

## 2 VERWENDUNG VISUELLER SPRACHEN

Der Begriff der visuellen Sprache ist bereits vielfach und in unterschiedlichen Bedeutungen verwendet worden (z.B. Lakin, 1990; Kremer, 1998; Myers, 1990; Wang, Lee & Zeevat, 1995). Auch gibt es Ansätze, die im Prinzip visuelle Sprachen verwenden, diese aber nicht als solche klassifizieren (z.B. Streit, Haake et al., 1998; Suthers, Weiner et al., 1995; Buckingham Shum & Hammond, 1994; Jacobson, Booch & Rumbaugh, 1999; Jungbluth, 1998).

Im Verlauf dieser Arbeit konnten fünf Ziele voneinander abgegrenzt werden, für die visuelle Sprachen eingesetzt werden:

- Visuelles Programmieren und Visualisierung von Programmen
- Formalisierung visueller Sprachen und Schließen in visuellen Repräsentationen
- Lernunterstützung
- Wissenseizitation
- Kommunikationsmedien und Wissensprodukte

Visuelle Sprachen werden unabhängig vom Einsatzbereich meistens benutzt, um Strukturen und damit Zusammenhänge graphisch zu verdeutlichen, um Sachverhalte neu zu begreifen. Es werden Inhaltsbereiche erarbeitet und zwar jeweils mit einem ungewissen, konstruierten Ergebnis. Eine Ausnahme davon stellt nur das Schließen in visuellen Repräsentationen dar, wobei auch dort gerade strukturelle Eigenschaften von Objekten und deren Verhältnis zueinander ausgenutzt werden. Das im Vorfeld offene Ergebnis einer Wissenskonstruktion macht den Bedarf deutlich, auch den Konstruktionsprozess mit zu unterstützen.

Systeme, die visuelle Sprachen einsetzen, lassen sich allerdings nur selten genau einer dieser Zielrichtungen zuordnen, wenn auch meistens eine davon den jeweiligen Ansatz bestimmt. Im Verlauf dieses Kapitels werden die genannten Verwendungsbereiche kurz erläutert. Besonderer Raum wird dem Einsatz von visuellen Sprachen als Kommunikationsmedien eingeräumt, da dies auch den Ansatz für die Diskussionsunterstützung vorbereitet.

## 2.1 Visuelles Programmieren und Visualisierung von Programmen

Ein großer Teil der visuellen Sprachen wurde für die Programmierung entwickelt, also zur Erstellung von Programmen. Sie werden deshalb auch als visuelle Programmiersprachen bezeichnet. Murray und McDaid (1993) unterteilen die Repräsentationsformalismen in diagrammatische (z.B. Flow Charts), ikonische und formularbasierte. Eine ihrer Feststellungen besteht darin, dass eine starke Korrelation zwischen dem Repräsentationsformalismus und dem repräsentierten Gegenstand besteht. Diagrammatische Darstellungen eignen sich danach besonders für die prozedurale Programmierung und ikonische Darstellungen (Symbole oder Kurzdarstellungen für grundlegende Elemente einer Programmiersprache) sollen vor allem Programmieranfängern den Einstieg erleichtern. Formulare eignen sich weniger für die Entwicklung von Programmen als dazu, Daten zu erheben.

Die Unterscheidung in Visualisierungen von Programmen und visuelle Programmiersprachen wird von Myers (1990) und Murray und McDaid (1993) geteilt, wenn auch letztere die visuellen Programmiersprachen weiter aufschlüsseln. Im Gegensatz zu visuellen Programmiersprachen beschränken sich Programmvisualisierungen auf die Darstellung des Programm unter bestimmten Aspekten. In Myers (1990) werden die Programmvisualisierungen nach zwei Dimensionen unterschieden: Dimension 1) Wird der Code, die Daten oder der Algorithmus visualisiert? Dimension 2) Sind die Darstellungen statisch oder dynamisch? Ein Beispiel einer dynamischen Entwicklung von Daten sind z.B. Mandelbrot-Darstellungen.

Myers (1990) stellt für beide Ansätze - „program visualization“ und „visual programming“ - Taxonomien auf. Der Begriff der visuellen Sprache („visual language“) wird von ihm übergeordnet verwendet: „‘Visual Languages‘ refer to all systems that uses graphics,...“ (Myers, 1990, S. 99).

Wollte man beide Ansätze voneinander abgrenzen, so müsste dies über die Veränderungsmöglichkeiten erfolgen: Durch Visualisierungen werden Programme und Daten gerade nicht verändert, da ansonsten ein Programmiervorgang vorläge.

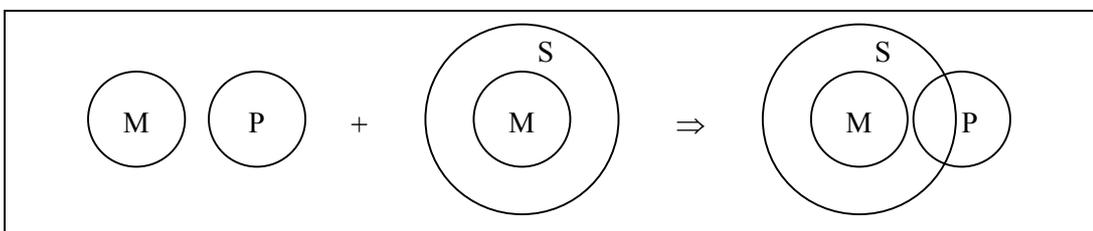
Es ist jedoch zu erkennen, dass diese Trennung heute nicht mehr zwingend ist. Im Gegenteil wachsen beide Ansätze sogar zusammen. Ein Beispiel dafür ist die Modellierung mit UML-Tools (z.B. [rational]), zum einen wird darin die Konzeption von Software mit Hilfe verschiedener Diagrammtypen unterstützt, zusätzlich die Übertragung dieser Darstellungen in Code-Bestandteile. Soweit möglich beziehen sich die einzelnen

Diagrammtypen aufeinander über die verwendeten Objekte oder werden sogar auseinander generiert. Für Klassen- und Methoden wird automatisch ein „Programmrumpf“ erstellt. Bei der Modellierung entsteht so nicht nur die Software, sondern das entwickelte Modell dient gleichzeitig der Dokumentation und eben einer bestimmten Art der Visualisierung des Programmcodes.

## 2.2 Formalisierung visueller Sprachen und Schließen in visuellen Repräsentationen

Neben dem visuellen Programmieren gibt es einen weiteren Forschungsbereich, „visual language research“, der sich vor allem mit formalen Aspekten visueller Sprachen auseinandersetzt. Fragen nach formalen Modellen, der Semantik und dem Schließen mit visuellen Sprachen stehen darin im Zentrum. Motiviert wird dieser Ansatz hauptsächlich darüber, dass davon ausgegangen wird, dass Bilder, graphische Darstellungen oder Diagramme Bedeutungen vermitteln können und so Schlussweisen zulassen, die ohne diese Darstellungen schwer zugänglich wären. Logische Schlüsse, die aus den Visualisierungen „sichtbar“ werden, sollen auch vom Computer ausgeführt werden.

Unter dem Schließen auf visuellen Repräsentationen wird im Allgemeinen das Schließen von Prämissen, die als Diagramme oder Muster repräsentiert sind, auf Konklusionen verstanden, die selbst wieder Diagramme oder Muster sind. Ein in diesem Kontext häufig genanntes Beispiel (z.B. Wang, Lee & Zeevat, 1995; Stenning & Oberlander, 1995) sind Mengendarstellungen in Form von Kreisen, mit denen z.B. Syllogismen dargestellt werden können. Ein Syllogismus ist beispielsweise der Folgende: Keine M sind P; Alle M sind S; (es gibt M)  $\Rightarrow$  Nicht alle S sind P. Grafisch kann der Schluss durch zwei Diagramme dargestellt werden, die die Prämissen bilden, und einem, das die Konklusion darstellt (Abbildung 2).



