

Winn, William D.

Die Verwendung von Graphiken für Instruktion. Eine präskriptive Grammatik

Unterrichtswissenschaft 16 (1988) 3, S. 58-76



Quellenangabe/ Reference:

Winn, William D.: Die Verwendung von Graphiken für Instruktion. Eine präskriptive Grammatik - In: Unterrichtswissenschaft 16 (1988) 3, S. 58-76 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-296295 - DOI: 10.25656/01:29629

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-296295>

<https://doi.org/10.25656/01:29629>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung
16. Jahrgang / Heft 3 / 1988

Thema :

Lernen mit Medien

Verantwortlicher Herausgeber: Peter Strittmatter

Peter Strittmatter: Lernen mit Medien: Einführung	2
Peter Strittmatter, Günter Dörr, Beate Kirsch, Ralf Riemann: Informelles Lernen: Bedingungen des Lernens mit Fernsehen	3
Dietrich Meutsch, Sabine Müller: Verständnis und Verständlichkeit von Fernsehen: Psychologische Dimensionen von Text-Bild Beziehungen und ihre Prognoseleistung für das Lernen mit Wissenschaftssendungen	27
Bernd Weidenmann: Der flüchtige Blick beim stehenden Bild	43
William D. Winn: Die Verwendung von Graphiken für Instruktion: Eine präskriptive Grammatik	58

Allgemeiner Teil

Klaus Boeckmann, Karl Nessmann, Monika Petermandl: Filmgestaltung und Behaltensleistung	77
--------------------------------------------------------------------------------------------	----

Berichte und Mitteilungen	81
----------------------------------	----

Buchbesprechungen	84
--------------------------	----

William D. Winn

Die Verwendung von Graphiken für Instruktion: Eine präskriptive Grammatik¹

**Instructional Graphics and Design:
Towards a Prescriptive Grammar for Design**

Die vorliegende Arbeit untersucht, wie durch graphische Unterstützung die Aneignung von Wissen und die Veränderung mentaler Strukturen unterstützt werden kann. Dazu wird die Beziehung zwischen den Symbolsystemen von Graphiken und ihrer internalen Repräsentation diskutiert. Es wird außerdem gezeigt, daß durch die Trennung einer syntaktischen, semantischen und pragmatischen Komponente bei einer Grammatik für Graphiken auf dem Hintergrund der vorliegenden empirischen Ergebnisse Präskriptionen für den Einsatz graphischer Mittel für Instruktionsziele abgeleitet werden können.

This paper is concerned with the problems of using instructional graphics for the acquisition of knowledge and the modification of mental structures. Therefore the relation between the symbol systems of graphics and their internal representation is discussed. Moreover it is demonstrated, that the decomposition of a grammar for graphics into the syntactical, semantical and pragmatistical components together with the results of cognitive research allows the formulation of prescriptions for instructional design.

Einleitung

Instruktionsdesign hat heute einen Punkt erreicht, an dem es fest in Prinzipien verankert ist, die aus der Forschung abgeleitet werden können (Reigeluth, 1983). Parallel zu dieser Entwicklung entfernt es sich immer weiter von seiner traditionellen behavioristischen Wurzel und nähert sich den kognitiven Theorien an (Wildman, 1981; Wittrock, 1979; Strittmatter & Seel, 1986a, 1986b), die menschliches Lernen angemessener beschreiben können (Shuell, 1986). Innerhalb der kognitiven Theorien wird der Begriff der mentalen Modelle zunehmend bedeutsamer für die Beschreibung und Erklärung von Lernen (Johnson-Laird, 1983; Gentner & Stevens, 1983; Larkin, 1985), was auch ein Grund für das zunehmende Interesse der Instruktionsdesigner an diesem Begriff ist.

Zeichnungen (Tabellen, Graphiken und Diagramme) sind von Instruktionsdesignern zu allen Zeiten eingesetzt worden, um unterschiedliche Informationen zu vermitteln. Die Überprüfung ihrer Effektivität erfolgt ebenfalls in zunehmendem Maße in Anlehnung an einen kognitiven Ansatz (Winn, 1987). Daraus erwächst die Aufgabe, die Beziehungen zwischen instruktiven Zeichnungen und mentalen Modellen zu untersuchen.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Untersuchung der Möglichkeiten, durch zeichnerische Darstellungen die Bildung und die Veränderung mentaler Modelle von der Welt zu unterstützen. Dabei sollen präskriptive Prinzipien für das Design und den Gebrauch von Graphiken im Zusammenhang mit Instruktion identifiziert werden. Zwei Aspekte sind zu beachten: die Etablierung von Relationen zwischen den Symbolsystemen von Graphiken und den mentalen Repräsentationen und Prozessen; und die Beschreibung einer „Grammatik“ der zeichnerischen Darstellungen, die syntaktische, semantische und pragmatische Regeln enthält und die dadurch Anleitungen für das Design und die Formulierung von Instruktionsstrategien geben kann, die die Symbolsysteme von Graphiken in ihrem vollen Potential ausnutzen.

Symbolsysteme von Graphiken

Illustrationen, die für Instruktionsabsichten eingesetzt werden, funktionieren auf zwei grundlegend verschiedene Weisen. Sie können Realität vereinfachen und Komplexität reduzieren und damit das Verständnis erleichtern. Beispiele dafür sind Strichzeichnungen, einfache Modelle und Schemata, die eine Anzahl anschaulicher Merkmale der Objekte, die sie repräsentieren, beinhalten. Andererseits können durch Illustrationen abstrakte Ideen mittels räumlicher Metaphern konkretisiert werden. Beispiele hierfür sind Flußdiagramme, Tabellen und Schaubilder, in denen die Struktur konzeptueller Bereiche und Relationen zwischen abstrakten Konzepten, Strukturen und Prozeduren durch die Art und Weise der Anordnung der Elemente auf dem Papier ausgedrückt werden. Ein Beispiel für ersteres ist eine Skizze, durch die die Struktur des menschlichen Herzens illustriert wird (Dwyer, 1978). Ein Beispiel für letzteres wäre ein Flußdiagramm zur Illustration des Stickstoffkreislaufs in der Natur (Koran & Koran, 1980).

Wenn wir von Graphiken sprechen, beziehen wir uns auf den zweiten Typus von Illustrationen. Solche Illustrationen vermitteln Bedeutung auf zwei Arten: einmal durch die Art und Weise, in der einzelne Konzepte oder Elemente repräsentiert sind und zweitens dadurch, wie Relationen zwischen diesen Konzepten dargestellt werden. In einer Graphik zur Illustrierung der Evolution von Dinosauriern könnten z.B. die Elemente, die die Konzepte „plateosaurus“, „iguanodon“, „triceratops“ repräsentieren, als Zeichnungen, als Benennungen oder als benannte Zeichnungen dargestellt werden. Die evolutionäre Sequenz könnte möglicherweise durch Linien oder Pfeile angedeutet werden, durch die die Tiere miteinander verbunden werden, oder sie werden einfach in einer Reihe von links nach rechts auf dem Papier angeordnet. Die Vermittlung von Bedeutung in graphischen Illustrationen durch die Elemente und durch die Relationen zwischen ihnen ist von einer Vielzahl von Autoren, so beispielsweise auch von Knowlton (1966), Szlichcinski (1980) und in bezug auf „cognitive maps“ von Schlichtmann (1985), diskutiert worden.

