

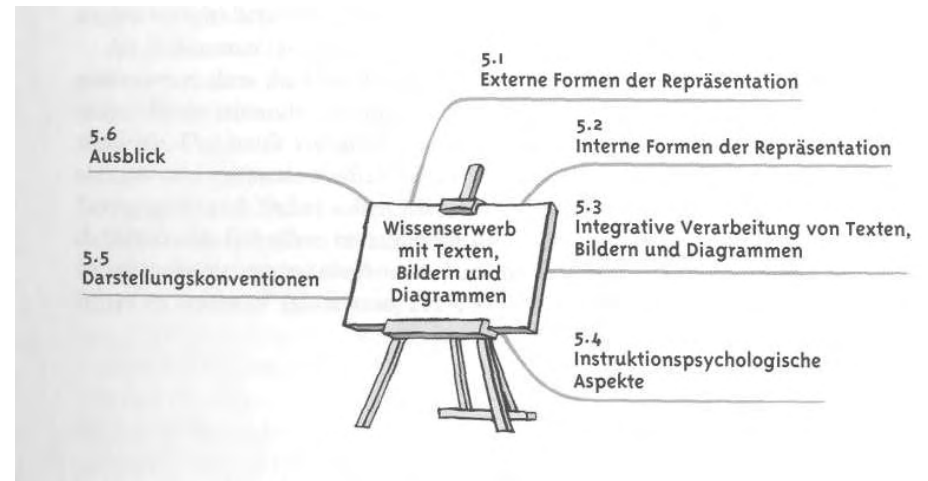
Issing und Klimsa

# Information und Lernen mit Multimedia und Internet

*Lehrbuch für Studium und Praxis*

## **3. Auflage**

*Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen*



## 5 Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen

Wolfgang Schnotz



Multimediasysteme bieten dem Lernenden eine Vielzahl unterschiedlicher Formen der Informationsdarbietung. Eine besondere Rolle spielen dabei Texte, realistische Bilder und Diagramme. Diagramme sind Bildzeichen, die zwar dem dargestellten Sachverhalt nicht in ihrer konkreten Erscheinungsform ähneln, jedoch mit ihm auf einer abstrakteren Ebene durch gemeinsame Strukturmerkmale verbunden sind. Bei der kognitiven Verarbeitung von Texten, Bildern und Diagrammen kann man präattentive subsemantische Prozesse und attentive semantische Prozesse unterscheiden. Bei der Verarbeitung von Bildern und Diagrammen führen automatisierte subsemantische Prozesse zur Wahrnehmung einer bestimmten grafischen Konfiguration. Die bewusste, konzeptgeleitete semantische Weiterverarbeitung dieses Perzepts, die über den jeweiligen Text angeleitet werden kann, führt dann zur Konstruktion eines mentalen Modells des dargestellten Sachverhalts. Dabei wird ein System von räumlichen Relationen auf ein System von semantischen Relationen abgebildet. Eine adäquate Gestaltung von Texten, Bildern und Diagrammen muss insbesondere pragmatische Gesichtspunkte berücksichtigen.

**Schlüsselbegriffe:** Depiktionale Repräsentation, deskriptionale Repräsentation, Grafikschemata, mentales Modell, propositionale Repräsentation

### 5.1 Externe Formen der Repräsentation

Beim Wissenserwerb mit Multimedia stehen dem Lernenden unterschiedliche Formen der Informationsdarbietung zur Verfügung. Hierzu gehören vor allem

- ▶ Texte,
- ▶ realistische Bilder (Bilder) und
- ▶ logische Bilder (Diagramme).

Zu den realistischen Bildern zählen z.B. einfache Strich- und Umrisszeichnungen, naturalistische Gemälde sowie Fotografien - also grafische Darstellungen, die eine mehr oder weniger große Ähnlichkeit mit dem dargestellten Gegenstand besitzen. Zu den logischen Bildern zählen z.B. Struktur- und Flussdiagramme, Kreisdiagramme, Säulendiagramme, Liniendiagramme - also grafische Darstellungen abstrakterer Sachverhalte, die zum Teil gar nicht unmittelbar wahrnehmbar sind. Im Folgenden werden realistische Bilder der Einfachheit halber als Bilder und logische Bilder als Diagramme bezeichnet.

#### Darstellungsformen und ihre Zeichen

**Texte.** Diese verschiedenen Darstellungsformen verwenden unterschiedliche Arten von Zeichen. Texte bestehen aus Symbolen, nämlich aus Worten und Sätzen. Symbole sind Zeichen mit einer arbiträren (d.h. willkürlich festgelegten) Struktur, die mit dem bezeichneten Gegenstand durch eine Konvention verknüpft sind. Beispielsweise haben die Wörter „dog“, „chien“, „inu“ oder „Hund“ weder als grafisches Wortbild noch als akustisches Klangbild irgendeine Ähnlichkeit mit dem, was sie bezeichnen, und man muss die Konvention der englischen, französischen, japanischen oder deutschen Sprache kennen, um zu wissen, was gemeint ist.

**Bilder und Diagramme.** Anders ist es bei realistischen Bildern und bei Diagrammen. Diese Darstellungsformen verwenden Zeichen, die mit dem bezeichneten Sachverhalt aufgrund gemeinsamer Strukturmerkmale verknüpft sind. Bei realistischen Bildern besteht eine konkrete Form der strukturellen Übereinstimmung mit dem repräsentierten Gegenstand, indem Höhe durch Höhe, Breite durch Breite, Farbe durch Farbe usw. dargestellt wird. Bilder sind insofern eine konkrete Form ikonischer Zeichen. Diagramme hingegen sind durch eine abstrakte Form der strukturellen Übereinstimmung mit dem Gegenstand gekennzeichnet, die auf einer Analogierelation basiert. Beispielsweise können in einem Säulen- oder Liniendiagramm durch räumliche Distanzen auch nicht-räumliche Merkmale, wie etwa Geburtenzahlen, Einfuhrquoten und dergleichen repräsentiert werden. Das heißt: Repräsentierte und repräsentierende Merkmale können voneinander verschieden sein; die Relationen zwischen diesen Merkmalen innerhalb des Bildes und innerhalb des abgebildeten Sachverhalts müssen jedoch übereinstimmen. Diagramme sind insofern eine abstrakte Form ikonischer Zeichen (vgl. Peirce, 1906).

Die Verwendung von Symbolzeichen und ikonischen Zeichen führt zu jeweils unterschiedlichen Arten der Repräsentation - zu deskriptionalen und depiktionalen Repräsentationen. Texte sind deskriptionale Repräsentationen. Wenn ein Sachverhalt durch einen Text beschrieben wird, so werden bestimmte Komponenten dieses Sachverhalts durch Nomina genannt, durch Adjektive hinsichtlich ihrer Merkmale spezifiziert und durch Verben und Präpositionen zueinander in Beziehung gesetzt. Eine Deskription mithilfe von Symbolen enthält also explizite Zeichen für Relationen.

