

UNIVERSITÄT DORTMUND
FACHBEREICH INFORMATIK

Diplomarbeit

Hypertexterzeugung gemäß
verschiedener Lehrtheorien
anhand einer allgemeinen
Repräsentation für Lehrbücher

Moritz Thomas

INTERNE BERICHTE
INTERNAL REPORTS

GERMANY · D-44221 DORTMUND

Diplomarbeit

Hypertexterzeugung gemäß verschiedener Lehrtheorien
anhand einer allgemeinen Repräsentation für Lehrbücher

Moritz Thomas

Dortmund, April 1999

Betreuer

Prof. Dr. Katharina Morik

Ralf Klinkenberg

Universität Dortmund

Fachbereich Informatik

Inhalt

Kapitel 1	Einleitung	7
	1.1 Motivation	7
	1.2 Ziele dieser Arbeit	8
	1.3 Überblick	9
Kapitel 2	Text und Textverstehen	11
	2.1 Textverstehen	11
	2.2 Lehrtheorien	15
	2.3 Zusammenfassung	19
Kapitel 3	Hypertext	21
	3.1 Charakterisierung von Hypertext	22
	3.2 Die Orientierungsproblematik	24
	3.3 Navigations- und Orientierungshilfen	27
	3.4 Hypertext und Lernen	28
	3.5 Zusammenfassung	30
Kapitel 4	RHIZOM	33
	4.1 Das Textmodell	34
	4.2 Format	37
	4.3 Die RHIZOM-DTD	39
	4.4 Vorbereiten des Dokumentes	42
	4.5 Die Oberfläche	44
	4.6 Pfadgenerierung	49
	4.7 Zusammenfassung	52
	Schlußbemerkung	53
Anhang A	Die RHIZOM-DTD	57
	Literatur	61

1

Einleitung

1.1 Motivation

Immer wieder wird versprochen, daß durch die Hypertextstruktur des WWW der freie Fluß und die weite Verbreitung von Information und Wissen ermöglicht wird. Jeder¹ kann sein Wissen, seine Ansichten öffentlich zugänglich machen, so daß jeder, der Interesse daran hat, darauf zugreifen kann. Dadurch werde die Welt ganz grundsätzlich ein besserer Ort, von individueller (Informations-)Befriedigung über effizientere Organisation und Kommunikation im globalen Kapitalismus bis hin zu neuen Formen von politischer Organisation und Betätigung und der Überwindung von Ungerechtigkeit und Ungleichheit. Außerdem ist immer alles brandaktuell und auf dem neuesten Stand.

Zu jeder Lobpreisung dieser Art gibt es eine kritische Bewertung dieser Situation,² die sich über den *information overkill* beklagt, d.h. die Schwierigkeit, in dieser Menge an 'Wissen' das zu finden, was individuell interessant und relevant ist.

Als eine Reaktion auf diese Problematik wurden relativ schnell sogenannte Suchmaschinen entwickelt, in denen das Hypertext-Paradigma des WWW wieder durch die Suche nach Schlüsselwörtern ergänzt wurde. Zusätzlich findet sich in einigen Suchmaschinen (z.B. „Yahoo!“) eine ausgefeilte Taxonomie von Lebens- und Interessenbereichen, in die man sich und seine Informationswünsche fein säuberlich einsortieren kann. Neben den Suchmaschinen gibt es noch andere Informationsquellen wie digitale Bibliotheken (*digital libraries*) und auf spezielle Inhalte spezialisierte Web-Seiten. Im wesentlichen gilt das hier Gesagte auch für diese.

Auch Suchmaschinen verringern jedoch die Problematik nur begrenzt. Von Millionen wird die Auswahl auf einige Hundert oder Tausend Dokumente eingeschränkt, ohne daß der Benutzer anhand des vier bis fünf Zeilen langen Ausschnittes mehr als eine Ahnung bezüglich der Relevanz³ dieser „hits“ ent-

-
- 1 Mit 'Jeder' sind natürlich nur diejenigen gemeint, die auch die Möglichkeiten des Zugriffs auf das Internet besitzen. Auf der anderen Seite sind damit nicht nur die männlichen Vertreter dieser glücklichen Minderheit der Weltbevölkerung gemeint; letzteres gilt selbstverständlich auch für die grammatikalische Form dieser Arbeit.
 - 2 Ganz aktuell finden sich beide Positionen in einem Artikel des SPIEGEL zur CeBit (SPIEGEL 11/99; vgl. insbesondere auch das Interview mit Nathan Myhrvold von Microsoft)

wickeln könnte. Tatsächlich können so teilweise höchst vergnügliche, verblüffende und interessante Verbindungen entdeckt werden (der sogenannte *Serendipity*-Effekt). Zuguterletzt läßt es sich aber nicht vermeiden, einige Dokumente auszuwählen und genauer anzugucken.

Diese Dokumente liegen dann üblicherweise entweder in einem 'konventionellen' Format vor (wenn der Gesamttext überhaupt verfügbar ist), oder in einer nur leicht 'hypertextualisierten' Form. Die potentiellen Möglichkeiten, den Computer/das Medium Hypertext zum Lernen zu benutzen, reduzieren sich so auf die Recherche. Häufig mündet dies in der Entscheidung, sich doch wieder traditionellen Informationsquellen und -filtern zuzuwenden, also Büchern, Zeitschriften, Verlagen, Bibliotheken, etc, bzw. sich wieder auf das Bekannte und für gut Befundene zu beschränken.⁴

1.2 Ziele dieser Arbeit

Das grundsätzliche Ziel dieser Arbeit ist, das Lernen aus und mit Hypertext zu erleichtern.⁵ Angesichts des im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Problems gehört dazu erst einmal, einen Überblick über den Text zu gewinnen, die wichtigsten Gesichtspunkte erfassen zu können und nach Interesse weiter zu vertiefen, um dann den Text bzw. die entsprechenden Ausschnitte zu verstehen, das heißt daraus zu lernen.

Weitere Spezifikationen sind:

- der Benutzer soll den Text in einer gewohnten Umgebung (d.h. ein Standard-WWW-Browser) rezipieren können;
- das grundsätzliche Hypertext-Paradigma des *Browsing* soll erhalten bleiben, das heißt der Lernvorgang soll durch den Benutzer steuerbar sein.

Um diese Ziele zu ermöglichen, muß eine (zu einem gewissen Grade) operationalisierbare Repräsentation der Inhalte eines Textes vorhanden sein. Diese soll durch den Autoren des Textes erstellt werden, da maschinelle Verfahren der

3 Relevanz bedeutet in diesem Zusammenhang nicht nur die Entscheidung, ob Inhalt des Textes Wissen beschreibt oder Informationen enthält, die mehr oder weniger viel mit den Interessen des Benutzers gemein haben. Es geht vielmehr darum, ob die Darstellung interessante, originelle, widersprüchliche Aspekte beinhaltet.

4 Meine Erfahrungen bei der Materialsammlung zu dieser Arbeit bilden sozusagen ihren authentischen Kontext („*authentic context*“).

5 Mit Hypertext bzw. dem zugrundeliegenden Text sind generell Sach- und Lehrtexte gemeint.

Textanalyse noch nicht ausgereift genug sind, das hier notwendige 'Verständnis' eines Textes 'zu entwickeln'. Das heißt:

- die Repräsentation muß eine Form haben, die für den Autoren verständlich ist;
- es soll kein bestimmter Textaufbau vorgeschrieben werden/nötig sein;
- bereits existierende Texte sollen ohne großen Aufwand um diese Repräsentation erweitert werden können;
- es soll nicht das Sachbereichswissen des Textes operationalisiert werden (wie etwa in „*Intelligent Tutoring Systems*“), da dies viel zu aufwendig ist;
- es wird kein Text generiert, sondern Fragmente des Textes werden unverändert übernommen.

1.3 Überblick

Um die genannten Ziele zu erreichen, sind einige Vorüberlegungen nötig. Im folgenden Kapitel wird untersucht, wie Verstehen von/Lernen mittels konventioneller Texte funktioniert. Das heißt, was passiert bei diesem Prozeß, welche Mittel werden in Texten eingesetzt (und welche setzt ein Leser ein), um das Verständnis zu erleichtern/ermöglichen, und welche Gründe für ein Scheitern bzw. Schwierigkeiten es bei diesem Prozeß geben kann.

Daran anknüpfend befaßt sich das dritte Kapitel mit Hypertext. Nach einer Charakterisierung des Mediums an sich werden die Ergebnisse des zweiten Kapitels auf Hypertext übertragen. Dabei geht es insbesondere um die Frage, ob im Medium Hypertext die gleichen oder andere Verständnisprobleme auftreten, und inwieweit die gleichen oder andere Mittel angebracht sind, diese Probleme zu beseitigen oder zu verringern. Außerdem enthält das Kapitel eine Betrachtung von Hypertext und Lernen.

Anhand der so erreichten Erkenntnisse wird im vierten Kapitel zunächst eine Repräsentation der Struktur von Lehr-/Sachtexten entworfen. Danach wird das im Rahmen der Arbeit entwickelte System RHIZOM vorgestellt, welches es einem Autoren ermöglicht, besagte Struktur eines Textes zu beschreiben. Diese Beschreibung wird dazu eingesetzt, die Navigation durch den entsprechenden Hypertext unter Verwendung von Orientierungshilfen und automatisch generierten Pfaden zu erleichtern, und so den Lernvorgang zu unterstützen.

2

Text und Textverstehen

Beim Einsatz von Computern zum Lernen wird häufig der Ansatz gewählt, einen Sachbereich bzw. das Expertenwissen operational zu modellieren. Diese Modellierung ist sehr aufwendig und normalerweise nicht von den Autoren eines Textes alleine durchzuführen.¹

Zum Lernen ist eine Repräsentation in Form einer konzeptuellen Struktur auch nur bedingt geeignet, enthält sie doch das (bzw. ein mögliches) Ergebnis des Lernprozesses, aber kaum Hilfen für diesen Prozeß. Aus diesem Grund müssen Systeme, die das Lernen unterstützen sollen, nicht nur das Expertenwissen, sondern auch Wissen darüber enthalten, wie es vermittelt werden kann. (z.B. Dialogwissen, etc.)

In dieser Arbeit geht es um Sach- und Lehrtexte, das heißt Texte, in denen ein Autor sein Wissen in einer Form expliziert hat, die es dem Leser ermöglichen soll, dieses Wissen aufzunehmen, zu verstehen, zu lernen. Mit anderen Worten, die Informationen, die den Lernprozeß unterstützen, sind schon im Text enthalten.

Zuerst wird betrachtet, wie der Prozeß des Textverstehens aus linguistischer und psychologischer Sicht vor sich geht, welche Strukturen und Elemente von Texten darin eingehen, und welche Probleme dabei auftreten können. Danach wird anhand von zwei ausgewählten Lehrtheorien untersucht, auf welche Art und Weise Lehrmaterial organisiert sein kann, welche Eigenschaften des Sachbereichs dabei berücksichtigt werden und welche Präsentationsstrategien sie ermöglichen.