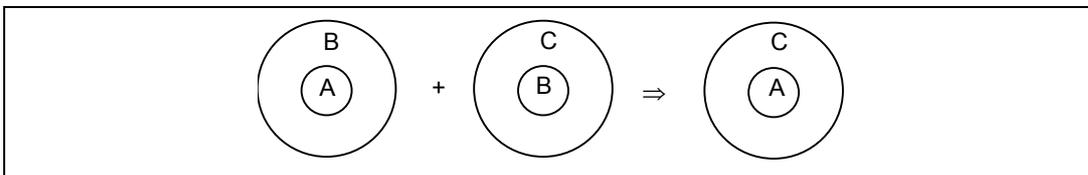
**Abbildung 2**

Grafische Repräsentation des Syllogismus Keine M sind P; Alle M sind S; (es gibt M)  $\Rightarrow$  Nicht alle S sind P.

Für das Forschungsfeld der visuellen Sprachen ergeben sich verschiedene naheliegende Fragestellungen, die von Wang und Lee (1993, S. 328) sehr intuitiv umrissen werden.

<p>“</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>How can pictures and their properties be formally described?</i></li> <li>2. <i>What information can one see in a picture?</i></li> <li>3. <i>What is a meaning interpretation?</i></li> <li>4. <i>How does an interpretation determine the meaning of a picture in its use?</i></li> </ol> <p style="text-align: right;">”</p> <p style="text-align: right;"><i>(Wang &amp; Lee, 1993, S. 328)</i></p>
---

Ein generelles Problem beim Schließen auf graphischen Repräsentationen besteht darin, die relevante Information aus den Diagrammen herauszugreifen. In Wang, Lee und Zeevat (1995) werden dazu verschiedene Probleme angesprochen. Eines besteht darin, dass Diagramme gerade ein intuitives Herangehen ausnutzen. Das heißt, dass bestimmte strukturelle Eigenschaften des Diagramms für menschliche Betrachtende zwar sichtbar sind, durchaus aber nicht trivial und in keinem Fall allgemein gültig für eine Diagrammart definierbar sind. Als Beispiel wird dort die Euler'sche Mengendarstellung in Form von Kreisen aufgegriffen. Die Kreisdarstellung hat für die meisten Personen intuitiv die Bedeutung von Mengen. In dieser Interpretation wird der Schluss aus Abbildung 3, der besagt, dass die „enthalten“-Relation transitiv ist, unmittelbar als korrekt angenommen.



**Abbildung 3**

Transitivität der „enthalten“-Relation bei Mengen.

In einer logischen Formalisierung des Sachverhaltes wäre dies aber nicht der Fall. Würden die Kreise als beliebige Relation  $r$  verstanden werden, so wäre der entsprechende Schluss nicht zulässig.

$$r(A,B) \wedge r(B,C) \not\Rightarrow r(A,C)$$

Die Forderung der Transitivität müsste explizit hinzugefügt werden, könnte aber nicht aus den Prämissen abgeleitet werden. Eine visuelle Darstellung enthält also typischerweise implizite Informationen. Gerade diese Tatsache erklärt, warum visuelle Darstellungen oft hilfreich sind.

Wang, Lee und Zeevat (1995) kommen zu einem Ansatz für das Schließen in Diagrammen, für das fünf Forderungen zu erfüllen sind.

1. Die Syntax der visuellen Sprache muss ebenso definiert werden wie die Art der Informationen, die in einem Diagramm relevant sind.

2. Für die formalen Symbole der Diagramme muss eine Interpretation bzgl. der Interpretationsdomäne angegeben werden.
3. Die korrekte Verwendung der Sprache muss klar sein, auch ohne die Verwendung der Schlüsse (meaning).
4. Auf dieser Grundlage können Schlüsse angegeben werden.
5. Können mehrere Konklusionen aus den Prämissen abgeleitet werden, so muss spezifiziert werden, in welchem Verhältnis diese zueinander stehen.

Im Folgenden werden exemplarisch einige Ansätze vorgestellt, die sich jeweils mit einzelnen oder mehreren dieser Aspekte befassen und angrenzende Fragestellungen benannt.

- *Pixeldarstellung*. Ein Problem beim Umgang mit visuellen Sprachen besteht darin, die verwendeten Objekte in eine systeminterpretierbare Form zu überführen. Meistens ist das eine Aufgabe der Editoren, mit denen die Diagramme erstellt werden, wenn in diesen das Wissen darüber vorliegt, welche Elemente wie repräsentiert werden. Die visuelle Sprache kann durch die Editoren vordefiniert sein. Bottoni, Costabile, Levaldi und Mussio (1995) versuchen das Problem, bedeutungstragende Elemente aus einer Darstellung zu ermitteln, allgemeiner zu lösen. Sie formalisieren Bilder auf Grundlage von Pixelbereichen. Ein digitales Bild wird als Funktion definiert, die Integers, die für Reihen  $r$  und Spalten  $c$  stehen, in eine Pixeldarstellung abbildet.

$$\text{digital image: } \text{„}i: \{1, \dots, r\} \times \{1, \dots, c\} \rightarrow P\text{“}$$

Prinzipiell sind sie dadurch unabhängig vom Darstellungsmedium. Trotzdem ist aber eine Interpretation des Dargestellten normalerweise an eine Domäne und einen bestimmten Programmkontext gekoppelt. Unklar ist deshalb, ob diese allgemeine Herangehensweise wirklich für jede Art von Darstellungen einen Vorteil birgt.

Sinnvoll kann sie dann sein, wenn die Darstellungen sich nicht aus geometrischen Elementen zusammensetzen, wie bei Fotos oder Röntgenaufnahmen. Dieser Ansatz der Interpretation von Pixelbereichen, also die Interpretation von Mustern, kann als Bilderkennung verstanden werden. Bottoni et al. (1995) sehen dafür in ihrem Ansatz die Möglichkeit vor, dass Nutzerinnen und Nutzer Teilstrukturen Attribute zuordnen („Description“), wie z.B. die Anzahl oder auch Ausprägung von Tumoren, die in einer Röntgenaufnahme sichtbar sind. Durch die Zuweisung einer Interpretation zu einem Bild, die der „Description“ entspricht ( $\text{int}(i)=d$ ) wird eine Relation zwischen Bild und Interpretation hergestellt. Über eine Definition einer Materialisierungsfunktion ( $\text{mat}(d)=i$ ), werden Bilder aus ihren Beschreibungen generiert.

- *Relationale Grammatik.* Grammatiken werden verwendet, um die Syntax von Sprachen zu spezifizieren. Jedoch sind Grammatiken nicht ausreichend dazu geeignet, räumliche Arrangements zu beschreiben, wie sie für visuelle Sprachen charakteristisch sind. Crimi et al. (1991) entwickeln deshalb den Ansatz relationaler Grammatiken.