Elemente

Das Symbolsystem von Graphiken besteht somit aus Symbolen, die für die Elemente selbst stehen und Symbolen, die die Relationen zwischen Elementen repräsentieren. Symbole zur Repräsentation von Elementen können auf den beiden Dimensionen Notation und Dominanz variieren. Die Verwendung des Begriffs Notation bei Symbolsystemen (Goodman, 1968; Salomon, 1979) bezieht sich auf die Diskretheit von Symbolen und das Maß an Ambiguität bei der Korrespondenz zu Objekten oder Konzepten in einem Referenzbereich. Im Falle notationaler Symbolsysteme sind die Symbole diskret und besitzen eine eindeutige Relation zu Objekten. Eine Note in einer Musikpartitur ist beispielsweise diskret und hat eine eindeutige Beziehung zu der gespielten Note. Mit geringer werdender Notationalität eines Symbolsystems verringert sich auch die Diskretheit von Symbolen und die Eindeutigkeit der Relationen zum Referenzbereich. In einer Reliefkarte könnte beispielsweise die Höhe über dem Meeresniveau durch eine kontinuierliche Farbabstufung indiziert werden, wodurch eine endlose Zahl von Symbolen repräsentiert wird.

Die Aussage, daß Symbole für graphische Elemente in ihrer Notationalität variieren können, besagt letztlich, daß sie in ihrer Diskretheit und im Ausmaß an Ambiguität variieren bezogen auf die Objekte des Referenzbereichs. Die Repräsentation des „plateosaurus“ durch eine verbale Benennung bedeutet, daß ein Symbol verwendet wird, das von anderen eindeutig unterscheidbar ist und das eine eindeutige Relation zu Klassen von Objekten besitzt. Durch eine Zeichnung wird dagegen ein Symbol verwendet, das zu einer Vielzahl von Konzepten wie „Dinosaurier“ oder „Tier“ genauso gut wie zu „plateosaurus“ korrespondiert. (Die relativen Instruktionsvorteile durch die Verwendung von Symbolen oder Zeichnungen zur Repräsentation von Elementen in Graphiken beruhen selbstverständlich auf der Vertrautheit des Lernenden mit den Konzepten im Referenzbereich. Der Vorteil der Verwendung von Bildern tritt normalerweise in solchen Fällen auf, in denen der Lernende den Konzeptnamen noch nicht gelernt hat oder sprachliche Schwierigkeiten hat). Die Dominanz von Symbolen wird beeinflusst durch ihre Größe, Placierung und ihren Kontrast zu anderen Symbolen. Eine detaillierte Erörterung solcher Faktoren findet man in Flemming & Levi (1978). Die folgenden allgemeinen Bemerkungen haben weitgehend auch dort ihren Ursprung. Als eine allgemeine Regel kann gelten, daß die Aufmerksamkeit eines Lernenden zuerst auf solche Elemente gelenkt wird, die größer sind als ihre jeweiligen Nachbarelemente. Die Verarbeitung erfolgt dabei „top down“, vom Allgemeinen zum Spezifischen (Palmer, 1977; Navon, 1977), d.h. komplexere Merkmale werden vor feineren Details bemerkt.

Der Aufbau einer Illustration kann das Auge und die Aufmerksamkeit des Betrachters auf bestimmte Merkmale hin und von anderen ablenken. Das Auge tendiert dazu, dominanten Linien zu folgen, und falls diese

Linien zu einem gemeinsamen Ursprung hinführen, wird ein Objekt an dieser Stelle besonders hervorgehoben. Durch andere Techniken der Zusammenstellung kann in gleicher Weise bestimmt werden, welche Elemente dominieren. Die „rule of words“ mit ihrem Ursprung in der Kunst besagt, daß Objekte an den Schnittpunkten imaginärer Linien, durch die eine Zeichnung in drei gleiche Teile unterteilt wird, besonders hervorgehoben werden.

Schließlich ist auch ein Element, das zu anderen Elementen kontrastiert, besonders auffällig. Ein Kontrast kann auf beinahe unendlich viele Weisen erreicht werden, z.B. können Kontraste zur auffälligeren Gestaltung bestimmter Elemente erzeugt werden, indem für eine Benennung ein spezifischer Schrifttyp verwendet wird, indem nur bestimmte Elemente farblich kodiert werden und indem einige Elemente als Zeichnungen und andere als verbale Benennungen repräsentiert werden.

Relationen

Relationen zwischen graphischen Elementen können bezüglich ihrer relativen Nähe, ihrer Placierung und ihrer Explizitheit variieren (vgl. dazu: Wertheimer, 1983; Kosslyn et al. 1983).

Der Begriff Nähe bezieht sich auf die Entfernung von zwei Elementen zueinander. Falls Elemente als Cluster gruppiert sind, werden sie als Entitäten wahrgenommen, und es wird weiter angenommen, daß die Elemente innerhalb eines jeden Clusters gemeinsame Merkmale haben. Räumliche Nähe indiziert konzeptuelle Ähnlichkeit.

Die Placierung von Elementen betrifft ihre relativen Positionen zueinander und ihre relative Position zum „frame“ des Bildes. Am stärksten macht sich der Einfluß der Placierung in der Beschreibung von Elementsequenzen bemerkbar, durch die beispielsweise die einzelnen Schritte eines Prozesses repräsentiert werden. Die Reihenfolge, in der Elemente wahrgenommen werden, ist weitgehend determiniert durch die Art und Weise, in der das Bild abgetastet wird. Wird wie im Englischen oder Deutschen von links nach rechts gelesen, bewegt sich auch das Auge von links nach rechts und von oben nach unten über die Seite hinweg (Just & Carpenter, 1976). Verändert man die Placierung von Elementen, dann verändert man auch die Reihenfolge, in der sie erfaßt werden, und dies kann zu signifikanten Konsequenzen für die Verarbeitung und die Interpretation der Graphik führen. (Winn, 1982, 1982).

Auch die Deutlichkeit, mit der Relationen zwischen Elementen dargestellt werden, kann variiert werden. Durch die Faktoren Nähe und Placierung werden Relationen implizit ausgedrückt, sie können jedoch durch eine Reihe verschiedener Möglichkeiten auch explizit verstärkt oder ersetzt werden (Supplantation).

Durch Graphiken werden also Informationen über Konzepte und ihre Interrelationen übermittelt. Ihre Effektivität hängt sowohl von der Repräsentation einzelner Konzepte wie auch von den Darstellungsformen der Relationen ab.