2.1 Textverstehen

Das Verstehen eines Textes besteht im Aufbau einer oder mehrerer Repräsentationen eines Sachbereiches und unterliegt somit denselben Strukturen wie der Lernprozeß. Ähnlich dem Lernprozeß, beinhaltet der Prozeß des Textverstehens den Aufbau einer oder mehrerer mentaler Repräsentationen eines Sachbereiches. Zusätzlich zu den Wissensstrukturen des Sachbereiches beschäftigt sich die For-

¹ Eine Ausnahme sind vielleicht Texte über Wissensrepräsentation oder 'Intelligent Tutoring Systems'.

schung zum Textverstehen mit dem Zusammenhang zwischen der linguistischen und der semantischen Struktur eines Textes, und wie diese mit dem Verstehensprozeß zusammenhängen.

In einigen Theorien (Van Dijk, 1983) besteht diese Repräsentation aus semantischen Propositionen, die recht nah an der linguistischen Struktur des Textes liegen (Schnotz 1989). Andere beschreiben sie als mentales Modell des Sachbereiches, welches in eher „analoger“ Form mentale Simulationen des Wissens ermöglicht („*A mental model is the representation of a limited area of reality in a format which permits the internal simulation of external processes, so that conclusions can be drawn and predictions made,*“ Molitor, 1989, S.10). Jedoch geschieht der Aufbau des mentalen Modells mithilfe bzw. auf der Basis von semantischen Propositionen (Schnotz, 1989), so daß dieser Unterschied im Folgenden nicht mehr berücksichtigt wird.

Uneinigkeit besteht darüber, wie verschiedene Medien (z.B. Bilder) verarbeitet werden. Teilweise wird von unterschiedlichen Repräsentationen und unabhängigen Verarbeitungssystemen (*processing systems*) ausgegangen (z.B. die „*dual representation*“ von Paivio, siehe Molitor, 1989), wodurch das Verstehen durch Präsentation der Inhalte in mehreren Repräsentationsformen (Multimedia) verbessert werden kann.² Andere Autoren gehen dagegen von einem medien-unabhängigen Modus aus („*amodal representation*“), z.B. Pylyschyn (Molitor, 1989). Diese Frage kann aber im zeitlichen Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verfolgt werden.

Van Dijk und Kintsch (Van Dijk, 1983) beschreiben den Verstehensprozeß als Aufbau einer hierarchischen Makrostruktur (*macrostructure*). Aus den einzelnen Aussagen (*propositions*) des Textes werden durch Anwendung von drei Makroregeln (*deletion, generalization* und *construction*) übergeordnete Aussagen gebildet.

In der Prager Schule wurde die Struktur von Texten anhand thematischer Progressionsmuster beschrieben (*Thema - Rhema* bzw. *Topic-Comment*). Darauf aufbauend wurden in der „*Rhetorical Structure Theory*“ (Mann, 1985) die Struktur von Diskursen mit Hilfe thematischer Rollen beschrieben.

Neben den semantischen (Makrostruktur), rhetorischen (Prager Schule) Mitteln benutzt ein konventioneller Text noch unauffälligere/selbstverständlichere und auf einer höheren Ebene liegende, 'physikalische' Mittel, den Inhalt zu strukturieren. Abbildung 1 zeigt eine Auswahl.

2 Es wird im wesentlichen zwischen textuellen und bildlichen Repräsentationen unterschieden.

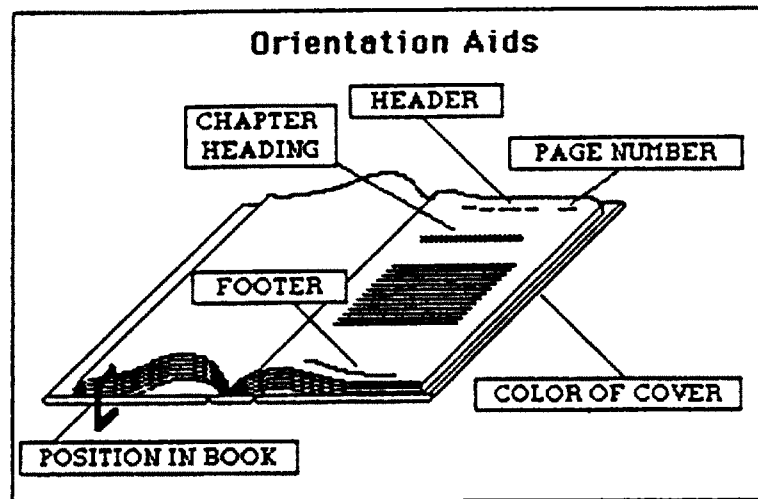


Abbildung 1. Metainformationen in konventionellen Texten.
Aus (Kuhlen, 1991)

Die Position eines Textabschnittes im Gesamttext gibt schon einen Hinweis darauf, wie er einzuordnen, zu bewerten ist.³ Die relative Position zweier Textabschnitte zueinander deutet ebenfalls wahrscheinliche Zusammenhänge an. Die Einteilung eines Textes in Kapitel, Unterkapitel, etc. verfeinert und verstärkt solche Hinweise. Zugehörigkeit zum gleichen Kapitel garantiert einen engeren Zusammenhang, als Zugehörigkeit zu verschiedenen Kapiteln (Zusammenhänge zwischen verschiedenen Kapiteln erfordern explizite Referenzen).

Van Dijk und Kintsch (Van Dijk, 1983) zählen diese Strukturen zu den „*superstructures*.“ Dazu gehören auch rhetorische Formen auf der sprachlichen Ebene („*surface structure signals*“, Van Dijk, 1983, S. 241). Sie beschreiben einen Wechselwirkungsprozeß zwischen der Semantik des Textes und allgemeinen Textschemata in der Form, daß bestimmte Sätze oder Formulierungen die Erwartung eines entsprechenden Schemas hervorrufen („*superstructural schemata*“), welches wiederum das Verständnis und die Einordnung des folgenden Inhalts vorbereitet und erleichtert (Van Dijk, 1983, S. 240). Textschemata sind z.B für Erzählungen recht gut erforscht („*story grammars*“), aber es gibt „*keine befriedigende Theorie der Textorganisation*“ (Mandl, 1992, S.195).

Die allgemein oder für Lehrbücher aufgeführten Ansätze fließen in gewisser Weise in das im vierten Kapitel entworfene Textmodell ein. Sie sind jedoch nur bedingt einsetzbar für die Beschreibung von Konstruktion (im Sinne von Zusammensetzen) von Textabschnitten, da sie keine Hinweise/Kriterien liefern, wie der spezielle Inhalt des Textes und der Verstehensprozeß zusammenhängen.

3 Natürlich nur, wenn der Leser einen Überblick über den Aufbau und Verlauf des Textes hat.

Anhand von Resnick (Resnick, 1990) fasse ich die am häufigsten auftretenden und schwerwiegendsten Probleme beim Textverständnis zusammen:

- eine ausgesprochen wichtige Rolle spielt das Vorwissen des Lesers. Die im Text enthaltenen Informationen müssen in die existierende Wissenstruktur integriert werden. Ob und wie dies gelingt, hängt sehr davon ab, wie gut das 'neue' Wissen zum 'alten' paßt (*„If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows.“* Ausubel 1968). Da im Rahmen dieser Arbeit kein Benutzermodell entwickelt wird, kann das Vorwissen nicht weiter berücksichtigt werden. Selbst wenn ein Benutzermodell vorhanden ist, ist eine angemessene Beachtung des Vorwissens eine außerordentlich komplexe Aufgabe, die eine umfangreiche Operationalisierung sowohl von Sachbereichs- als auch von Weltwissen erfordert (vgl. das Beispiel in Roth, 1990);
- ein weiterer wichtiger Punkt ist die Anwendung von meta-kognitiven Strategien. Das sind Strategien, mit denen der Lernende den eigenen Verstehensprozeß beobachtet und eventuelle Verständnisprobleme erkennen kann (Fischer, 1984). Auch dies soll hier nicht berücksichtigt werden. Es sei aber schon darauf hingewiesen, daß eine Erweiterung des Systems um konstruktive Elemente in diese Richtung geht. Im übrigen rufen Versuche, den Lernprozeß durch Förderung bestimmter Methoden/Strategien (hier werden häufig genannt: Zusammenfassungen, Fragen an den Text stellen, Anmerkungen (*note taking*) und verschiedene Formen von Diagrammen (siehe Mandl, 1992) zu verbessern, oft sogenannte mathematantische Effekte hervor (Mandl, 1992), das heißt, durch die Anwendung vorgegebener Strategien, die nicht mit den eigenen des Lernenden übereinstimmen, sinkt die Lern- und Verstehensfähigkeit/-leistung;
- eine andere, häufig beobachtete Schwierigkeit besteht darin, die Wichtigkeit/Relevanz einzelner Aussagen des Textes im größeren Zusammenhang einzuschätzen. Eng damit verbunden ist das Erkennen von rhetorischen Strukturen, die zur Signalisierung dieser Eigenschaften eingesetzt werden (*„They [expert subjects] were also more able than non-experts to make good use of rhetorical devices that signaled which material in the text was central to the author's argument.“* Resnick, 1990, S. 436);
- die Fähigkeit, subsumierende bzw. hierarchische Wissenstrukturen aufzubauen, knüpft an den letzten Punkt an (*„...one of the hallmarks of the expert reader is the ability to recognize or construct hierarchies of knowledge in which successive 'layers' of subordination create a logically coherent elaboration of a topic.“*, Resnick, 1990, S. 435). Vor allem in diesem Gesichtspunkt treffen sich die genannten Beschreibungsansätze.

2.2 Lehrtheorien

Während sich linguistische Theorien mit dem Verständnisprozeß des Lesers befassen, beleuchten Lehrtheorien den Textaufbau aus der Sicht des Autoren. Lehrtheorien gehen (implizit oder explizit) von der Annahme aus, daß es ein objektives Wissen gibt, das in seiner idealen (d.h. kontext- und anwendungsunabhängigen) Existenz (welches der Lehrer bzw. die Wissenschaft gesehen/erkannt hat) weitestgehend direkt und unverändert von den Lernenden aufgenommen werden kann und soll. Diese Aufnahme von Wissen geschieht unter mehr oder weniger (je nachdem, inwieweit die entsprechende Theorie auf behavioristischen Grundlagen basiert) bewußter Beteiligung der Lernenden. Etwas weniger polemisch ausgedrückt⁴ beschäftigen sich Lehrtheorien damit, wie effektive (und effiziente) Wissensvermittlung durch den Lehrer geschehen kann. Man kann sie weiter danach differenzieren, ob sie für sich in Anspruch nehmen, eine optimale Methode zur Vermittlung von Wissen zu sein/zu bieten (präskriptive Theorien), oder nur real existierende Methoden zu beschreiben (deskriptive Theorien) (Landa, 1983b).

Es scheint eine Diskrepanz vorzuliegen zwischen dem Ausgangspunkt dieser Arbeit (eine Person, die selbständig einen Text verstehen will, der im Medium Hypertext vorliegt, welches keine eindeutigen Lesarten vorschreiben will) und dem Anliegen der Lehrtheorien, Methoden zur Vermittlung von Wissen vorzugeben. Aus mehreren Gründen kann eine genauere Betrachtung aber durchaus erhellend sein:

- Lehrtheorien sollen auch zur Gestaltung von Lehrbüchern/-texten anwendbar sein,
- insofern sie empirische Theorien sind, ist es nicht unwahrscheinlich, daß konkrete Texte (ob gewollt oder nicht) ähnlich aufgebaut sind, und
- sie sachbereichs-, kontext- und lernerunabhängige Beschreibungen sind.