Realistische Bilder und Diagramme hingegen sind depiktionale Repräsentationen. Sie enthalten keine expliziten Relationszeichen. Vielmehr besitzen sie inhärente Struktureigenschaften, die mit bestimmten Struktureigenschaften des darzustellenden Sachverhalts übereinstimmen, und diese Übereinstimmung wird jeweils zu Repräsentationszwecken genutzt (Palmer, 1978).

## 5.2 Interne Formen der Repräsentation

Werden beim Wissenserwerb mit Multimedia Texte gelesen und Bilder oder Diagramme betrachtet und verstanden, so konstruiert der Lernende unterschiedliche Formen der internen mentalen Repräsentation. Paivio (1971) nimmt in seiner dualen Codierungstheorie ein verbales System zur Verarbeitung sprachlicher Information und ein imaginales System zur Verarbeitung bildhafter Information an. Sätze oder Texte werden demnach meist nur im verbalen System encodiert, während Bilder grundsätzlich imaginal und verbal encodiert werden. Das gute Behalten von Bildern wird hier auf die Vorzüge einer doppelten gegenüber einer einfachen Codierung zurückgeführt.

Heute gehen die meisten Kognitionspsychologen davon aus, dass sowohl beim Verstehen von Texten als auch beim Verstehen von Bildern und Diagrammen multiple mentale Repräsentationen gebildet werden. Dabei wird vor allem zwischen Repräsentationen in Form von Propositionen und Repräsentationen in Form von mentalen Modellen unterschieden. Propositionen sind komplexe interne Symbole, die ähnlich wie die Sätze der natürlichen Sprache nach bestimmten syntaktischen Regeln aus einfacheren Symbolen zusammengesetzt sind. Eine Proposition besteht aus einem Relationssymbol, dem sog. Prädikat, und aus einem oder mehreren Symbolen für Entitäten, die durch das Prädikat zu einer Einheit verknüpft werden. Beispielsweise wird durch die Proposition „ESSEN (agent: ADAM, objekt: APFEL)“ ausgedrückt, dass Adam einen Apfel isst, dass also zwischen der Entität ADAM und der Entität APFEL die Relation ESSEN besteht. Propositionale Repräsentationen sind deskriptionale Repräsentationen. Mentale Modelle sind analoge mentale Repräsentationen - sozusagen interne Objekte, die in einer Struktur- oder Funktionsanalogie zu dem dargestellten Gegenstand stehen (Johnson-Laird & Byrne, 1991). Ein mentales Modell repräsentiert einen Sachverhalt aufgrund seiner inhärenten Struktureigenschaften und ist demnach den depiktionalen intrinsischen Repräsentationen zuzurechnen. Mentale Modelle sind nicht identisch mit bildhaften Vorstellungen des jeweiligen Gegenstands: Wie bei anderen analogen Modellen können repräsentierte und repräsentierende Merkmale voneinander verschieden sein. Außerdem können durch mentale Modelle auch Sachverhalte repräsentiert werden, die der Wahrnehmung gar nicht zugänglich sind (Engelkamp & Zimmer, 1994). Zwischen visuellen Vorstellungen und mentalen Modellen besteht letztlich die gleiche Beziehung wie zwischen realistischen Bildern

und Diagrammen: Beide sind depiktionale Repräsentationen, wobei im einen Fall eine konkrete und im anderen Fall eine abstrakte Form der strukturellen Übereinstimmung zwischen Repräsentation und repräsentiertem Sachverhalt besteht.

## 5.3 Integrative Verarbeitung von Texten, Bildern und Diagrammen

Texte, Bilder und Diagramme tragen auf unterschiedliche Weise zum Aufbau multipler mentaler Repräsentationen bei und können dabei einander unterstützen. Ein theoretisches Modell einer solchen integrativen Verarbeitung von Texten, Bildern und Diagrammen ist in Abb. 5.1 dargestellt.

Das Modell besteht aus einem deskriptionalen Repräsentationszweig (links) und einem depiktionalen Repräsentationszweig (rechts). Der deskriptionale Zweig besteht aus der externen Repräsentation eines dargestellten Sachverhalts in Form einer sprachlichen Beschreibung, der internen mentalen Repräsentation der Textoberflächenstruktur sowie der internen propositionalen Repräsentation des semantischen Gehalts. Der depiktionale Zweig besteht aus der externen Repräsentation des dargestellten Sachverhalts in Form eines realistischen Bilds oder eines Diagramms, der internen mentalen Repräsentation der dargebotenen grafischen Struktur in Form einer visuellen Wahrnehmung oder Vorstellung sowie dem internen mentalen Modell des dargestellten Sachverhalts. Für eine ausführlichere Darstellung des Modells sei auf Schnotz und Bannert (1999) verwiesen.

► Beim Lesen und Verstehen eines Texts konstruiert das Individuum demnach eine mentale Repräsentation der Textoberflächenstruktur, generiert auf dieser Grundlage eine propositionale Repräsentation des semantischen Gehalts und konstruiert anhand dieser sog. Textbasis schließlich ein mentales Modell des dargestellten Sachverhalts (Graesser, Millis und Zwaan, 1997; Schnotz, 1994).

► Beim Betrachten und Verstehen eines Bildes oder Diagramms generiert das Individuum eine visuelle mentale Repräsentation des Bildes und durch semantische Verarbeitungsprozesse ein mentales Modell sowie eine propositionale Repräsentation des dargestellten Gegenstands.

