

# Wird Wissen in Begriffen repräsentiert?

Joachim Hoffmann<sup>1</sup>

Bereich Psychologie des Zentralinstituts für Kybernetik und Informationsprozesse der Akademie der Wissenschaften der DDR

*Zusammenfassung.* Die Arbeit geht von der allgemeinen Feststellung aus, daß die Repräsentation von Wissen der Reduktion des Aufwandes von zu erwartenden Informationsverarbeitungsprozessen dient. Es werden verschiedene Anforderungen an die menschliche Informationsverarbeitung betrachtet, und es wird jeweils gefragt, welche Eigenschaften die Wissensrepräsentation haben muß, um diesen Anforderungen zu genügen. Im einzelnen werden die Objektwahrnehmung, die anschauliche Vorstellungstätigkeit, die Aufmerksamkeitssteuerung, die Erkennung semantischer Relationen, die Handlungskontrolle und der Erwerb von Wortbedeutungen betrachtet. Es wird die Schlußfolgerung gezogen, daß eine Repräsentation in diskreten symbolischen Einheiten der Dynamik der Wissensnutzung unter den verschiedenen Anforderungen wenig gerecht wird. Es scheint naheliegender, Wissen direkt in Handlungseinheiten zu repräsentieren. Solche Einheiten sollten Informationen über einzelne Handlungen mit Informationen über Situationskontexte verbinden, in denen die Handlungen erfolgreich verwendet worden sind. Die Vorteile einer solchen handlungsorientierten Wissensrepräsentation werden diskutiert.

*Is knowledge represented in concepts?*

*Summary.* This paper proceeds from the general notion that the representation of knowledge serves to reduce the effort in to be expected information processing. Various demands on human information processing are considered and it is respectively asked, what properties knowledge representations should have in order to meet these demands. Object-recognition, imagery activities, the control of attention, the recognition of semantic relations, the control of behavior, and the acquisition of word meaning are especially considered. It is concluded that a representation in discrete symbolic units hardly meets the requirements of a flexible use of knowledge; a representation by behavioral units seems to be more promising. Such units should integrate information about behavioral steps with information about the contexts where this behavior has been successfully used. The advantages of such a behavioral-oriented representation of knowledge are discussed.

## 1. Einleitung

Im ersten Heft dieses Jahrganges haben Johannes Engelkamp und Thomas Pechmann zu einer Diskussion über das Konstrukt der mentalen Repräsentation aufgerufen. Der vorliegende Beitrag ist eine Wortmeldung zu dieser Diskussion. Unter «mentaler Repräsentation» wird dabei Wissensrepräsentation verstanden. Ich gehe zunächst von der allgemeinen Überzeugung aus, daß Wissen in voneinander abhebbaren Einheiten, den sogenannten Begriffen, gespeichert ist (Hoffmann, 1986). Diese Überzeugung von der Existenz diskreter symbolischer Einheiten zur Speicherung von Wissen wird m.E. vor allem aus drei Quellen genährt:

Erstens zeigt uns der unmittelbare Eindruck, daß wir Objekte in unserer Umwelt als Elemente von Kategorien wahrnehmen. Beim Blick aus dem Fenster etwa sehen wir unmittelbar eine Straßenszene, in der sich Häuser, Geschäfte, Menschen, Laternen, Autos usw. unterscheiden

lassen. Dies suggeriert die Existenz von Einheiten in unserem Gedächtnis, die den wahrnehmbaren Kategorien entsprechen. Zweitens besteht unsere Sprache aus diskreten Einheiten – den Worten. Das legt den Gedanken nahe, daß den Worten auch Gedächtniseinheiten entsprechen, die ihre Bedeutung repräsentieren. Schließlich vereinbart sich die Annahme von der Existenz begrifflicher Einheiten gut mit der allgemeinen Auffassung, nach der das menschliche Gehirn eine Art Computer ist. Ähnlich wie bei einem Computer der «von Neumann Architektur» werden neben einer zentralen Verarbeitungseinheit Datenspeicher konzipiert, in denen Informationseinheiten darauf warten, aktiviert und verarbeitet zu werden. Als Informationseinheiten werden die Begriffe angenommen, denen die Worte unserer Sprache entsprechen und die das Kategoriensystem für die Wahrnehmung liefern.

## 2. Funktionale Eigenschaften von Begriffen

Das menschliche Gehirn akkumuliert Wissen, um es für die Bewältigung von Anforderungen

<sup>1</sup> Ich danke meinen Kollegen M. Ziebler, U. Grosser, U. Kämpf und R. Klein für Hinweise zur Verbesserung einer früheren Fassung der Arbeit.

zu nutzen. Es erscheint daher angebracht, Anforderungen zu betrachten, zu deren Bewältigung Wissen eingesetzt wird und zu fragen, welche Eigenschaften die begrifflichen Repräsentationen haben müssen, um die jeweilige Funktion erfüllen zu können. Man kann dabei hoffen, daß sich im Schnittpunkt der unterschiedlichen Funktionen wesentliche Repräsentationseigenschaften von Begriffen offenbaren.

### 2.1 Die Wahrnehmung von Objekten

Das Phänomen der kategorialen Wahrnehmung ist bereits erwähnt: Einzelne Objekte wie etwa ein Fahrrad, ein Buch oder eine Vase werden unmittelbar und zwangsläufig als Elemente ihrer Klasse wahrgenommen. Das gleiche gilt für vertraute Objektanordnungen, die als szenische Ganzheiten, etwa als Badezimmer, Hafen oder Restaurant wahrgenommen werden. Offensichtlich haben die von den Objekten und Szenen ausgehenden sensorischen Wirkungen die Fähigkeit, unmittelbar die ihnen entsprechenden Begriffe zu aktivieren. D.h., Informationen über die gewöhnlich mit dem Begriff verbundenen sensorischen Wirkungen müssen so repräsentiert sein, daß diese unmittelbare Aktivierung möglich wird. Dieser allgemeine Zusammenhang läßt sich anhand einiger Phänomene differenzieren:

Es ist wiederholt gezeigt worden, daß die sensorischen (visuellen) Wirkungen von Objekten unmittelbar nur ihre jeweiligen Basis- oder Primärbegriffe aktivieren. Zuordnungen zu spezielleren oder allgemeineren Begriffen beanspruchen zusätzlichen Zeitaufwand (Segui & Fraise, 1968; Rosch, Mervis, Gray, Johnson & Boyes-Braem, 1976; Hoffmann, 1982; Zimmer, 1983; Jolicœur, Gluck & Kosslyn, 1984; Hoffmann, Zießler, Grosser & Kämpf, 1985). Bei den Basis- oder Primärbegriffen handelt es sich in der Regel um die relativ allgemeinsten Begriffe, die noch durch gemeinsame Formeigenschaften anschaulich homogen beschreibbar sind. Um einige Beispiele zu geben, sind in den folgenden Begriffshierarchien die Primärbegriffe hervorgehoben: Eiche - Laubbaum - BAUM, Jeep - AUTO - Fahrzeug, BANANE - Obst - Nahrung. Für die Schnelligkeit der Zuordnung eines Objektes zum Primärbegriff scheint die Komplexität seiner Form jedoch nicht entscheidend zu sein. Ein Auto kann etwa gleich schnell identifiziert wer-

den wie eine Banane (Hoffmann & Kämpf, 1985). Oder, um ein deutlicheres Beispiel zu nennen, die Identifikation einer komplexen Szene gelingt teilweise schneller als die Identifikation eines einzelnen Objektes aus der Szene (Antes & Mann, 1984; Zimmermann, 1984). Ebenso scheint eine Anreicherung der Reizstruktur mit Details die Identifizierbarkeit wenig zu beeinflussen. Die globale Umrißfigur eines Objektes reicht in der Regel zur Identifikation aus (Biederman, 1987). Auch Farbeigenschaften spielen eine untergeordnete Rolle (Hoffmann, Zießler & Grosser, 1984; Biederman, 1987). Weiterhin ist gezeigt worden, daß selbst eine teilweise Verdeckung der Reizstruktur die begriffliche Identifikation des Objektes wenig behindert. Oft genügt ein Bruchteil der Gesamtkonfiguration, um das Objekt sicher identifizieren zu können (Biederman, 1987).