Es folgt deshalb eine kurze Beschreibung zweier ausgewählter Theorien des *Instructional Design*, dem Lernmodell von Gagné und der *Elaboration Theory* von Reigeluth und Stein, wobei diese Darstellung wesentliche Elemente dieser Theorien als Lehrtheorien ausläßt, z.B. Tests, Feedback, motivationale Aspekte, etc.. Ebenfalls unberücksichtigt bleibt der soziale Kontext des Lernens bzw. Lehrens. Sollte das System um ein Benutzermodell und kooperative Elemente erweitert werden, werden diese Aspekte natürlich relevant. Der Gesichtspunkt, der hier vor

4 zu einer weiter ausholenden Kritik vgl. das Buch von Schulmeister (Schulmeister, 1997).

allem interessiert, ist, welche Strukturen des Sachbereiches und seiner Darstellung die Theorien abstrahieren, und wie diese Strukturen angewandt werden.

Die Auswahl geschah unter folgenden Gesichtspunkten:

- viele Lehrtheorien sind nur leichte Abwandlungen der genannten Beiden (z.B. Landas *Algorithmic Theory of Instruction* (Landa, 1983a) oder Scanduras *Structural Learning Theory* (Scandura, 1983), zumindest bezüglich der Aspekte, die hier wichtig sind;
- andere dagegen beschreiben Methoden, die mehr Aktivität von Seiten des Lehrers erfordern, als für RHIZOM gewollt und möglich ist (z.B. *Inquiry Teaching* (Collins, 1983);
- diese Theorien beschreiben die Vermittlung von Wissen auf der Makro-Ebene (d.h. nicht einzelne Sachverhalte, sondern den Aufbau von größeren Zusammenhängen.) Das ist deswegen relevant, weil ich annehme, daß die Repräsentation der Mikro-Ebene eine zu feine Beschreibung erfordert.

2.2.1 Das Lernmodell von Gagné

Das Lernmodell von Gagné⁵ (Gagné, 1988) ist sehr umfassend. Wie der Name schon andeutet, beinhaltet es ein kognitives Modell des Lernens, und integriert so unterschiedliche Kategorien von Lernzielen wie intellektuelle Fertigkeiten (*intellectual skills*), körperliche Fertigkeiten (*motor skills*) und affektive Einstellungen (*attitudes*) und Lerntypen/-arten von Signallernen (klassische Konditionierung) über Begriffs- und Regellernen bis zum Problemlösen.

Die Sequenzierung (*sequencing*, d.h. die Entscheidung, was wann behandelt werden soll) basiert wesentlich auf einer Lernhierarchie (*learning hierarchy*, siehe Abbildung 2), die auf einer Voraussetzungs-Relation (*prerequisite*) beruht. Diese Lernhierarchie soll durch eine Analyse (*task analysis*) der zu lehrenden Fertigkeiten (Lernziele sind bei Gagnés immer Fertigkeiten) gewonnen werden. Bevor eine komplexere Fertigkeit gelehrt wird, müssen die Lernenden alle ihre Voraussetzungen ausreichend beherrschen (*mastery learning*).

Voraussetzungen werden weiter unterteilt in notwendige (*essential*) und unterstützende (*supportive*). Nur die notwendigen Voraussetzungen gehen in die Lernhierarchie ein, die unterstützenden sind lediglich nützlich.

⁵ Bezeichnung von Wicher (Wicher, 1989).

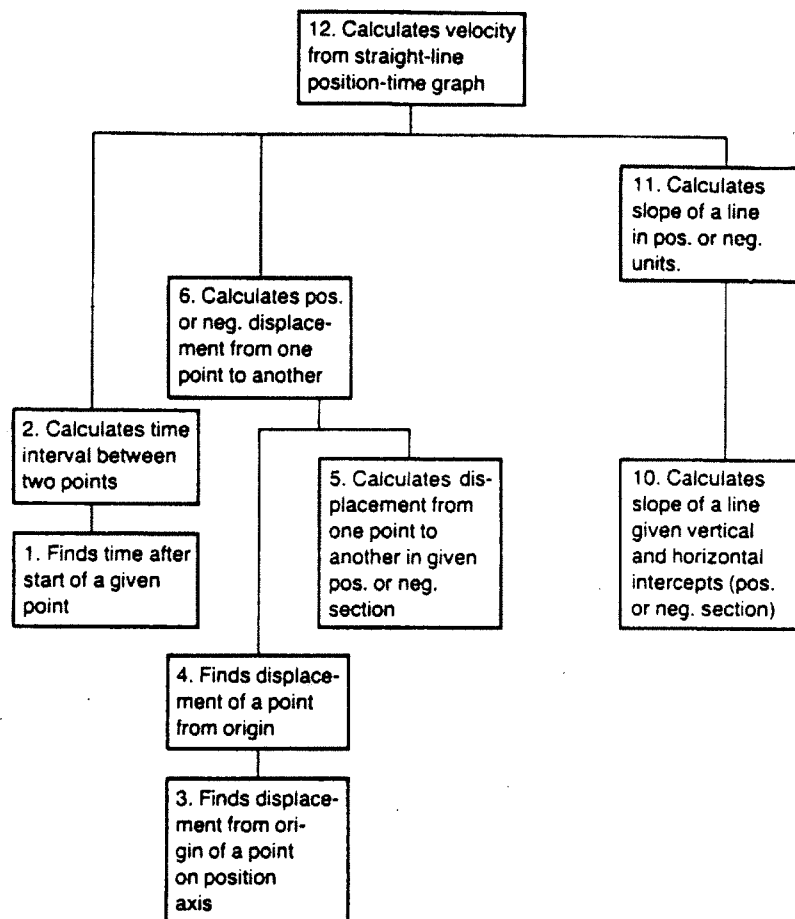


Abbildung 2. Eine Lernhierarchie. Aus (Gagné, 1988)

2.2.2 Die Elaboration Theory of Instruction

Im Vergleich zu Gagnés Lernmodell konzentriert sich die Elaboration Theory (Reigeluth, 1983b) eher auf den Aspekt der Integration des Lehrstoffes. Sie versteht den Lernprozeß als Aufbau einer kognitiven Struktur (unter Berufung auf die Lerntheorien von Bruner (*spiral curriculum*), Ausubel (*subsumptive sequencing*) und Norman (*web learning*), (Reigeluth, 1983b, S. 337) und betont die Wichtigkeit integrierender Elemente bei der Wissensvermittlung.

Der Lehrstoff wird in einer elaborativen Hierarchie (siehe Abbildung 3) angeordnet. Je tiefer ein Element, desto detaillierter die Darstellung/Behandlung. Die Breitendimension korrespondiert zum Umfang des Sachbereiches. Eine elaborative Hierarchie wird konstruiert, indem der Lehrstoff nach einem von drei Grundtypen (*concept*, *procedere* und *principle*) organisiert wird.

Für jeden dieser drei Typen werden zwei im Ansatz ähnliche Sequenzierungsmethoden favorisiert. Das Ergebnis, die elaborative Sequenz, beginnt nach der einen Strategie mit einer allgemeinen Darstellung des gesamten Gebietes, um dann die Ausschnitte weiter zu vertiefen (*general to detailed* bzw. *abstract breadth*). Die

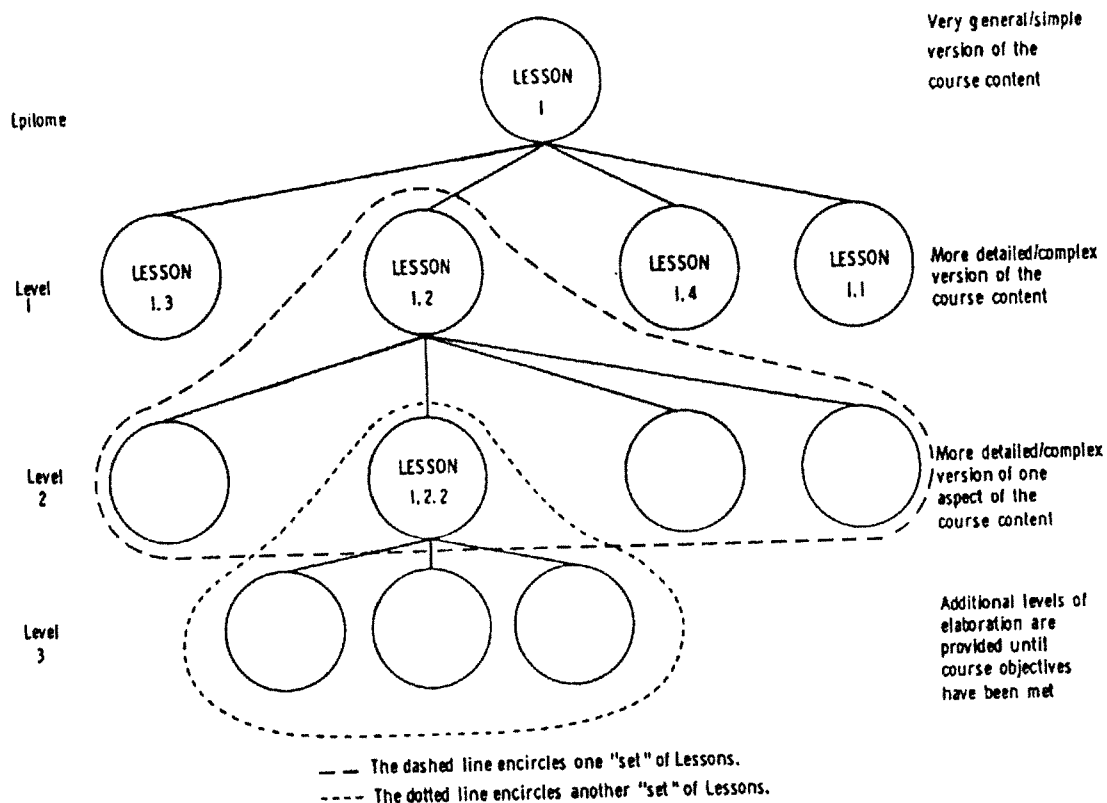


Abbildung 3. Eine elaborative Hierarchie. Aus (Reigeluth, 1983b)

Alternative basiert darauf, erst einen (den einfachsten) Ausschnitt des Gebietes auszuarbeiten und die Darstellung dann auf den Rest aufzuweiten (*simple to complex* bzw. *narrow application*.)

Auch die Elaboration Theory berücksichtigt *learning prerequisites* (hier heißen sie *true learning prerequisites* oder *critical components*.) Im Unterschied zu Gagné fordert sie aber, diese Voraussetzungen zu erfüllen, wenn sie in der elaborativen Sequenz benötigt werden. Anders ausgedrückt: es müssen nicht vor Beginn einer elaborativen Sequenz alle auf einer 'tieferen' Ebene angesiedelten Voraussetzungen behandelt werden.

2.2.3 Vergleich

Die beiden Theorien haben gemeinsam, daß sie grundsätzlich auf einer Steigerung der Komplexität im Laufe einer Lehrsequenz basieren. Ein wichtiger Unterschied besteht darin, daß gemäß der Elaboration Theory mit dem Allgemeinen begonnen und dann nach und nach das Speziellere integriert werden soll, während Gagné fordert, elementare Einheiten aufeinander aufzubauen. Das ist kein absoluter Gegensatz, denn etwas Spezielleres ist nicht etwas Einfacheres, aber durchaus eine deutliche Akzentverschiebung.