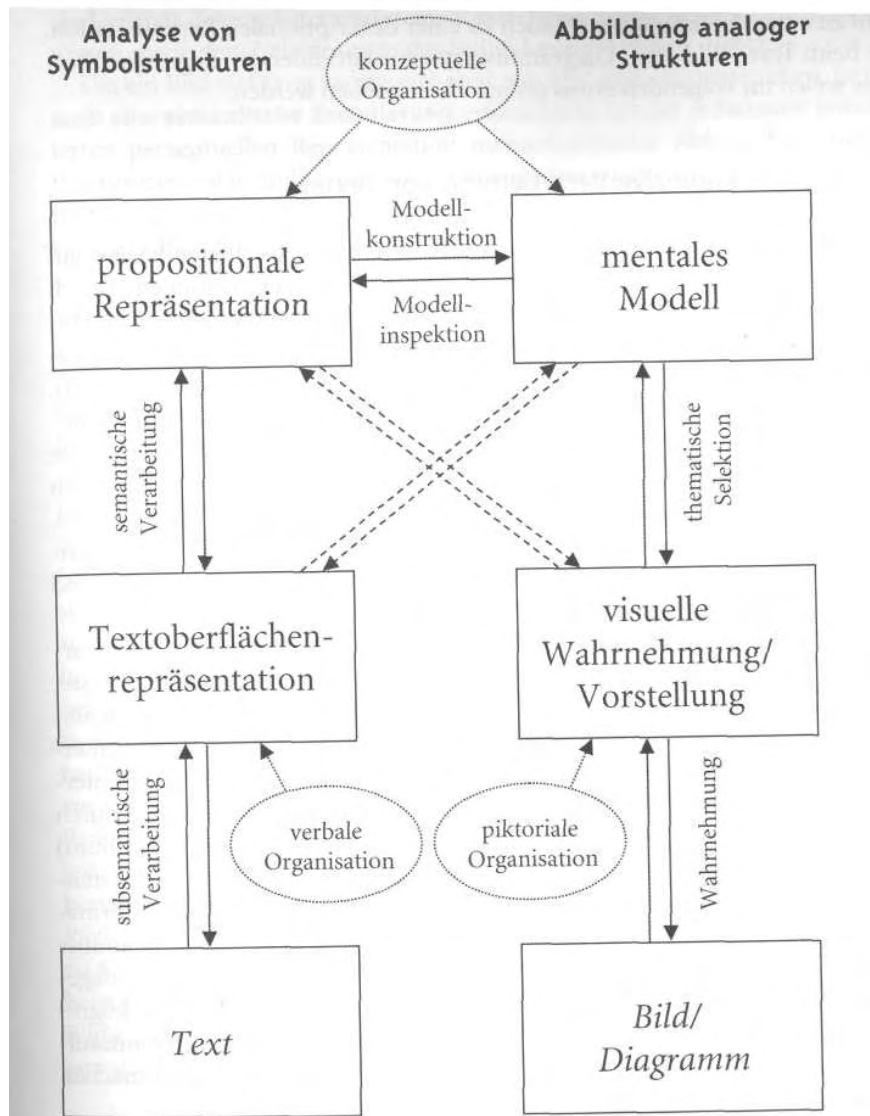


Abbildung 1: Integratives Modell des Text-, Bild- und Diagrammverstehens (Schnotz & Bannert, 1999).

Sowohl beim Textverstehen als auch beim Bild- oder Diagrammverstehen findet demnach eine Interaktion zwischen einer deskriptionalen und einer depiktionalen mentalen Repräsentation statt. Diese Interaktion erfolgt über Konstruktions- und Ableseprozesse. Beim Textverstehen ist der Ausgangspunkt der Interaktion eine deskriptionale, propositionale Repräsentation, anhand derer eine depiktionale Repräsentation bzw. ein mentales Modell konstruiert wird, woran dann wieder neue Informationen abgelesen und der propositionalen Repräsentation hinzugefügt werden. Beim Bild- oder Diagrammverstehen ist der Ausgangspunkt der Interaktion eine depiktionale Repräsentation, anhand derer durch Ableseprozesse eine ergänzende deskriptionale, propositionale Repräsentation gebildet wird. Zwischen externen und internen Repräsentationsformen besteht also keine Eins-zu-eins-Zuordnung. Vielmehr führt eine sprachliche Beschreibung als externe deskriptionale Repräsentation intern sowohl zu einer deskriptionalen als auch zu einer depiktionalen Repräsentation. Umgekehrt führt ein Bild als externe depiktionale Repräsentation intern sowohl zu einer depiktionalen als auch zu einer deskriptionalen Repräsentation. Die beim Text-, Bild- und Diagrammverstehen stattfindenden kognitiven Prozesse sollen im Folgenden etwas genauer beschrieben werden.

### 5.3.1 Kognitive Verarbeitung von Texten

Die Konstruktion mentaler Repräsentationen anhand von Texten basiert auf einem Wechselspiel von auf- und absteigenden Schemaaktivierungen: Durch absteigende Aktivierung werden bestimmte anforderungs- bzw. zielrelevante Informationen selektiert, und durch die Interaktion auf- und absteigender Aktivationsprozesse bildet sich jeweils eine bestimmte Schemakonfiguration heraus, die am besten zu der vorliegenden Textinformation passt und diese in ein kohärentes Ganzes integriert. Verbale Organisationsprozesse verarbeiten die Sprachinformation nach syntaktischen und morphologischen Gesichtspunkten und führen zu einer strukturierten mentalen Repräsentation der Textoberfläche. Konzeptuelle Organisationsprozesse verarbeiten die Textoberflächenrepräsentation und führen zu einer strukturierten propositionalen Repräsentation und einem mentalen Modell.

Das Lesen eines visuell dargebotenen Texts und das Hören eines auditiv dargebotenen Texts scheinen sich hinsichtlich der höheren kognitiven Prozesse, also der Konstruktion einer propositionalen Repräsentation und eines mentalen Modells, nicht wesentlich voneinander zu unterscheiden. Hingegen unterliegt die Konstruktion der Oberflächenrepräsentation jeweils deutlich unterschiedlichen Bedingungen. Ein schriftlicher Text wird normalerweise durch einen permanent verfügbaren, stabilen Zeichenträger (z.B. ein Printmedium) dargeboten. Der Leser kann somit bei Bedarf zurückgehen, um Nicht-Verstandenes erneut zu verarbeiten, um weitere Bezüge

herzustellen usw. Die Informationsverarbeitung erfolgt hier zeitlich relativ selbst gesteuert. Bei einem auditiv dargebotenen Text ist der Zeichenträger - die akustischen Schallwellen - dagegen flüchtiger Natur. Eine bei der Informationspräsentation versäumte kognitive Verarbeitung kann später nicht mehr nachgeholt werden. Informationsaufnahme und -Verarbeitung erfolgen hier zeitlich fremdgesteuert und machen eine kontinuierliche Aufmerksamkeitszuwendung erforderlich.

### 5.3.2 Kognitive Verarbeitung von Bildern

Anhand von Bildern ist anders als bei Texten ein relativ direkter Aufbau eines mentalen Modells möglich. Beim Bildverstehen kann man grundsätzlich zwischen einer perzeptiven und einer semantischen Encodierung unterscheiden. Die **perzeptive Encodierung** basiert auf präattentiven Prozessen (Neisser, 1976). Diese verlaufen parallel, beinhalten automatisierte visuelle Routinen, sind primär datengeleitet und dementsprechend relativ unabhängig vom Vorwissen sowie den Zielsetzungen des Individuums (Ullman, 1984).

Um ein Bild nicht nur wahrzunehmen, sondern es auch zu verstehen, ist aber auch eine **semantische Encodierung** erforderlich: An der präattentiv konstruierten perzeptuellen Repräsentation müssen attentive Ablese- bzw. Inspektionsprozesse stattfinden, um die Repräsentation zu interpretieren bzw. um ihr bestimmte Informationen zu entnehmen. Diese Prozesse laufen seriell ab und sind sowohl daten- als auch konzeptgeleitet, beinhalten also ein Wechselspiel von aufsteigender und absteigender Aktivierung von kognitiven Schemata. Sie werden dementsprechend sowohl vom Vorwissen als auch von den Zielsetzungen des Individuums beeinflusst.