Für die Bestimmung der Reizstrukturen, die den Objektidentifikationen zugrunde liegen, ist die Dreidimensionalität ein grundsätzliches Problem. In Abhängigkeit von der Betrachtungsperspektive führt ein und dasselbe Objekt zu den unterschiedlichsten zweidimensionalen Reizkonfigurationen. Palmer, Rosch & Chase (1981) haben in diesem Zusammenhang gezeigt, daß die Leichtigkeit, mit der ein Objekt identifiziert wird, von der Perspektive abhängt, aus der es betrachtet wird. Für die meisten Objekte gelingt die Identifikation am leichtesten «schräg von vorn». Abweichungen von dieser optimalen «kanonischen» Perspektive erschweren die Identifikation. Ungewöhnliche Perspektiven, etwa direkt von oben, machen es zuweilen unmöglich, das Objekt zu identifizieren. Rätselbilder in Zeitungen liefern dafür illustrative Beispiele (vgl. auch Biederman, 1987; Jolicœur, 1985).

Ein weiteres Problem ist die starke Kontextabhängigkeit der Begriffsaktivierung. Es ist bekannt, daß ein und dieselbe Reizstruktur schneller begrifflich identifizierbar wird, wenn sie in einen kongruenten Kontext eingebettet ist. Ein Toaster ist etwa in einer Küche schneller identifizierbar als in einem Badezimmer (Biederman, 1972; Palmer, 1975; Hoffmann & Klein, 1988; u.a.). Darüber hinaus kann die begriffliche Identität einer Reizstruktur durch kontextuelle Wirkungen vollständig verändert werden: die Konfiguration 13 wird bspw. im Kontext 12, 13, 14 als Zahl, im Kontext A, 13, C als Buchstabe identifiziert.

Es sind die m.E. wichtigsten Phänomene der kategorialen Wahrnehmung genannt. Wie müssen nun Begriffsrepräsentationen konzipiert werden, um diesen Phänomenen gerecht zu werden: Wir hatten festgestellt, daß die unmittelbare Aktivierbarkeit auf die Basis- oder Primärbegriffe beschränkt ist. Wenigstens für diese Begriffe ist also zu fordern, daß sie die sie aktivierenden sensorischen Konfigurationen in einer Form repräsentieren, die den zentralnervösen Wirkungen dieser Konfigurationen entsprechen. Die ange deuteten Beobachtungen legen nahe, daß es sich bei diesen Konfigurationen um Ganzheiten handelt, die von Details abstrahieren. Für das visuelle System ist vermutlich die globale Form der zum Begriff gehörenden Erscheinungen aus einer bevorzugten (üblichen) Perspektive repräsentiert. Es handelt sich um Ganzheiten insofern, als Teile der Konfiguration die Tendenz haben, sich zum Ganzen zu ergänzen und die begriffliche Identität eines Teils von der begrifflichen Identität des Ganzen (vom Kontext) bestimmt wird.

## 2.2 Die anschauliche Vorstellungstätigkeit

Wir können uns ein Objekt oder eine Szene anschaulich vorstellen ohne eine Reizkonfiguration gegeben zu haben. Dabei sind uns alle Sinnesmodalitäten zugänglich: Wir können uns vorstellen, wie eine Birke aussieht, wie sich der Gesang einer Nachtigall anhört, wie Kaffee riecht, wie Zucker schmeckt, oder wie sich Stahl anfühlt. Für diese Fähigkeit müssen die repräsentationalen Voraussetzungen in unserem Gedächtnis gegeben sein. Doch betrachten wir zunächst einige Phänomene der anschaulichen Vorstellungstätigkeit:

Anschauliche Vorstellungen besitzen nicht die gleichen Qualitäten wie Wahrnehmungen. Sie sind nicht scharf konturiert, Details sind nicht ausgearbeitet und die Farben sind weniger intensiv (Martin, 1912, 1913). Harvey (1986) hat bspw. eindrucksvoll gezeigt, daß in anschaulichen Vorstellungsbildern vor allem die räumlich hochfrequenten Anteile, die die Detailstrukturen eines Bildes tragen, fehlen. Es fehlen also gerade die Charakteristiken, die auch für die kategoriale Wahrnehmung der Objekte von geringerer Bedeutung sind. Oder, um es positiv zu formulieren: Die anschaulichen Vorstellungen von Objektkategorien realisieren gerade diejenigen sen-

sorischen Wirkungen, die auch die kategoriale Wahrnehmung der Objekte steuern.

Fordert man Vpn auf, sich Objekte anschaulich vorzustellen, etwa einen Baum, einen Vogel, eine Eiche oder einen Sperling, dann ergeben sich gleiche Zusammenhänge wie bei der kategorialen Wahrnehmung: Für Primärbegriffe wie Baum und Vogel werden schneller anschauliche Vorstellungen aufgebaut als für die detaillierteren Unterbegriffe Eiche und Sperling (Hoffmann, Denis & Zießler, 1984). Das spricht dafür, daß es sich bei anschaulichen Vorstellungen um einen Prozeß handelt, dessen Dauer von der Komplexität oder Detailliertheit des vorzustellenden Sachverhaltes abhängt (vgl. auch Weber & Harnish, 1974; Glushko & Cooper, 1978; u.a.).

Wie kategoriale Wahrnehmungen sind auch anschauliche Vorstellungen vom Kontext ihrer Einbettung abhängig. Das Vorstellungsbild eines Adlers bspw. hängt davon ab, ob man ihn sich «majestätisch am Himmel schwebend» oder »im Sturz einen Wiesel packend« vorstellt (Denis, 1982). D.h., die anschaulich vorgestellten Eigenschaften eines Teiles werden von seiner Einbettung in ein Ganzes bestimmt. Die Erzeugung einer anschaulichen Vorstellung scheint danach ebenso von Ganzheiten auszugehen wie die kategoriale Wahrnehmung (vgl. auch Kosslyn & Schwartz, 1978; u.a.).

Obwohl anschauliche Vorstellungen nicht alle Eigenschaften von Wahrnehmungen haben, scheinen sie ihnen doch funktionell äquivalent zu sein. Operationen erzeugen unter beiden Bedingungen vergleichbare Effekte. Werden bspw. Merkmale von Objekten oder von den entsprechenden anschaulichen Vorstellungen verglichen, ergibt sich in beiden Fällen ein sogenannter Distanzeffekt (z.B. Moyer, 1973; Paivio, 1978; Podgorny & Shepard, 1978). Je größer die Merkmalsunterschiede sind, desto schneller gelingt ihr Vergleich. Auch die Schnelligkeit des Aufmerksamkeitswechsels in anschaulichen Vorstellungen hängt in gleicher Weise von der zu überbrückenden räumlichen Distanz ab wie bei einer gesehenen Reizkonfiguration (z.B. Kosslyn, Ball & Reiser, 1978). Für eine funktionale Äquivalenz spricht auch, daß die Erzeugung und Aufrechterhaltung einer anschaulichen Vorstellung mit gleichzeitig geforderten Erkennungsleistungen modalitätsspezifisch interferiert. Eine visuelle Vorstellung wird bspw. stärker durch eine visuelle

als durch eine akustische Erkennungsaufgabe gestört und umgekehrt (Segal & Fusella, 1970; Bosshardt, 1975).