Korrespondierend zu diesen unterschiedlichen Vorgehensweisen wurden in einigen empirischen Untersuchungen verschiedene Lerntypen identifiziert (Kuhlen, 1991, S. 208). Auch die Klassifikation von Lernenden in „Holisten“ und „Spezialisten“ (diese Bezeichnungen gehen auf Gordon Pask zurück) entspricht dem. Eine Einteilung in *activists*, *pragmatists*, *reflectors* und *theorists* zitiert Zekl (Zekl, 1995, S. 74). Es muß jedoch gefragt werden, wie trennscharf solche Klassifikationen sind, und ob nicht auch Kontext, Sachbereich, Art des Textes, etc. Vorgehensweisen beim Lernen beeinflussen.

2.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde Textverstehen beschrieben als Aufbau verschiedener mentaler Repräsentationen des Textinhaltes, der mehr oder weniger gut in das Vorwissen des Lernenden integriert werden kann. Dabei wurden folgende Punkte als besonders wichtig für das Verstehen identifiziert:

- das Vorwissen des Lernenden,
- die Anwendung von meta-kognitiven Strategien
- die Einschätzung der relativen Relevanz einzelner Aussagen, und
- der Aufbau einer hierarchischen Repräsentation des Textinhaltes.

Text enthält neben dem zu lernenden Sachbereichswissen unterschiedliche Arten von Wissen, die den Verständnisprozeß unterstützen. Dazu gehören vor allem rhetorisch und 'physikalisch' strukturierende Elemente.

Außerdem wurden zwei Lehrtheorien untersucht, das Lernmodell von Gagné und die *Elaboration Theory*. Diese entsprechen in etwa zwei Lerntypen oder -strategien. Die eine beginnt beim Allgemeinen und schreitet zum Spezielleren fort, während die andere größere Zusammenhänge aus elementaren Einheiten aufbaut.

3

Hypertext

Im vorigen Kapitel „Text und Textverstehen“ wurde dargestellt, welche Aspekte beim Textverstehen wichtig sind, und wie konventioneller, linearer Text diese unterstützt. Im Folgenden soll nun untersucht werden, wie sich das Hypertext-Konzept (aus Benutzersicht) dazu verhält. Genauer:

- bietet Hypertext die gleichen oder ähnliche Verständnishilfen,
- bietet Hypertext andere Verständnishilfen und
- können Hypertext-spezifischen Probleme auftreten?

Bei dieser Betrachtung wird vorausgesetzt, daß der prinzipielle Ablauf des Verstehens-/Lernprozesses nicht vom Medium abhängig ist, bzw. daß sich Text und Hypertext als Medium insoweit ähnlich sind, daß dieser Prozeß prinzipiell gleich abläuft.

Unberücksichtigt bleiben hier ergonomische und praktische Aspekte des Lesens am Bildschirm allgemein (Auflösung, Größe, etc.). Ebenso außer acht gelassen sind typographische Möglichkeiten der Textdarstellung, da sie für Text und Hypertext gleichermaßen zur Verfügung stehen.

Um die Beschreibung handhabbar zu halten, ist dieses Kapitel so geschrieben, als ob ein Hypertext *einem* Text entspräche (also z.B. nicht mehrere Dokumente umfaßt und verbindet)¹. Ich gehe jedoch davon aus, daß die Ergebnisse sich auch auf den allgemeineren Fall übertragen lassen, insbesondere dann, wenn nicht ein komplettes Dokument als ein Hypertext-Knoten betrachtet wird. Desweiteren werden die speziellen Charakteristika ignoriert, die durch die Integration von Video, Animationen und andere Medien in einen Hypertext, bzw. dann Hypermedia-Dokument entstehen. Schließlich sei noch gesagt, daß diese Darstellung, die im Wesentlichen auf Kuhlen (Kuhlen, 1991) beruht, Ideen beschreibt, die für bzw. an anderen Hypertext-Systemen entwickelt wurden (z.B. Notecards, Hypercard, INTERMEDIA, etc.), Hypertext ist aber heute nahezu identisch mit HTML und WWW. An den Stellen, an denen sich daraus Folgen für das hier Gesagte ergeben, wird darauf hingewiesen.

¹ Es geht also um ein HTML-Dokument und nicht um das World Wide Web als einen größeren Hypertext (im Sinne von XANADU von Ted Nelson).

3.1 Charakterisierung von Hypertext

Eine der ersten und am häufigsten zitierten Definitionen von Hypertext² ist die von Conklin (Conklin, zitiert nach Zekl, 1995):

- die Strukturierung der Informationen in Knoten;
- die Möglichkeiten, Informationseinheiten („*chunks of information*“) durch Beziehungen („*links*“) zu verknüpfen;
- die Existenz einer konsistenten Benutzungsoberfläche bei der Erstellung und bei der Benutzung des Hypertexts.³

Eine andere ist die Kennzeichnung von Hypertext als ein „*Medium der nicht-linearen Organisation von Informationseinheiten*“ (Kuhlen, 1991, S. 27). Nicht-linear heißt, es gibt keine eindeutige, vorgegebene Reihenfolge, in der der zugrundeliegende Text zu lesen ist. Von dieser Eigenschaft ausgehend lassen sich zwei unterschiedliche Konzeptionen von Hypertext unterscheiden.⁴

Die eine Sichtweise betont die Freiheit des Lesers, sich seinen eigenen Weg durch einen grundsätzlich linearen Text zu bahnen. Es geht also um die Flexibilität des Zugriffes auf den Text; somit wäre Hypertext im Endeffekt eine bequeme Form des Umblätterns. Viele Hypertexte im World Wide Web entsprechen dieser Sichtweise; meistens bieten sie ein Inhaltsverzeichnis als Einsprungspunkt in die Kapitelstruktur und assoziative bzw. referentielle Verknüpfungen zu anderen Abschnitten. In dieser Form entsprechen Hypertexte nur bedingt der Definition von Conklin, insofern die Verknüpfung keine getrennten Knoten verbindet, sondern Einsprungpunkte.

Das andere Modell beruht auf einer strengeren Aufteilung eines Textes in getrennte Einheiten, die durch Verknüpfungen/Kanten verbunden sind. Zusammen bilden ein Knoten und die dazugehörigen Kanten eine *informationelle Einheit*, die bestimmten Kriterien genügen sollte, vor allem *kohäsiver Geschlossenheit* (Abgeschlossenheit auf sprachlicher Ebene) und *Kohärenz* (Abgeschlossenheit auf thematischer Ebene) (Kuhlen, 1991, S. 79ff). Problematisch ist dabei die Granularität der Knoten, sind sie zu klein, können sie kaum die Abgeschlossenheitsbedingungen erfüllen, sind sie zu groß, nähert sich der Hypertext einem konventionellen Text. Das Kriterium ist, daß „*Einerseits [...] informationelle Einheiten abgeschlossen sein [sollen], also aus sich heraus verständlich, andererseits*

2 Eher eines Hypertext-Systems. Ein Hypertextsystem (genauer Hypertextmanagementsystem beinhaltet die Mechanismen, mit denen Verknüpfungen und Anzeige des Hypertextes realisiert werden können.

3 Nach diesem Kriterium ist HTML und WWW kein Hypertext(-System)

4 Dies entspricht der Unterscheidung von Hypertext als prästablisierter Text und als intertextuelle Vernetzung von mehreren Texten (Hammwöhner, 1990, S. 22).

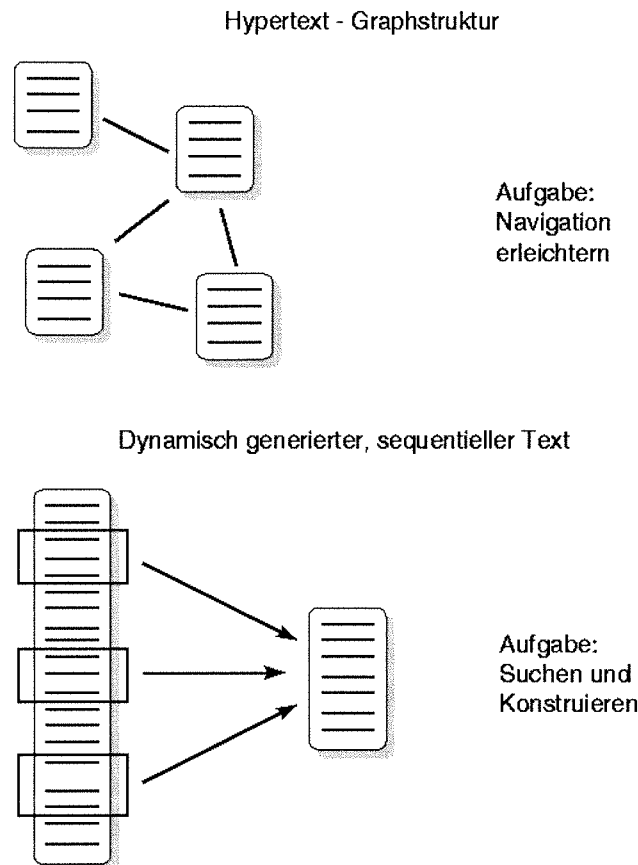


Abbildung 4. Zwei Modelle von Hypertext.

aber auch auf den Kontext verweisen, den der Benutzer durch seine Navigation durch den Hypertext erzeugt.“ (Kuhlen, 1991, S. 81).

Für dieses Modell wird häufig das Argument der *kognitiven Kompatibilität* vorgebracht. Die Annahme ist, daß Wissen im Menschen in einer netzwerkartigen Struktur gespeichert ist, die einer Hypertext-Struktur entspricht oder ähnlich ist (semantische Netze, Schema Theory, Web Learning), und daß die Aufnahme bzw. Integration des im Text enthaltenen Wissens in diese Strukturen durch eine explizite Präsentation in einer 'kompatiblen' Form erleichtert wird. Unabhängig von der Plausibilität dieser Annahme scheint mir eine '*Sachbereichs-Kompatibilität*' vorzuliegen, also Netzwerke eine Möglichkeit zu sein, komplexe Zusammenhänge zu repräsentieren.