**Ökologisches und indikatorisches Bildverstehen.** Beim Verstehen realistischer Bilder kann der Betrachter auf kognitive Schemata der alltäglichen Wahrnehmung zurückgreifen. Weidenmann (1988) spricht hier von einem ökologischen Bildverstehen, bei dem der Betrachter erkennt, was auf dem Bild dargestellt ist. Nimmt der Lernende jedoch auch Überlegungen vor, warum der Bildproduzent (der Fotograf, Maler oder Zeichner) den Sachverhalt so und nicht anderes dargestellt hat bzw. warum der Bildredakteur gerade dieses Bild ausgewählt hat, so spricht Weidenmann von einem indikatorischen Bildverstehen. Das Bild wird hier gewissermaßen als Indikator für eine bestimmte Mitteilungsabsicht angesehen und entsprechend analysiert. Ökologisches und indikatorisches Bildverstehen repräsentieren unterschiedliche Verstehensstufen. Anders als beim Textverstehen ist für die semantische Analyse von Bildern keine bestimmte Sequenzierung vorgesehen. Allerdings bestehen verschiedene Möglichkeiten, Einfluss auf die Reihenfolge der Verarbeitung zu nehmen. Beispielsweise können bestimmte Bildteile durch verstärkten Kontrast zum Hintergrund oder durch Beschriftungen hervorgehoben werden (Beck, 1984). Ebenso

können direktive Bildzeichen wie Pfeile, Einrahmungen oder eingebundene Lupen verwendet werden, um auf den zu fokussierenden Bildbereich zu zeigen bzw. ihn visuell einzugrenzen. Die Reihenfolge der Verarbeitung kann auch durch eine bestimmte Nummerierung der Bildteile gelenkt werden. Darüber hinaus spielen kulturspezifische Verarbeitungsgewohnheiten, wie z.B. das Lesen von links nach rechts, eine Rolle (Winn, 1994).

### 5.3.3 Kognitive Verarbeitung von Diagrammen

Logische Bilder bzw. Diagramme repräsentieren einen Sachverhalt nicht aufgrund von Ähnlichkeit, sondern aufgrund von abstrakteren strukturellen Gemeinsamkeiten. Auch beim Verstehen eines Diagramms konstruiert der Betrachter ein mentales Modell des dargestellten Sachverhalts. Die dabei stattfindenden subsemantischen, präattentiven Prozesse bestehen in der Diskrimination und Identifikation sowie der Gruppierung grafischer Komponenten – also von Punkten, Linien und Flächen - entsprechend den sog. Gestaltgesetzen und führen zur Wahrnehmung einer entsprechenden grafischen Konfiguration (Wertheimer, 1938; Winn, 1994). Die semantische, attentive Verarbeitung, mit der zum Verstehen des Diagramms übergegangen wird, besteht in der konzeptgeleiteten Analyse dieser wahrgenommenen grafischen Konfiguration. Dabei werden bestimmte visuell-räumliche Relationen und Attribute abgelesen, semantisch interpretiert und in Form von Propositionen fixiert, die der bereits vorhandenen propositionalen mentalen Repräsentation hinzugefügt werden.

Da Diagramme im Gegensatz zu realistischen Bildern keine perzeptuelle Ähnlichkeit mit dem repräsentierten Gegenstand besitzen, kann der Lernende bei deren Interpretation nicht auf kognitive Schemata der alltäglichen Wahrnehmung zurückgreifen. Die Fähigkeit zum Verstehen von Diagrammen ist vielmehr eine spezifische Kulturtechnik, die jeweils erlernt werden muss. Dabei gilt es, spezielle Grafikschemata zu konstruieren, mit deren Hilfe an den grafischen Konfigurationen eines Diagramms bestimmte Informationen abgelesen werden können (Pinker, 1990). Verfügt ein Lernender nicht über entsprechende Schemata, so ist er nicht in der Lage, einem Diagramm die jeweiligen Informationen zu entnehmen. Dies wird vor allem dann deutlich, wenn an einer solchen grafischen Darstellung Informationen über komplexe Zusammenhänge abgelesen werden sollen. Lernende mit geringeren kognitiven Voraussetzungen können beispielsweise einem Linienzeitdiagramm oft eher einzelne Werte entnehmen als an ihm einen Entwicklungstrend erkennen, obwohl dieser direkt am Kurvenverlauf abgelesen werden könnte (vgl. Guthrie & Weber, 1991; Kerslake, 1977; Kirsch & Jungeblut, 1986). Empirische Befunde weisen darauf hin, dass Experten bzw. Lernende mit höherem Vorwissen eher in der Lage sind, nach übergreifenden visuellen Mustern zu suchen, während Lernende mit geringerem

Vorwissen bevorzugt eine lokal begrenzte Suche nach Einzelinformationen vornehmen. Es ist deshalb zu vermuten, dass Experten bzw. Individuen mit höheren Lernvoraussetzungen über elaboriertere und stärker hierarchisch strukturierte Grafikschemata verfügen (Löwe, 1993).

## 5.4 Instruktionspsychologische Aspekte

### 5.4.1 Gestaltung von Texten

#### Topic und Comment

Angesichts der begrenzten kognitiven Verarbeitungskapazität kann sich jeweils nur eine begrenzte Informationsmenge im Fokus der Aufmerksamkeit befinden. Der Lernende muss deshalb wissen, wovon im Augenblick die Rede ist, um im Falle eines Themenwechsels den Fokus entsprechend verschieben zu können (Chafe, 1994; Gernsbacher, 1990). Die hierzu erforderlichen Steuerungssignale werden jeweils durch Topic-Angaben vermittelt. In jedem Satz und jedem größeren Textsegment kann man zwei Informationskomponenten unterscheiden: den Topic und den Comment:

► Der **Topic** gibt an, worüber etwas ausgesagt wird;

► der **Comment** gibt an, was darüber ausgesagt wird (Halliday, 1970).

Der Leser identifiziert jeweils die Topic-Angabe, vergleicht sie mit dem bisher fokussierten Referenten und behält je nach Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung den Fokus bei oder sucht innerhalb der mentalen Repräsentation nach einem neuen Referenten. Dabei wird dem Hörer oder Leser signalisiert, ob ein Topic-Wechsel stattgefunden hat, ob eine kleine oder große Fokusverschiebung notwendig ist. Außerdem wird ihm signalisiert, wo der neue Topic zu suchen ist und anhand welcher Merkmale er identifiziert werden kann (Givón, 1983).