Eine relationale Grammatik  $G$  enthält neben den üblichen Komponenten wie den terminalen und den nicht-terminalen Symbolen ( $V_T$  und  $V_N$ ), dem Startsymbol  $S$  und den Produktionsregeln  $P$  noch Symbole, die Relationen darstellen ( $V_R$ ) und Evaluationsregeln  $R$ :

$$(G=V_N, V_T, V_R, S, P, R).$$

Die Evaluationsbedingungen werden jeweils den Produktionen hinzugefügt. Beispielsweise kann für ein Objekte  $o$  definiert werden, dass es neben einem schon existierenden Objekt liegen soll. Sei  $D$  ein Startsymbol für ein Diagramm, dann könnte eine Produktionsregel folgendermaßen lauten:

$$D ::= \{o, D\} \{ \text{adjacent}(o, D) \}$$

Eine in Crimi et al. (1991) vorgeschlagene Evaluationsregel dazu wäre beispielsweise:

$$\text{adjacent}(o, D) :- \text{left}(o, D)$$

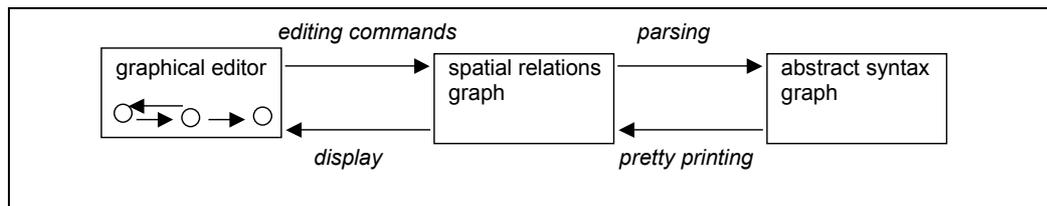
$$\text{left}(o_1, D_1) :- (D_1 \Rightarrow \{o_2\}) \vee (D_1 \Rightarrow \{o_2, D_2\}), \text{left}(o_1, o_2)$$

Evaluationsregeln dieser Art sind als Domänenmodell formulierbar. Mit ihnen ist es sowohl möglich Strukturen zu definieren, z.B. Klassen von Graphen (siehe dazu Crimi et al. 1991), als auch räumliche Bedingungen.

Als Nachteil dieses Ansatzes relationaler Grammatiken werden zwei Aspekte genannt. Zum einen können sich die Produktionsconstraints nur für Objekte beziehen, die in der Produktionsregel definiert sind. Der zweite Aspekt besteht im hohen Aufwand, der für das Parsen der Ausdrücke einer Sprache notwendig ist.

- *Graphgrammatiken.* Häufig sind Diagramme in Graphen überführbar oder sind unmittelbar Graphdarstellungen. Zur Überprüfung der syntaktischen Korrektheit der Graphen könnten Graphgrammatiken eingesetzt werden. Allerdings geben schon Editoren, mit denen Diagramme erstellt werden können, implizit eine Syntax vor, so dass eine Syntaxüberprüfung gar nicht notwendig ist. Ein Einsatz von Graphgrammatiken kann also vor allem dann nutzbringend sein, wenn nur Ausschnitte der erstellten Graphen erkannt werden sollen oder wenn die Graphdarstellung in eine andere Darstellung überführt werden soll, z.B. in eine abstraktere Beschreibung.

Rekers (1994) stellt dazu einen Ansatz vor (Abbildung 4), in dem die im Editor erstellten Graphen in zwei Stufen abstrahiert werden. Die erste Ebene bilden die graphischen Objekte, die über ihre Erscheinung, wie Farbe, Größe, Position, beschrieben werden. In der zweiten Abstraktionsebene wird ein „spatial relations graph“ erstellt. Dieser vernachlässigt das tatsächliche Erscheinungsbild der Objekte und beschreibt dafür, in welcher räumlichen Relation die Objekte stehen. Beispiele sind „contains“, „touches“, „connects“ und „labels“. In der dritten Abstraktionsebene können dann bestimmte Typen von Graphen definiert werden.



**Abbildung 4**

Drei Abstraktionsebenen einer Graphdarstellung. Abbildung in Anlehnung an Rekers (1994).

Rekers (1994) verwendet die Graphgrammatik an dem mit „parsing“ bezeichneten Zeitpunkt. Unmittelbar damit verbunden ist die Aufschlüsselung der Darstellung in die Teile, die der abstrakten Definition entsprechen und dem Rest. In einem Beispiel definiert er deterministische endliche Automaten auf der abstraktesten Ebene und erkennt alle jene Teile der Darstellung, die dieser Definition genügen. Akehurst (2000) überträgt diesen Ansatz auf UML-Diagramme.

Der beschriebene Ansatz verwendet Graphgrammatiken insofern ungewöhnlich, als dass er sie zur „Übersetzung“ zwischen Sprachen verwendet. An sich verfolgen Graphgrammatiken einen transformativen Ansatz. Sie definieren für Teilgraphen, wie diese durch andere Teilgraphen ersetzt werden können. Für die Ersetzung werden zusätzliche Einbettungsregeln angegeben. Eine Übersetzung von einer Darstellung in einer visuellen Sprache in eine andere könnte theoretisch einfach dadurch implementiert werden, dass für Regeln der Graphtransformation keine Einbettungsregeln mit angegeben werden. In diesem Fall würde jedoch die Information verloren gehen, welche Bestandteile bereits in welcher Weise übersetzt wurden. Außerdem könnte ein bestehendes Diagramm, das schon aus einer Produktion hervorgegangen ist, nicht erweitert werden. Rekers (1994) führt die Übersetzung auf die Einbettung zurück, indem ein Graph immer um die übersetzte Struktur erweitert wird. Dabei wird markiert, aus welchen Teilen die Erweiterung hervorgegangen ist, um eine Anwendung der gleichen Produktionsregel auf den gleichen Teilgraph zu verhindern.

In Rekers wird vor allem auf den Aufwand zum Parsen hingewiesen. Der entsteht vor allem deshalb, weil kein inkrementelles Parsen definiert ist und weil keine implizite Reihenfolge auf den Produktionen angegeben werden kann.

- *Signaturen.* Wang und Lee (1993) thematisieren, dass sich die Bedeutung graphischer Elemente durch deren Benutzung ergibt. Daraus leiten sie ab, dass die Interpretationen oft keine festen Eigenschaften der Darstellungen sind, sondern Eigenschaften davon, wie sie verwendet werden. Eine wichtige Unterscheidung besteht zwischen grafischer Inferenz („graphical inference“) und visuellem Schließen („visual reasoning“). Ersteres beschreibt den algorithmischen Vorgang, aus einer graphischen Darstellung die räumlichen Eigenschaften abzuleiten. Letzteres beschreibt das Schließen in einer typischerweise nicht graphischen Domäne auf Basis der grafischen Darstellung. Die grafische Inferenz ist domänenunabhängig während das visuelle Schließen domänenabhängig ist und durch Nutzerinnen und Nutzer zugeordnet werden kann.

Über Signaturen beschreiben sie visuelle Sprachen. Darin werden Sorten, Funktionen und Prädikate definiert sowie eine Ordnung auf den Sortensymbolen. Eine grafische Theorie besteht aus Axiomen, die für diese Signatur gelten sollen.

Eine Situation wird eingeführt als die maximale Menge aller Aussagen (Prädikatenausdrücke), mit denen ein Bild beschrieben werden kann, die aus der grafischen Theorie folgen. Im Gegensatz dazu sind „basic facts“ ein Teil der Situation, der direkt aus dem Bild ablesbar ist.

Die geometrische Semantik eines konkreten Bildes ist durch einen Tupel aus einer Subsignatur beschrieben, mit der die Objekte des Bildes beschrieben werden können und der Menge der “basic facts“.

Eine Interpretation bildet die Prädikate der Signatur in eine Domäne ab. Wang und Lee (1993) stellen dafür das System GAR vor, dass eine solche Zuordnung von Interpretationen erlaubt.

Die dargestellten Ansätze verdeutlichen vor allem den umfangreichen theoretischen Hintergrund, der den Themenbereich des Schließens in visuellen Sprachen umgibt.