Die hier zitierten Phänomene lassen uns anschauliche Vorstellungen als Resultat eines Prozesses erscheinen, der aus dem Gedächtnis heraus Zustände erzeugt, die den durch sensorische Wirkungen hervorgerufenen Zuständen weitgehend entsprechen und auf die teilweise gleiche Operationen angewendet werden können wie auf tatsächliche Wahrnehmungen. Für die Repräsentation von Begriffen kann man daraus schlußfolgern, daß sie Informationen über sensorische Wirkungen, die ihre Aktivierung veranlassen, so repräsentiert haben müssen, daß nicht nur die Aktivierung der Begriffe durch die sensorischen Wirkungen, sondern auch umgekehrt die Aktivierung von Zuständen, die den sensorischen Wirkungen entsprechen, durch die Begriffe gewährleistet ist. Die Zustände, seien sie nun durch externale Reize oder internale Vorstellungen erzeugt, scheinen dabei in ein und demselben Repräsentationsmedium realisiert zu sein (vgl. auch Kosslyn, 1987; Finke, 1980; Hoffmann, 1983; Engelkamp, 1987).

### 2.3 Die Aufmerksamkeitssteuerung

Die Steuerung der Aufmerksamkeit ist noch immer ein kontrovers diskutiertes Forschungsgebiet der kognitiven Psychologie (vgl. etwa Broadbent, 1982; Lambert, 1985; Neumann, 1985). Auf die dabei behandelten Themen wie etwa die Unterscheidungen zwischen später und früher Selektion, zwischen automatischer und kontrollierter Aufmerksamkeitssteuerung oder zwischen zentraler und verteilter Verarbeitungskapazität, kann hier nicht eingegangen werden. Das Thema ist hier nur aufgegriffen, um eine Spekulation zur Diskussion zu stellen.

Die Fähigkeit des Menschen, seine Aufmerksamkeit auf spezifische Reizeigenschaften zu konzentrieren, ist unstrittig. Wir können dabei die Reize, auf die wir uns konzentrieren wollen, fast beliebig wählen. Die Farbe Rot, das gelbe Taxischild oder ein bestimmtes Schriftbild können Gegenstand unserer Aufmerksamkeitskonzentration sein. Das Resultat besteht stets darin, daß die Reize, auf die die Aufmerksamkeit gerichtet ist, bei ihrem Auftreten schneller verarbeitet werden, als wenn die Aufmerksamkeit nicht

auf sie gerichtet gewesen wäre. Ich möchte nun die Spekulation vertreten, daß dieser Verarbeitungsvorteil auf der Ausbildung einer Erwartung für die jeweiligen Reize beruht und weiter, daß die Erwartungsausbildung auf Prozessen beruht, die auch der Erzeugung von anschaulichen Vorstellungen zugrunde liegen. Durch die anschauliche Vorstellung wird ein Zustand erzeugt, der den sensorischen Wirkungen der erwarteten Reize weitgehend entspricht. Es könnte gerade diese Vorwegnahme von zu erzeugenden Zuständen sein, die die aufmerksamkeitsabhängigen Verarbeitungsvorteile bedingen.

Für eine solche operationale Identität von Aufmerksamkeit und anschaulicher Vorstellung lassen sich zunächst nur pauschale Argumente anführen. So scheinen etwa Aufmerksamkeit und anschauliche Vorstellungen gleichermaßen nicht teilbar zu sein. Man kann sich immer nur eine Sache anschaulich vorstellen, so, wie man seine Aufmerksamkeit auch immer nur auf eine Sache konzentrieren kann<sup>2</sup>. Eine direkte experimentelle Prüfung der angenommenen operationalen Identität von Aufmerksamkeit und anschaulicher Vorstellung steht jedoch noch aus.

Im vorliegenden Kontext zielt die geäußerte Spekulation auf die mutmaßlich ursprüngliche Funktion der anschaulichen Vorstellungstätigkeit. Sie besteht danach nicht etwa darin, unsere Phantasie und unsere Träume mit Bildern zu beleben, sondern darin, die Verarbeitung zu erwartender Reize dadurch zu beschleunigen, daß die ihren Wirkungen entsprechenden inneren Zustände voraktiviert werden. Wir werden auf diese Funktion noch einmal im Kontext der Handlungssteuerung zurückkommen.

### 2.4 Semantische Relationen

Wenn zwei Begriffe in unserem Gedächtnis aktiviert werden, haben wir einen unmittelbaren Eindruck von ihrer Zusammengehörigkeit: Tasse und Henkel, Winter und Schnee, Amsel und

<sup>2</sup> Es ist bekannt, daß nicht beliebige Aspekte gleichzeitig im Fokus der Aufmerksamkeit oder in einer anschaulichen Vorstellung integriert werden können (vgl. etwa Treisman & Gelade, 1980; Hoffmann & Grosser, 1986). Diese Grenzen der Integrierbarkeit von Reizelementen enthalten wichtige Hinweise auf die funktionelle Architektur der Reizverarbeitung, denen systematischer als bisher nachgegangen werden muß.

Drossel. Skalpell und Chirurg gehören zusammen im Gegensatz etwa zu Fahrrad und Bleistift. Uns wird auch unmittelbar gewahr, daß die Formen des Zusammenhangs unterschiedlich sind. Der Henkel ist ein Teil der Tasse, der Winter ist die Zeit, in der Schnee liegt, Amsel und Drossel sind beides Vögel und das Skalpell ist ein Instrument für den Chirurgen. Die Repräsentationen der Begriffe müssen Informationen enthalten, die es uns erlauben, diese Differenzierungen zu treffen.

Ich sehe gegenwärtig zwei Ansätze in der Literatur, die der Frage nach der Repräsentation der Qualität semantischer Relationen systematisch nachgehen. Klix und seine Mitarbeiter haben vorgeschlagen, zwei Repräsentationsformen semantischer Relationen zu unterscheiden (z.B. Klix, Kukla & Klein, 1976; Klix, 1986; Klix, van der Meer, Preuß & Wolf, 1987). *Merkmalsbestimmte Relationen*, die auf spezifischen Verhältnissen zwischen den unabhängig voneinander gedachten Merkmalen der verbundenen Begriffe beruhen, und *ereignisbestimmte Relationen*, die erlebte (erlebbare) raum-zeitliche Zusammenhänge zwischen den Begriffen repräsentieren. Zu den merkmalsbestimmten Relationen gehört bspw. die Unter-Oberbegriffsrelation, wie etwa zwischen Eiche und Baum. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die Merkmale des Oberbegriffs in denen des Unterbegriffs vollständig enthalten sind. Zu den ereignisbestimmten Relationen gehört bspw. die Instrumentrelation, wie etwa zwischen Trinken und Tasse. Hier bestimmt nicht ein Vergleich der Merkmale beider Begriffe ihr Verhältnis, sondern die Tatsache, daß sie in ein raum-zeitliches Geschehen integriert sind. Die Unterscheidung der beiden Repräsentationsformen ist durch zahlreiche experimentelle Belege gestützt worden (vgl. für einen Überblick etwa Klix, 1984). Chaffin und Herrmann sind ebenfalls zu der Auffassung gekommen, daß semantische Relationen durch Merkmale beschrieben werden müssen, an denen die Individualität der Relationen bestimmt werden kann. Sie erarbeiteten an Hand von linguistischen Analysen hypothetische Merkmalsbeschreibungen für eine Reihe von semantischen Relationen, deren psychologische Validität experimentell bestätigt werden konnte (z.B. Chaffin & Herrmann, 1984, 1986; Stasio, Herrmann & Chaffin, 1985). Die Unter-Oberbegriffsrelation bspw. ist dadurch

charakterisiert, daß die Bedeutungsmerkmale des Oberbegriffes vollständig in denen des Unterbegriffes enthalten sind, aber nicht umgekehrt (Unilateral Inclusion). Die Instrumentrelation ist dagegen dadurch charakterisiert, daß beide Begriffe zu einem Ereignis (event) gehören, in dem der eine Begriff zur Ausführung einer Handlung genutzt wird (vgl. auch Herrmann, 1987). Obwohl zwischen den Konzeptionen Unterschiede bestehen, machen die Merkmalsbeschreibungen für die beispielhaft ausgewählten Relationen deutlich, daß beide Ansätze zu vergleichbaren Annahmen über die Informationen führen, die der Differenzierbarkeit semantischer Relationen zugrunde liegen: entweder entspringt die Relation der Integration der beiden Begriffe in einer übergreifenden Ganzheit oder aber sie ist das Ergebnis eines Vergleichs zwischen den unabhängig voneinander betrachteten Eigenschaften beider Begriffe.