Worte und Phrasen, die auf einen bereits eingeführten Referenten Bezug nehmen - sog. Anaphora -, können als Suchanweisungen nach der betreffenden Entität aufgefasst werden. Beispielsweise wird durch ein singuläres Pronomen signalisiert, dass der Referent zuvor explizit an der Textoberfläche genannt wurde, dass er sich noch innerhalb des aktuellen Aufmerksamkeitsfokus befindet und anhand von Geschlecht und Zahl (Singular/Plural) eindeutig identifiziert werden kann. Im Vergleich zu einem Pronomen stellt ein Nomen bzw. eine Nominalphrase einen wesentlich ausführlicheren Steckbrief des zu suchenden Referenten bereit. Dabei bieten eine Rekurrenz - also die Wiederholung eines bereits zuvor verwendeten Nomens (z.B. „Hubschrauber“) - oder ein entsprechendes Synonym (z.B. „Helikopter“) eine reichhaltigere Beschreibung des Referenten als eine lexikalische Generalisierung (z.B. „Fluggerät“). Im Falle der

Verwendung eines Synonyms wird der Bezug auf den gemeinten Referenten erst auf der Ebene der propositionalen Repräsentation erkennbar, während dieser Bezug im Falle einer Rekurrenz bereits an der Textoberfläche signalisiert wird.

Die verschiedenen Suchparameter müssen jeweils aufeinander abgestimmt sein: Je größer die erforderliche Fokusverschiebung bzw. je größer der Suchbereich ist, in dem der Referent zu finden ist, und je mehr der darin enthaltenen Entitäten dem Referenten ähnlich sind, desto reichhaltiger muss die Beschreibung des Referenten sein, um diesen ohne Schwierigkeiten finden zu können. Die Beschreibung des Referenten muss jedoch keineswegs möglichst ausführlich sein. Sie muss lediglich so reichhaltig sein, dass dieser problemlos identifiziert werden kann (vgl. Gernsbacher, 1990). Allgemeine Kriterien für die Gestaltung von Texten sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben (Schnotz, 1994).

### 5.4.2 Gestaltung von Bildern und Diagrammen

Lernende meinen oft, Bildern und Diagrammen könnte mit einem Blick genügend Information entnommen werden, und nehmen deshalb eine nur oberflächliche Verarbeitung vor (vgl. Mokros & Tinker, 1987; Weidenmann, 1989).

Insofern gilt es, bei der Gestaltung von Bildern und Diagrammen sowie der begleitenden Texte den Tendenzen einer oberflächlichen Verarbeitung entgegenzuwirken. Hierzu können bestimmte Komponenten in den Vordergrund gestellt, durch Einrahmungen, durch Vergrößerung (bei der sog. Lupentechnik) oder durch direktive Zeichen, wie z.B. durch Pfeile, in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt werden. Solche direktiven Zeichen repräsentieren nicht den darzustellenden Gegenstand, sondern sollen lediglich die Verarbeitung beeinflussen (Weidenmann, 1994a). Die Abb. 5.2 gibt ein Beispiel für solche direktiven Bildzeichen. Das Bild zeigt eine Fleisch fressende Pflanze mit einem Insekt. Die Pfeile lenken die Aufmerksamkeit des Betrachters auf die einander entgegengesetzten Fanghaare der Pflanze. Außerdem können dem Lernenden explizite Verarbeitungshinweise im Text oder in der Bild- oder Diagrammüberschrift gegeben werden (Bernard, 1990).

Die beim Betrachten von Bildern und Diagrammen stattfindenden präattentiven Prozesse der Wahrnehmungsorganisation folgen im Wesentlichen den sog. Gestaltungsgesetzen (Wertheimer, 1938).

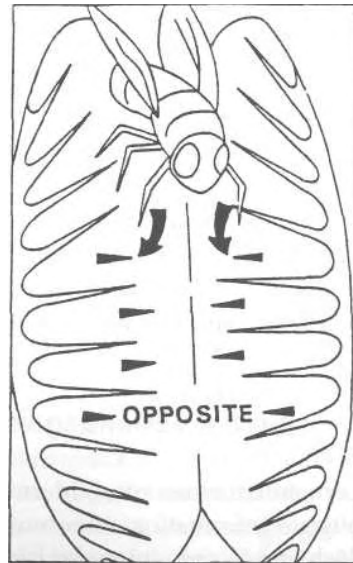
► Nach dem **Gesetz der Nähe** werden räumlich näher beieinander liegende Komponenten eher zusammengefasst als weiter entfernt liegende.

► Nach dem **Gesetz der Ähnlichkeit** werden Komponenten mit ähnlichen visuellen Merkmalen - z.B. ähnlicher Form, Farbe, Orientierung, Textur usw. - eher zusammengefasst als Komponenten mit unterschiedlichen Merkmalen.

► Nach dem **Gesetz der Geschlossenheit** bzw. dem **Gesetz der guten Gestalt** werden

visuelle Informationen jeweils auf möglichst einfache Weise organisiert, sodass prägnante Formen entstehen.

Abbildung 2: Beispiel für die Verwendung von Pfeilen als direkte Bildzeichen (nach Beck, 1984).



► Nach dem **Gesetz der guten Fortsetzung** bleiben mehrere sich schneidende Linien durch die implizite Annahme voneinander unterscheidbar, dass die Kurven an den Schnittstellen jeweils kontinuierlich verlaufen.

► Schließlich werden nach dem **Gesetz des gemeinsamen Schicksals** mehrere Kurven gleicher Form zu einer Einheit zusammengefasst und als Kurvenschar wahrgenommen. Die Bedeutung der oben skizzierten subsemantischen Verarbeitungsprozesse soll an einem praktischen Beispiel veranschaulicht werden. Abb. 5.3 zeigt ein unterteiltes Säulendiagramm, das die Nutzung verschiedener Energiequellen zu verschiedenen Zeitpunkten veranschaulicht. Das Erkennen der einzelnen Komponenten dürfte hier keine Schwierigkeiten bereiten. Die Identifikation und Diskrimination dieser Komponenten aber stellt bereits gewisse Anforderungen, denn der Betrachter muss jeweils fünf verschiedene Säulenabschnitte anhand ihrer Texturen voneinander unterscheiden und anhand einer Legende hinsichtlich ihrer Bedeutung identifizieren. Eine Berücksichtigung weiterer Energiequellen würde - sofern man im Bereich einer Schwarzweißdarstellung verbleibt - die Diskrimination der einzelnen Komponenten immer schwieriger machen. Zahlenangaben sind in dem Diagramm entsprechend dem Gesetz der Nähe unmittelbar bei den betreffenden Säulenabschnitten angebracht.