Aus meiner Sicht interessant ist der Ansatz, Graphgrammatiken einzusetzen, um abstraktere Repräsentationen der Darstellungen zu erhalten. Auch wenn dies in den referierten Ansätzen nicht durchgeführt wurde, ermöglicht dies, später operationale Semantiken für bestimmte Graphmodelle zu hinterlegen.

Der Signaturenansatz betont die Notwendigkeit, dass Darstellungen meistens eine Interpretation im Kontext einer Verwendung zugeordnet werden sollte. Axiomatisiert

werden räumliche oder auch logische Beziehungen zwischen Objekten. Diese Axiome werden dann für Domänen interpretiert, so dass dann ein logischer Schluss für eine Domäne möglich ist. Das heißt, dass der Ansatz einen „alltäglichen“ Einsatz andeutet. Eine Situation als maximale Menge aller folgenden Aussagen zu definieren, scheint mir jedoch sehr weit gegriffen, da damit im Prinzip ein vollständige Logik gefordert wird.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, sich der Bandbreite visueller Darstellungen bewusst zu werden, wie sie eindrucksvoll in Lohse, Biolsi, Walker und Rueter (1994) aufgeschlüsselt wird. Darin werden 60 verschiedene Repräsentationen u.a. Repräsentationstypen zugeordnet wie „structure diagrams, cartograms, maps, graphic tables, process diagrams, icons, time charts, network charts, pictures, tables, graphs“.

## 2.3 Lernunterstützung

Die Verwendung von visuellen Sprachen beim Lernen geht im Wesentlichen auf Annahmen aus psychologischen Wissenstheorien zurück. Mandl und Fischer (2000) ordnen Strukturierungsansätze drei Perspektiven zu: der psychometrisch-strukturellen Perspektive, der kognitiven Perspektive und der pädagogisch-psychologischen Perspektive.

Psychometrisch-strukturelle Ansätze zielen darauf ab, „psychische Phänomene und deren Veränderung mathematisch zu quantifizieren“ (Mandl & Fischer, 2000, S. 4). Ein Beispiel dafür stellt die Struktur-lege-Technik (Scheele & Gröben, 1988) dar. Darin werden über das Anlegen von Begriffsnetzen „subjektive Theorien“ (Mandl & Fischer, 2000) erhoben, an denen bei mehrmaligen Durchläufen Veränderungen erkannt und bewertet werden können.

Unter der kognitiven Perspektive wird davon ausgegangen, dass „das Wissen um Sachverhalte und Zusammenhänge kognitiv in der Form vernetzter Begriffe kodiert ist“ (Mandl & Fischer, 2000, S. 5). Deshalb wird angenommen, dass Netzstrukturen zwischen Begriffen dafür eine angemessene externe Darstellung sind. Vor diesem Hintergrund wurden z.B. „Concept Mapping“-Verfahren zur Darstellung von Begriffsschemata und Begriffszusammenhängen entwickelt.

Pädagogisch-psychologische Ansätze zielen auf die „Unterstützung von Verstehensprozessen“. Sie sollen vor allem das selbstgesteuerte Lernen unterstützen. Darin wird das generelle Problem adressiert, komplexe Information aufzuarbeiten. Um diesen Vorgang zu unterstützen wird häufig mit Visualisierungen gearbeitet. Sie sollen z.B. dazu anregen, Aussagen zu präzisieren und zu strukturieren und auch in Teilaspekte oder Teilprobleme

zu zerlegen, um so den Schwierigkeitsgrades eines Problems zu reduzieren (Fischer, Gräsel et al., 1996). Eine Schwierigkeit besteht beispielsweise im Umgang mit widersprüchlichen Einzelaspekten, die wirkt teilweise so verwirrend wirken können, dass das dahinter stehende Problem nicht mehr strukturiert gelöst wird (Mandl & Fischer, 2000). Weiterhin verbinden Graphiken eine Vielzahl von Informationen und ermöglichen deshalb eine reichhaltigere Erinnerung. Es wird auch davon ausgegangen, dass die aktive Auseinandersetzung mit Inhalten bei der Erstellung von Maps das Lernen fördert. Aber auch negative Aspekte werden genannt. Beispielsweise gehen nicht alle Personen im gleichen Maße versiert mit solchen visuellen Darstellungen um, weshalb es auch bei dieser Lernmethode zu einer Ungleichbehandlung kommen kann.

Eine (lern-)methodische Einteilung der Verwendung von Wissensstrukturdarstellungen stellen Jüngst und Strittmatter (1995) vor. Sie trennen „Techniken zur Repräsentation“ (für wissensdiagnostische Anwendungen), Techniken „zur Übertragung/Vermittlung (im didaktischen Sinne/ Instruktion)“ und Techniken „zum Erwerb von Wissensstrukturen (im Sinne der Selbstinstruktion)“.

Für viele Ansätze werden „Concept Maps“ eingesetzt, in denen Begriffe durch beschriftete Relationen in ein semantisches Verhältnis gestellt werden. Darauf können sowohl wissensdiagnostische wie auch instruktive Verfahren aufsetzen. Entsprechend ist „Concept Mapping“, die größte Teilgruppe visueller Sprachen (Kremer, 1998), selbst eher eine Aussage über die repräsentationalen Hilfsmittel als über ein konkretes Verfahren.

Jüngst und Strittmatter (1995) erläutern noch viele weitere netzbasierte Ansätze, wie z.B. „Pathfinder“-Netze und „Spinnen-Netze“. „Pathfinder“-Netze werden dem Bereich der Diagnose von Wissen zugerechnet. Die Relationen werden gewichtet bzgl. der semantischen Ähnlichkeit zwischen Begriffen. Eine Ähnlichkeit kann dann auch über Pfade kalkuliert werden. Die „Spinnen-Netze“ sollen dafür verwendet werden, allgemeinere Ideen in Teilideen zu untergliedern. Nach Jüngst und Strittmatter (1995) fallen sie deshalb in die Kategorie der Verfahren zur Selbstinstruktion.

Häufig ist die Intention, „Mapping“-Verfahren zum Lernen einzusetzen, gepaart mit der Idee, überprüfbare Ergebnisse zu erhalten, um einen Wissensstand bewerten zu können. In Bernd, Jüngst, Hippchen und Strittmatter (2000) wird ein Lernverfahren vorgestellt, das auf einem gegebenen Expertennetz basiert. Dieses wird durch Expertinnen oder Experten erstellt und liegt dann einer Bewertung als Maßstab zugrunde. In Bernd et al. (2000) wird ein Netz als eine Art Lückentext eingesetzt. In die lückenhafte Struktur müssen dann aus vorgegebenen Begriffs- und Relationslisten die Inhalte eingefügt

werden. Insbesondere sollen im Verlauf für Relationen auch Gegenrelationen gefunden werden.

Können Begriffe und Bezeichnungen für Relation frei gewählt werden, entsteht ein Problem bei der Bewertung von Netzen, die dann kaum noch automatisch ermittelt werden kann, da keine semantische Abbildung der neuen auf vorhandene Begriffe existiert. Das würde die Existenz einer modellierten Domäne, z.B. in Form von Ontologien, voraussetzen und ist prinzipiell mit großem Wissensrepräsentationsaufwand verbunden.

In Eckert (2000) und Weber und Schumann (2000) werden solche begriffsorientierten Diagnose-Verfahren in Richtung strukturorientierter Diagnose-Verfahren erweitert. Bewertung wie Konzeptzentralität, Distanzen oder Zerklüftetheit stellen strukturelle Eigenschaften dar, die zur Bewertung der Netze herangezogen werden.