Internale Repräsentation

Eine Diskussion graphischer Symbolsysteme ohne die Berücksichtigung ihrer Auswirkungen auf mentale Prozesse ist unvollständig. Die hier aus praktischen Gründen erfolgte Trennung der semiotischen Aspekte (Welt — Graphik) von den kognitiven (Welt — mentales Modell) kann den Eindruck erwecken, als seien Bedeutung und Kognition etwas Unterschiedliches. Dies ist natürlich nicht der Fall. Salomon (1979) erinnert daran, daß durch Symbolsysteme vermittelte Bedeutung immer relativ zum Empfänger der Botschaft zu sehen ist, und daß die Verarbeitung einer Botschaft weitgehend durch den Grad an Korrespondenz von Botschaft und interner Repräsentation des Empfängers determiniert wird. Je größer die Diskrepanz zwischen Botschaft und internaler Repräsentation des Referenzbereichs, um so intensiver muß die Botschaft rekodiert werden, bevor sie verstanden werden kann. Jede fundierte Theorie über „instructional graphics“ muß deshalb mit psychologischen Theorien zur Repräsentation und zur Verarbeitung von Information durch das kognitive System übereinstimmen. Mehr noch: Eine solche Theorie muß voraussagbare und regelhafte Beziehungen beschreiben, die, wie oben ausgeführt, zwischen einzelnen Elementen des Symbolsystems bestehen, und sie muß beschreiben, wie durch das Symbolsystem präsentierte Information intern repräsentiert wird. Es besteht allgemein Konsens darüber, daß drei Arten der internen Repräsentation von Information existieren und zwar in Form von Images, als Propositionen und als mentale Modelle. Zwar ist ihr kognitiver Status Gegenstand beträchtlicher Diskussionen (Winn, 1980; Kosslyn, 1981; Pylyshyn, 1981), es besteht aber zumindest teilweise Konsens über ihre Natur. Images haben viele Merkmale mit Bildern und Perzepten gemeinsam, z.B. Form, Detail, Größe und vielleicht Farbe. In vielen Untersuchungen haben Kosslyn (1986) und Shepard (1978; Shepard & Cooper, 1982) gezeigt, daß Images in vielfacher Weise zu Perzepten funktional äquivalent sind und durch das „Auge im Kopf“ weitgehend in der gleichen Weise verarbeitet werden können wie Perzepte und Bilder durch das reale Auge. Sie können untersucht, vergrößert oder verkleinert werden u.v.a.m.

Für Propositionen wird im allgemeinen anerkannt, daß sie einen Wahrheitswert besitzen und auf abstrakte Weise repräsentiert werden. Eine Proposition ist eine Aussage über die Beziehung zwischen zwei Konzepten. Im allgemeinen wird angenommen, daß sie Netzwerke bilden, in denen Konzepte — die „Knoten“ — durch unterschiedliche Kanten mit anderen Konzepten verbunden sind.

Mentale Modelle

Mentale Modelle können in einem gewissen Sinne „zwischen“ Propositionen und Images angesiedelt werden. Johnson-Laird (1983, S. 156) schreibt, daß „... the semantics of the mental language maps propositional representations into mental models of real or imaginary worlds; propositional representations are interpreted with respect to mental models“. Weiter behauptet er (1983, S. 157), daß Images Perspektiven mentaler Modelle sind, durch die perzeptuelle Merkmale realer Objekte repräsentiert sind. Es existiert also eine enge Beziehung zwischen Propositionen und mentalen Modellen. Images repräsentieren nur *einige* Aspekte mentaler Modelle und zwar solche, die funktional äquivalent zu Perzepten sind.

Die kognitive Dynamik mentaler Modelle ist in der Tatsache zu sehen, daß ihre Struktur nicht willkürlich, sondern in einer bestimmten Weise analog ist zu den Zustandsstrukturen der realen Welt (Johnson-Laird, 1983, S. 156). Diese strukturelle Isomorphie beruht auf drei Charakteristika mentaler Modelle (Holyoak, 1984). Erstens korrespondieren Modellkomponenten zu Komponenten des modellierten Bereichs. Zweitens werden bestimmte Beziehungen zwischen den Komponenten im Modell bewahrt. Drittens werden außerdem Zustandsveränderungen innerhalb und zwischen Komponenten im Modell bewahrt. Diese letzte Qualität stattet mentale Modelle mit einem dynamischen Merkmal aus, das besonders relevant für die Repräsentation von Prozessen im Unterschied zur Repräsentation von Zuständen wird. In diesem Sinne akzentuieren Rummelhart & Norman (1981) dieses dynamische Merkmal, wenn sie den Begriff „Veranschaulichung“ als Modellausführung im Sinne einer Simulation beschreiben.

Die Parallele zwischen dieser Konzeption mentaler Modelle und dem graphischen Symbolsystem ist offensichtlich. Beide beinhalten „Komponenten“ oder „Elemente“, die in einem Referenzbereich existieren. Beide repräsentieren die Relationen zwischen diesen Komponenten entweder als Proposition oder als räumliche Anordnung. Beide repräsentieren dynamische Prozesse entweder als Zustandsveränderungen, die visualisiert werden können oder als Relationen, die Transitionen repräsentieren, so wie ein Pfeil beispielsweise die Evolution der Species der Dinosaurier repräsentieren könnte. Man könnte intuitiv der Ansicht sein, Graphiken als „repräsentationelle Modelle“ und mentale Modelle seien das gleiche. Das bedeutet jedoch nicht, daß Graphiken ein privilegierter Status bei der Bildung oder Modifikation mentaler Modelle zukommt. Wir müssen zumindest korrelative und bevorzugte Relationen zwischen Symbolsystemen für Zeichnungen und einer Vielzahl mentaler Modelle nachweisen, um uns dieser Schlußfolgerung anschließen zu können.

Räumliche Information

Interne Repräsentationen räumlicher Information enkodieren die räumlichen Beziehungen zwischen Elementen ebenso wie die einzelnen Elemente selbst. Einen überzeugenden Beleg dafür findet man bei Anderson (1983). Seine Argumentation basiert teilweise auf einer Untersuchung von Santa (1977). Bei der Enkodierung geometrischer Konturen werden danach anscheinend räumliche Relationen der Lernverteilung bewahrt, während dies bei der Enkodierung von Worten nicht der Fall ist. Anderson (1983) nimmt außerdem an, daß räumliche Information hierarchisch gespeichert wird. Zurückgeführt wird dies auf die begrenzte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses, Information zu speichern, wenn sie gleichzeitig bearbeitet werden soll. Jede Ebene der Hierarchie enthält im Durchschnitt fünf Elemente, aber jedes Element kann auch ein Chunk darstellen, das dann mit vier weiteren Chunks verarbeitet werden kann (vgl. dazu: Maki, 1981; MacNamara, 1986; MacNamara, Ratcliff & MacKoon, 1984).

Im Rahmen seiner Untersuchung entwickelte MacNamara ein auf der spread-of-activation-Theorie von Anderson basierendes Computer-Modell zur Prognose der Response-Latenzen für Rekognition (Anderson 1983, Anderson & Pirolli 1984). Entsprechend dieser Theorie ist die Wahrscheinlichkeit für die Aktivierung eines Knotens im Netzwerk weitgehend determiniert durch seine Distanz zu einem bereits aktivierten Knoten. MacNamara berichtet von sehr hohen Korrelationen zwischen den Ergebnissen seiner Studien und den modelltheoretisch prognostizierten Latenzen. Dies belegt in überzeugender Weise, daß die tatsächliche physikalische Distanz zwischen den Komponenten einer physikalischen Anordnung durch die Entfernung zueinander korrespondierender Knoten in einem enkodierten Netzwerk reflektiert wird, und daß diese Distanz die Aktivierung von Knoten beeinflusst, wenn andere im Netzwerk aktiviert werden.