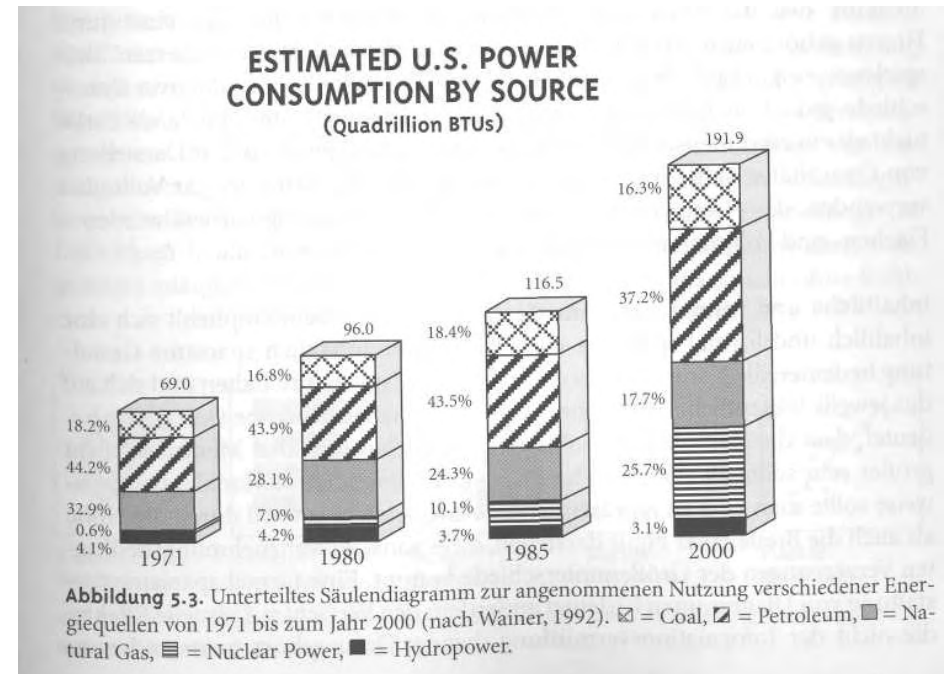


Abbildung 3: Unterteiltes Säulendiagramm

Allerdings muss hier eine Unterscheidung zwischen Zahlen neben und Zahlen ober- bzw. unterhalb der Säulen vorgenommen werden: Letztere beziehen sich nicht auf den betreffenden Säulenabschnitt, sondern auf die Säule als Ganzes. Diese Differenzierung wird durch die präattentive Verarbeitung nicht weiter unterstützt, zumal bei den Zahlenangaben auch der gleiche Schrifttyp verwendet wurde. Die Unterscheidung wird deshalb erst auf der Ebene der semantischen Verarbeitung deutlich. Würde man die Entwicklungen im Energieverbrauch über mehrere Jahre analysieren wollen, so müssten entsprechend dem Gesetz der Ähnlichkeit jeweils gleichartige Abschnitte verschiedener Säulen aufgrund ihrer gemeinsamen Textur zu einer Einheit zusammengefasst werden.

#### Kriterien für das Verständnis von Diagrammen

Um ein problemloses Verstehen von Diagrammen zu ermöglichen, müssen die repräsentationsrelevanten Komponenten erstens problemlos identifizierbar sein. Zweitens müssen diese Komponenten eindeutige Konfigurationen bilden, bei denen zusammengehörige Komponenten aufgrund gleichen Aussehens, räumlicher Nähe oder

anderer grafischer Hilfsmittel unmittelbar als Einheit wahrgenommen werden. Bei einer direkten Beschriftung muss diese durch Lokalisierung in unmittelbarer Nähe eindeutig mit der benannten grafischen Komponente verknüpft sein. Bei einer indirekten Beschriftung in Form einer Legende (wie z.B. in Abb. 5.3) erfolgt die Zuordnung zwischen Bezeichnung und bezeichneter Komponente über gemeinsame visuelle Merkmale (z.B. Texturen oder Farben). Dabei sollte man sich auf relativ wenige, gut unterscheidbare visuelle Merkmale beschränken. Grundsätzlich ist ein Diagramm so zu gestalten, dass es zur Wahrnehmung einer grafischen Struktur führt, die mit der Struktur des darzustellenden Sachverhalts möglichst gut übereinstimmt. Hierzu gehört auch, visuelle Merkmale semantisch richtig einzusetzen. Beispielsweise eignet sich das Merkmal „Farbe“ zur Darstellung qualitativer Unterschiede, jedoch nicht für die Darstellung quantitativer Unterschiede, da Farbe nicht als ein eindimensionales Merkmal wahrgenommen wird. Zur Darstellung von Quantitäten sollte man auch möglichst nicht Flächen oder gar Volumina verwenden, da - wenn Höhe, Breite und Tiefe gleichzeitig variiert werden - Flächen- und Volumenunterschiede meist unterschätzt werden.

**Inhaltliche und formal sparsame Gestaltung.** Außerdem empfiehlt sich eine inhaltlich und formal sparsame Gestaltung. Eine inhaltlich sparsame Gestaltung bedeutet, die Komplexität solcher Bilder in Grenzen zu halten und sich auf das jeweils Wesentliche zu beschränken. Eine formal sparsame Gestaltung bedeutet, dass die Zahl der datenabhängig variierten visuellen Merkmale nicht größer sein sollte als die Zahl der zu repräsentierenden Merkmale. Beispielsweise sollte man eine zu repräsentierende Größe nicht sowohl durch die Höhe als auch die Breite einer Figur darstellen, da es sonst zu wahrnehmungsbedingten Verzerrungen der Größenunterschiede kommt. Eine formal sparsame Gestaltung von Diagrammen bedeutet außerdem den Verzicht auf visuelle Effekte, die nicht der Informationsvermittlung dienen. Dazu gehört unter anderem, keine dreidimensionalen Darstellungen zu verwenden, bei denen die dritte Dimension keine Repräsentationsfunktion hat. Ein Beispiel hierfür bietet die Abb. 5.3, in der die räumliche Darstellung der Säulen keinen Informationswert hat. Eine einfache, flächige Darstellung hätte hier völlig genügt.

Tufte (1983) hat als Leitlinie einer formal sparsamen Gestaltung eine Maximierung der sog. Data-Ink-Ratio vorgeschlagen. Demnach sollte bei der Gestaltung eines Diagramms der auf die Datendarstellung entfallende Anteil an der insgesamt verwendeten Druckerschwärze jeweils möglichst hoch sein. Dieses Gestaltungsprinzip darf allerdings nicht mechanisch befolgt werden, da die Unterscheidung zwischen Data-Ink und Non-Data-Ink oft eine Ermessensfrage ist. Wenn beispielsweise ein Balkendiagramm Gitterlinien enthält, so handelt es sich bei diesen Linien streng genommen um Non-Data-Ink. Dennoch kann ein solches Gitter für das Ablesen einzelner Werte sehr hilfreich sein. Kommt es hingegen darauf an, einen bestimmten

Trend anschaulich zu machen, so kann auf das betreffende Gitter verzichtet werden. Das Beispiel macht deutlich, dass die Gestaltung von Diagrammen letztlich immer im Hinblick auf die beabsichtigte Kommunikationsfunktion bzw. unter pragmatischem Aspekt erfolgen muss. Das heißt: Es ist zu fragen, was wem und wozu vermittelt werden soll.