Die meisten Lernansätze, die visuelle Sprachen einsetzen, sind für die individuelle Arbeit entwickelt worden. Sobald eine Diskussionssituation angestrebt wird, verschiebt sich der Schwerpunkt von der Instruktion oder der Diagnose hin zur Konstruktion von Inhalten. Kooperativ nutzbare Software wird dann wichtig, die zu Überarbeitungen anregt und flexible Konstruktionselemente anbietet.

## 2.4 Wissenselemente

Bei Wissenselementemethoden ist eine deutliche Verzahnung von Methoden und Fundierungen aus verschiedensten Bereichen festzustellen wie Psychologie, Pädagogik, Wissens-Engineering, Kognitionswissenschaften, Philosophie (Cooke, 1994). Der Prozess der Wissenselemente kann auch als Externalisierung bezeichnet werden und wird ausschließlich auf menschliche Wissensquellen bezogen (Cooke, 1994). Dieser Prozess ist eingebettet in die Wissensakquisition, die von Cooke ausdrücklich als Wissenskonstruktion und nicht als Auffinden von Daten verstanden<sup>6</sup> wird und kann deshalb fast immer auch als Lernprozess eingestuft werden.

Hinter der „differential access hypothesis“ (zitiert in Cooke, 1994, S. 804), wonach mit unterschiedlichen Methoden auch unterschiedliches Wissen erhoben wird, stehen vergleichbare Erfahrungen, wie hinter den „active learning strategies“ nach Jonassen und Carr (2000), nach denen durch unterschiedliche Repräsentationen ein tieferes Verständnis von Inhalten erreicht werden soll. In allen Fällen wird von einem deutlichen Einfluss der

---

<sup>6</sup> „knowledge acquisition is modeling or construction, not mining“ (Cooke, 1994, S. 802)

Repräsentationsmittel auf die erhobenen oder dargestellten Ergebnisse erwartet, wie das auch in Suthers (1999A, 1999B, 2003) geschildert wird.

Cooke differenziert neben Wissenselizitationsmethoden, die auf der Beobachtung oder Interviews aufsetzen solche, die Prozesse auswerten und solche, die Konzepttechniken einsetzen, in denen Begriffe strukturiert und zueinander ins Verhältnis gesetzt werden. Oft werden dazu Darstellungsweisen wie Tabellen und Graphen gewählt, in denen fehlende Relationen und Konzepte offensichtlich werden.

Ein Beispiel dazu stellt das „repertory grid“-Verfahren dar, das von Kelly (1970) im Kontext seiner „personal construct theory“ entwickelt wurde. Darin wird davon ausgegangen, dass Begriffe subjektiv und individuell konstruiert sind. Sie werden deshalb „Konstrukte“ genannt. In „repertory grids“ werden diese Konstrukte weiter in ihre Ausprägungen oder Instanzen unterteilt. Zu diesen bilden dann individuelle Kriterien und Einschätzung eine weitere Dimension, nach der die Instanzen eingeschätzt werden sollen. Gaines und Shaw (1993) stellen diesen Ansatz als Methode der Wissenselizitation vor und verbinden sie beispielsweise mit einem Cluster-Verfahren, bei dem Konzepte generiert werden.

## 2.5 Kommunikationsmedien und Wissensprodukte

Unter **Wissensprodukten** verstehe ich hier das Ergebnis eines Arbeitsprozesses, in das Wissen verschiedener Personen eingeflossen ist.

Der Prozess, der zu einem Wissensprodukt führt, ist vor allem auch ein Kommunikationsprozess. Visuelle Sprachen werden eingesetzt, um diesen Prozess zu unterstützen. Das Produkt können dann Darstellungen der Ergebnisse mit diesen visuellen Sprachen sein oder auch Gegenstände, Texte, Designs, Konzepte, etc., die auf Grundlage dieser Darstellungen entwickelt werden. Der Kommunikationsprozess, der zu einem Wissensprodukt führt, wird hier als Wissenskommunikation bezeichnet.

Die **Wissenskommunikation** wird in der gesamten Arbeit als eine Kommunikation zwischen Menschen verstanden, die Computermedien in die Kommunikation integrieren. Sie umfasst den wechselseitigen Erwerb neuen Wissens und die Angleichung von Wissens-elementen und -strukturen. Dabei kommt es zur Reflexion vorhandener Ansichten und Verständnisse, zur Revision der „mentalen Modelle“ der Beteiligten (Gaßner & Schröder, 2003). Mit implizitem Wissen („tacit knowledge“), vagem Wissen oder

neuen auch unvollständigen Informationen kann bestehendes Wissen erweitert, überprüft und verändert werden.

### 2.5.1 Kommunikationsmedien

Wird das Medium weniger zur Übermittlung vorbereiteter Darstellungen mit asynchroner Rezeption verwendet, als vielmehr bei der synchronen Kooperation, verschiebt sich die Wissenskommunikation von einem vermittelten Austausch hin zu einem Prozess des „shared understanding“ einer „practice[...] of meaning-making in the context of joint activity“ (Koschmann, zitiert in Stahl, 2002, S. 1). Dabei wird mit Wissen handlungsorientiert und gestalterisch umgegangen.

Für die Wissenskommunikation sind also die verfügbaren Ausdrucksmittel relevant. Doch viele prominente Kommunikationsmedien wie Chats, E-Mails und Newsgroups reduzieren den Austausch von Wissen auf Sprache oder Texte und greifen zu kurz, wenn Ausdrucksmittel benötigt werden, um den Gegenstand selbst zu gestalten. Auch bergen sie ihre eigenen Probleme bei der Gestaltung der Kommunikation. Beispielsweise leiden Newsgroups und Diskussionsforen wegen der verwendeten Baumstruktur unter der Divergenz der Diskussionsstränge, wegen der dargestellten Historie, ist es schwer, den aktuellen Diskussionstand zu erfassen und es ergeben sich Probleme, wenn unterschiedliche Themen in einer Diskussion behandelt werden (Suthers & Xu, 2002).

Gemäß der „Activity Theory“ (Engeström, Mietinen & Punamäki, 1998) werden menschliche Aktivitäten über Tools (im sehr weiten Sinn) vermittelt. Diese Werkzeuge beeinflussen einerseits die Interpretation von Aktivitäten, andererseits konstituieren sich zusammen mit ihnen die ausführbaren Aktivitäten. In Abgrenzung zur „distributed cognition“ (z.B. Pea, 1993), nach der soziales/kulturelles Wissen auch in Objekten kodiert ist, geht die „Activity Theory“ davon aus, dass Personen sich die Verwendung von Objekten „selbst erfinden“. Für eine erfolgreiche Wissenskommunikation sollten die Beteiligten also mit den geeigneten flexiblen Mitteln ausgestattet sein, sich Wissen anzueignen, Wissen darzustellen und auszutauschen.

In diesem Zusammenhang wird im folgenden Abschnitt ein Exkurs über den Medienbegriff von Dewey in der Interpretation von Vogel (2001) eingeblendet.

Vogel zieht den Medienbegriff nach Dewey heran, um „einen medientheoretisch erweiterten Begriff des Verstehens“ (Vogel, 2001, S.137) zu entwickeln, der den Gebrauch von Medien handlungstheoretisch einbettet. Obwohl Deweys Medienbegriff speziell für die Kunstrezeption erläutert wird, stehen darin kommunikative Aspekte im Vordergrund. Kunstwerke sind dort Medien, über die der

Künstler oder die Künstlerin mit Rezipierenden kommuniziert. Die Kommunikation über das Medium wird so beschrieben, dass die produzierende Person das Werk im Hinblick auf die erwartete Rezeption anderer Personen gestaltet, welche wiederum das Werk unter dem Gesichtspunkt der erwarteten Intentionen der produzierenden Person aufnehmen. Diese Kommunikation vollzieht sich im Kontext gesellschaftlich geprägter sowie individueller Erfahrungshintergründe, beinhaltet aber eine aktive, handelnde Beteiligung aller Kommunikationspartner. Dewey macht deutlich, „... dass er Medien im Rahmen von Handlungen, also im Rahmen bewusster intentionaler Aktivitäten, analysiert“ (Vogel, 2001, S. 141).