Wir haben in diesem Abschnitt vorgeschlagen, daß Information über die Welt häufig in Form mentaler Modelle enkodiert wird, die eine Syntax verwenden, die ungleich der Syntax von Propositionen nicht willkürlich ist, sondern bestimmte strukturelle Merkmale von Objekten und Phänomenen der Welt reflektiert. Im Falle räumlicher Information resultiert diese Isomorphie aus der hierarchischen Enkodierung in welcher sowohl innerhalb als auch zwischen Chunks Relationen zwischen Komponenten zu Relationen zwischen Knoten in einem Netzwerk korrespondieren. Bei der daraus resultierenden Ausbreitung von Aktivierung im Netzwerk ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein bestimmter Knoten aktiviert wird, umgekehrt proportional zu seiner Distanz von einem aktiven Knoten. Belegt wird dies durch Priming-Untersuchungen, in denen Objekte in unterschiedlichen Regionen innerhalb einer Abbildung angeordnet waren.

Graphische Symbolsysteme und Kognition

Wir wollen nun Belege für die Annahme vorstellen, daß die Manipulation graphischer Symbolsysteme die Informationsverarbeitung und ihre interne Repräsentation beeinflusst. In diesem Abschnitt werden wir uns mit solchen Untersuchungen auseinandersetzen, die einige Charakteristika graphischer Symbolsysteme und die Auswirkung ihrer Manipulation auf die Kognition untersucht haben. Wir werden solche Untersuchungen analysieren, die sich sowohl mit den Elementen von Zeichnungen wie auch mit deren Relationen zueinander beschäftigen. Im einzelnen werden wir untersuchen, wie die Variation der Notation von Elementen sich auf die Kognition auswirkt, und wie sie durch die Veränderung der relativen Placierung von Elementen und durch die Variation der Explizitheit, mit der Relationen dargestellt werden, beeinflusst wird.

Notation von Elementen

Für Symbole zur Repräsentation von Elementen einer Graphik bestehen bezüglich ihrer Notation starke Variationsmöglichkeiten. Typischerweise sind dies Benennungen, Zeichnungen oder beides zusammen, die auch in Kästchenform dargestellt sein können. Die Variation der Notation von graphischen Elementen führt zu Effekten, die zu denen vergleichbar sind, die sich aus der Variation der Notation einzelner Illustrationen ergeben. Eine Untersuchung von Holiday, Brunner & Donais (1977) zeigt, daß die Repräsentation von graphischen Elementen zur Illustrierung biochemischer Kreisläufe in Form von Strichzeichnungen das Verstehen bei Lernenden mit geringer Verbalisierungsfähigkeit verbessern, verglichen mit der Repräsentation der Elemente durch verbale Benennungen; dagegen konnte für Lernende mit hoher Verbalisierungsfähigkeit kein Effekt nachgewiesen werden. Dies kann so interpretiert werden (Paivio, 1971, 1983), daß durch Bilder präsentierte Information sowohl verbal wie bildhaft enkodiert wird, was eine Erleichterung des Recall mit sich bringt, während verbale Information nur verbal enkodiert wird.

Es sind jedoch auch andere Effekte der Veränderung der Notation nachweisbar. In einer Untersuchung von Winn (im Druck) mußten Probanden Diagramme von elektronischen Schaltkreisen lernen, deren Elemente entweder in Form elektronischer Standardsymbole oder in Form benannter Quadrate präsentiert wurden. Die Probanden sollten die Elemente erinnern und entweder ihren Namen von links nach rechts und von oben nach unten aufzählen, oder sie sollten die Quadrate analog zu den gelernten Mustern aufzeichnen. Probanden, die die Diagramme mit den elektronischen Symbolen lernten, schnitten in der Benennungsaufgabe besser ab als in der Zeichenaufgabe, während sich bei denen, die die Diagramme mit Quadraten sahen, der umgekehrte Effekt zeigte. Die

Reduktion der Notationalität von Symbolen erhöht also die Diskriminierbarkeit der Elemente, was zu einer Aufgabenerleichterung z.B. beim Auflisten führt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß jedes Element als eine unterscheidbare Einheit erinnert werden kann. Soll jedoch das ursprüngliche Muster reproduziert werden, dann sind Präsentationen, die die Aufmerksamkeit auf die Einheit jedes einzelnen Elementes richten, kontraproduktiv.

In anschließenden Untersuchungen sind diese Ergebnisse auf vielfache Weise bestätigt worden. Sutherland & Winn (1987) verwendeten Karten anstelle von Kreisdiagrammen und variierten systematisch die Anzahl der Elemente in den Karten. Bei einfachen Karten waren die Ergebnisse entgegengesetzt denen in der Untersuchung zu den Kreisdiagrammen. Probanden, die die Elemente auf der Karte als Zeichnungen sahen, schnitten besser in der Musterreproduktionsaufgabe ab als Probanden, denen benannte Quadrate präsentiert wurden. Die Vertrautheit der Probanden mit den Symbolen zur Repräsentation der Elemente ist anscheinend ein wesentlicher Faktor (vgl. auch Kulhavy, Schwartz & Shaha 1983). Durch die Verwendung vertrauter Elemente wie Haus und Kirche anstelle von Diode und Kondensator wurde eine duale Kodierung erleichtert (Paivio, 1971, 1983), und die relativen Positionen der Elemente konnten leichter wiedergegeben werden.

Gleichermaßen interessant war, daß die Erhöhung der Anzahl der Elemente in der Karte zu einer Verringerung der relativen Recalleistung bei der einfachen Aufzählaufgabe führte, nicht jedoch bei der Aufgabe, in der das vorgegebene Muster reproduziert werden sollte. Es ist anzunehmen, daß das Kurzzeitgedächtnis eine Grenze für die Anzahl der Items setzt, die erinnert werden können. Das Ergebnis in der Musterreproduktionsaufgabe kann dadurch erklärt werden, daß die Probanden entsprechend den Annahmen hierarchischer Theorien räumlicher Enkodierung die Elemente in Submuster zusammengefaßt haben. Diese Annahme wird auch durch eine neuere Untersuchung von Winn & Sutherland (1987) unterstützt. Hier wurden den Probanden sowohl Karten wie auch Kreisdiagramme präsentiert, und sie wurden dann aufgefordert, ihre Lernstrategien zu verbalisieren. Ein Teil von ihnen gab an, in der Lernphase eine Strategie der Submusterbildung einzusetzen. Diese Probanden erzielten auch bessere Ergebnisse als diejenigen, die eine solche Strategie nicht anwendeten.