## 5.5 Darstellungskonventionen

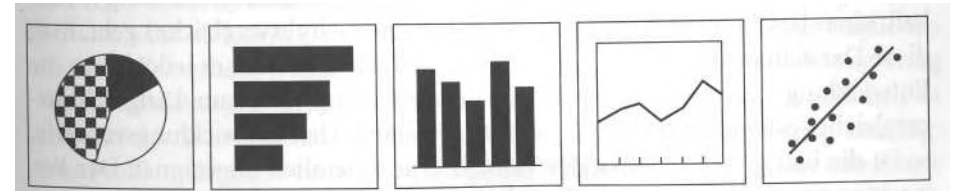


Abbildung 4: Konventionalisierte Darstellungsformen zur Visualisierung quantitativer Zusammenhänge (nach Zelazny, 1986).

Für bestimmte Darstellungszwecke haben sich konventionalisierte Formen der Darstellung herausgebildet. Beispielsweise wird für die Visualisierung quantitativer Zusammenhänge im Allgemeinen auf die in Abb. 5.4 gezeigten Darstellungsformen - auf Kreis-, Balken-, Säulen-, Linien- und Streudiagramme - zurückgegriffen (Zelazny, 1986). Aufgrund der häufigen Verwendung dieser Diagrammtypen besitzen Lernende die hier erforderlichen kognitiven Grafikschemata eher als bei anderen Formen der Darstellung. Da Individuen häufig Schwierigkeiten haben, bei der Interpretation eines Diagramms adäquate Grafikschemata zu aktivieren, sollte man nicht ohne triftigen Grund von vorhandenen Darstellungskonventionen abweichen. Ebenso sollten unnötige Wechsel im Darstellungsformat vermieden werden.

**Kreisdiagramme.** Die Verwendung von Kreisdiagrammen bietet sich an, um die Untergliederung eines Ganzen in unterschiedliche Teile zu veranschaulichen. Allerdings ist diese Darstellungsform nicht gut geeignet, um verschiedene Aufteilungen eines Ganzen miteinander zu vergleichen, da die visuelle Zuordnung gleichartiger Kreissektoren hier Probleme bereiten kann. Beispielsweise wäre es nicht empfehlenswert gewesen, anstelle des unterteilten Säulendiagramms in Abb. 5.3 mehrere Kreisdiagramme zur Darstellung der verschiedenen Anteile an der Energienutzung zu verwenden.

**Balken- und Säulendiagramme.** Die Verwendung von Balken- und Säulendiagrammen empfiehlt sich zur Visualisierung von quantitativen Merkmalsausprägungen, wenn die Merkmalsträger im Übrigen nur qualitativ



voneinander unterschieden sind. Beispielsweise ließe sich so die Umsatzhöhe verschiedener Unternehmen darstellen. Säulendiagramme werden häufig auch zur Veranschaulichung von Entwicklungsverläufen verwendet, wobei verschiedene Säulen verschiedene Zeitpunkte der Entwicklung repräsentieren. Allerdings ist dies nur für einzelne Entwicklungsverläufe problemlos möglich. Bei einer Darstellung mehrerer Entwicklungsverläufe durch unterschiedliche Säulen bereitet die visuelle Zusammenfassung von gleichartigen Säulen nach dem Gesetz der Ähnlichkeit meist Schwierigkeiten, da dem die Tendenz entgegenwirkt, verschiedenartige Säulen visuell nach dem Gesetz der Nähe zusammenzufassen.

Grundsätzlich sind **Liniendiagramme** für die Visualisierung von Entwicklungsverläufen besser geeignet, da die Funktionslinien hier von vornherein als grafische Einheiten wahrgenommen werden. **Streudiagramme** bieten sich an, um statistische Zusammenhänge zwischen quantitativen Variablen anhand einer begrenzten Zahl von Beobachtungen darzustellen.

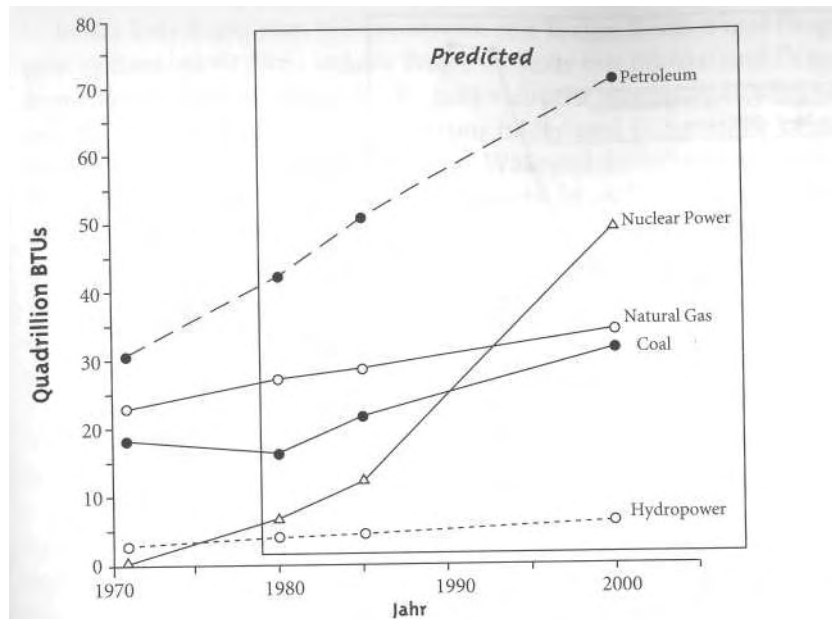


Abbildung 5: Multiples Liniendiagramm zur angenommenen Nutzung verschiedener Energiequellen von 1971 bis zum Jahr 2000 (nach Wainer, 1992).

Letztlich muss die Wahl der Darstellungsform jeweils im Hinblick auf die beabsichtigte Kommunikationsfunktion erfolgen. Dies wird z.B. auch an Abb. 5.3 deutlich, die die Nutzung verschiedener Energiequellen zu verschiedenen Zeitpunkten in Form eines unterteilten Säulendiagramms zeigt. So lange es nur um die Entnahme einzelner Werte oder um Vergleiche der Energienutzung innerhalb eines bestimmten Zeitpunktes (d.h. um Querschnittvergleiche) geht, mag diese Darstellungsform als geeignet angesehen werden. Geht es jedoch um die Entwicklung bestimmter Arten der Energienutzung (also um Längsschnittvergleiche) oder gar um den Vergleich unterschiedlicher Entwicklungsverläufe, so ist die hier gewählte Form der Visualisierung ziemlich ungeeignet. Der Betrachter muss nämlich - dem Gestaltgesetz der Geschlossenheit entgegenwirkend - die Einheit der Säulen visuell aufbrechen und eine Neugruppierung der Komponenten vornehmen, indem gleichartige Abschnitte verschiedener Säulen nach dem Gesetz der Ähnlichkeit zu einer Einheit zusammengefasst werden. Ein solches Aufbrechen einer als „gute Gestalt“