Welche Schlußfolgerungen lassen sich nun für die Repräsentation von Begriffen ziehen? Ich möchte hier die These vertreten, daß die bislang behandelten Repräsentationseigenschaften Voraussetzungen auch für die Differenzierung semantischer Relationen liefern. Wenn vom Begriff aus anschauliche Vorstellungen der dem Begriff entsprechenden Reizkonfigurationen erzeugt werden können, in denen gleiche Operationen ausführbar sind wie bei tatsächlichen Wahrnehmungen, dann sind damit Informationen repräsentiert, die auch eine Differenzierung semantischer Relationen gestatten: Das vorgestellte Bild einer Eiche gestattet bspw. seine Identifikation auch als Baum, ebenso wie eine wahrgenommene Eiche als Baum oder Eiche identifiziert werden kann. Dem Übergang vom Unterbegriff zum Oberbegriff entspricht hier der Wechsel der Aufmerksamkeitskonzentration von Details auf das Ganze. In gleicher Weise lassen sich situationsbestimmte Relationen vermittelt denken. Die Vorstellung des Trinkens etwa schafft einen ganzheitlichen Rahmen, in dem durch den Wechsel der Aufmerksamkeit verschiedene Teile hervorgehoben werden können, auch das, was man beim Trinken in der Hand hält, das Instrument zum Trinken, was dann als Tasse oder Becher usw. identifiziert werden kann. Sicher werden die hier angedeuteten Überlegungen nicht ausreichen, um die Spezifik aller uns geläufigen semantischen Relationen zu erklären. Es bleibt

bspw. völlig offen, wie Relationen zwischen abstrakten, unanschaulichen Begriffen repräsentiert sein sollen, etwa Relationen wie zwischen Demokratie und Parlament (obwohl man sich beim Nachdenken über solche abstrakten Beziehungen oftmals bei anschaulichen Vorstellungen «ertappt»). Auch wird man für die Verifikation von vertrauten Relationsaussagen wie «Die Eiche ist ein Baum» nicht immer anschauliche Vorstellungen bemühen müssen. Viele Relationsaussagen haben sich oft genug als wahr erwiesen, so daß sie nicht jedesmal neu überprüft werden müssen (vgl. Zimmer, 1988). Wir wollen das Thema hier nicht vertiefen. Ich wollte lediglich deutlich machen, daß die Repräsentationseigenschaften, die der kategorialen Wahrnehmung, der Vorstellungstätigkeit und der Aufmerksamkeitssteuerung vermutlich zugrunde liegen, auch Voraussetzungen für die Differenzierung von semantischen Relationen liefern. Die Relationen unterscheiden sich aus dieser Sicht in den Operationen, die angewendet werden müssen, um die Vorstellung des einen Begriffes aus der Vorstellung des anderen zu erzeugen.

## 2.5 Handlungswissen

Es besteht weitgehende Übereinstimmung darin, daß für die Steuerung von (geübten) Handlungen Programme existieren, die die Informationen über den Ablauf der Handlungsfolge repräsentieren. Für die Existenz der Programme sprechen zwei Arten von Beobachtungen: So ist erstens gezeigt worden, daß geübte Handlungen auch dann ausgeführt werden können, wenn die sensorischen Rückmeldungen über die Korrektheit von Teilhandlungen unterbunden oder verzerrt werden (z.B. Lashley, 1917; Taub & Bermann, 1968; Kelso, 1977; Wing, 1977). D.h., der Handlungsablauf kann rückmeldungsfrei koordiniert werden, weil er, so die Annahme, von einem gelernten Programm gesteuert wird. Zweitens ist gezeigt worden, daß vor dem Beginn einer geforderten Handlung stets eine Planungsphase liegt, die umso länger ausfällt, je komplexer die zu realisierende Handlung ist. Dies wird als Hinweis auf eine «Vorprogrammierung» interpretiert, in der die Parameter eines bestehenden Programms an die vorhandenen Bedingungen angepaßt werden (Klapp & Erwin, 1976; Klapp & Greim, 1979; Sheridan, 1984; Keidel, 1983, 1984; u.a.).

Daß Handlungsprogramme eine eigenständige Form der Wissensrepräsentation bilden, haben Engelkamp und Mitarbeiter belegt. Es wurden Gedächtnisleistungen für verbale Handlungsphrasen wie «eine Zigarette anzünden» oder «ein Tuch auswringen» usw. untersucht. Verschiedene Bedingungen wurden kombiniert: Die Vpn hatten die verbalen Phrasen zu lesen, sie sahen per Video ein Modell die Handlungen ausführen, sie hatten die Ausführung der Handlung zu planen und schließlich hatten sie die Handlungen imitierend auszuführen (für einen Überblick siehe Engelkamp & Zimmer, 1985). Es konnte gezeigt werden, daß die Ausführung (und Planung) einer Handlung einen von anderen Bedingungen separierbaren Einfluß auf die Gedächtnisleistungen hat. Dies deutet auf die Existenz von eigenständigen Repräsentationsanteilen hin, die selektiv durch tatsächliches Handeln (und konkretes Planen), nicht aber, oder nur schwächer, durch das Lesen einer Handlungsbeschreibung oder die Beobachtung einer handelnden Person aktiviert werden.

Handlungsrepräsentationen können auch Gegenstand der Vorstellungstätigkeit sein. Eine Handlungsausführung kann etwa in der Vorstellung verlangsamt werden, die Reihenfolge von Teilhandlungen läßt sich ändern und einzelne Handlungen lassen sich zu völlig neuen Handlungsfolgen verbinden. Solche «gedanklichen» Operationen an vorgestellten Handlungen führen zu Effekten, die im «mentalen Training» zielgerichtet genutzt werden. Es zeigt sich etwa, daß die wiederholte Vorstellung eines bestimmten Bewegungsablaufes das nachfolgende Training der Bewegungsausführung erleichtert. Die Vorstellungen führen vermutlich zur Verbindung von Repräsentationsanteilen, die auch an der Ausführung der Handlung beteiligt sind (vgl. etwa Heuer, 1985).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die vorliegende Literatur die Auffassung unterstützt, daß das Wissen über Handlungen in Form von Handlungsprogrammen repräsentiert ist, die unabhängig von ihrer Ausführung Objekt gedanklicher Vorstellung sein können.

