚*Hammer*‘, ‚*Behälter*‘, ‚*Haus*‘, die bestimmten Intentionen dienen und denen vom Wahrnehmungssystem,

anders als natürlichen Objekten, *keine* essentialistischen Attribute, also kein ‚inneres Wesen‘, das unter bestimmten Transformationen äußerer Eigenschaften invariant bleibt, zugeschrieben wird (Keil, 1995). Alle drei Typen von Konzeptformen sind dabei im Medium von Konzeptformen für räumliche und zeitliche Relationen organisiert. Im folgenden werden wir - ohne im Detail auf die empirische Befundlage einzugehen - einen kurzen Blick auf Konzeptformen für ‚*physikalische Objekte*‘ und für ‚*belebte Objekte*‘ werfen.

3.1 Konzeptformen für ‚*physikalische Objekte*‘

Die klassische Wahrnehmungspsychologie hat sich vorrangig mit bestimmten Attributen aus diesem Bereich beschäftigt, insbesondere mit elementaren physikalischen Aspekten wie Form, Größe Farbe, Tiefe, Bewegung, Lautstärke, etc., die sich in natürlicher Weise mit Aspekten einer neuralen Primärcodierung in Beziehung setzen lassen. Sie hat jedoch die Frage nach den Konzeptformen, die der perzeptuellen Informationsverarbeitung zugrunde liegen, dadurch trivialisiert, dass sie ausschließlich einfache sensorische Konzepte, beispielsweise im visuellen Bereich Konzepte wie ‚Helligkeitsgradient‘, ‚Kante‘, ‚konvexer Bereich‘ etc., als Primitiva zugelassen hat und fälschlicherweise angenommen hat, dass sich alle anderen Konzepte des Wahrnehmungssystems durch Prozesse wie Lernen oder Invariantenextraktion aus sensorischen Konzepten gewinnen lassen.

Zu den grundlegenden Konzeptformen für physikalische Objekte gehören solche für die interne Wahrnehmungskategorie ‚*Oberfläche*‘ (Nakayama, He & Shimojo, 1995; Tse 1999). Betrachtet man mögliche Inputkonfigurationen, die derartige Konzeptformen aktivieren, so wird noch einmal deutlich, dass die interne Bedeutungskategorie ‚*Oberfläche*‘ nicht mit der physikalischen Kategorie verwechselt werden darf. Abb. 9 illustriert dies am Beispiel einiger einfacher Inputkonfigurationen.

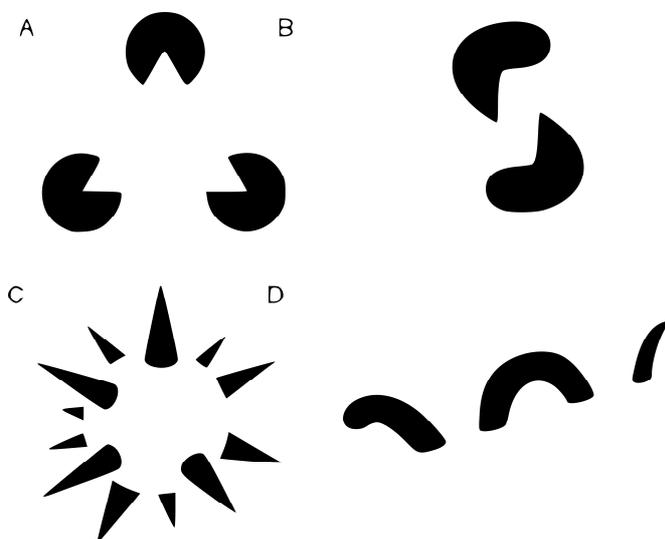


Abb. 9: Inputkonfigurationen, die Konzeptformen für zwei- und dreidimensionale Oberflächen aktivieren