Placierung von Elementen

Einige der überzeugendsten Belege dafür, daß die Placierung der Elemente die mentalen Modelle und die Verarbeitung auf unterschiedliche Weise beeinflussten, findet man in Untersuchungen zu den „Figureffekten“ bei der Lösung von Syllogismen (Johnson-Laird, 1983, S. 105-110; Johnson-Laird & Steedman, 1978). Figurale Effekte treten

dann auf, wenn die Präsentationsform der Prämissen einen systematischen Einfluß auf die Konklusion hat und die Schwierigkeit und die Latenz des Findens einer Konklusion erhöht. Johnson-Laird schlägt vor, daß solche Syllogismen durch die Konstruktion eines mentalen Modells gelöst werden, indem die Elemente des Syllogismus in dem Arbeitsgedächtnis sequenziell angeordnet sind, und daß das Arbeitsgedächtnis nach einem „first in first out“-Prinzip arbeitet.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Denhiere & Denis (1986). Die Probanden lasen in dieser Untersuchung Beschreibungen von Karten mit jeweils sechs Elementen, die in zwei Reihen à drei Elementen angeordnet waren. Die Beziehungen zwischen den Elementen wurden entweder systematisch oder unsystematisch beschrieben. In der systematischen Bedingung wurden die Beziehungen zwischen den Elementpaaren sequenziell beschrieben. In der unsystematischen Version wurden zuerst die Beziehungen des oberen linken Elementes zu seinen beiden Nachbarelementen beschrieben und dann die Beziehungen des unteren rechten Elementes zu seinen Nachbarn. Beim Vergleich der beiden Bedingungen zeigte sich, daß für die unsystematische Bedingung längere Lernzeiten benötigt wurden und schlechtere Recalleistungen erzielt wurden. Wie bei den figuralen Effekten der Syllogismen bilden Individuen anscheinend räumlich organisierte mentale Modelle von räumlicher Information, und die Struktur und die Effektivität dieser Modelle wird unmittelbar durch die Struktur der Information beeinflusst. In einer Untersuchung von Mani & Johnson-Laird (1982) zum Einfluß der Präsentation von Information auf die mentale Modellbildung, wurden den Probanden Beschreibungen räumlicher Anordnungen bekannter Items präsentiert. Einige dieser Beschreibungen waren so gestaltet, daß mehr als eine aktuelle Anordnung aus ihnen konstruiert werden konnte. Nach den Beschreibungen wurden den Probanden jeweils Diagramme vorgelegt mit der Aufforderung, deren Konsistenz mit der Beschreibung zu beurteilen. Zusätzlich wurden auch die Erinnerungsleistungen für die Beschreibungen getestet. Die Kernaussagen eindeutiger Beschreibungen wurden dabei besser erinnert als bei mehrdeutigen Beschreibungen; bei den wortwörtlichen Items zeigte sich dagegen ein umgekehrter Effekt. Anscheinend wurden aus den eindeutigen Beschreibungen, wenn möglich, mentale Modelle zur Erfassung einheitlicher räumlicher Anordnungen konstruiert. Bei mehrdeutigen Beschreibungen wurden solche mentalen Modelle dagegen nicht gebildet, da hier mehrere Möglichkeiten zur Verfügung standen.

Explizitheit von Relationen

Bislang gibt es nur wenige Untersuchungen zur Auswirkung der Variation der Explizitheit, mit der Zwischenelementrelationen dargestellt werden, auf die Kognition. Von Kosslyn et al. (1983) werden einige

allgemeine Prinzipien vorgeschlagen. Bei anderen Autoren (White, 1984; Bertin, 1981) findet man Prinzipien zur Darstellung von Organisiertheit. Obwohl solche Prinzipien sicherlich nützlich sind, repräsentieren sie doch keine ausreichende Grundlage für eine reliable Theorie graphischen Designs für Unterrichtszwecke. Die vorliegenden Untersuchungen skizzieren allerdings die weitere Forschungsrichtung. In den folgenden Abschnitten sollen nun zwei Untersuchungen genauer betrachtet werden.

In der Untersuchung von Winn (1981) lernten Probanden den Prozeß der Metamorphose bei verschiedenen Insekten. Die Informationen wurden als Bildgeschichten mit Dias präsentiert. In einer experimentellen Bedingung wurden die Insekten in verschiedenen Entwicklungsstadien mit ihren kritischen Attributen abgebildet. Diese Attribute wurden durch Pfeile besonders hervorgehoben. In einer anderen Bedingung folgte auf jedes Bild eine Graphik, in der die Insektenart mit der Stufe der Metamorphose gekreuzt war. Durch zusätzliche Spaltenüberschriften wurde mitgeteilt, ob jedes Insekt eine einfache oder eine vollständige Metamorphose durchlief. In der ersten Bedingung wurde also die *Identifikation* eines jeden Insektes durch die Hervorhebung kritischer Attribute erleichtert. In der zweiten Bedingung wurde die *Klassifikation* jedes Insektes in eine übergeordnete Kategorie (einfache oder vollständige Metamorphose) durch eine Graphik unterstützt, die die Kategorienzugehörigkeit verdeutlichte. Diese Wirkung wurde durch die Einfassung unterschiedlicher Kategorien durch Rechtecke erreicht sowie durch die Einfügung von Zeilen- und Spaltenüberschriften.

In der ersten Bedingung wurden in der Identifikationsaufgabe bessere Leistungen erzielt, während für die Klassifikationsaufgaben die Probanden der zweiten Bedingung besser abschnitten. Interessanterweise konnte dieses Ergebnis bei Probanden mit hohen Fähigkeiten nachgewiesen werden, was wiederum als ein Indiz für die Komplexität der Beziehungen zwischen Graphiken und Kognition angesehen werden kann. Die Untersuchung belegt aber auch, daß eine Verbindung besteht zwischen der Explizitheit, mit der Zwischenlementrelationen präsentiert werden, und der Leistung bei verschiedenen kognitiven Aufgaben.

In einer Untersuchung von Rankin (1986) mußten Universitätsstudenten verschiedene Graphiken aus einem Lehrbuch lernen. Untersucht wurden dann die Interpretationsfehler und deren Ursachen. In einer weiteren Untersuchungsphase wurden die Graphiken dann nach Kriterien modifiziert, die aus der Forschung zur visuellen Kommunikation abgeleitet waren. In den meisten Fällen waren dramatische Verbesserungen festzustellen. Die Studenten machten weniger Fehler und hatten auch geringere Verständnisschwierigkeiten. Ein Teil der Modifikationen bezog sich dabei auf die Explizitheit, mit der Zwischenelementrelationen dargestellt wurden. Z.B. war dies die Variation der Dicke von Pfeilen, durch die Elemente miteinander verbunden waren; Zustände und Prozesse wurden dadurch unterschieden, daß erstere durch Rechtecke

eingefaßt waren und letztere durch Ovale; Pfeile wurden eingefügt, um ansteigende Werte zu symbolisieren und bestimmte Inhalte der Graphik wurden unterstrichen.

Aufgrund dieser Untersuchungen kann begründet davon ausgegangen werden, daß die Manipulation von Symbolsystemen die interne Repräsentation und die kognitive Verarbeitung beeinflussen. Wenn der Repräsentation von Elementen in Graphiken keine explizite Notation zugrunde liegt, können durch diese die nicht vorhandenen oder schwach ausgeprägten kognitiven Fähigkeiten von Lernenden mit geringer Sprachkompetenz ersetzt werden. Sind die Elemente voneinander unterscheidbar, z.B. wenn Ikonen zur Repräsentation verwendet werden, dann werden Aufgaben, die eine sequenzielle Verarbeitung notwendig machen, beispielsweise serieller Recall, ebenfalls erleichtert. Eine einheitliche Repräsentation von Elementen z.B. in Form von einzelnen Kästchen erleichtert Aufgaben, die eine parallele Verarbeitung erfordern; beispielsweise solche, die die Erinnerung von Elementmustern notwendig machen. Die Fähigkeiten der Lernenden und ihre Vertrautheit mit den Symbolen beeinflussen jedoch entscheidend diese Beziehungen. Soweit es die Beziehungen zwischen Elementen betrifft, haben wir gesehen, daß sowohl die Placierung von Elementen in Graphiken und die Explizitheit, mit der Relationen dargestellt werden, die Kognition beeinflussen. Die Tendenz von Personen, mentale Modelle aufgrund von Informationen zu konstruieren, die einer quasi perzeptuellen Verarbeitung zugänglich sind, bedeutet, daß graphische Abbildungen, in denen kaum eine oder keine mentale Neuordnung notwendig ist, leichter zu handhaben sind. Abbildungen, die die Konstruktion mehrerer oder eines mehrdeutigen mentalen Modelles ermöglichen, sind problematisch. Weitere Beeinflussungen der Kognition sind dadurch gegeben, daß die Explizitheit von Relationen durch die Placierung von Elementen in unterschiedlichen Spalten oder Reihen variiert wird, und daß beispielsweise die Dicke von Pfeilen und die Placierung von Benennungen variiert werden.