Aus den Darlegungen von Dewey extrahiert Vogel die folgenden Kriterien für Medien, die nun weitgehend unabhängig davon formuliert sind, ob es sich um Kunstwerke oder andere Medien handelt.

*M ist ein Medium, wenn gilt:*

1. *M wird intentional gebraucht.*
2. *M wird in expressiver, mitteilender Absicht verwendet.*
3. *M geht konstitutiv in die Akte oder Produkte ein, zu deren Erzeugung es herangezogen wird.*
4. *M wird*
  - a. *im Rahmen einer stabilisierten performativen Praxis oder*
  - b. *durch konstitutive Regeln sozial etabliert.*
5. *M erlaubt das Hervorbringen von Ausdrucksakten oder -produkten, die öffentlich wahrnehmbar sind und für ihre Rezipienten Gegenstand einer Erfahrung im Sinne einer integrierten Episode werden können.“*

*(Vogel, 2001, S. 153-154)*

Ein Medium wird immer mit einer bestimmten Zielstellung eingesetzt (1). Dass z.B. ein Stein zum Hämmern eingesetzt wird, macht ihn aber noch nicht zu einem Medium. Um eine Abgrenzung vom Werkzeugbegriff zu erreichen, werden deshalb noch zwei weitere Kriterien hinzugefügt: Erst die kommunikative Zielstellung und der Verwendungskontext lassen ein Mittel zu einem Medium werden (2). Die Ausdrucksmittel wiederum prägen, was mit ihnen ausgedrückt wird. Medien gehen also konstitutiv in das Produkt mit ein (3). Beispielsweise können Steine, ohne etwas bestimmtes auszudrücken, zum Hausbau verwendet werden oder medial eingesetzt werden, indem sei beim Kirchenbau konkrete religiöse Aussagen vermitteln. Gelingende Kommunikation ist der Mechanismus der Etablierung von Medien (4a). Mediale Kommunikationsmittel sind damit weitgehend unabhängig von sprachlichen Vereinbarungen. Auch soziale Regeln wie Tabus und Umgangsformen können eine Kommunikation konstituieren (4b). Kriterium (5) bezieht sich ganz maßgeblich auf Kunstwerke als Medien. Die Ausdrucksfähigkeit der Kunst wird im Unterschied zu Sprache als eher

kulturübergreifend eingeschätzt. Sie erlaubt jeder Person einen Zugang vor dem Hintergrund individueller Erfahrungen.

Auf Grundlage dieses Medienbegriffs ist die Rolle, die man Medien beimisst, neu zu überdenken. Meistens wird ihnen eine eher repräsentationale Rolle in einem Produzenten-/Konsumentenverhältnis zugedacht bei dem die Medien ihre Interpretationsgrundlagen mitliefern müssen (z.B. statische Darstellungen von Informationen auf Webseiten). In dieser Sicht besteht kaum ein Handlungsspielraum für die Konsumenten-seite. Die Kommunikation mit Hilfe von Medien ist nach Vogel ein Ausgangspunkt rationalen Verstehens bei dem die Kommunizierenden situativ und individuell eine gemeinsame Ausdrucksweise entwickeln. Mit Medien können und sollen Sachverhalte handelnd in Aktion und Reaktion begriffen werden, ohne sie erst in sprachliche Mittel zu übersetzen.

„ ... der Blick des Rezipienten auf die vermeintliche Perspektive des Produzenten und der Blick des Produzenten auf mögliche Perspektiven der Rezipienten, und damit die kommunikative Dimension ästhetischer Erfahrung, sind auf vermittelnde Momente angewiesen, wenn sich diese Blicke nicht in purer Kontingenz verlieren sollen. Es sind genau diese vermittelnden Momente, die Dewey Medien nennt.“

(Vogel, 2001, S. 140)

Die Kernidee eines Mediums besteht danach weder in der Lösung eines Transportproblems, noch in der sozialen Handlungskoordination. Vielmehr geht es um das „Zumverstehen-geben“ (Vogel, 2001, S. 140).

Bei der Wissenskommunikation mit Medien müssen zwei wesentliche Aktivitäten ausgeübt werden. Das, was vermittelt werden soll, muss mit den gegebenen Mitteln ausgedrückt werden und die kommunizierten Inhalte müssen rezipiert und behandelt werden, um zu einem Ergebnis zu gelangen. Das Medium übt dabei einen normativen Einfluss aus. Die vorhandenen Mittel beeinflussen, was mit ihnen ausgedrückt werden kann. Darunter fallen sowohl die technischen Gegebenheiten des Mediums als auch die Möglichkeiten des jeweiligen Notationssystems. Der – nach Dewey ästhetische – Erfahrungshintergrund manifestiert sich sowohl in der Gestaltung der Mittel als auch in deren Rezeption.

Digitale Medien und moderne Kommunikationstechnologien eröffnen ein ganzes Spektrum an Möglichkeiten, diese Kommunikation zu gestalten. Es liegt auf der Hand, den Ansatz der kognitiven Tools mit dem der technisch ausgerichteten Kommunikationsermöglichung zu verbinden.

Die Rezeption und deren Wirkung beeinflusst maßgeblich den weiteren Verlauf der Kommunikation. Deshalb müssen in diesem Zusammenhang vor allem die Ausdrucksmittel diskutiert und experimentell untersucht werden. Den Einfluss, den Medien auf die

Wissensgenese ausüben, charakterisiere ich als aktiv oder passiv (vgl. Gaßner, Hoppe, Lingnau & Pinkwart, 2003).

Ein **passiver Einfluss eines Mediums** entsteht schon dadurch, dass eine visuelle Sprache verwendet wird, die den Sprachumfang und die Notation bzw. die Symbole festlegt. Ebenso wirkt sich die verwendete Technologie und die Funktionalität auf die Ausdrucksmächtigkeit aus.

Ein **aktiver Einfluss des Mediums** liegt dann vor, wenn es in die Gestaltung eingreifen kann, wenn es direkten Einfluss auf den Prozess nimmt, also z.B. wenn es eine Methode definiert.

Anders ausgedrückt liegt ein passiver Einfluss vor, wenn ein Mensch die Darstellung interpretiert, ein aktiver, wenn die Darstellung durch die Maschine ausgeübt wird und zu systemgesteuerten Interaktionen führt.

Der passive Einfluss wird schon durch die verwendete Notation ausgeübt. Suthers (1999A, 1999B, 1999C) erläutert, dass durch die Notation die Constraints für die Ausdrucksmöglichkeiten vorgegeben sind, also auch die Syntax der Ausdrücke. Mit „salience“ wird das Phänomen beschrieben, dass die Darstellungen bestimmte Aspekte hervorheben. Daraus resultiert, dass bestimmte Informationen daraus wieder leicht abzulesen sind, andere aber schwer. Die Darstellungen können entsprechend auch hervorheben, welche Inhalte oder Strukturen noch fehlen.