Zu den grundlegenden Konzeptformen für physikalische Objekte gehören vielfältige Typen von Konzeptformen für konkrete solide Objekte (sowie für ihre Identität und zeitliche Persistenz, s. Scholl, 2007; Baillargeon, 2008), für Massenobjekte (wie Mehl, Sand oder Wasser), für temporale Objekte (*„Ereignisse“*) und für Medien, wie Luft und Beleuchtung. Abb. 10 zeigt eine Inputkonfiguration, bei der die mit A und B bezeichneten Positionen exakt dieselbe Lichtmenge zum Auge senden (Adelson, 2000). Das Attribut ‚Helligkeit‘ wird jedoch nicht einfach auf der Grundlage dieser lokal eintreffenden Lichtmenge gebildet, sondern ergibt sich als Resultat einer komplexen internen Kausalanalyse, die das Wahrnehmungssystem auf der Basis der durch diese Konfiguration aktivierten Konzeptformen für ‚Beleuchtung‘ und ‚Oberfläche‘ vornimmt. In beiden Konzeptformen kommt ein Parameter für ‚Helligkeit‘ vor. Bei der hier aktivierten Kausalanalyse wird eine von rechts einfallende Beleuchtung sowie eine Beschattung des Schachbrettmusters durch ein dreidimensionales zylindrisches Objekt angenommen. Daher wird die dem Schachbrett an der Stelle B zugeschriebene Helligkeit um den Effekt des Schattens korrigiert, so dass B bei gleicher lokaler Intensität wie A als heller wahrgenommen wird.

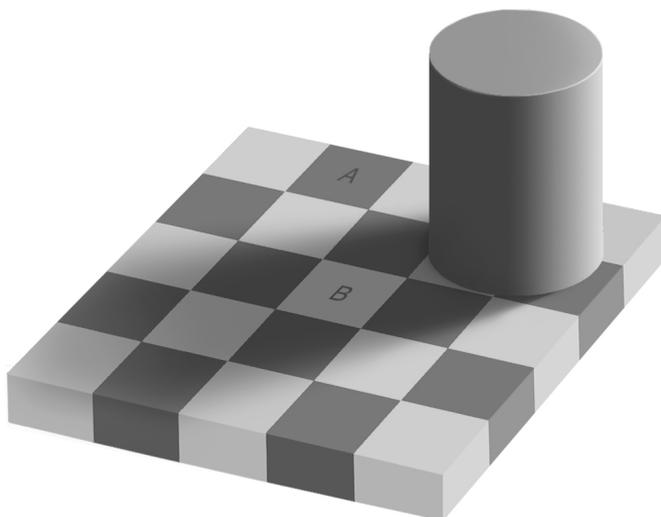


Abb. 10: Dasselbe lokale Inputsignal aktiviert zwei gekoppelte Typen von Konzeptformen

In der Wahrnehmungspsychologie finden sich vielfältige Demonstrationen, die zeigen, in wie komplexer Weise Attribute wie Helligkeit, Farbe, Bewegung oder Größe voneinander abhängen. Diese Abhängigkeiten lassen sich nur aus der Struktur der jeweils aktivierten Konzeptformen verstehen. Auch treten in unserer Wahrnehmungswelt nicht nur

Objekte der genannten Art auf, sondern auch ‚perzeptuelle Objekte‘, wie beispielsweise ‚Löcher‘ oder ‚Lücken‘ bzw. im auditiven Bereich ‚Stille‘. Derartige perzeptuelle Objekte können nicht lediglich als das Fehlen von etwas charakterisiert werden, sondern sie sind *perzeptuell eigenständig*, also wesentlicher Teil unserer ‚perzeptuellen Ontologie‘, wie sie durch die uns verfügbaren Konzeptformen festgelegt wird.