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen Hypertextsystemen ist die Art der Verknüpfungen, die es erlaubt. Der aus HTML bekannte 'gemeine' *link* () ist assoziativ, er verbindet einfach zwei Knoten oder Textstellen. Was für eine Verbindung besteht bzw. gemeint ist, läßt sich nicht 'direkt' erkennen, ist nicht explizit gemacht, und kann nur durch Lesen des Textes an beiden

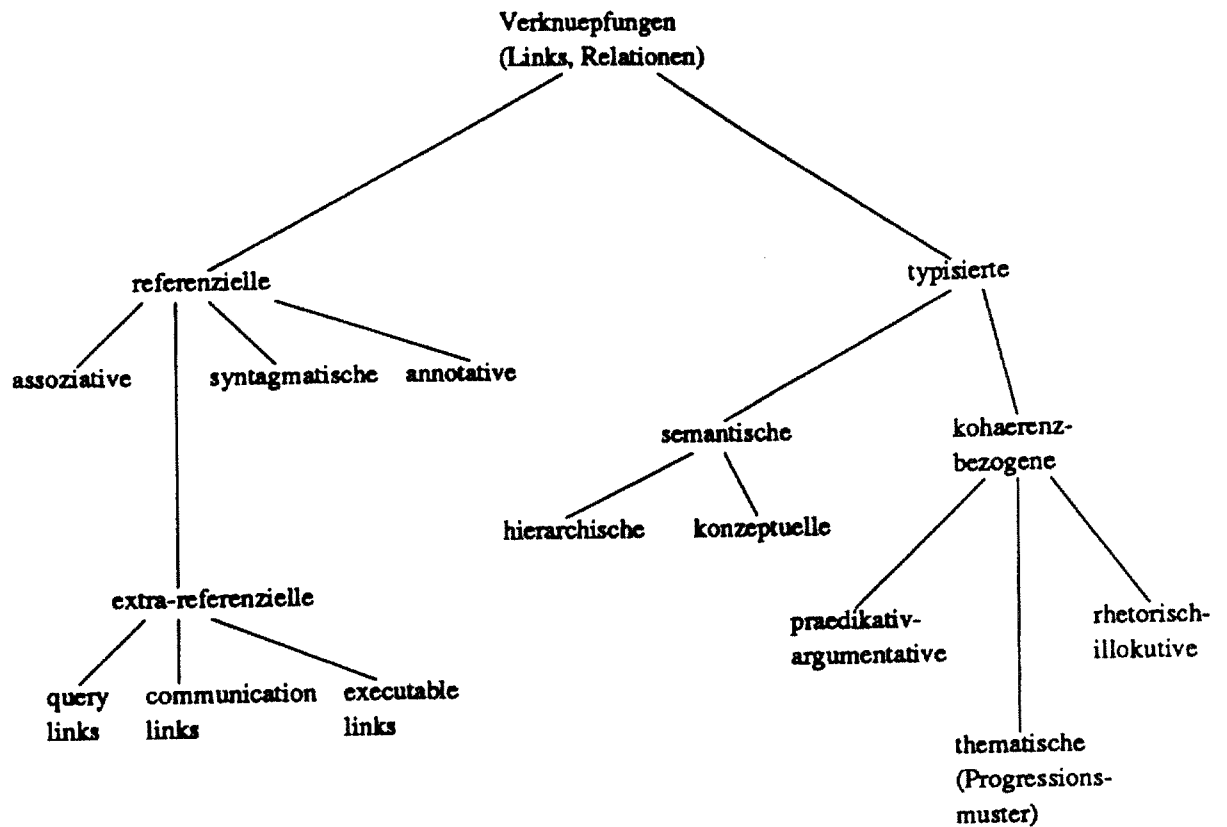


Abbildung 5. Taxonomie von Verknüpfungen.

'Enden' der Verknüpfung beurteilt werden (es sei denn diese Verknüpfung ist explizit im Text beschrieben.) Andere Systeme bieten verschiedene Arten von sichtbar *typisierten* Verknüpfungen. Eine sehr ausdifferenzierte Taxonomie solcher Verknüpfungen wird dargestellt in Abbildung 5 (aus Kuhlen, 1991, S. 106.)

Untersuchungen, die Hypertextsysteme mit und ohne typisierte Verknüpfungen vergleichen, beurteilen erstere im Allgemeinen positiver, weil verständlicher (z.B. Zhao, 1994.)

Als erste Einschätzung läßt sich festhalten, daß durch typisierte Verknüpfungen die rhetorischen Strukturen eines Textes deutlicher gemacht werden können, auf der anderen Seite (vor allem bei einer Modellierung gemäß dem zweiten Modell) durch die Fragmentierung des Textes in Knoten Probleme bei der Erfassung größerer Strukturen auftreten könnten.

3.2 Die Orientierungsproblematik

Flexibilität des Zugriffs und vor allem Nicht-Linearität sind also die Eigenschaften, die Hypertext wesentlich von linearem Text unterscheiden.

Es ist jetzt zu untersuchen, inwieweit diese den Prozeß des Textverstehens positiv oder negativ beeinflussen. Empirische Untersuchungen zu diesem Thema liefern unterschiedliche Ergebnisse. So berichtet Schnotz beispielsweise von Nachteilen diskontinuierlicher gegenüber kontinuierlichen Texten (Schnotz, nach Kuhlen, 1991) (allerdings nicht an einem Hypertext),⁵ Untersuchungen zum INTERMEDIA-Projekt dagegen von positiven Lerneffekten durch den Einsatz eines komplexen Hypertextsystems im Unterricht.⁶ Es ist also keineswegs sicher, daß flexible, nicht-lineare Navigation in jedem Fall, für jeden Benutzer die bessere Lösung ist.

Auch bei einer generell positiven Einschätzung von Hypertext als Medium für das Textverstehens, sind jedoch potentielle Nachteile unübersehbar. Insbesondere zwei Effekte, der *cognitive overhead* und die Gefahr des *getting lost in hyperspace* werden immer wieder erwähnt (z.B. Nielsen, 1990; Kuhlen, 1991).

Getting lost in hyperspace bezeichnet die Desorientierung, die beim Benutzer entstehen kann, wenn er 'irgendwelchen' Verknüpfungen folgt und nicht mehr überblicken kann, wie und warum er von dem einem Textstück zum anderen gelangt ist, bzw. worin der Zusammenhang zwischen den beiden besteht. Es liegt nahe, daß rein assoziative/untypisierte Verknüpfungen diese Gefahr vergrößern. Eine genauere Untersuchung der Situationen, in denen diese Desorientierung häufig auftritt, zählt folgendes auf (Kuhlen, 1991, S.133):

- (1) Unsicherheit, wo man sich gerade - im Verhältnis zur gesamten Information - im Hypertextnetzwerk befindet;
- (2) Unsicherheit, wie man zu einem bestimmten Punkt kommt, von dem man annimmt, daß er im Hypertextnetzwerk existiert;
- (3) Unsicherheit, wie man den besten Einstieg in die Hypertextbasis findet;
- (4) Schwierigkeit, den optimalen (dem konkreten Problem und dem aktuellen Benutzer angemessenen) Pfad durch die Hypertextbasis zu finden;
- (5) Schwierigkeit, das wiederzufinden, was man schon einmal gesehen hat, d.h. zu rekonstruieren, welche Teile der Hypertextbasis im Verlauf der Recherche bereits „besucht“ worden sind, auch zu rekonstruieren, wie man an die aktuelle Stelle gekommen ist;⁷

5 Diese Untersuchungen gaben eine bestimmte diskontinuierliche Organisation vor. Diskontinuität konnte aber weniger negativ wirken, wenn sie 'selbstgewählt' ist.

6 Zu weiteren Studien siehe Kuhlen, 1991, S.203ff.

7 In aktuellen Browsern ist dieses Problem durch „Backtracking“- und „History“-Funktionen teilweise gelöst. Allerdings sind diese Funktionen nicht sehr ausgereift (Nielsen 1990).

- (6) Schwierigkeit, aus einem nicht weiterführenden Bereich zu sinnvollen Stellen zurückzufinden;
- (7) Unsicherheit, ob man am Ende einer Sitzung wirklich alles (Relevante) gesehen hat;
- (8) Schwierigkeit, abzuschätzen, wieviel Information im nähereren Kontext eines aktuellen Knotens noch vorhanden ist, d.h. wieviele Knoten noch durchzusehen sind.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, werden Hypertextsysteme häufig um Metainformationen ergänzt (siehe Kapitel 3.3). Die Anstrengung, diese zu verstehen/überblicken, kann aber - entgegen ihrer Funktion - die Desorientierung noch verstärken. Dieses Phänomen wird mit dem Begriff „*cognitive overhead*“ bezeichnet (Kuhlen, 1991, VIII).

Ein grundlegenderes Argument gegen die Eignung von Hypertext als Lese- und Lernmedium ist, daß die Ausdrucksfähigkeit der Netzwerkstruktur von Hypertext gegenüber der semantischen Struktur in linearen Texten begrenzt ist (*„it could even be argued that the simple pointer and hierarchical structures provided in hypertext are semantically more limiting than the implicit relationships created in conventional texts“*, Whalley, 1990, 4.4), und daß das Navigieren durch einen Hypertext zum Verlust des Kontextes führt (*„However the essential ideas missing from the 'fact webs' of hypertext are the crucial notions of context and relevance to the individual,“* Whalley, 1990, 4.3), was im Endeffekt dazu führen kann, daß die Struktur des zu Verstehenden nicht erkannt wird (*„The hypertext reader might flit about between the trees with greater ease and yet still not perceive the shape of the wood any better than before,“* Whalley, 1990, 4.5).

Man muß an dieser Stelle natürlich differenzieren zwischen dem im obigen Zitat erwähnten „*fact webs*“ und einem Hypertext, dem ein vollständiger Text zugrundeliegt, also die komplexen semantischen Strukturen noch enthält. Erstens ist es aber ein Hinweis darauf, daß die Verknüpfungen eines Hypertextes mehr repräsentieren sollten, als die Fakten und begrifflichen Strukturen des Sachbereichs (*„[...] that by limiting node size to single-concept labels and by defining the types of links [...], one can represent a body of knowledge as an extremely fine-grained network. But does such representation help a reader to learn the topic quicker and better than linear text [...] would?,“* Romiszowski, 1990, 19.3.) Zweitens nehme ich an, daß auch in letzterem Fall die oben beschriebenen Schwierigkeiten auftreten können, wenn die Struktur des Hypertextes für den Benutzer nur als 'flache' Netzwerkstruktur sichtbar wird.

3.3 Navigations- und Orientierungshilfen

Als Reaktion auf die Orientierungsproblematik wurden verschiedene Metaansichten⁸ vorgeschlagen und entwickelt, die im folgenden vorgestellt werden sollen. Sie können eingeteilt werden in relativ direkte Übertragungen von Metainformationen, wie sie auch in linearen Texten verwendet werden, und in hypertext-spezifische.

Zu Ersteren gehören vor allem Inhaltsverzeichnisse, die teilweise durch die Anwendung des Fisheye-Prinzips dynamisiert wurden. Der Fisheye-Ansatz beruht darauf, den direkten Kontext vollständig, mit wachsender 'Entfernung' immer weniger Details darzustellen (Saxer, 1990). Andere Metaansichten sind Register, Glossare, Indexe, etc.

Hypertext-spezifische Orientierungshilfen lassen sich weiter einteilen in solche, die dem Benutzer die Navigation durch eine bessere Übersicht erleichtern sollen, und solche, die ihm bestimmte Pfade durch die Netzwerkstruktur vorschlagen.

Vordefinierte Pfade sind nicht notwendig linear, sie können auch Verzweigungen haben. Tatsächlich wurden Pfadkonzepte entwickelt, die Programmiersprachen ähneln (Kuhlen, 1991, S. 148). Ein Spezialfall von Pfaden sind geführte Unterweisungen („*guided tours*“), vorkonstruierte Pfade durch den Hypertext, die durch erläuternde Darstellungen („*tabletops*“) des Autors ergänzt werden.