Tools, die visuelle Sprachen anbieten, können meistens auch als kognitive Tools charakterisiert werden. Kognitive Tools sollen helfen, kognitive Aufgaben wie Problemlösen, Schließen oder auch die Entscheidungsfindung zu unterstützen (Zhang, 1997; Pea, 1985). Lajoie (1993) charakterisiert diese Tools auch dadurch, dass meta-kognitive Prozesse unterstützt werden, in denen es nicht mehr nur um die konkreten Inhalte geht, sondern das eigene Handeln reflektiert und kontrolliert wird, Strategien gewählt werden, Wissen und Annahmen über sich selbst bedacht werden, auch Abstraktionen und Verallgemeinerungen gefunden werden. Ein kognitives Tool stellt die Mittel zur Externalisierung von Wissen zur Verfügung, wodurch in der Konsequenz auch das Gedächtnis entlastet wird. Visualisierte Inhalte und Daten sind für alle sichtbar und stehen damit während der ganzen Diskussion passiv zur Verfügung.

Während der Kommunikation auf Basis von „shared“ Workspaces dienen die Repräsentationen sowohl als Bezugspunkt als auch als Ausgangspunkt der Kommunikation (Suthers, 1999A). Die Nutzerinnen und Nutzer werden dazu gebracht, sich innerhalb der vorgegebenen Notation auszudrücken, wenn sie über die externen Repräsentationen

sprechen wollen. Davon wiederum sei im Standardfall auszugehen, da Personen den einfachen Bezug auf eine Darstellung einer komplexen Beschreibung eines Sachverhaltes vorziehen.

Weitere Forderungen an kognitive Tools können allerdings kaum noch durch ein passives Medium geleistet werden. Beispielsweise sollen Schlussfolgerungen erleichtert werden. Der Übergang von einer passiven zu einer aktiven Unterstützung wird im Allgemeinen begleitet durch ein Domänenmodell, ein Logik, Constraint-Ansätze, wissensbasierte Agenten, etc. Die jeweilige Unterstützung kann sich entweder an der Domäne orientieren oder an syntaktische Eigenschaften der Darstellung zur Grundlage haben.

Als aktive Unterstützung können auch Methoden gewertet werden, die für Objekte operationale Semantiken definieren, die zustandsbasiert auf den aktuellen Kontext einer Modellierung reagieren: „computational objects to think with“ (Pinkwart et al., 2002). Die Computer-Umgebung übernimmt dort eine aktive bzw. reaktive Funktion: „the environment talks back“. In dieser Umgebung können spielerische und explorative Lernsituationen ermöglicht werden, mit denen beispielsweise der Vorgang des Formulierens und Testens von Hypothesen gut umgesetzt werden kann. Modelle, die aus Elementen visueller Sprachen aufgebaut werden, können interaktiv getestet und die Ergebnisse direkt wieder in die Kommunikation eingebracht werden (Pinkwart et al., 2002)!

### **2.5.2 Wissensprodukte**

Mit Bezug auf den Beginn dieses Abschnittes werden folgend noch Beispiele aufgeführt, wie Kommunikationsmedien zur Erstellung von Wissensprodukten eingesetzt werden.

**Ergebnisse aus Kreativphasen.** Ein Beispiel für die Verwendung von visuellen Sprachen als Kommunikationsmedium sind Kreativtools, deren Einsatz dazu führen soll, neue Ideen zu entwickeln. Dies ist oft mit dem Versuch kombiniert, den Kontext eines Problems aufzuschlüsseln. Der Arbeitsprozess beim Einsatz eines Kreativtools kann deshalb sowohl den Charakter einer Wissenskonstruktion haben als auch den Ansatz verfolgen, Gedanken oder Zusammenhänge zu analysieren oder zu verstehen.

Typische Kreativtechniken basieren auf der Assoziation, der Bisoziation oder der Analogie (Lehmann, 1998). Bei der Assoziation werden vorhandene Erfahrungen miteinander verknüpft. Bei der Bisoziation werden Problemlösungen gesucht, indem willkürliche Bilder gezeigt werden. Diese sollen Ideen für die Problemlösung hervorrufen. Bei der Analogie wird versucht, Verläufe oder Lösungen in vergleichbaren Bereichen zu finden und darüber analoge Lösungen zu erarbeiten. In einem recht

anschaulichen Artikel der Zeitschrift *c't* (Jungbluth, 1998) werden verschiedene solcher Methoden und Systeme erläutert. Darunter fällt das Brainstorming als typisches Beispiel für eine Assoziationsmethode, worin zu einem Problem Ideen gesammelt werden. Ebenfalls als Assoziationsmethode klassifiziert ist der morphologische Kasten. Dabei handelt es sich um eine tabellarische Darstellung eines Inhaltsbereiches unter verschiedenen Aspekten.

Auch das „Mind Mapping“ ist den Kreativ-Methoden zuzuordnen. Dabei werden im Standardfall ungerichtete Baumstrukturen aufgebaut, deren Bestandteile Ideen, Einfälle, Assoziationen, etc. sein können. Dieses Vorgehen ist im Wesentlichen schlagwortbasiert, da ausgefeilte Beiträge kontraproduktiv sind weil sie den Denkprozess behindern.

Kreativmethoden zielen meistens auf die Elizitation und das Hervorrufen von Ideen durch neue Kombinationen und Assoziationen. Ihren medialen Charakter erhalten die Tools vor allem durch den aktiven Einfluss der angewandten Methoden und den passiven Einfluss der Darstellung.

**Texte und Hypertexte.** Ein anderes Beispiel für ein Wissensprodukt sind gemeinsam erstellte Texte und Hypertexte. Das Sepia-System (Streitz, Haake, et al., 1992; Streitz, Haake, et al., 1998) beispielsweise wurde ursprünglich dazu entwickelt, um das kooperative Schreiben von Hypertexten zu unterstützen (siehe dazu Kapitel 3.2). Darin sollen verschiedene visuelle Sprachen für verschiedene Phasen der Vorbereitung verwendet werden. So kann beispielsweise in einer Sprache auf die Sammlung von Inhalten fokussiert werden, in einer anderen die Rhetorik aufbereitet werden. Das Ergebnis besteht in diesem Fall nicht im erstellten Hypertext selbst, sondern in einer ausführlichen Vorbereitung dazu. Der Hypertext kann dann in einem anderen Medium umgesetzt werden. Das System sollte vor allem als Medium für das kooperative Schreiben dienen. Dabei muss das Zusammentragen der Inhalte unterstützt werden und die verschiedenen Ansichten und Argumente in Übereinstimmung gebracht werden.

Ein typisches Problem der Produkterstellung besteht darin, dass es währenddessen oft zu Medienbrüchen kommt, wenn die Darstellungsmittel gewechselt werden. Bei Wissensprodukten in Form von digitalisierten Texten können Medienbrüche jedoch auch vermieden werden, wenn geeignete Schnittstellen implementiert sind.

**Design-Produkte.** Im Designbereich werden visuelle Sprachen dazu eingesetzt, Design-Entscheidungen strukturiert im Zusammenhang mit ihren Begründungen darzustellen. Man erhofft sich davon eine Rationalisierung des Design-Prozesses, da so Argumente offengelegt werden und der Design-Prozess transparenter wird. Die festgehaltenen Begründungen sollen später für Re-Designs ausgenutzt werden, um die Wiederholung

von Fehlern zu vermeiden. Dieser Ansatz, den Design-Prozess durch eine strukturierte Dokumentation zu begleiten, wird als „design rationale“ (DR) bezeichnet.

Der Anlass einer Produktneuentwicklung besteht oft darin, dass ein Vorgängerprodukt unzulänglich gestaltet war. Somit ist es wichtig, die Entwicklungshintergründe und bereits entstandene Erfahrungen und Überlegungen mit einzubeziehen. Nach McKerlie und MacLean (1994) soll DR helfen, die Gedanken und Argumente hinter den eigentlichen Design-Entscheidungen zu externalisieren.