In welcher Beziehung steht nun das Wissen über Handlungsprogramme zum Wissen über sensorische Wirkungen? Ich möchte im folgenden argumentieren, daß der Zusammenhang außerordentlich eng ist, ja, daß die beiden Wissens-

formen ohneinander nicht zu denken sind. Ein erstes Argument bezieht sich auf die Bedingungen, die zur Bildung von Primär- oder Basisbegriffen führen. Es wird in der vorliegenden Literatur übereinstimmend argumentiert, daß jeweils solche Erscheinungen begrifflich zusammengefaßt werden, die im Kontext eines bestimmten Verhaltens funktional äquivalent sind. Die anschauliche Ähnlichkeit von Erscheinungen ist für ihre Zusammenfassung zu einem Primärbegriff zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung. So haben wir bspw. keinen gemeinsamen Begriff für anschaulich so ähnliche Dinge wie Tennisbälle und Apfelsinen, eben weil es keine Verhaltensintention gibt, in der Tennisbälle und Apfelsinen äquivalente, austauschbare Funktionsträger sind. Anders gesagt: Die Ursachen für die begriffliche Integration sensorischer Wirkungen liegen nicht in der Ähnlichkeit ihrer Eigenschaften, sondern in ihrer funktionalen Einbettung in Handlungen. Es werden diejenigen Erscheinungen zu einem Begriff integriert und damit von anderen Erscheinungen abgegrenzt, die im Rahmen eines Handlungsprogramms die gleiche Funktion erfüllen (vgl. die ausführliche Diskussion zu diesem Thema bei Hoffmann, 1986; Hoffmann & Ziebler, 1986).

Ein zweites Argument: Bei der Ausführung einer Handlung sind stets die gegebenen Bedingungen zu berücksichtigen. In einem Handlungsprogramm müssen also neben den Informationen zur Handlungssequenz auch Informationen über die Zustände repräsentiert sein, die erfahrungsgemäß eine erfolgreiche Ausführung der Handlung erwarten lassen. Wir wollen dies die Informationen zum *Ausgangszustand* nennen. Weiterhin wird angenommen, daß Verhaltensprogramme auch Informationen über den Zustand repräsentiert haben, der erfahrungsgemäß jeweils als Folge der Handlungsausführung eintritt (z.B. Zimmer & Engelkamp, 1984; Schmidt, 1975, 1976; Adams, 1971, 1976; Summers, 1981). Wir wollen dies die Informationen zum *Folgezustand* nennen. Ausgangs- und Folgezustände repräsentieren damit die aus vergangene Handeln abstrahierten Kontexte, in denen die jeweiligen Handlungen erfolgreich angewendet worden sind. Sie ermöglichen während der Handlungsausführung einen kontinuierlichen Vergleich der aktuell gegebenen Bedingungen mit den in der Vergangenheit gemachten Erfah-

rungen. Wir haben, angeregt durch Experimente von Miller (1983), erste Versuche durchgeführt, um diese kontinuierliche Kontrolle der Handlungsausführung einer experimentellen Analyse zugänglich zu machen. Das gewählte Paradigma war freilich noch weit entfernt von der Komplexität natürlicher Handlungsabläufe: Die Vpn hatten einfache Reiz-Reaktionszuordnungen zu lernen und so schnell wie möglich zu realisieren. Die kritische Variation bestand in der Art der Verknüpfung von Reizeigenschaften mit Eigenschaften der auszuführenden Reaktionen. Die Resultate zeigen, daß die Identifizierung des Reizes und die Vorbereitung und Ausführung der entsprechenden Reaktion nicht getrennte Prozeßstufen sind, die nacheinander realisiert werden. Es handelt sich vielmehr um eine kaskadenförmige Verzahnung beider Prozesse, in der die Vorbereitung der Reaktion parallel zum Prozeß der Reizidentifikation erfolgt. Die Prozesse beeinflussen sich dabei gegenseitig: Die Vorbereitung von Reaktionsparametern folgt der sensorischen Verfügbarkeit einschränkender Reizbedingungen und umgekehrt, die Verarbeitung der Reizbedingungen paßt sich an die Notwendigkeiten einer effektiven Verhaltenssteuerung an, indem die gegenüber Klassen von Reaktionen invariante Eigenschaften der Reize als Merkmale hervorgehoben werden (Ziebler & Hoffmann, 1988). Nach diesen Resultaten sind Repräsentationen von sensorischen Wirkungen und Handlungsprogrammen nicht nur verbunden, sie bedingen sich sogar gegenseitig in ihrer lernabhängigen Ausbildung. Und weiter läßt sich vermuten, daß sensorische Wirkungen und Handlungselemente nicht in einer linearen Folge, sondern hierarchisch aufeinander bezogen sind und daß auf verschiedenen Ebenen dieser Hierarchie die Handlung parallel vorangetrieben werden kann.

Versucht man die vorgetragenen Argumente zum Zusammenhang zwischen kategorialen Wissen und Handlungswissen abschließend zu integrieren, dann muß erstens die gegenseitige Bedingtheit der beiden Wissensformen betont werden und es muß zweitens betont werden, daß in dieser Wechselwirkung dem Handlungswissen eindeutig das Primat zukommt. Es sind gerade die Regelmäßigkeiten in der Realisierung von zielgerichteten Handlungen, die die kategoriale Differenzierung von Reizkonstellationen im Sinne von funktional äquivalenten Ausgangs-

und Folgezuständen bedingen. Unsere sensorischen Begriffe lassen sich danach vorstellen als abstrahierte Eigenschaften von Zuständen, die in Handlungsprogrammen als günstige Ausgangs- und zu erwartende Folgezustände eingebettet sind.

## 2.6 Die Benennungshandlung

Sprechen kann als eine spezifische Form des Handelns betrachtet werden. Die sich aus einer solchen Betrachtung ergebenden Implikationen sind außerordentlich vielgestaltig und würden nicht nur den Rahmen dieser Abhandlung, sondern auch den Stand eigenen Durchdenkens überschreiten. Ich möchte daher die nachfolgende Betrachtung auf nur einen Aspekt beschränken, auf die Funktion von Worten, als Zeichen für Objekte zu dienen. Die im jeweiligen Sprachraum geltenden Zuordnungen zwischen den Objekten und den sie bezeichnenden Worten müssen erlernt werden. D.h., die Sprechprogramme für die Worte sind mit den von den Objekten erzeugten inneren Zuständen zu verbinden. Nach der Terminologie des vorigen Abschnittes handelt es sich um die lernabhängige Ausbildung von korrekten Ausgangszuständen für Sprechprogramme. Die Kinder lernen, bei welchen Reizkonstellationen sie welches Wort zu sprechen haben, um eine korrekte Bezeichnung zu realisieren. Dieser einfache Zusammenhang bewirkt einen fundamentalen Unterschied zur sprachunabhängigen Auseinandersetzung mit der Umwelt:

Die meisten Objekte werden in die unterschiedlichsten Handlungen eingebettet. Für die Orientierung des Verhaltens werden dabei jeweils andere Merkmale akzentuiert. Ob ich ein Auto fahren, waschen oder reparieren will, macht jeweils andere Merkmale bedeutsam. Die unterschiedlichen Handlungsprogramme liefern somit keine Grundlage für die Herausbildung einer konsistenten Repräsentation für die Objektkategorie als Ganzes. Mit der Benennung der Kategorie entsteht jedoch eine grundsätzlich andere Situation. Es ist nun eine Handlung gegeben, die, wenn sie korrekt angewendet werden soll, die Herausbildung einer konsistenten Repräsentation geradezu erzwingt. Der Ausgangszustand des Sprechprogramms muß eine von den unterschiedlichen Handlungskontexten abstrahie-

rende Reizkonstellation repräsentieren. Oder, um es genauer zu formulieren, er muß diejenigen Merkmale repräsentieren, die in den unterschiedlichsten Benennungssituationen als Invarianten herausgefiltert werden können. Im einheitlichen Kontext der Benennung werden so konsistente Repräsentationen für Kategorien ausgebildet, deren Objekte im Kontext anderer Verhaltensanforderungen jeweils unterschiedlich repräsentiert werden.