Eine Grammatik für Graphiken

Wir sind nun in der Lage, eine Grammatik für Graphiken zu skizzieren. Die Formulierung einer vollständigen Grammatik liegt jedoch nicht in der Absicht dieser Arbeit. Dies ist schon deshalb nicht möglich, da wir derzeit nicht genug über die Interaktion graphischer Symbolsysteme mit dem kognitiven System wissen. Deshalb kann hier nur eine einfache Beschreibung der notwendigen Komponenten einer Grammatik folgen. Diese Beschreibung erfolgt aus der Perspektive derjenigen, die solche Graphiken für Instruktionsziele entwickeln. Damit wird auch das Ziel verfolgt, weitere Anstöße für die Forschung zu geben.

Auch eine Grammatik für Graphiken muß syntaktische, semantische und pragmatische Komponenten enthalten. Mit syntaktischer Komponente werden alle die Regeln bezeichnet, die die Bildung der „legalen“ Konstruktionen in der graphischen Sprache determinieren. Beispiele solcher syntaktischen Regeln in der gesprochenen Sprache sind die Kasusregeln, die Flexionen und die Regeln der Wortreihenfolge. Sie sind inhalts- und kontextfrei. Die semantische Komponente bezieht sich auf die Bedeutung. Sie bezeichnet die Regeln für die Abbildung von Bedeutung auf die durch die syntaktischen Regeln erlaubten Konstruktionen. So ist beispielsweise der Satz „Colorless green ideas dream furiously.“ (Chomsky, 1957) syntaktisch zwar korrekt, aber nach semantischen Kriterien problematisch. Mit der pragmatischen Komponente wird die Beziehung von Botschaft und Verhalten einer Person beschrieben. Hier geht es um die individuellen Interpretationen von Botschaften und die darauf basierende Inferenzenbildung. Eine graphische Aussage kann genauso wie eine linguistische zwar syntaktisch korrekt und semantisch eindeutig sein, aber zwei Personen können sie unterschiedlich interpretieren und sich deshalb auf vollständig verschiedene Weise verhalten.

Syntaktische Komponente

Die Syntax von Graphiken enthält Regeln für die Repräsentation von Elementen und ihren Interrelationen. Diese Regeln beziehen sich hauptsächlich auf die Proximitäten zwischen und die Placierung von Elementen. Nachfolgend werden einige Beispiele solcher syntaktischer Regeln präsentiert.

1. Elemente, die konzeptuell zueinander gehören, sollten in einem klar definierten Cluster auf der Seite oder auf dem Bildschirm präsentiert werden. Mit dieser Regel wird dem gestalttheoretischen Proximitätsprinzip Rechnung getragen (Wertheimer, 1938) sowie neueren Befunden, wonach räumliche Information hierarchisch gespeichert wird. Wenn „Chunks“ von Elementen in einer Graphik klar definiert sind, dann werden hierarchische Beziehungen zwischen ihnen leichter enkodiert.
2. Elemente zur Repräsentation von Ursachen sollten links von den Elementen placiert werden, die die Folgen repräsentieren. Dies steht im Einklang mit solchen Forschungsergebnissen, wonach Informationen in Form von Reihen organisiert und abgetastet werden.
3. Übergeordnete Elemente sollen links von oder über ihren untergeordneten Elementen placiert werden. Diese Regel ist begründet durch Untersuchungen über das Verhalten von Probanden bei der Konstruktion von Diagrammen aus einfachen Sätzen.
4. Konzeptuell zusammengehörige Elemente sollten in der gleichen Spalte oder Reihe dargestellt werden, oder sie sollten durch eine

gemeinsame Begrenzung markiert werden. Dadurch werden die Beziehungen zwischen ihnen expliziter und effektiver hervorgerufen.

Zu diesen Regeln sind noch einige Anmerkungen notwendig. Es handelt sich hier um inhaltsfreie Regeln — sie enthalten weder Aussagen über die Konzepte, die durch die Elemente repräsentiert werden noch Aussagen über die spezifische Natur ihrer Beziehungen zueinander. Diese Regeln führen zur Produktion von Strukturen, durch welche die relativen Positionen von Elementen spezifiziert werden. Sie enthalten keine Vorschriften bezüglich der Notation oder der Dominanz von Elementen wie auch keine bezüglich der Explizitheit, mit der Relationen repräsentiert werden. Es wird noch zu zeigen sein, daß diese Aspekte durch die pragmatische Komponente der Grammatik erfaßt werden. Die durch die syntaktischen Regeln erzeugten Strukturen gleichen Schemata, deren Elemente als „Platzhalter“ zu verstehen sind. Diese erhalten ihre Bedeutung, indem Konzepte aus dem Referenzbereich instantiiert werden.

Semantische Komponente

Die Instantiierung der durch die syntaktischen Regeln erzeugten Strukturen ist eine Funktion der semantischen Komponente der Grammatik. Sie kann diese Rolle aber nur erfüllen, wenn eine Wissensbasis existiert, die Informationen über die Elemente sowie über die Zwischenelementrelationen aus dem Referenzbereich enthält. Die Wissensbasis kann als ein semantisches Netzwerk gedacht werden (Norman & Rummelhart, 1975), in welchem Propositionen über Konzepte und ihre Relationen eingebettet sind.

Die Regeln der semantischen Komponenten erfüllen zwei Funktionen. Sie müssen die Natur der Relationen zwischen Konzepten determinieren, was durch „Prädikate“ in Netzwerken abgebildet wird, und sie müssen die Funktion eines jeden Konzeptes in der Proposition bestimmen. Es muß beispielsweise determiniert werden, ob zwischen zwei Konzepten eine Ursache-Wirkungs-Relation, eine Unterordnungsrelation oder eine qualitative Attributrelation vorliegt. Weiter muß festgelegt werden, welches Ursache und welches Effekt ist, welches Oberbegriff und welches Unterbegriff ist und was Konzept oder Attribut ist. In der Proposition ISA (Katze, Tier) muß deshalb eine Regel existieren, die für das Prädikat ISA bestimmt, daß es sich um eine Oberbegriffsrelation handelt und eine weitere, die den Begriff „Katze“ als Unterbegriff identifiziert. In ähnlicher Weise müssen für die Proposition HAS (Pinguin, Flippers) Regeln existieren, die bestimmen, daß es sich hier um eine Attribuierung von Merkmalen handelt und daß Flippers das Merkmal ist.