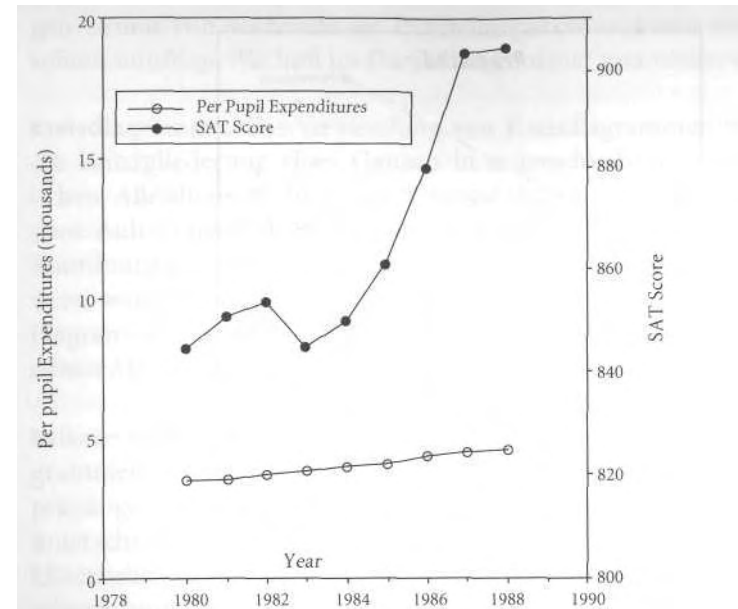


Abbildung 6: Multiples Liniendiagramm mit zwei Ordinaten, das die Entwicklung der Bildungsausgaben und die Entwicklung der Schulleistungen in den USA von 1978 bis 1990 zeigt (nach Wainer, 1992).

wahrgenommenen Einheit bereitet jedoch Schwierigkeiten. Zum Vergleich ist in Abb. 5.5 der gleiche Datensatz als multiples Liniendiagramm dargestellt. Die einzelnen Entwicklungsverläufe werden hier durch Funktionslinien dargestellt, die sofort als visuelle Einheiten wahrgenommen werden.

Eine bestimmte Darstellungsform kann den Betrachter auch zu inadäquaten Ableseprozessen veranlassen. Abb. 5.6 zeigt ein multiples Liniendiagramm, in dem die Entwicklung der Bildungsausgaben und die Entwicklung der Schulleistungen in den USA von 1978 bis 1990 dargestellt sind. Das Diagramm legt den Schluss nahe, dass trotz einer nur geringfügigen Erhöhung der Bildungsausgaben pro Schüler die Schulleistungen deutlich angestiegen sind. Es bedarf jedoch nur einer anderen Skalierung, um dem Betrachter genau den entgegengesetzten Schluss nahe zu legen: Demnach wären die Bildungsausgaben in der fraglichen Zeit deutlich erhöht worden, ohne dass dies zu einer nennenswerten Steigerung der Schulleistungen geführt hätte. Wie Wainer (1992) deutlich gemacht hat, ist anhand der Daten weder die eine noch die andere Schlussfolgerung zulässig. Das Problem liegt hier darin, dass durch die Art der Darstellung dem Betrachter - unbeabsichtigt oder beabsichtigt - ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Trends nahe gelegt wird, ohne dass die hierzu erforderlichen Voraussetzungen gegeben wären. Auf multiple Liniendiagramme mit unterschiedlichen Ordinaten für die einzelnen Funktionskurven sollte deshalb trotz der hohen Data-Ink-Ratio grundsätzlich verzichtet werden. Das Beispiel unterstreicht erneut, dass die Gestaltung von Diagrammen immer auch den pragmatischen Aspekt, also die Frage nach der beabsichtigten Mitteilung, reflektieren muss.

## **5.6 Ausblick**

Die kombinierte Verwendung von Texten, Bildern und Diagrammen in multimedialen Lernumgebungen ermöglicht Individuen mit geringerem inhaltspezifischem Vorwissen einen höheren Lernerfolg, da diese noch nicht hinreichend in der Lage sind, anhand einer einzigen Form der Informationsdarbietung multiple mentale Repräsentationen zu konstruieren. Gleichzeitig erfordert die Verwendung von Texten, Bildern und Diagrammen vom Individuum aber auch die Fähigkeit, verschiedene Formen der Informationsdarbietung adäquat aufeinander zu beziehen. Hierzu gehören nicht nur Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit schriftlichem Lernmaterial, die allgemein als verbale Lesefähigkeit (engl. „verbal literacy“) bezeichnet werden. Notwendig sind auch Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit Bildern und Diagrammen, die man als piktoriale Lesefähigkeit (im Englischen meist nicht ganz zutreffend „visual literacy“ genannt) bezeichnen kann (vgl. Petterson, 1994; Moore & Dwyer, 1994). In der Forschung zum Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen geht es heute nicht mehr um die Frage, ob Texte mit Bildern und

Diagrammen lernwirksamer sind oder nicht. Es geht vielmehr darum zu bestimmen, unter welchen Bedingungen, wie und warum Bilder und Diagramme beim Lernen mit Texten den Lernerfolg beeinflussen. Während das Verstehen von Texten, für sich genommen, heute relativ gut untersucht ist, steht die Analyse des Verstehens von Bildern und speziell von Diagrammen noch in den Anfängen (vgl. Houghton & Willows, 1987; Mandl & Levin, 1989; Willows & Houghton, 1987). Man weiß noch zu wenig über die Interaktion dieser Darstellungsformen mit den kognitiven Verarbeitungsmechanismen des Lernenden sowie über die Entwicklung der hier erforderlichen Verstehensfähigkeiten. Auch gibt es bislang noch wenig Untersuchungen über die Möglichkeiten, die Entwicklung solcher Fähigkeiten durch spezifische Strategietrainings zu unterstützen (vgl. Schnotz & Kulhavy, 1994; Weidenmann, 1994).

Angesichts der Möglichkeiten einer schnellen und scheinbar professionellen computerbasierten Gestaltung von Visualisierungen gewinnt die Bereitstellung von praxisorientiert aufbereitetem Grundlagenwissen für die Erstellung und Verwendung von Bildern und Diagrammen in Verbindung mit Texten zunehmend an Bedeutung. Wegen der Vielzahl gegeneinander abzuwägender Gesichtspunkte kann eine mechanische Anwendung einfacher Gestaltungs- und Verwendungsregeln hier nicht zum Erfolg führen. Sinnvoller ist es, Orientierungsgrundlagen zu entwickeln, die bei der Gestaltung und Verwendung von Bildern und Diagrammen in Texten helfen, die verschiedenen oben skizzierten Analysegesichtspunkte systematisch aufeinander zu beziehen. Auf diese Weise wird man über rein intuitive Entscheidungen und eine nur an Oberflächenmerkmalen orientierte Scheinprofessionalität hinausgehen und die betreffenden Komponenten von Multimediasystemen so gestalten können, dass diese den psychologischen Gesetzmäßigkeiten des Aufbaus von Wissensstrukturen Rechnung tragen.