Die Worte der Sprache reflektieren Differenzierungen, die innerhalb der jeweiligen Sprachgemeinschaft als notwendig angesehen werden. Mit dem Erlernen der Sprache werden diese Differenzierungen von der heranwachsenden Generation übernommen. Allein der Wunsch, die Worte der Muttersprache richtig verstehen und anwenden zu können, erzwingt damit kategoriale Differenzierungen, die in einer nur individuellen Auseinandersetzung mit der Umwelt niemals notwendig werden würden. Bezogen auf ein einzelnes Individuum heißt das, daß viele Begriffe nur deshalb repräsentiert sind, weil es ein Wort dafür gibt, das korrekt verwendet werden möchte.

Die Worte sind das Medium unserer Kommunikation und ihre Verwendung wird ganz selbstverständlich von den Vorstellungen begleitet, die als Voraussetzung für ihre Verwendung gelernt worden sind. Wenn wir etwa abstrakt von einem «Auto» reden, dann ist damit bei den meisten Menschen die Vorstellung vor allem der globalen Umrißfigur eines Pkw verbunden. Es handelt sich bei dieser Vorstellung um die Reaktivierung des Ausgangszustandes, der für die Benennungshandlung gelernt wurde. Es sind diese an die Worte gebundenen Vorstellungen, die uns als *die* Repräsentationen der Begriffe erscheinen. Die Tatsache, daß in anderen Handlungskontexten ganz andere Repräsentationen für die Objekte der gleichen Klasse realisiert sind, bleibt dabei unberücksichtigt. Gerade das macht es wohl so schwer, über die Eigenschaften von Begriffsrepräsentationen in den unterschiedlichsten Kontexten zu sprechen.

## 3. Schlußfolgerungen

Wir sind von der Hoffnung ausgegangen, daß eine Analyse von funktionalen Anforderungen



an Wissensstrukturen notwendige Eigenschaften der Wissensrepräsentation erkennen lassen würde. Ausgangspunkt war die weit verbreitete Auffassung, daß Wissen in Form von Begriffen repräsentiert ist, die als diskrete symbolische Einheiten Informationen speichern, auf die dann anforderungsabhängig Prozesse zugreifen können. Unsere Diskussion läßt m.E. erkennen, daß diese Auffassung der Dynamik der Wissensnutzung unter den verschiedenen Anforderungen nur wenig gerecht wird (vgl. auch Kosslyn & Hatfield, 1984). Wie aber dann, wenn nicht in symbolischen Einheiten, sollte man sich Wissen repräsentiert denken?

Das allgemeine Ziel menschlicher Informationsverarbeitung läßt sich wohl am ehesten dahingehend beschreiben, Verhalten so zu steuern, daß Verhaltensziele auch erreicht werden. Diesem Sinn ist auch die Repräsentation von Wissen untergeordnet. Wenn man diesen Gedanken, dem in seiner Allgemeinheit kaum widersprochen werden kann, konsequent zum Ausgangspunkt der Betrachtung macht, dann empfehlen sich die Elemente, aus denen sich Verhalten zusammensetzt, wie von selbst auch als Einheiten für die Repräsentation von Wissen. Unsere Diskussion zusammenfassend läßt sich spekulieren, daß solche Handlungselemente in Form von Programmen repräsentiert sind, in denen erstens die Parameter des auszuführenden Verhaltens fixiert sind, die zweitens Informationen über die Zustände gespeichert haben, die für eine erfolgreiche Ausführung der Handlung gegeben sein müssen (die sogenannten Ausgangs-Zustände) und die schließlich drittens Informationen über die Zustände gespeichert haben, die im Ergebnis der Handlung zu erwarten sind (die sogenannten Folge-Zustände). Wenn man sich Wissen in Einheiten dieser Art gespeichert vorstellt, dann lassen sich die behandelten Phänomene wissensgestützter Informationsverarbeitung auf die folgenden Zusammenhänge zurückführen:

Die kategoriale Wahrnehmung der Umwelt wäre zu verstehen als die Verifikation von Ausgangszuständen für Handlungen. Die Verifikation erfolgt dabei durch die (evtl. auch nur gedankliche) Ausführung der jeweiligen Handlung und die Überprüfung des erwarteten Folgezustandes.

Die Wahrnehmung ist in der Regel in ein umfassenderes Verhalten eingebettet. In der Konse-

quenz werden jeweils die Zustände bevorzugt verifiziert, die für die Fortsetzung des Verhaltens notwendig sind. So kann von ein und derselben Reizkonfiguration im Kontext des Zählens die Handlung «13 - sagen» und im Kontext des Alphabets die Handlung «B - sagen» aktiviert werden. Ist kein konkretes Verhaltensziel wirksam, werden in der Regel Benennungshandlungen aktiviert, für die, vermutlich auf Grund ihrer hohen Trainiertheit, ein andauernde latente Bereitschaft besteht. Die Wahrnehmung ist aus dieser Sicht eigentlich nicht zwingend kategorial - bei der Ausführung einer Handlung werden die kategorialen Identitäten der eingebundenen Objekte nicht wirklich realisiert. Wenn wir etwa unser Auto starten, dann «denken» wir nicht die Begriffe Zündschlüssel, Zündschloß, Kupplungspedal und Schalthebel, wir tun einfach, was zu tun ist, und die Wahrnehmung liefert uns die dafür notwendigen Daten. Erst wenn wir glauben, nichts zu tun, erleben wir unsere latenten Benennungsreaktionen als Zwang zur kategorialen Wahrnehmung; eben weil in der angenommenen Architektur unseres Wissens Reizkonfigurationen keine andere Wirkung haben können als Handlungen zu aktivieren.

Die anschauliche Vorstellungstätigkeit ist aus dieser Sicht zu verstehen als die Reaktivierung von Ausgangs- oder Folgezuständen einer Handlung. So kann man sich von einem Wort ausgehend die Reizkonfiguration vorstellen, die als Ausgangszustand für die Benennung gelernt wurde, und man kann sich den Klang des gesprochenen Wortes als Folgezustand vorstellen. Man kann in der Vorstellung auch ganze Handlungsfolgen durchlaufen und sich dabei die jeweiligen Ausgangs- und Folgezustände anschaulich vergegenwärtigen. Dabei zeigt die Selbstbeobachtung, daß die von einem isolierten Wort ausgehenden Vorstellungen zumeist allgemeiner sind als die in ein konkretes Verhalten eingebetteten Vorstellungen. Die Vorstellung «Auto» etwa wird bestimmt durch die Menge aller Reizkonstellationen, die wir jemals korrekt als Auto benannt haben. Wenn wir uns aber vorstellen, an einem Auto ein Rad zu wechseln, gehen in die Vorstellung «Auto» nur die Erfahrungen ein, die wir in diesem Zusammenhang gemacht haben, und das sind in der Regel die Erfahrungen am eigenen Auto. Wir stellen uns dann die Eigenschaften unseres eigenen Autos und nicht mehr die globalen

Eigenschaften der Kategorie Auto vor. Diese Überlegung unterstreicht noch einmal die Gebundenheit unseres «anschaulichen Wissens» an den jeweiligen Verhaltenskontext.

Für das Verständnis der Aufmerksamkeitssteuerung ergibt sich der Hinweis, wenigstens zwei Mechanismen zu unterscheiden: Im Vollzug einer Handlung, so der erste Mechanismus, führen die gelernten Ausgangs- und Folgezustände zu Erwartungen für die ihnen entsprechenden Reizkonstellationen, die in der Konsequenz auch bevorzugt wahrgenommen werden. Anders gesagt, im Handlungsvollzug wird die Aufmerksamkeit (automatisch) auf die Reizkonstellationen konzentriert, die als Voraussetzung und als Folge der jeweiligen Teilhandlungen gelernt worden sind. Davon abzuheben sind Mechanismen, die eine willkürliche Konzentration der Aufmerksamkeit auf Teilaspekte eines gegebenen Reizangebotes bewerkstelligen, etwa auf die Reize, die von einem bestimmten Sinnesorgan verarbeitet werden, oder auf die Reizwirkungen von einer bestimmten Stelle in der Umgebung. Zu diesen Mechanismen gehört natürlich die Steuerung der Augenbewegungen. Es gibt aber auch Hinweise auf interne Mechanismen, die es ebenso wie die Augenbewegungen gestatten, bestimmte Aspekte einer aktuellen Reizkonstellation zu focussieren (vgl. etwa Posner, 1980). Es handelt sich hier um «Aufmerksamkeitshandlungen», die vermutlich wie alle anderen Handlungen auch in Handlungsfolgen integriert werden können. Eine Analyse ihrer Möglichkeiten und Grenzen erscheint mir von höchster Bedeutung.