Ein Ansatz, die Übersicht zu verbessern, ist der Versuch, durch eine graphische Darstellung der Netzstruktur („*Browser*“ oder „*Maps*“) dem Benutzer den Überblick über den Hypertext zu ermöglichen. Globale Übersichten, die den gesamten Hypertext darstellen, werden aber sehr schnell unübersichtlich. Alternativen sind nach bestimmten Kriterien extrahierte Teilnetze als lokale Übersichten oder der Verzicht auf die automatische Generierung solcher Übersichten („*We believe it may be impossible to generate satisfactory and comprehensive maps without understanding the content of the document. Idiomatic hypertext networks are frequently non-planar graphs, and we know of no presentation for such graphs which is aesthetically pleasing and which uses screen space efficiently,*“ zitiert nach Kuhlen 1991). Die Motivation für graphische Übersichten dieser Art ist die Metapher von räumlicher Nähe als inhaltlicher Ähnlichkeit.

„*Web Views*“ kombinieren Pfade und graphische Übersichten in einer Ansicht. Auf diese Weise werden zeitlicher und räumlicher Kontext ineinander integriert („*The path provides temporal context [...] The map provides spatial context, allowing*

8 Das sind Übersichtshilfen wie Inhaltsverzeichnisse, etc.

the user to answer the question of where can I go from here?" zitiert nach Kuhlen, 1991, S. 146). Allerdings sind in diesem Zusammenhang nicht dynamisch vom System generierte oder statisch vorgegebenen Pfade gemeint, sondern der Pfad, den der Benutzer durch seine Navigation erzeugt hat.

Zusätzlich zu Genanntem werden (in Kuhlen, 1991, S.156ff) auch noch Dialoghistorien, „Bookmarks“ und einige weitere Navigations-Hilfen behandelt. Obwohl sie wichtige Funktionen für die Benutzbarkeit von Hypertext haben, stehen sie in keiner direkten Beziehung mit der Struktur des Textes oder Netzwerkes. Aus diesem Grund soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

In Bezug auf das Ziel dieser Darstellung, Text und Hypertext als Medium zum Textverständnis zu kontrastieren, ist zu sagen, daß strukturierende Metainformationen, wie sie hier vorgestellt wurden, sinnvolle und notwendige Verständnishilfen darstellen.

3.4 Hypertext und Lernen

Hypertext wird von vielen Autoren als zum Lernen gut geeignetes Medium beschrieben. Diese Autoren betonen die Möglichkeiten, die Hypertext zum aktiven, explorativen Lernen („*discovery learning*“) bietet. Lernen als aktive Tätigkeit betont die Konstruktion eigener Wissensstrukturen. Nach dieser Betrachtungsweise ist es vor allem die nicht-lineare Struktur von Hypertext, die diesen Konstruktionsprozeß fördern kann.⁹

Die extremste Ausprägung dieser Position basiert auf dem Konstruktivismus. Er besagt, daß lebende Systeme (u.a. Menschen) 'autopoetisch' (wörtlich selbst-machend oder selbst-herstellend) und strukturdeterminiert sind, das heißt, Ereignisse rufen („*trigger*“) zwar Reaktionen hervor, sind aber nicht die Ursache (im kausalen Sinn) für bestimmte Reaktionen. Ebenso wenig kann objektive Realität wahrgenommen werden, sondern nur als subjektive verarbeitet werden („*Living systems are informationally closed,*“ Knuth, 1993, S.165). Jede Aussage über die Realität ist eine subjektive Beschreibung.

⁹ Konsequenterweise sollte der Autor eines Hypertextes nach dieser Ansicht so wenig Vorgaben und -strukturierungen wie möglich vornehmen. Auf der anderen Seite ist das Schreiben eines Textes als Explikation der eigenen Wissensstruktur (aber auch schon die Auswahl einer Menge von im einzelnen unbearbeiteten Dokumenten zum Aufbau einer Dokumentenbasis (Duffy, 1990, 12.8) eine viel extremere Vorstrukturierung, als eine bestimmte Art der Verknüpfung eines Hypertextes, oder der Vorschlag eines Pfades.

Nimmt man diese Erkenntnisse an, so ergibt sich die Konsequenz, daß es keine optimalen Methoden der Wissensvermittlung geben kann (*„If Maturana is correct, the very essence of traditional instructional design is threatened: Indeed the very idea that instruction can be designed must be abandoned [...]“* Knuth, 1993, S.166). Weitere Folgerungen und Forderungen aus einer konstruktivistischen Epistemologie sind:

- die Konstruiertheit von Wissen und die Gültigkeit unterschiedlicher Perspektiven deutlich und erfahrbar zu machen (*„One goal of instructional design [...] might be to allow or encourage the experience of the constructedness of our knowledge of the world,“* Knuth, 1993, S. 169);
- die Kontextgebundenheit von Wissen zu berücksichtigen. Wissensvermittlung sollte in für die Lernenden relevante Bezüge eingebettet sein (*„So much what passes for education these days is relevant only to a single context - the school. [...] Instruction [...] must be designed to address issues and be embedded in contexts with which the students are familiar and about which they care,“* Knuth, 1993, S.170, vgl. auch *„situated cognition“*). Simons (Simons, 1993) beschreibt dieses Problem dagegen als mangelnde Dekontextualisierung (*„Experience with learning environments that have a high context has shown that decontextualization, rather than contextualization is the main problem.,“* Simons, 1993, S. 293)¹⁰. Da diese Arbeit Sach- und Lehrtexte allgemein behandelt, d.h. es sich nicht um ein spezielles „learning environment“ handelt, welches die Anwendung beinhaltet, kann der Kontext nicht miteinbezogen werden. Beim Lernen aus Texten ist der Kontext hauptsächlich durch den Lernenden bestimmt (*„The learners (or readers) bring their own framework to the task.[...] Hence the reader is cognitively problem solving in the area of application (the authentic context) while reading the text“*, Honebein, 1993, S.93).
- die Wichtigkeit des sozialen Kontextes zu beachten. Dialog und Interaktion (mit anderen Menschen) sind unter anderem Voraussetzung für die Entwicklung von meta-kognitiven Strategien (*„[...] it is the internalization of social speech into inner speech [...], that allows one to plan and monitor cognitive progress,“* Knuth, 1993, S. 171f). Entsprechend gilt das im Kapitel „Text und Textverstehen“ zu diesem Thema Gesagte.
- nicht um des leichteren Lernen willens die Komplexität des Sachbereichs zu reduzieren (Jonassen, 1992, S.387f und Winn, 1993, S. 193f). Dies hängt mit der Frage zusammen, ob Lernen ein additiver Prozeß ist (wie etwa von Gropper (in Gropper, 1983) vertreten¹¹) oder ob komplexere

10 Im Grunde meinen aber beide das Gleiche.

Wechselwirkungen existieren, in der Form, daß das fortgeschrittene Wissen nicht mit dem vereinfachten vereinbar ist. Auch die von Roth (Roth, 1990) beschriebene Situation ist ein Beispiel). Nach letzterer Ansicht kann die Komplexität nach und nach beliebig gesteigert werden, ohne daß dadurch Verständnisprobleme auftreten.

Die Konsequenz ist, daß Lernen am besten gefördert werden kann, wenn den Lernenden die Möglichkeit gegeben wird, eigene Entdeckungen zu machen.

Dem entgegengesetzt ist das passive, rezeptive („receptional“¹²) Lernen, welches z.B. in den Theorien des „*instructional design*“ (zumindest denen der ersten Generation) vertreten wird (siehe Kapitel 2.2).¹³ Diese Sichtweise zielt auf ein bestimmtes (vom Lehrer, Curriculum, etc.) vorgegebenes Lernergebnis („outcome“) ab. Das Ergebnis sollen die Lernenden auf eine ebenfalls vom Lehrer gesteuerte Art und Weise erreichen, da nur auf diese Weise eine erfolgreiche („*There is much evidence to suggest that learners, when free to select their own learning strategy, do not always select wisely.*“, Romiszowski, 1990, S. 19.2) und effiziente Wissensvermittlung (Reigeluth, 1983a, S. 5) erreicht werden kann.

Es gibt in dieser Kontroverse nicht nur diese zwei extremen Standpunkte, sondern ein ganzes Spektrum von Ansichten. Diese Darstellung sollte vor allem deren Spannbreite und die beiden grundsätzlichen Paradigmen verdeutlichen. Es ist jedoch fraglich, ob der eine oder der andere dieser beiden Lernstile für jeden Benutzer, zu jedem Zeitpunkt¹⁴ und in jedem Kontext der bessere ist. Eine Lernumgebung sollte also beide Möglichkeiten zur Verfügung stellen.

3.5 Zusammenfassung

Hypertext bietet einige Möglichkeiten, das Lesen eines Textes zu erleichtern, genauer: einerseits gibt er Autoren die Gelegenheit, diese Möglichkeiten zu eröffnen, andererseits können Leser diese auch recht einfach nutzen und den Lese-/Lernprozeß an eigene Präferenzen und Strategien anpassen.

-
- 11 Gropper (Gropper, 1983, S.45) schlägt eine Summation, um die Güte einer Lehrtheorie zu berechnen.. Sowohl die Maßnahmen („treatments“) durch den Lehrer als auch die Teile bzw. Probleme des Sachbereiches werden aufaddiert.
- 12 Die Bezeichnungen „discovery“ und „receptional learning“ gehen auf Ausubel zurück.(Ausubel, 1968). Er unterscheidet orthogonal zu diesem Gegensatz zwischen reinem auswendig Lernen („rote learning“) und sinnvollem Lernen („meaningful learning“).

Die Flexibilität und Bequemlichkeit des Zugriffes auf ausgewählte Textteile ist an sich schon eine dieser Möglichkeiten. Zugleich wird es durch sie ermöglicht, komplexe, multi-lineare Eigenschaften des Textinhaltes und der Argumentationsstruktur in der Zugriffsstruktur zu reflektieren, also sowohl aufzunehmen als auch darzustellen.

Diesen Vorteilen stehen aber auch mögliche Nachteile gegenüber. Der Eine ist, daß ein Hypertext unüberschaubar sein kann. Die daraus resultierende Desorientierung kann in gewissem Rahmen durch Übersichten, Pfade und typisierte Links behoben werden.

Die Fragmentierung eines Textes in Knoten getrennte Einheiten ist - trotz aller Verknüpfungen - der andere. Sie erschwert es dem Leser, die größeren Zusammenhänge im Text zu erkennen. Dies entspricht recht genau der in Kapitel 2.1 beschriebenen Problematik, subsumierende Wissensstrukturen aufzubauen.

Diese beiden Nachteile hängen meiner Meinung nach zusammen. Gemeinsame Ursache ist eine Sichtweise, die zwischen den verhältnismäßig kleinen Teilen des Textes (den Informationellen Einheiten) und dem Gesamttext keine anderen Strukturen beachtet.

Aus der Gegenüberstellung von explorativem und rezeptivem Lernen wurde die Erkenntnis gewonnen, daß es keine der beiden Vorgehensweisen in jedem Fall und für jeden Benutzer besser geeignet ist. Eine Lernumgebung sollte Möglichkeiten für beide Lernarten beinhalten.

-
- 13 In neuere Entwicklungen des Instructional Design werden konstruktivistische Ansätze berücksichtigt (vgl. etwa Lowyck, 1993).
 - 14 Häufig werden in diesem Zusammenhang die drei Phasen „Initial Knowledge Acquisition“, „Advanced Knowledge Acquisition“ und „Expertise“ unterschieden; grob gesagt sei mit zunehmendem Wissen mehr Eigeninitiative, also exploratives Lernen geeignet (vgl. etwa Jonassen, 1992, S. 385ff).