Die Regeln zur Identifikation eines Relationstyps sind einfacher Natur. In jedem Netzwerk existiert eine finite und normalerweise sehr kleine Anzahl von Prädikaten. Die Zuweisung eines Prädikats zu einem

bestimmten Relationentyp ist deshalb eine einfache Aufgabe. Weniger einfach sind dagegen die Regeln zur Determination der Rolle von Konzepten. Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß zusätzlich zu der Bestimmung, daß beispielsweise das zweite Konzept in einer „ISA“-Proposition eine übergeordnete Kategorie ist auch die Wahrheit der Aussage verifiziert werden muß. Sie müssen also zwischen der „korrekten“ Proposition „ISA“ (Katze, Säugetier) und der „falschen“ Proposition „ISA“ (Säugetier, Katze) unterscheiden können. Semantische Regeln müssen deshalb in einem breiteren Kontext von Wissen eingebettet sein. Wenn die relevanten Entscheidungen bei der Entwicklung von Instruktionssequenzen (Instructional Design) von Menschen getroffen werden, bereitet dies keine besonderen Schwierigkeiten. Probleme ergeben sich jedoch dann, wenn die Regeln Teil eines intelligenten Instruktionssystems sein sollen. Hier kann es leicht zu einem infiniten Regreß kommen, da die größere Wissensbasis auch aus Propositionen besteht, die wiederum mittels semantischer Regeln getestet werden müssen. Nur in Systemen, die zur Inferenzenbildung in der Lage sind und die den Entscheidungen entsprechende Wahrscheinlichkeiten zuweisen können, kann diese Schwierigkeit vermindert werden.

Zusammenfassend sieht man also, daß semantische und syntaktische Regeln in sehr enger Beziehung zueinander stehen. Für jede gegebene Propostion determiniert eine semantische Regel die Natur der Relation des Prädikats, eine syntaktische Regel determiniert die allgemeine Struktur der Graphik, und weitere semantische Regeln überprüfen die Wahrheit der Proposition und bilden die Konzepte auf der Struktur ab. Durch diese Annahmen wird betont, daß für die Regeln keine explizite Reihenfolge existiert. Weder werden syntaktische Regeln immer vor semantischen Regeln noch werden semantische Regeln notwendigerweise vor pragmatischen Regeln angewendet. Die drei Typen von Regeln können nur zusammen gesehen werden.

Pragmatische Komponente

Mit den Regeln der pragmatischen Komponente kommen wir zum letzten Aspekt einer Theorie für „Instructional Design“. Sie bestimmen, wie Mitteilungen aufzubauen sind, damit verschiedene kognitive und verhaltensgemäße Resultate erzielt werden, und welches die Bedingungen für Instruktion sind. Während mittels syntaktischer und semantischer Regeln richtige und in einem allgemeinen Sinne sinnvolle Graphiken generiert werden können, werden durch die Regeln der pragmatischen Komponente die Auswirkungen graphischer Mitteilungen auf unterschiedliche Individuen bei unterschiedlicher Aufgabenstellung unter verschiedenen Bedingungen spezifiziert.

Bereits in einem früheren Zusammenhang ist auf die beiden Prämissen hingewiesen worden, die in den Regeln der pragmatischen Komponente implizit enthalten sind. Beide beziehen sich darauf, daß die interne Repräsentation und nicht die externe Ähnlichkeit für die Auswirkungen einer Graphik auf Kognitionen ausschlaggebend ist (Salomon 1979). Mentale Modelle besitzen zum einen eine formale Ähnlichkeit mit den Objekten und Phänomenen, die sie repräsentieren. Räumliche Informationen werden zweitens hierarchisch enkodiert. Somit vermitteln die Regeln die Beziehungen zwischen Graphiken und mentalen Modellen sowie die zwischen Graphiken und der räumlichen Enkodierung. Formuliert man es noch etwas spezifischer, dann haben die Regeln etwas zu tun mit der Beziehung von Graphiken zu den spezifischen mentalen Modellen, die Lernende besitzen oder sich aneignen müssen, und der Beziehung zwischen Graphiken und der Fähigkeit Lernender, Information auf angemessene Weise zu verarbeiten. Die nachfolgenden Regeln stützen sich auf diese Annahmen.

1. Graphiken, die das Ausmaß an notwendiger Rekodierung beim Lernenden verringern, sind effektiver. Bei Lernenden mit geringer verbaler Kompetenz sollten die Elemente einer Graphik in Form bekannter Ikonen präsentiert werden und nicht durch eine einfache Benennung. Diese Forderung ist konsistent zur Supplantationstheorie und teilweise zu den Theorien der dualen Kodierung.
2. Durch die Hervorhebung von Zwischenelementrelationen kann der Lernende zusätzlich unterstützt werden, z.B. durch eine Verstärkung von Linien und Pfeilen, durch Verwendung von Spalten und Reihen in Tabellen, um ein Klassifikationsschema anzudeuten, durch akurate Placierung von Benennungen usw. Einzelne Autoren haben eine Reihe solcher Techniken für die Umsetzung dieser allgemeinen Regel untersucht.
3. Für alle Lernenden, die eine Unterstützung zur Lösung sowohl serieller wie paralleler Prozeßaufgaben benötigen, ist die Verwendung vertrauter Ikonen zur Repräsentation von Elementen vorteilhafter. Es gibt auch einige Hinweise darauf, daß sogar unvertraute Ikonen serielle Aufgaben unterstützen.
4. Die Präsentation von Informationen in Graphiken analog einer logischen „Abtaststrategie“ erleichtern die Verarbeitung. Diese Regel ist durch die Tatsache begründet, daß auch mentale Modelle abgetastet werden können. Eine korrekt serielle Reihenfolge im Arbeitsgedächtnis ist wichtig für eine genaue und effektive Verarbeitung.

Schlußfolgerung

Wesentlich intensivere Forschungsanstrengungen sind notwendig, bevor wir zu einer brauchbaren Theorie für graphisches Design gelangen. Die vorliegende Arbeit hat eine Rahmenkonzeption für eine Grammatik

vorgeschlagen, die durch weitere Forschung ausgefüllt werden muß. Mit der Beschreibung des Symbolsystems von Graphiken haben wir die Faktoren identifiziert, die von Forschern experimentell variiert werden können, um kausale Beziehungen zwischen solchen Faktoren wie Lernen und Gedächtnis, Notation und Dominanz graphischer Elemente, Proximität und Placierung von Elementen zu finden. Sind solche Beziehungen erst gefunden, dürfte es für die Entwicklung von Designs nicht mehr schwierig sein, zu effektiven Präskriptionen zu gelangen. Die Effektivität von Graphiken ist eng verbunden mit der Art und Weise der Präsentation von Information und deren Verwendung in mentalen Modellen; insbesondere ist es die Art, in der räumliche Information zur Repräsentation konzeptueller Strukturen verwendet wird. Wir haben sowohl diesen Aspekt wie auch die Forschungsergebnisse zu den Beziehungen zwischen den Symbolsystemen von Graphiken und der Kognition untersucht. Eine so skizzierte Forschung muß weitergeführt werden, um zu einer begründeten theoretischen Basis zu gelangen, von der aus angemessene Entscheidungen für die Entwicklung und den Einsatz von Graphiken getroffen werden können.