Für die Betrachtung semantischer Relationen ergibt sich aus der hier vorgeschlagenen Sichtweise folgende Konsequenz: Wenn Wissen über kategorisierbare Zustände ausschließlich in Handlungsprogramme integriert repräsentiert ist, dann sollten Relationen zwischen den Kategorien nach den folgenden Kriterien differenziert werden können:

(1) Kategorien sind durch eine Handlung in dem Sinne miteinander verbunden, daß die eine Kategorie den Ausgangs- und die andere den Folgezustand einer Handlung repräsentiert. Eine solche Beziehung läßt sich auch durch eine Kette von Handlungen vermittelt denken.

(2) Kategorisierbare Zustände sind gemeinsam als Teile im Rahmen eines Ausgangs- oder

Folgezustandes integriert. Zwischen ihnen würden dann Mechanismen der willkürlichen Aufmerksamkeitssteuerung vermitteln. Man kann hier Relationen zwischen dem Ganzen und seinen Teilen von Relationen zwischen den Teilen unterscheiden.

(3) Kategorien können in voneinander unabhängigen Handlungen integriert sein, so daß keine Relation zwischen ihnen direkt gespeichert ist. In diesen Fällen können Relationen dadurch hergestellt werden, daß beide Kategorien vorgestellt und die Merkmale der Vorstellungen miteinander verglichen werden (vgl. Klix, 1984 für eine detaillierte Beschreibung solcher Vergleichsprozesse).

Schließlich hat der hier vorgeschlagene Ansatz den Vorteil, daß es keine von der Repräsentation deklarativen Wissens abgegrenzte Repräsentation prozeduralen Handlungswissens gibt und damit auch nicht die Schwierigkeit, beides aufeinander zu beziehen (vgl. etwa Anderson, 1983). Ausgangspunkt für den Erwerb von Wissen sind die von dem System ausführbaren Handlungen. Diese werden lernabhängig ausgeformt und dabei mit Systemzuständen so verbunden, daß Informationen darüber gespeichert werden, unter welchen Ausgangsbedingungen welche Handlungen zu welchen neuen Zuständen führen. Dieses Wissen bildet die Grundlage für die Optimierung des Verhaltens. Begriffe werden nicht mehr betrachtet als im Gedächtnis repräsentierte symbolische Einheiten, sondern als flüchtige Zustände, die ihre Bedeutung durch die Handlungen erfahren, die sie jeweils aktivieren.

Der vorliegende Text sollte nicht verstanden werden als Vorschlag zur Lösung des Problems «Wissensrepräsentation», sondern ganz im Sinne der Aufforderung von Johannes Engelkamp und Thomas Pechmann, als Diskussionsbeitrag zu seiner Erörterung. Der hier zugrunde gelegte Gedanke der Einheit von Handeln, Wahrnehmen (und Denken) ist auch alles andere als neu in der Psychologie. Man kann den Text daher auch verstehen als Plädoyer für eine stärkere Berücksichtigung dieses alten Gedankens beim Nachdenken über unsere neuen Probleme. Ich denke schon, daß sich dies lohnt, weil aus der Art der Betrachtung Fragen entstehen, die unsere Forschungsinteressen in eine – wie ich denke – fruchtbare Richtung lenken. Es entstehen etwa Fragen nach den Regeln, nach denen Ausgangs- und Folgezu-

stände an Handlungen gebunden werden; nach den Mechanismen, die einzelne Handlungen zu Handlungsketten verbinden; nach den Gesetzmäßigkeiten, nach denen elementare Handlungsfolgen zu abstrakteren Verhaltenseinheiten verdichtet werden; nach der Art der Verbindung von paralleler Informationsaufnahme, selektiver Aufmerksamkeit und sequentieller Verhaltenssteuerung und andere Fragen mehr. Und es sind ja bekanntlich eher die Fragen, die eine Wissenschaft voranbringen als die Antworten.

## Literatur

Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.

Adams, J. A. (1976). Issues for a closed-loop theory of motor learning. In G. Stelmach (Ed.), *Motor control: Issues and Trends*. New York: Academic Press.

Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge: Harvard University Press.

Antes, J. R. & Mann, S. W. (1984). Global-local precedence in picture processing. *Psychological Research*, 46, 247-259.

Biederman, I. (1972). Perceiving real world scenes. *Science*, 177, 77-80.

Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94, 115-147.

Bosshardt, H. G. (1975). The influence of visual and auditory images on visual and auditory word identification. *Psychological Research*, 38, 1-22.

Broadbent, D. E. (1982). Task combination and selective intake of information. *Acta Psychologica*, 50, 253-290.

Chaffin, R. & Herrmann, D. J. (1984). The similarity and diversity of semantic relations. *Memory & Cognition*, 12, 134-141.

Chaffin, R. & Herrmann, D. J. (1986). Relation element theory: A new account of the representation and processing of semantic relations. In D. Gorfein & R. Hoffmann (Eds.), *Learning and Memory: The Ebbinghaus Centennial Conference*. Hillsdale N.J.: Erlbaum.

Denis, M. (1982). On figurative components of mental representations. In F. Klix, J. Hoffmann & E. van der Meer (Eds.), *Cognitive Research in Psychology*. Amsterdam: North Holland.

Engelkamp, J. & Pechmann, T. (1988). Kritische Anmerkungen zum Begriff der mentalen Repräsentation. *Sprache & Kognition*, 7, 2-11.

Engelkamp, J. & Zimmer, H. D. (1985). Motor Programs and their relation to semantic memory. *German Journal of Psychology*, 9, 239-254.

Engelkamp, J. (1987). Arguments for a visual memory system. In J. Engelkamp, K. Lorenz & B. Sandig (Hrsg.), *Wissensrepräsentation und Wissensaustausch*. St. Ingbert: W. J. Röhrig, 73-99.

Finke, R. A. (1980). Levels of equivalence in imagery and perception. *Psychological Review*, 87, 113-132.

Glushko, R. J. & Cooper, L. A. (1978). Spatial comprehension and comparison processes in verification tasks. *Cognitive Psychology*, 10, 391-421.

Harvey, Jr., L. D. (1986). Visual Memory: what is remembered. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human Memory*

*and Cognitive Capabilities. Mechanisms and Performances*. Amsterdam: North Holland.

Herrmann, D. J. (1987). Representational forms of semantic relations and the modelling of relation comprehension. In E. van der Meer & J. Hoffmann (Eds.), *Knowledge Aided Information Processing*. Amsterdam: North Holland.

Heuer, H. (1985). Wie wirkt mentale Übung? *Psychologische Rundschau*, XXXVI, 191-200.

Hoffmann, J. (1982). Representation of concepts and the classification of objects. In F. Klix, J. Hoffmann & E. van der Meer (Eds.), *Cognitive Research in Psychology*. Berlin: Verlag der Wissenschaften und Amsterdam: North Holland.

Hoffmann, J. (1983). *Das aktive Gedächtnis*. Berlin: Verlag der Wissenschaften.

Hoffmann, J. (1986). *Die Welt der Begriffe*. Berlin: Verlag der Wissenschaften.