Einsichten in die Natur der Konzeptformen werden auch durch die Säuglingsforschung bereitgestellt. Durch geschickte Experimentalmethoden versucht man dabei, Aufschlüsse über die Struktur von Konzeptformen zu finden, indem man die durch spezifische Konzeptformen induzierten Erwartungen des Säuglings identifiziert. Beispielsweise verfügt der Säugling über eine Konzeptformen für ‚physikalische Objekte‘, die sich auf solide, kohärente und begrenzte 3D-Regionen, die sich stetig und als Ganzes bewegen, bezieht (Spelke, Guthrie & van der Walle, 1995). Die Befunde der Säuglingsforschung zur Objektwahrnehmung (s. Spelke & Kinzler, 2007; Baillargeon, Li, Ng & Yuan, 2009) machen deutlich, dass sich die Reaktionsweisen von Säuglingen nicht einfach auf der Basis der verfügbaren sensorischen Informationen und ihrer internen Organisation durch induktive Prozesse verstehen lassen, sondern auf hochgradig komplex organisierten Kategorisierungen des Inputs beruhen. Diese komplexen Konzeptformen können *nicht* selbst erlernt sein, sondern konstituieren umgekehrt gerade die notwendige Basis für Lernmechanismen, d.h. sie sind Teil der biologisch vorgegebenen Ausstattung des Wahrnehmungssystems. Ohne die durch die Struktur dieser Konzeptformen generierten Kategorisierungen und Transformationsregeln gäbe es weder eine Basis für Lernmechanismen noch für kognitive Inferenzmechanismen.

3.2 Konzeptformen für ‚belebte physikalische Objekte‘

Die Wahrnehmung dient nicht nur der adaptiven Ankopplung eines Organismus an relevante *physikalische* Aspekte seiner Umwelt, sondern auch der Erfassung relevanter biologischer Aspekte (wie der Wahrnehmung von ‚Nahrung‘, ‚Beuteobjekt‘ oder ‚Feind‘) sowie bei sozial organisierten Lebewesen der Erfassung und Regulierung sozialer Beziehungen. Nun sind die hierfür relevanten Attribute – wie bei Mäusen etwa der ‚soziale Status‘ – nicht direkt durch die Sinnesrezeptoren erfassbar. In der Evolutionsgeschichte finden sich verschiedene Designprinzipien zur Lösung dieses Problems. Wir wollen nur die beiden extremsten Varianten betrachten. Die vergleichsweise einfachste Form der Erfassung sozialer Beziehungen beruht auf einer rigiden und sehr robusten Realisierung entsprechender Funktionen durch chemische Sinne und Pheromone (wie bei Ameisen). Die abstrakteste und komplexeste Form beruht auf der Verfügbarkeit Konzeptformen, die eine Wahrnehmung sensorisch nicht erfassbare ‚innere Weseneigenschaften‘ von perzeptuellen Objekten ermöglichen, wie mentale Zustände (Intentionen, emotionale Zustände, etc.) anderer. Diese Form ist extrem plastisch und modifizierbar (wovon wir in der

Kulturentwicklung Gebrauch machen), jedoch sehr störanfällig (im Extremfall, wie beim Autismus, kann die Leistung eines entsprechenden Systems von den Leistungen anderer Systeme dissoziiert werden; s. z.B. Leslie & Roth, 1993).

Befunde, die uns Aufschlüsse über die Struktur der beteiligten Konzeptformen geben, finden wir im Bereich der Wahrnehmung biologischer Bewegung, der Wahrnehmung von Gesichtern, der Wahrnehmung und Imitation von emotionalem Ausdruck, der Wahrnehmung der Blick- und Aufmerksamkeitsrichtung, der Wahrnehmung der Intersubjektivität und Intentionalität.