Anmerkungen

- ¹ Übersetzung:
Ralf Riemann, M.A., Fachrichtung Allgemeine Erziehungswissenschaft,
Universität des Saarlandes, Bau 8, Im Stadtwald, 6600 Saarbrücken.

Literatur

- Anderson, J.R. (1983): *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J.R. & Priolli, P.L. (1984): Spread of activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 791-798.
- Bertin, J. (1981): *Graphics and Graphic Information Processing*. New York: Walter de Gruyter.
- Chomsky, N. (1957): *Syntactic Structures*. The Hague: Mouton.
- Denhiere, G. & Denis, M. (1986): Comprehension of descriptive prose with pictures. Presented at the conference, *Knowledge Acquisition from Text and Pictures*. Tübingen.
- Dwyer, F.M. (1978): *Strategies for Improving Visual Learning*. State College, PA.: Learning Services.
- Fleming, M.L. & Levie, W.H. (1978): *Instructional Message Design: Principles from the Behavioral Sciences*. Engelwood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Gentner, D. & Stevens, A.L. (Eds.) (1983): *Mental Models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Goodman, N. (1968): *The Languages of Art*. Indianapolis: Hackett.
- Holiday, W.G.; Brunner, L.L. & Donais, E.L. (1977): Differential cognitive and affective responses to flow diagrams in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 14, 129-138.

- Holyoak, K.J. (1984): Mental models in problem solving. In: J.R. Anderson & S.M. Kosslyn (Eds.): *Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower*. San Francisco: Freeman, 193-218.
- Johnson-Laird, P.N. (1986): *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P.N. & Steedman, M. (1978): The psychology of syllogisms. *Cognitive Psychology*, 10, 64-99.
- Just, M.A. & Carpenter, P.A. (1976): Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.
- Knowlton, J.Q. (1966): On the definition of 'picture'. *AV Communication Review*, 14, 157-183.
- Koran, M.L. & Koran, J. (1980): Interaction of learner characteristics with pictorial adjuncts in learning from Science Teaching, 17, 477-483.
- Kosslyn, S.; Simcox, W.A.; Pinker, S. & Parkin, L.P. (1983): Understanding charts and graphs: A project in applied cognitive psychology. ERIC Document Reproduction Service, ED 238 687.
- Kosslyn, S.M. (1981): The medium is the Message of mental imagery. *Psychological Review*, 88, 46-66.
- Kosslyn, S.M. (1986): *Image and Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press. Second edition.
- Kulhavy, R.W.; Schwartz, N.H. & Shaha, S.H. (1983): Spatial representation of maps. *American Journal of Psychology*, 96, 337-351.
- Larkin, J. (1985): Understanding, problem representation, and skills in Physics. In: J.W. Segal & S.F. Chipman (Eds.). *Thinking and Learning Skills*, Vol. 2. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Maki, R.H. (1981): Categorization of distance effects with spatial linear orders. *Journal of Experimental Psychology*, 7, 15-32.
- Mani, K. & Johnson-Laird, P.N. (1982): The mental representation of mental descriptions. *Memory and Cognition*, 10, 181-187.
- McNamara, T.P.; Ratcliff, R. & McKoon, G. (1984): The mental representation of knowledge from maps. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 723-732.
- Navon, D. (1977): Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383.
- Norman, D.A.; Rumelhart, D.E. & LNR Research Group (1975): *Explorations in Cognition*. San Francisco: Freeman.
- Paivio, A. (1971): *Imagery and Verbal Processes*. New York: Hold, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1983): The empirical case for dual coding. In: J.C. Yuille (ed.). *Imagery, Memory and Cognition*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 310-332.
- Palmer, S.E. (1977): Hierarchical structure in perceptual representation. *Cognitive Psychology*, 9, 441-474.
- Phylyshyn, Z. (1973): That the mind's eye tells the mind's brain. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.
- Phylyshyn, Z. (1981): The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88, 16-45.
- Rankin, R. (1986): *Communicating Science Concepts through Charts and Diagrams*. PhD. Dissertation, Griffith University, Brisbane, Australia.
- Reigeluth, C.M. (1983): Instructional design: What is it and why is it? In: C.M. Reigeluth (ed.). *Instructional Design Theories and Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Salomon, G. (1979): *Interaction of Media, Cognition and Learning*. San Francisco: Jossey Bass.

- Santa, J.L. (1977): Spatial transformations of words and pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 418-427.
- Schlichtmann, H. (1985): Characteristic traits of the semiotic system „Maß symbolism“. *The Cartographic Journal*, 22, 23-30.
- Shepard, R. (1978): The mental image. *American Psychologist*, 33, 125-137.
- Shepard, R. & Cooper, L.A. (1982): *Mental Images and their Transformations*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- Shuell, T. (1986): Cognitive conceptions of learning. *Review of Educational Research*, 56, 411-436.
- Strittmatter, P. & Seel, N.M. (1986a): External and internal media: Concepts in media research. *Education*, 34, 92-108.
- Strittmatter, P. & Seel, N.M. (1986b): Presentation of information by media and its effect on mental models. Paper presented at the conference *Knowledge Acquisition from Text and Pictures*, Tübingen.
- Sutherland, S. & Winn, W.D. (1987): The effect of the number and nature of features and of general ability on the simultaneous and successive processing of maps. Paper presented at the annual conference of the *Association for Educational Communications and Technology*, Atlanta.
- Szlichinski, K.P. (1980): The syntax of pictorial instruction. In: P.A. Kolars, M.E. Wrolstad & H. Bouma (Eds.), *Processing Visible Language Volume II*. New York: Plenum Press.
- Wertheimer, M. (1938): *Laws of Organization in Perceptual Forms in a Source Book for Gestalt Psychology*. London: Routledge and Kegan Paul.
- White, J.V. (1984): *Using Charts and Graphics: 1000 Ideas for Visual Persuasion*. New York: R.R. Bowker Co.
- Wildmann, T.M. (1981): Cognitive theory and the design of instruction. *Educational Technology*, 21, July, 14-20.
- Winn, W.D. (1980): Visual information processing: A pragmatic approach to the imagery question. *Educational Communication and Technology Journal*, 28, 120-133.
- Winn, W.D. (1981): The effect of attribute highlighting and spatial organization on identification and classification. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 23-32.
- Winn, W.D. (1982): The role of diagrammatic representation in learning sequences, identification and classification as a function of verbal and spatial ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 79-89.
- Winn, W.D. (1983): Perceptual strategies used with flow diagrams having normal and unanticipated formats. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 751-762.
- Winn, W.D. (1987): Using charts, graphs and diagrams in educational materials. In: D. M. Willows & H. Houghton (Eds.), *The Psychology of Illustration*. Vol. 1, Basic Research. New York: Springer 152-198.
- Winn, W.D. (in press): Recall of the pattern, sequence and names of concepts presented in instructional diagrams. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Winn, W.D. & Sutherland, S. (1987): Factors influencing the serial and parallel processing of complex visual displays. Unveröffentlichtes Manuskript, College of Education, Universität Washington.
- Wittrock, M.C. (1979): The cognitive movement in instruction. *Educational Researcher*, 8, No. 2, 5-11.

Anschrift des Autors:

Prof. William D. Winn, Ph. D.,

412 Miller, DQ-12, University of Washington, Seattle, Washington, 98195, USA.