4

RHIZOM

In diesem Kapitel wird das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte RHIZOM-System vorgestellt. Zunächst wird in Kapitel 4.1 ein Textmodell entworfen, das die Ergebnisse der Betrachtung von Text und Hypertext aufnimmt.

In Kapitel 4.3. wird das Textmodell in einer DTD (Document Type Description) konkretisiert. Gemäß dieser DTD kann der Autor eine Beschreibung des Inhaltes seines Dokumentes abfassen/erstellen.

Die Anwendung dieser Beschreibung findet sich in den darauf folgenden Abschnitten. Das Gesamtsystem besteht aus zwei Teilen: einige Programme auf dem Server sind für die Verwaltung von Dokumenten, die Darstellung einzelner Textauschnitte sowie für die Verarbeitung der Repräsentation der Themenstruktur eines Dokumentes für die weitere Benutzung zuständig. Die ersten beiden Funktionen basieren im wesentlichen¹ auf dem IP4W³-System von Stefan Mintert (Mintert, 1999).

Für den Benutzer sichtbar ist ein im WWW-Browser laufendes Java-Applet, Kapitel 4.6, welches die Themenstruktur visualisiert und die Navigation durch das Dokument anhand dieser Struktur erlaubt. Zusätzlich bietet es die Möglichkeit, Pfade durch den Hypertext zu generieren. Eine Beschreibung der zur Pfadgenerierung implementierten Algorithmen folgt in Kapitel 4.8.

Die Implementation verwendet neben Java 1.1 (JDK 1.1.6), Perl 5, die DSSSL-Engine Jade (Version 1.2.1), sowie das CoST-Paket (in der Version 2.0a3.)

Die weitgehende Verlagerung der Funktionalität auf die Client-Seite ist sowohl technisch als auch praktisch begründet. Technisch, weil die Kommunikation zwischen Java, dem Browser und dem Server via JavaScript sehr umständlich ist (mehr dazu in Kapitel 4.5.5), praktisch, da eine Navigationshilfe, die über den Server läuft, für den Benutzer mit Wartezeiten verbunden sein kann, die ihrer Funktion zuwiderläuft.²

1 Zu den Änderungen/Unterschieden siehe Kapitel 4.4.1

2 Man kann dagegen argumentieren, daß die gesamten Daten auf einmal zu übertragen die Wartezeit nur auf einen Zeitpunkt verlagert. Eine *on-demand* Lösung wäre wahrscheinlich die bessere.

4.1 Das Textmodell

In diesem Kapitel wird eine abstrakte Repräsentation zur Modellierung von Texten entworfen. Es wird eine themenorientierte Organisation vorgeschlagen, die einen Kompromiß zwischen den Anforderungen der Lehrtheorien und der „Natürlichkeit“ für den Autoren darstellt.

Die Ergebnisse der Betrachtung zu Textverständnis und Hypertext lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- eine ausschließliche Repräsentation der Sachbereichsstruktur ist zum Verständnis nicht ausreichend und wünschenswert, da sie nur das Ergebnis des Lernprozesses darstellt, aber den Vorgang des Lernen selbst nur bedingt unterstützt. Texte (insbesondere Lehrtexte/-bücher) enthalten neben dem 'puren' Wissen Beschreibungen/Hilfen, didaktische Elemente, die den Lernprozeß unterstützen.
- aus linguistischer und pädagogischer Sicht ist für das Textverständnis - neben der Anwendung von meta-kognitiven Strategien durch den Lernenden - vor allem die Bildung einer subsumierenden Repräsentation des Textinhaltes, der Makrostruktur, notwendig und problematisch. Der Aufbau dieser Struktur wird durch rhetorische und 'syntaktische' Hinweise (Kapitelstruktur) unterstützt.
- Hypertext ist ein geeignetes Mittel/Medium vor allem für das explorative Lernen. Exploratives Lernen ist aber nicht immer und nicht für jeden die beste Vorgehensweise/Lernart. Die Fragmentierung des zugrundeliegenden Textes und die daraus resultierende mangelnde Übersichtlichkeit kann das Verständnis größerer Zusammenhänge erschweren. Diese Nachteile lassen sich in gewissem Rahmen durch typisierte Verknüpfungen, Metaansichten, sowie vorgegebene Pfade ausgleichen.

Zur Umsetzung dieser Ergebnisse sind noch einige Überlegungen nötig. Ein (Lehr-)Text enthält im Normalfall mehrere voneinander abgrenzbare Einheiten oder Themen. Jedes dieser Themen ist in unterschiedlichem Maße in sich abgeschlossen, steht auf verschiedene Arten mit anderen Themen in Verbindung. Diese Verbindungen oder Zusammenhänge können zum Beispiel darin bestehen, daß Thema A auf Thema B aufbaut, ein Sonder- oder allgemeinerer Fall ist, sie können auch begründend, erklärend, usw. wirken bzw. eingesetzt werden („aus A wissen wir, daß ...“) und vieles mehr.

Die betrachteten Lehrtheorien berücksichtigen nur einige der möglichen Zusammenhänge zwischen Themen. Insbesondere die für den Leser/Lernenden 'Interessanten', wie Begründungen, Parallelen, Analogien werden nicht behandelt, bzw.

unter abstrakten Formen subsumiert.³ Trotzdem sollten sie in der Repräsentation enthalten sein, zumindest, um für den Leser sichtbar zu sein.

Ein Ansatz, der während der Entwicklung versucht wurde, war, verschiedene Arten von Textstrukturen zu klassifizieren (im wesentlichen waren das argumentative und beschreibende). Die Idee war, daß diese Textstrukturen sich auf verschiedene Arten lesen lassen (z.B. eine Argumentation ausgehend vom Ergebnis oder von den Ausgangspunkten). Es konnte jedoch keine befriedigende Übertragung der Lehrtheorien gefunden werden.

Als nächstes wurde daher eine enger an die Lehrtheorien angelehnte Repräsentation gewählt. Hier ergab sich jedoch das Problem, daß eine Repräsentation, die sowohl die Zusammenhangsstruktur des Textes bzw. Sachbereiches auf allen Ebenen einbezieht als auch die von den Lehrtheorien geforderten bzw. zur Anwendung der Lehrtheorien erforderlichen Elemente enthält, sehr komplex wäre. Am Beispiel einer elaborativen Hierarchie (siehe Kapitel 2.2.2) soll das verdeutlicht werden.

Eine elaborative Hierarchie organisiert ein Thema in zwei Dimensionen, der Komplexität (Breite) und der Detailliertheit (Tiefe), so daß sich eine baumartige Struktur ergibt. Jeder Pfad von der Wurzel dieses Baumes zu einem Blatt und auch jede Ebene muß einer kohärenten *Darstellung* des Themas entsprechen (strenggenommen sogar jeder Knoten). Zusätzlich hat jede dieser Darstellungen einen eigenen rhetorischen, didaktischen, argumentativen Aufbau, der Beispiele, und Zusammenhänge (u.a. Voraussetzungen) mit anderen Themen (bzw. bestimmten Darstellungen dieser Themen) beinhalten kann.

Die Repräsentation der Gesamtstruktur eines Textes wäre so komplex, daß sie erstens für den Autoren bedeuten würde, den Text praktisch noch einmal zu verfassen, und zweitens auch für den Leser nicht mehr zu überschauen wäre (Stichwort *cognitive overhead*.) Daher wurde auf die vollständige Repräsentation der Feinstruktur einer Darstellung verzichtet.⁴ Diese Entscheidung ist weiterhin in der Annahme begründet, daß angenommen wird, daß diese Feinstruktur für den Lernenden vergleichsweise leicht zu erfassen ist.^{5,6} Die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Themen sollen aber berücksichtigt werden. Sie lassen sich - im Rückgriff auf die Lehrtheorien - in drei Kategorien einteilen:

3 Die Elaboration Theory schreibt zwar Analogien als Teile einer elaborativen Sequenz vor, allerdings eher im Sinne von 'lebensweltlichen' Bezügen (z.B. die zoom lens als Analogie zur Elaboration selbst) und nicht innerhalb des Sachbereiches.

4 Sie ließe sich aber relativ leicht ergänzen.

5 Die Struktur, nicht unbedingt der Inhalt.

- Unterthemen, z.B im Sinne einer Ober-/Unterbegriffs- oder einer Teil/Ganzes-Beziehung, aber auch als Teil einer Begründung oder Argumentation;
- Voraussetzungen, diese entsprechen den *essential prerequisites* in der Theorie von Gagné;
- andere (informative, unterstützende) Zusammenhänge, die unter die „*supportive prerequisites*“ fallen.

Zu beachten ist, daß dieses Modell die Repräsentation alternativer Organisationen des Textes ermöglicht. Anders gesagt, es erlaubt, Themen unter unterschiedlichen Gesichtspunkten in Verbindung zu setzen. Es läßt sich aber nicht eindeutig charakterisieren oder gar definieren, was einen Zusammenhang zwischen Themen zu einem eigenen Thema macht. Dies liegt letztendlich im Ermessen des Autoren.

Zusammenhänge zwischen Themen und Textabschnitten werden als Relationen modelliert. In Verbindung damit ist noch zu klären, ob es neben bzw. innerhalb der genannten Kategorien eine beschränkte, definierbare Menge von Arten/Typen von Zusammenhängen gibt bzw. geben soll. Diese Problematik ist eng verwandt der Kontroverse um semantische Primitiva in Wissensrepräsentationen (z.B. in semantischen Netzen). Allen und Hoffman (Allen, 1993) diskutieren (im Kontext von SemNet) ausführlich Vor- und Nachteile der Beschränkung einer Repräsentation auf bestimmte Primitiva. Als Vorteile einer Restriktion werden aufgeführt

- eine freie Auswahl führt häufig zu einer Vielzahl von unterschiedlichen Bezeichnungen mit sehr ähnlichen Bedeutungen;
- das (Er-)Finden der exakten, passenden Bezeichnung ist aufwendig;
- Netze mit ähnlichen Strukturen lassen sich aufgrund unterschiedlicher Bezeichnungen schwer vergleichen;
- die Bedeutung einer Bezeichnung ist nicht klar definiert und kann un- oder mißverständlich sein.

Als Nachteile einer Restriktion werden genannt, daß:

- der Zugriff auf die Struktur erleichtert wird durch den feineren bzw. genaueren Index, den beliebige Bezeichnungen bieten;

6 Dies steht in Einklang mit der Aussage von Parsaye et al.: „*One of the barriers to the exploitation of information is a failure to identify interconnectivities that allow us to recognize links and similarities between pieces of information that are normally stored in separate locations.*“ (zitiert nach Kuhlen, 1991, S.99).

- komplexere Beziehungen aufwendig durch Primitiva (re-)konstruiert werden müssen.

In Bezug auf rhetorische Strukturen eines Textes sind die Ansichten ähnlich uneindeutig. In der *Rhetorical Structure Theory* (Mann, 1985) werden etwa dreißig thematische Rollen erwähnt, ohne daß diese als vollständige Menge definiert werden. In dem Autorensystem SEPIA (Streitz, 1990b), welches Argumentationsstrukturen repräsentiert, werden - mit Bezug auf Toulmin-Strukturen/Schemata - vier verschiedene, in Streitz (Streitz, 1990a) sechs verschiedene Elemente (*operations*) benutzt.⁷

Im Endeffekt kann diese Frage nicht allgemein beantwortet werden, denn die Antwort hängt von der Interpretation, d.h. Operationalisierung, der Zusammenhänge/Relationen ab (Russell, 1990). In RHIZOM basieren alle Relationen auf den beschriebenen drei Kategorien, es sind aber beliebige Bezeichnungen erlaubt.