Wichtige visuelle Indikatoren für eine Unterscheidung der Bedeutungskategorien 'belebtes Objekt' und 'unbelebtes Objekt' sind offensichtlich unterschiedliche Bewegungsmuster von Mitgliedern dieser beiden Klassen: Bewegungen von biologischen Objekten sind selbstverursacht und können deshalb alle möglichen Formen annehmen, während Bewegungen unbelebter physikalischer Objekte physikalischen Gesetzen (Energieerhaltung, Newtonsche Bewegungsgesetze) gehorchen müssen. Die klassischen Demonstrationen von Michotte (s. Palmer, 1999, S. 513ff.) und die Heider-Simmel-Demonstration zur sozialen Kausalität, bei der Bewegungsmuster einfacher geometrischer Figuren als komplexe intentionale Konzepte wahrgenommen werden (s. Scholl & Tremoulet, 2000), machen dies unmittelbar augenfällig. Wir verfügen gleichsam über einen angeborenen Mechanismus der Kausalanalyse: Die Bewegungsursache von belebten Objekten liegt innerhalb des Objektes selbst, während sie bei unbelebten Objekten außerhalb liegen muß (Premack, 1990). Hochgradig reduzierte Reize aus sich bewegenden Punkten, die in geeigneter Weise nicht-rigide gekoppelt sind (wie die Johanssonschen Lichtpunktfigurationen, s. Palmer, 1999, S. 511ff.), können bereits Konzeptformen für 'biologisches Objekt' bzw. 'Meinesgleichen' aktivieren. Zudem hat die Art der aktivierten Konzeptformen bei ansonsten gleichem sensorischen Input Konsequenzen für die Interpretation von Elementarattributen, beispielsweise von zulässigen Bewegungspfaden (Shiffrar & Freyd, 1993).

Dieses hochgradig bereichsspezifische Teilsystem – oft irreführend als 'theory of mind' bezeichnet – mit einer spezifischen biologisch vorgegebenen Konzeptstruktur ist bereits beim Neugeborenen nachweisbar. Es gehört zusammen mit dem Sprachmodul (s. Pinker, 1994) zu den komplexesten Teilsystemen mentaler Architektur. Seine Ausreifung, die bereits pränatal beginnt, benötigt, ähnlich wie im Fall der Sprache, viele Jahre und ist auf spezifische Inputs angewiesen. Zu den Phasen seiner Ausreifung gibt es eine Vielzahl experimenteller Befunde, die uns über die Struktur der zugrunde liegenden Konzeptformen Aufschluß geben können.

Die Säuglingsforschung hat eine Fülle von Befunden gewonnen, die belegen, dass Konzeptformen für 'belebte Objekte' und 'unbelebte Objekte' ('animate vs. inanimate') Teil der biologischen Grundausstattung des Wahrnehmungssystems des Säuglings sind.

Säuglinge reagieren von der Geburt an unterschiedlich auf Personen und unbelebte Objekte (z.B. Bonatti, Frot, Zangl & Mehler, 2002; Baillargeon, Wu, Yuan, Li & Luo, 2009). Sobald sie ihre Aufmerksamkeit fokussieren können, trennen sie kategorial Objekte, die mit ihnen reziprok interagieren können, von solchen, die dies nicht können. Für eine ‚mechanische Verursachung‘ zwischen ‚physikalischen Objekten‘ haben Säuglinge implizite Erwartungen über die Gerichtetheit von kausalen Ereignissen (z.B. Leslie, 1994, 1995); eine identische raum-zeitliches Inputstruktur kann als ‚Kausalität‘ wahrgenommen werden, wenn die beteiligten Objekte als unbelebt klassifiziert werden, jedoch als ‚Intentionalität‘, wenn die beteiligten Objekte als ‚Meinesgleichen‘ klassifiziert werden (Spelke, Phillips & Woodward, 1995; Meltzoff, 2005).

Weitere wichtige Elemente auf dem Weg der Ausreifung dieses Teilsystems des Wahrnehmungssystems sind – neben der bereits oben erwähnten Imitation - die Entstehung einer Aufmerksamkeitskopplung („*joint attention*“) auf der Basis der wahrgenommenen Blickrichtung (z.B. Philipps, Wellman & Spelke, 2002; Eilan et al., 2005) und die Wahrnehmung von intentionalen Aspekten beobachteter Ereignisse (Leslie, 1995; Meltzoff, 2005; Gergely, 2010).