Hoffmann, J. & Grosser, U. (1986). Die lernabhängige Automatisierung begrifflicher Identifikation. *Sprache & Kognition*, 5, 27-41.

Hoffmann, J., Denis, M. & Ziebler, M. (1983). Figurative features and the construction of visual images. *Psychological Research*, 45, 39-54.

Hoffmann, J. & Klein, R. (1988). Kontexteffekte bei der Benennung und Entdeckung von Objekten. *Sprache & Kognition*, 7, 25-39.

Hoffmann, J. & Kämpf, U. (1985). Mechanismen der Objektbenennung - Parallele Verarbeitungskaskaden. *Sprache und Kognition*, 4, 217-230.

Hoffmann, J. & Ziessler, M. (1986). The integration of visual and functional classifications in concept formation. *Psychological Research*, 48, 69-78.

Hoffmann, J., Ziebler, M. & Grosser, U. (1984). Psychologische Gesetzmäßigkeiten der begrifflichen Klassifikation. In F. Klix (Hrsg.), *Gedächtnis, Wissen, Wissensnutzung*. Berlin: Verlag der Wissenschaften.

Hoffmann, J., Ziebler, M., Grosser, U. & Kämpf, U. (1985). Struktur- und Prozesskomponenten in begrifflichen Identifikationsleistungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 193, 51-70.

Jolicœur, P. (1985). The time to name disoriented natural objects. *Memory & Cognition*, 13, 289-303.

Jolicœur, B., Gluck, M. & Kosslyn, S. (1984). Pictures and names: Making the connection. *Cognitive Psychology*, 16, 243-275.

Keidel, M. (1983). Das motorische Intentionspotential: Elektrophysiologische Objektivierung einer alleinigen Bewegungsabsicht. *Naturwissenschaften*, 70, 180-185.

Keidel, M. (1984). *Nachweis einer Bewegungsabsicht im autokorrelierten EEG: Das motorische Intentionspotential*. 26. Tagung experimentell arbeitender Psychologen. Nürnberg.

Kelso, J. A. (1977). Motor control mechanisms underlying human movement reproduction. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performances*, 3, 529-543.

Klapp, S. T. & Erwin, C. I. (1976). Relation between programming time and duration of the response being programmed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 591-598.

Klapp, S. T. & Greim, D. M. (1979). Programmed control of aimed movements revisited: The role of target visibility and symmetry. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 509-521.

Klix, F. (1984). Über Erkennungsprozesse im menschlichen Gedächtnis. *Zeitschrift für Psychologie*, 192, 18-46.

- Klix, F., Kukla, F. & Klein, R. (1976). Über die Unterscheidbarkeit von Klassen semantischer Relationen im menschlichen Gedächtnis. In F. Klix (Hrsg.), *Psychologische Beiträge zur Analyse kognitiver Prozesse*. Berlin: Verlag der Wissenschaften.
- Klix, F., van der Meer, E., Preuß, M. & Wolf, M. (1987). Über Prozeß- und Strukturkomponenten der Wissensrepräsentation beim Menschen. *Zeitschrift für Psychologie*, 195, 39–61.
- Klix, F. (1986). On recognition processes in human memory. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human Memory and Cognitive Capabilities. Mechanisms and Performances*. Amsterdam: North Holland.
- Kosslyn, S. M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 94, 148–175.
- Kosslyn, S. M. & Hatfield, G. (1984). Representation without symbol systems. *Social Research*, 51, 1020–1045.
- Kosslyn, S. M. & Schwartz, P. (1978). Visual images as spatial representations in active memory. *Computer Vision Systems*, 223–241.
- Kosslyn, S. M., Ball, T. M. & Reiser, B. J. (1978). Visual images preserve metric spatial information: Evidence from studies of image scanning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 47–60.
- Lambert, A. J. (1985). Selectivity and stages of processing – An enduring controversy in attentional theory: A review. *Current Psychological Research & Reviews*, 239–256.
- Lashley, K. S. (1917). The accuracy of movement in the absence of excitation from the moving organ. *American Journal of Physiology*, 43, 169–194.
- Martin, L. J. (1912). Die Projektionsmethode und die Lokalisation visueller und anderer Vorstellungsbilder. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 61, 321–546.
- Martin, L. J. (1913). Quantitative Untersuchungen über das Verhältnis anschaulicher und unanschaulicher Bewußtseinsinhalte. *Zeitschrift für Psychologie der Sinnesorgane*, 65, 417–490.
- Miller, J. (1983). Can response preparation begin before stimulus recognition finishes? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 161–182.
- Moyer, R. S. (1973). Comparing objects in memory. Evidence suggesting an internal psychophysics. *Perception and Psychophysics*, 13, 180–184.
- Neumann, O. (1985). Die Hypothese begrenzter Kapazität und die Funktionen der Aufmerksamkeit. In O. Neumann (Hrsg.), *Perspektiven der Kognitionspsychologie*. Berlin: Springer.
- Paivio, A. (1978). Comparisons of mental clocks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 61–71.
- Palmer, S. E. (1975). The effects of contextual scenes on the identification of objects. *Memory & Cognition*, 3, 519–526.
- Palmer, S. E., Rosch, E. & Chase, P. (1981). Canonical perspective and the perception of objects. In J. Long & A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance, IX*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. 135–151.
- Podgorny, P. & Shepard, R. N. (1978). Functional representations common to visual perception and imagination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 21–35.
- Posner, M. J. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3–25.
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M. & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382–439.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225–260.
- Schmidt, R. A. (1976). The schema as a solution to some persistent problems in motor learning theory. In G. E. Stelmach (Ed.), *Motor control: Issues and trends*. New York: Academic Press.
- Segal, S. J. & Fusella, V. (1970). Influence of imaged pictures on detection of visual and auditory signals. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 458–464.
- Segui, J. & Fraise, P. (1968). Le temps de réaction verbale. III. Réponses spécifiques et réponses catégorielles à des stimulus objects. *Année psychologique*, 68, 69–82.
- Sheridan, M. R. (1984). Response programming, response production, and fractionated reaction time. *Psychological Research*, 46, 33–47.
- Stasio, T., Herrmann, D. J. & Chaffin, R. (1985). Relation similarity as a function of agreement between relation elements. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 23, 5–8.
- Summers, J. J. (1981). Motor programs. In D. H. Holding (Ed.), *Human skills*. Chichester: Wiley.
- Taub, E. & Berman, A. J. (1968). Movement and learning in the absence of sensory feedback. In S. J. Freedman (Ed.), *The neuropsychology of spatially oriented behavior*. Homewood, Dorsey Press.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97–136.
- Weber, R. J. & Harnish, R. (1974). Visual imagery for words, the HEBB-test. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 409–414.
- Wing, A. M. (1977). Perturbations of auditory feedback delay and the timing of movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 175–186.
- Ziebler, M. & Hoffmann, J. (1988). Die Verarbeitung visueller Reize und die Steuerung motorischen Verhaltens: Zwei sich wechselseitig beeinflussende Prozesse. *Psychologische Beiträge* (im Druck).
- Zimmer, H. D. (1983). *Sprache und Bildwahrnehmung*. Frankfurt/Main: Haag und Herchen.
- Zimmer, H. D. (1988). Formkonzepte und Bildmarken: Zwei verschiedene Repräsentationen für visuell-sensorische Merkmale? *Sprache & Kognition*, 7, 40–50.
- Zimmer, H. D. & Engelkamp, J. (1984). Planungs- und Ausführungsanteile motorischer Gedächtniskomponenten und ihre Wirkung auf das Behalten ihrer verbalen Bezeichnungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 192, 379–407.
- Zimmermann, T. (1984). *Phänomene der Benennung von Objekten in natürlichen Szenen*. Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin (unveröff.).