Die meisten Ansätze im Bereich des DR erwarten aber noch mehr von den entwickelten Lösungen. Neben der objektiven Verbesserung der Arbeitsergebnisse soll auch die Externalisierung und die Kooperation verbessert werden. Lee und Lai (1996) nennen als Ziele des DR die Dokumentation, Verstehen, Debugging, Verifikation, Analyse, Erklärungen, Modifikationen und Automatisierung sowie „Re-use“, „Re-design“ und Wartung. DR erschöpft sich also nicht in der Spezifikation eines Produktes, sondern geht deutlich darüber hinaus (Moran & Carroll, 1996).

Wegen der Relevanz von Begründungen und Argumentationen im DR steht dort traditionell die Visualisierung und Repräsentation von Argumenten im Mittelpunkt. Buckingham Shum und Hammond (1994) stellen eine ganze Reihe von argument-basierten DR-Ansätzen vor. Im Zentrum ihrer Erörterung steht die Frage, wie erfolgreich diese Ansätze sind. Sie kommen jedoch zu der Feststellung, dass unter Maßgabe diverser existierender Evaluationsergebnisse dazu eigentlich kaum eine Aussage getroffen werden kann.

Die meisten bestehenden DR-Ansätze basieren entweder auf einer Studie von Kunz und Rittel (1970), die auch in die IBIS-Methode (Conklin & Begemann, 1987; vgl. auch gIBIS, Kapitel 3.2) eingeflossen ist, oder auf der Argumentfigur nach Toulmin (1958) (Lee & Lai, 1996). Unterschieden wird ein „historischer“ Ansatz bei dem die Entwicklung eines Designs entsprechend durch die Dokumentation der sich ebenfalls entwickelnden Argumente dargestellt wird und ein „psychological claim“-Ansatz bei dem Hintergründe für den Zustand eines Produktes dokumentiert werden. Drittens gibt es noch den „design space“-Ansatz, der den Versuch macht, den gesamten Raum der Möglichkeiten zu erschließen (Lee & Lai, 1996).

Die verwendeten Darstellungsmittel sind meistens Graphen, deren Knoten- und Kantentypen eine visuelle Sprache bilden, die für den Einsatz einer bestimmten Methode entwickelt wurden wie z.B. bei QOC (MacLean, Young, Belloti & Moran, 1991) und IBIS (Conklin & Begemann, 1987). Wegen dieser Fokussierung auf die visuellen Sprachen steht auch die Diskussion um die Elemente dieser Sprachen oft im Mittelpunkt

der Beiträge (Buckingham Shum und Hammond, 1994). So nimmt beispielsweise Fischer, Lemke, McCall & Morch (1996) ausführlich Stellung, inwiefern die PHI-Methode (Procedural Hierarchy of Issues) den IBIS-Ansatz verbessert, mit der nun verstärkt der Design-Raum entwickelt werden kann.

Ein wesentliches Problem solcher Begründungs- bzw. Dokumentationsansätze scheint in dem Medienbruch zu bestehen, der zwischen einer schriftlichen Auseinandersetzung und der Konstruktion des Produktes selbst besteht. Fischer, Lemke et al. (1996) verweisen auf grundlegende Probleme von Designern und Designerinnen, die abgekoppelten Argumentationsnetze konstruktiv in ein neues Design einzubeziehen, wenn kein geeigneter Bezug zu den Artefakten vorhanden ist. Design sei ein Wechsel zwischen „reflection-in-action“ und „knowing-in-action“ wobei die Konstruktion die Aktion und die Argumentation die Reflektion verkörpert. Die Argumentation sollte nicht immer externalisiert werden, sondern nur in „Breakdown“-Situationen. Fischer, Lemke et al. (1996) fordern deshalb, während des Design-Prozess bereits Modelle der Artefakte zu entwickeln, an denen Tests durchgeführt werden können.

Gruber und Russel (1996) extrahieren auf Basis ausführlicher Untersuchungen von Dialogen unter Designern und Designerinnen welche Informationen bei einem Produkt-Design überhaupt ausgetauscht werden: Anforderungen (an ein Design-Produkt), Struktur und Form, interne und allgemeine Funktionalität, Hypothetische Fragestellungen (z.B. „was wäre wenn ...“), Abhängigkeiten, Constraints, Entscheidungen, Alternativen, Erklärungen, Simulationen auf Modellen, Definitionen. Es zeichnet sich also ein sehr diverses Bild von Inhalten ab, die alleine durch Argumentationsdarstellungen nicht ausreichend abgebildet werden können.

Gruber und Russel (1996) zielen dementsprechend auf eine Integration unterschiedlicher unterstützender Hilfsmittel, die zusätzlich mit den eigentlichen Konstruktionswerkzeugen verknüpft sind. Von ihnen wie von Fischer, Lemke et al. (1996) wird deshalb eine Verschiebung des Schwerpunktes im DR für notwendig gehalten: von der Ausrichtung auf Argumentationsnetze hin zu deren Integration von Konstruktions-Tools. Sie fordern ein „rationale by demonstration“. Für dessen Realisierung schlagen sie fünf Sichten auf die Design-Informationen vor: „Requirements, Function, Objective, Structure, Behaviour“. Zwischen diesen sollen Abhängigkeiten für jeweilige Beispiele definiert werden.

Gruber und Russel (1996) verweisen aber auch noch auf diverse Umstände beim DR, die nur schwer mit einem zu formalen Ansatz vereinbar sind. Nach ihren Untersuchungen stellten sie fest, dass der größte Teil von Äußerungen bei Design-Dialogen nicht sehr

formal bzw. detailliert ist („weak explanations“). Das heißt, dass zwar „zulässige“ Designs aus formalisierten Daten generiert werden könnten, dass aber damit das, was das eigentliche Design ausmacht, nämlich vage und unvollständige, oft sehr subjektive Informationen, kaum einbezogen würden.

Weiterhin wird dort auf die Einzigartigkeit jedes Design-Prozesses verwiesen. Den gesamten „Design-Raum“ darzustellen ist quasi eine unmögliche Aufgabe. Jedes Re-Design wirft wieder völlig neue Fragestellungen und Umstände auf, die vorher gar nicht abzusehen waren. Dies führt tendenziell zu der Erwartung, dass Sammlungen von Fakten und Informationen viel besser geeignet sind zur Design-Unterstützung als Sammlungen von Antworten auf antizipierte Design-Probleme.

Die genannten Hintergründe zum Bereich DR haben an vielen Stellen Bezugspunkte zu der entwickelten Diskussionsunterstützung. Auch dort wird von verteilt vorliegender Expertise ausgegangen, von der Bedeutung von Argumenten sowie den unterschiedlichen Perspektiven auf den Designprozess (Moran & Carroll, 1996). Bei Fischer, Lemke et al. (1996) wird deutlich, dass unterschiedliche Sichten sinnvoll sind, dass aber die Verknüpfung dieser das entscheidende Moment darstellt. Design-Situationen sind gekennzeichnet durch Unsicherheit, Konflikte und einmalige Fragestellungen und Problemstellungen (Fischer, Lemke et al., 1996). Die schwersten Beweggründe für Dispute und Missverständnisse sind oft „festgefahrene“ Positionen der Beteiligten (Stefik et al., 1987), die einhergehen mit nicht ausgesprochenen Voraussetzungen oder Ansichten sowie unausgesprochenen Kriterien. Nach Fischer, Lemke et al. (1996) ist Design nicht nur eine kontinuierliche Problemlösung sondern auch Problemfindung. Die Problemfindung bei der Diskussion und Wissenskonstruktion besteht z.B. in der Aufdeckung von Widersprüchen, Missverständnissen oder unterschiedlichen Interessen.