Die auf der Konzeptform ‚Meinesgleichen‘ (mit entsprechenden Attributen, Relationen, Transformationen, etc.) basierenden Strukturen des Wahrnehmungssystems benötigen zu ihrer adäquaten Ausreifung hochgradig spezifische Inputs (z.B. Trevarthen, 1998), beim Säugling insbesondere eine intermodale Affekt Abstimmung durch Mimik, Blicksynchronisation, Tonlage und Tonkonturen, Gestik und Rhythmik (Stern, 1999). Sie stehen u.a. im Dienste affektiver und integrativ-regulatorischer Systeme. Dauerhafte Abweichungen von der benötigten Art der Inputs (z.B. temporale Fehlsynchronisationen in der frühen Mutter-Kind-Interaktion) können mit spezifischen psychischen Störungen im ausgereiften System einhergehen.

Die Identifizierung der Struktur vorgegebener Konzeptformen für ‚belebte Objekte‘ und ihres wichtigsten Spezialfalls ‚Meinesgleichen‘ ist methodisch noch sehr viel schwieriger als im Fall unbelebter physikalischer Objekte, da sich durch eine besonders hohe Erfahrungsplastizität Anteile der kulturellen oder individuellen Lerngeschichte besonders schwer von universellen Elementen trennen lassen. Daher stellen auch hier vergleichende Untersuchungen an verschiedenen Primaten wichtige Befundquellen dar.

Zusammenfassend können wir auf der Basis der empirischen Befundlage feststellen, dass unser Wahrnehmungssystem über biologisch vorgegebene Konzeptformen des Typs ‚Meinesgleichen‘ – als wichtige Spezialklasse des Typs ‚lebendes Objekt‘ – verfügt, deren Struktur gleichsam das Basiswissen über die Struktur interpersonalen Beziehungen und somit über die ‚soziale Welt‘ widerspiegelt.

4. Zusammenfassung

Der Kognitions- und Sprachforscher Steven Pinker (1994, S. 421) hat zu Recht kritisiert, dass die curricularen Einheiten des Psychologiestudiums in der Allgemeinen Psychologie noch den aristotelischen Alltagsklassifikationen des Psychischen entsprechen und nicht natürlichen Funktionseinheiten des Geistes/Gehirns („...with the exception of Perception and, of course, Language, not a single curriculum unit in psychology corresponds to a cohesive chunk of the mind“). Während diese Kritik auch für die klassische Wahrnehmungspsychologie, die gleichsam von außen nach innen dachte, weitgehend zutreffend war, überwindet die gegenwärtige Wahrnehmungspsychologie in ihren engen Verbindungen mit vergleichender Wahrnehmungsforschung und Säuglingsforschung diese Fehlkonzeption, indem sie von innen nach außen denkt und anerkennt, dass unser Wahrnehmungssystem mit einer reichen biologisch vorgegebenen Konzeptstruktur ausgestattet ist. Dadurch gelangt sie – auf der Basis eines breiten Spektrums empirischer Befunde – zu Einsichten in die Natur der Wahrnehmung, die radikal von unseren Alltagsvorstellungen abweichen: Die Sinne dienen, diesen theoretischen Einsichten zufolge, nicht zur ‚Abbildung‘ der Welt, sondern als Stichwortgeber für die Selektion einer bereits im Gehirn vorhandenen und durch die Evolutionsgeschichte festgelegten ‚Außenwelt-Geschichte‘. Wir nehmen also nicht Kategorien der Welt wahr, sondern wir können gar nicht anders, als die Außenwelt durch die Brille der uns verfügbaren Grundkonzepte wahrzunehmen. Diese Kategorien stellen eine universelle Form der Welterfahrung dar. In diesem Sinne ist unsere wahrgenommene Welt eine - biologisch zweckmäßige - Konstruktion unseres Geistes.

Denkanstöße

Unsere Möglichkeiten zur Wahrnehmung von Aspekten der Außenwelt werden bereits durch Eigenschaften der Sinnesrezeptoren begrenzt (z.B. können wir kein ultraviolettes Licht wahrnehmen). Wird darüber hinaus das, was wahrnehmungsmäßig erfassbar ist, auch durch die Art der biologisch verfügbaren Konzeptformen begrenzt? Was lässt sich hierüber aus vergleichenden (ethologischen) Untersuchungen lernen?

Wenn der Säugling bereits von Geburt an mit den Konzeptformen ausgestattet ist, die unserer Wahrnehmung zugrunde liegen, welche Rolle spielt dann die individuelle Lernerfahrung? Kann es kulturelle Unterschiede in der Funktionsweise des Wahrnehmungssystems geben?

Das Wahrnehmungssystem und das System, das den universellen Aspekten unserer Sprache zugrunde liegt, sind eigenständige Teilsysteme unseres Geistes/Gehirns, deren Prozesse auf jeweils unterschiedlichen Konzeptformen operieren. Wie muss die funktionale Architektur unseres Geistes beschaffen sein, damit wir über das, was wir sehen, auch sprechen können? Prägen sprachlich verfügbare Kategorien auch die Kategorien unserer Wahrnehmung?

Empfehlungen zum Weiterlesen

Hoffman, D. (2001). *Visuelle Intelligenz. Wie die Welt im Kopf entsteht*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Cheney, D.L. & Seyfarth, R.M. (2007). *Baboon Metaphysics: The Evolution of a Social Mind*. Chicago: University of Chicago Press.

Literatur

Adelson, E.H. (2000). Lightness perception and lightness. In M. Gazzaniga (ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (2nd ed.) (pp. 339-351). Cambridge, MA: MIT Press.

Baillargeon, R. (2008). Innate Ideas Revisited. For a Principle of Persistence in Infants' Physical Reasoning. *Perspectives on Psychological Science*, 3, 2-13.

Baillargeon, R., Li, J., Ng, W., & Yuan, S. (2009). An account of infants' physical reasoning. In A. Woodward & A. Needham (Eds.), *Learning and the infant mind* (pp. 66-116). New York: Oxford University Press.

Baillargeon, R., Wu, D., Yuan, S., Li, J., & Luo, Y. (2009). Young infants' expectations about self-propelled objects. In B. Hood & L. Santos (eds.), *The origins of object knowledge* (pp.285-352). Oxford: Oxford University Press.

Bonatti, L., Frot, E., Zangl, R., & Mehler, J. (2002). The human first hypothesis: Identification of conspecifics and individuation of objects in the young infant. *Cognitive Psychology*, 44, 388-426.

Borg, E. (2007). If mirror neurons are the answer, what was the question? *Journal of Consciousness Studies*, 14, 5-19.

- Caramazza, A. & J. R. Shelton (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: The animate inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*, 1-34.
- Carello, C., Wagman, J.B., & Turvey, M.T. (2005). Acoustic specification of object properties. In J.D. Anderson & B.F. Anderson (eds.). *Moving image theory: Ecological considerations*, 79-104. Carbondale, IL: Southern Illinois University Press.
- Carroll, S. B. (2005). *Endless Forms Most Beautiful: The New Science of EvoDevo*. New York: W. W. Norton & Company.
- Eilan, N., Hoerl, Ch., Roessler, J. & McCormack, T. (2005). (eds.). *Joint attention: Communication and other minds*. Oxford: Oxford University Press.
- Fleming, R.W. & Bühlhoff, H.H. (2005). Low-level image cues in the perception of translucent materials. *ACM Transactions on Applied Perception*, *2*, 346-382.
- Gallistel, C.R. (1998). Symbolic processes in the brain: the case of insect navigation. In D. Scarborough & S. Sternberg (eds.), *Methods, models and conceptual issues. An invitation to cognitive science, Vol. 4*. (pp. 1-51) Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Gergely, G. (2010). Kinds of agents: The origins of understanding instrumental and communicative agency. In U. Goswami (ed.), *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development*. 2nd Edition. Oxford: Blackwell Publishers.
- Goodwin, B. (2009). Beyond the Darwinian paradigm: Understanding biological forms. In M. Ruse & J. Travis (eds.), *Evolution: The First Four Billion Years* (pp. 299-312). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Hamlin, J. K., Wynn, K. & Bloom, P. (2007). Social evaluation by preverbal infants. *Nature*, *450*, 557-559.
- Hauser, M.D. (2003). Knowing about knowing: dissociations between perception and actions systems over evolution and in development. *Annual New York Academy of Sciences*, *1*, 1-25.
- Helmholtz, H.v. (1855). Über das Sehen des Menschen. In *Vorträge und Reden*. 4. Aufl., Bd.1, 1896. Braunschweig: Vieweg.
- James, W. (1890/1983). *The Principles of Psychology*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- Keil, F.C. (1995). The growth of causal understandings of natural kinds: Modes of construal and the emergence of biological thought. In D. Sperber, D. Premack & A.J. Premack (eds.), *Causal Cognition* (pp. 234-262). New York: Oxford University Press.
- Kirschner, M. & Gerhart, J. (1998). Evolvability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 8420–8427.
- Kitano, H. (2004). Biological robustness. *Nature Reviews Genetics*, 5, 826-837.
- Klatzky, R.L., Pai, D.K. & Krotkov, E.P. (2000). Perception of material from contact sounds. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9, 399-410.
- Leslie, A. (1994). ToMM, ToBY, and agency: Core knowledge and domain specificity. In L. A. Hirschfeld & S.A. Gelman (eds.), *Mapping The Mind: Domain Specificity In Cognition And Culture* (pp. 119-148). Cambridge: Cambridge University Press, 1994,
- Leslie, A.M. (1995). A theory of agency. In D. Sperber, D. Premack & A.J. Premack (eds.) *Causal Cognition* (pp. 121-149). Oxford: Oxford University Press.
- Leslie, A.M., & Roth, D. (1993). What autism teaches us about metarepresentation. In S. Baron-Cohen, H. Tager-Flusberg, & D. Cohen (eds.), *Understanding Other Minds: Perspectives from Autism* (pp. 83-111). Oxford: Oxford University Press.
- Mausfeld, R. (2002). The physicalistic trap in perception. In D. Heyer & R. Mausfeld (eds.), *Perception and the Physical World* (pp. 75-112). Chichester: Wiley.
- Mausfeld, R. (2010a). The perception of material qualities and the internal semantics of the perceptual system. In L. Albertazzi, G. van Tonder & D. Vishwanath (eds.), *Perception beyond Inference. The Information Content of Visual Processes* (pp. 159-200). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Mausfeld, R. (2010b). Intrinsic multiperspectivity: On the architectural foundations of a distinctive mental capacity. In P.A. Frensch & R. Schwarzer (eds.) *Cognition and Neuropsychology: International Perspectives on Psychological Science*, Vol.1 (pp. 95-116). London: Psychology Press.
- Meltzoff, A. N. (2005). Imitation and other minds: The like-me hypothesis. In S. Hurley & N. Chater (eds.), *Perspectives on imitation: From neuroscience to social science*, Vol. 2, (S. 55–77). Cambridge, MA: MIT Press.

Nakayama, K., He, Z.J. & Shimojo, S. (1995). Visual surface representation: A critical link between lower-level and higher-level vision. In S.M. Kosslyn & D.N. Osherson (Eds.), *Visual cognition. An invitation to cognitive sciences. Vol 2.* (pp. 1-70). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Palmer, S. E. (1999). *Vision Science. Photons to Phenomenology.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Philipps, A.T., Wellman, H.M., & Spelke, E.S. (2002). Infant's ability to connect gaze and emotional expression to intentional action. *Cognition*, 85, 53-78.

Pinker, S. (1994). *The Language Instinct.* London: Penguin.

Premack, D. (1990). The infant's theory of self-propelled objects. *Cognition*, 36, 1-16.

Pylyshyn, Z. W. (2003). *Seeing and Visualizing: It's Not What You Think.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Scholl, B. J. (2007). Object persistence in philosophy and psychology. *Mind & Language*, 22, 563 – 591.

Scholl, B. J., & Tremoulet, P. (2000). Perceptual causality and animacy. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 299-309.

Shiffrar, M., & Freyd, J. J. (1993). Timing and apparent motion path choice with human body photographs. *Psychological Science*, 4, 379-384.

Spelke, E. S. & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, 10, 89–96.

Spelke, E.S., Phillips, A. & Woodward, A.L. (1995). Infant's knowledge of object motion and human action. In D. Sperber, D. Premack & A.J. Premack (eds.) *Causal Cognition* (pp. 44-78). Oxford: Oxford University Press.

Spelke, E.S., Gutheil, G., & van der Walle, G. (1995). The development of object perception. In S.M. Kosslyn & D. Osherson (eds.), *Visual Cognition. An Invitation to Cognitive Science. Vol. 2* (pp. 297-330). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Stern, D. N. (1999). Vitality contours: The temporal contour of feelings as a basic unit for constructing the infant's social experience. In Rochat, P. (ed.), *Early Social Cognition: Understanding Others in the First Months of Life* (pp. 67-90). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Streri, A., Spelke, E.S. & Rameix, E. (1993). Modality-specific and amodal aspects of object perception in infancy: The case of active touch. *Cognition*, 47, 251-279.

Trevarthen, C. (1998). The concept and foundations of infant intersubjectivity. In S. Bråten (1998) (ed.), *Intersubjective Communication and Emotion in Early Ontogeny* (pp. 15-46). Cambridge: Cambridge University Press.

Tse, P.U. (1999). Volume completion. *Cognitive Psychology*, 39, 37–68.

Wagner, G.P., Mezey, J. & Calabretta, R. (2005). Natural selection and the origin of modules. In: W. Callabaut & D. Rasskin-Gutman (Eds.), *Modularity. Understanding the Development and Evolution of Complex Natural Systems* (pp. 33-49). Cambridge, Mass.: MIT Press.

A

Abbildtheorie der Wahrnehmung 9
abstrakte Datenformate 11
Affektabstimmung, intermodale 23
Agnosien 18
Ähnlichkeitstheorie der Wahrnehmung 9
Artefakte, Konzeptformen für 18
Aufmerksamkeitskopplung 23
Autismus 22

B

Bedeutungskategorien 10
Blicksynchronisation 23

D

Defizite, kategoriespezifische 18

E

emotionale Zustände anderer, Wahrnehmung von 14
Ereignisse, Wahrnehmungskategorie 20
Ethologie 9, 18
Evolution des Wahrnehmungssystems 12
Evolvabilität 12
explanatorische Tiefe und Breite 8

F

Fundamentalproblem der Wahrnehmungspsychologie 10

G

Gestaltpsychologie 4, 9, 16

H

Heider-Simmel-Demonstration 22

I

Imitationsleistung von Säugling 14
Integration, inferentielle 13
Intersubjektivität, Wahrnehmung von 22

K

Kausalität 14
Konzeptformen 11

L

Löcher als Wahrnehmungsobjekte 20

M

Materialeigenschaften, Wahrnehmung von 14
Meinesgleichen, Konzeptformen für 18, 23
Metaphern 18
Modularität 12
Multiperspektivität, Befähigung zu 17

N

naturwissenschaftliche Zugangsweise 7

O

Oberfläche, Wahrnehmungskategorie 19

P

Persistenz von Objekten 20
Planungsverhalten 13

S

Säuglingsforschung 18, 21
soziale Beziehungen, Wahrnehmung von 21
Spiegelneurone 14
Stille als Wahrnehmungskategorie 20
symbolische Repräsentationen 11

T

theory of mind 22

W

Wahrnehmungstäuschung 5
Werkzeuggebrauch 13