Grundlegende Idee dieses Entwurfs ist die Organisation des Texts in/nach (multi-hierarchischen) Themen. Dies ist eine semantische Analogie zur Kapiteleinteilung in einem konventionellen Text und soll den Aufbau einer Makrostruktur des Inhaltes unterstützen. Außerdem ist ein Thema die Grundeinheit einer Lehrsequenz. Gleichzeitig ermöglicht/entspricht diese Organisation der Bildung übergeordneter kohärenter (informationeller) Einheiten auf Hypertext-Ebene und kann somit zur Entschärfung der Orientierungsproblematik von Hypertext dienen. Eine Konkretisierung dieses Modells findet sich bei der Erläuterung der DTD, gemäß derer der Autor den Text beschreiben kann.

4.2 Format

Eine Beschreibung der Textstruktur muß in einer Sprache bzw. in einem Formalismus geschehen. In diesem Abschnitt wird diskutiert, welche Sprache sich dafür anbietet. Als Voraussetzung gilt dabei, daß das zu beschreibende Dokument als SGML-Instanz vorliegt.

Die ursprüngliche Konzeption war, daß die Beschreibung der Themenstruktur in Form von SGML-Tags innerhalb des Dokumentes selber erfolgen sollte. Daraus folgt zwingend, daß die Beschreibungssprache ebenfalls SGML und durch eine DTD festgelegt ist. Dies ist auf den ersten Blick auch sehr naheliegend, ist doch SGML entworfen worden, unterschiedliche Arten von Informationen zu einem Text notieren zu können.⁸

7 Aus den Beschreibungen des Systems geht nicht klar hervor, ob dies wirklich alle sind.

Eine Aufnahme der Beschreibung in das Dokument hat vor allem den Vorteil, daß die entsprechenden Tags sowohl im Sinne dieser Beschreibung interpretiert werden können, als auch für die Formatierung/das Layout nutzbar sind. Das heißt, daß das Tag `<example>` gleichzeitig als semantische Auszeichnung eines Abschnittes und als Formatierungsinstruktion für „*Beispiel 4.1.*“ verarbeitet werden kann, genauso wie etwa `` die sowohl für die Darstellung als auch für die Auswahl anhand der Repräsentation wichtige Information anzeigt, daß dieser Abschnitt aus einem Bild besteht.

Das zweite Beispiel⁹ deutet schon die Problematik an (sie soll hier auch nicht weiter vertieft werden), die ein solches Vorgehen mit sich bringt. Eine sinnvolle Einheit für die Präsentation eines Abschnittes besteht selten ausschließlich aus einem Bild; zumindest eine entsprechende Bildunterschrift sollte immer dazu gehören. Im Allgemeinen kann also der Vorteil der Integration nicht genutzt werden, insbesondere dann, wenn ein bereits bestehendes Dokument beschrieben werden soll.

Unabhängig davon hat die Inklusion der Themenstrukturbeschreibung noch weitere Vorteile

- durch die Platzierung der Tags im Elementbaum ist der Kontext, also der Abschnitt, auf den sie sich beziehen, eindeutig und sichtbar;
- aus dem gleichen Grund ist es möglich, einige Attribute implizit mit Werten zu belegen, d.h. die Beschreibung ist weniger aufwendig.

Diese beiden Argumente sind aber irrelevant für die Funktionalität des Systems. Die Nachteile einer Kombination von Dokument und Beschreibung sind im Vergleich schwerwiegender:

- für den Entwurf des Systems war es notwendig, implizite Abhängigkeiten von einer konkreten Dokument-Struktur auszuschließen. Dies garantiert die Unabhängigkeit von einem speziellen Textaufbau (siehe S. 9);
- die nötigen Änderungen an bestehenden DTDs, DSSSL Style Sheets, usw. sind aufwendig und zum Teil nicht gerade offensichtlich;¹⁰
- SGML ist inhärent hierarchisch (Elemente, die andere Elemente enthalten). Die zu beschreibende logische Struktur ist jedoch nicht- bzw. multihierarchisch.

8 vgl. die Diskussion von „*General Markup*“ in Mintert, 1999

9 für jeden der schon mal HTML gesehen hat

10 Z.B. wird häufig angenommen, daß das Parent-Element eines Unterkapitels das übergeordnete Kapitel ist; etwa zur Berechnung der Numerierung.

Im Endeffekt wurde SGML als Beschreibungssprache beibehalten. Allerdings werden Beschreibungen in getrennten Dateien erwartet und verarbeitet. So ist auch die Beschreibung existierender Dokumente möglich.¹¹ Diese Vorgehensweise hat den zusätzlichen Vorteil, daß die Möglichkeit mehrerer unterschiedlicher, unabhängiger Beschreibungen angelegt ist, was für Erweiterungen um leserdefinierte Beschreibungen und kooperative Elemente notwendig würde.

Für eine konkrete Anwendung (also einen Autoren, der ein Dokument schreiben und beschreiben will) bestünde die Möglichkeit, eine kombinierte Beschreibung programmatisch zu extrahieren. Im übrigen wäre in jedem Fall ein 'Authoring System' sinnvoll, welches die technischen Einzelheiten verstecken würde.

4.3 Die RHIZOM-DTD

In diesem Abschnitt wird die DTD beschrieben, gemäß der die Beschreibung der thematischen Struktur eines Dokumentes (im Folgenden auch Themenstrukturbeschreibung) entsprechend dem in Kapitel 4.1 entworfenen Textmodell erwartet wird. Eine DTD (Document Type Definition) ist eine Beschreibung der Struktur einer Klasse von Dokumenten auf der Basis von regulären Grammatiken.¹² Anhand dieser Beschreibung soll das im Kapitel 4.1 abstrakt eingeführte Textmodell auch vertieft und konkretisiert werden. Im Anhang ist die vollständige DTD abgedruckt.

Die DTD läßt sich in drei Teile unterteilen. Der erste Teil beschreibt die Deklaration bzw. Definition von Typen, von Verknüpfungen, etc., der zweite, die Zusammenfassung von Teilen des Dokumentes zu Einheiten, und der dritte den Aufbau von Definitionen von thematischen Strukturen unter Benutzung der beiden anderen Teile. Die folgende Erläuterung konzentriert sich auf die Teile zwei und drei. Die Funktion der Elemente des ersten Teiles wird im Kontext ihrer Verwendung beschrieben.

Eine (Text-)Einheit (UNIT) ist das kleinste Element einer Themenstruktur, das in RHIZOM repräsentiert wird. Es besteht eine annähernde Entsprechung zu den Knoten eines Hypertextes (was Abgeschlossenheit und Kontext betrifft), allerdings nicht unbedingt zu (einzelnen) typographischen Einheiten eines Textes oder SGML-Elementen.¹³ Zum Beispiel kann es vorkommen, daß zwei Absätze zusammen den Inhalt haben, der eine bestimmte Funktion innerhalb eines The-

11 Eventuell müssen Elemente des Dokumentbaumes um ID-Attribute erweitert werden (siehe Kapitel 4.4), ansonsten kann das Textdokument unverändert bleiben.

12 Für eine genauere Beschreibung verweise ich auf entsprechende Literatur.

mas hat. Eine Texteinheit kann daher eine Folge (d.h. die Reihenfolge ist wesentlich) von SGML-Elementen zusammenfassen. Die Zuordnung zu den Elementen im Dokumentbaum erfolgt über das CONTENT-Attribut der enthaltenen ELEMENT-Tags.

Mit dem REPRESENTATION-Attribut kann das Format bzw. die Art der Präsentation einer Texteinheit spezifiziert werden. Es verweist auf ein REPRESENTATION-TYPE-Element. Zur Zeit ist ein REPRESENTATION-TYPE nur durch eine Bezeichnung (NAME) und ein Symbol (ICON) definiert. Diese grobe Charakterisierung ließe sich verfeinern; als zusätzliche Kategorien könnten in Betracht kommen, wie ausführlich der Textabschnitt ist, wie formal er ist, etc. Die Zuweisung einer bestimmten Repräsentation soll nicht bedeuten, daß eine Texteinheit nur in dieser Form vorliegt (ein Diagramm mit Bildunterschrift und kurzer Erläuterung ist immer noch ein Diagramm), sondern nur der wesentliche Teil. Ebenfalls haben diese Tags nichts mit dem Darstellungsmechanismus zu tun.

Die Repräsentation einer Texteinheit wird in der aktuellen Version von RHIZOM nicht operational interpretiert, sondern dient nur zur Information des Benutzers. Innerhalb eines UNIT-Elementes lassen sich alternative Texteinheiten angeben, die den im wesentlichen gleichen Inhalt in anderer Form (REPRESENTATION) beinhalten. Dies geschieht durch die Definition von Texteinheiten mit einem ALTERNATIVE-Element innerhalb der entsprechenden Texteinheit, die im Normalfall angezeigt wird.

3 Die im Textmodell eingeführte Einteilung in thematische Einheiten wird durch TOPIC-Elemente umgesetzt. Zur Verknüpfung mit anderen Themen muß in einem TOPIC-Element eine eindeutige Identifikation (ID) angegeben werden. Das NAME-Attribut sollte einen für den Leser aussagekräftigen Namen für das Thema beinhalten.¹⁴ Die DOCUMENT- und ICON-Attribute werden zur Zeit nicht benutzt, das DOCUMENT-Attribut ist für eine mögliche Erweiterung der Repräsentation gedacht, die erlaubt, mehrere Texte durch eine Themenstrukturbeschreibung zu verbinden.

4 Ein TOPIC-Element muß ein ELABORATION-Element enthalten. Ein ELABORATION-Element entspricht einer Darstellung eines Themas. Durch die Schachtelung mehrerer ELABORATION-Elemente läßt sich eine elaborative Hierarchie von Darstellungen aufbauen, wie sie im Textmodell beschrieben wurde. Eine Darstellung eines Themas besteht in erster Linie aus einem Textabschnitt. Dieser Textab-

13 Hammwöhner beschreibt zwar Paragraphen/Absätze als Kandidaten für solche Einheiten, konstatiert aber zugleich, daß „eine korrekte Einteilung eines Textes in Paragraphen [...] allein semantisch begründet werden [muß und kann]“ (Hammwöhner 1990, S. 14f)

14 Wird kein Name angegeben, so wird stattdessen der Wert des ID-Attributes verwendet.

schnitt muß durch das UNIT-Attribut angegeben werden; es kann sich auf ein UNIT-Element beziehen oder direkt auf das entsprechend ausgezeichnete Element des Dokumentes¹⁵. Die Tatsache, daß ein Textabschnitt eine Vertiefung (*elaboration*) eines anderen ist, ist als Orientierungshilfe für den Benutzer nicht sehr informativ. Wenn angegeben, wird die Beziehung durch die Namen der so verbundenen Textabschnitte verdeutlicht. Durch die Angabe eines Namens (mit dem NAME-Attribut) für das ELABORATION-Element selbst besteht die Möglichkeit, diesen Zusammenhang noch weiter zu spezifizieren. Das COMPLEXITY-Attribut gibt die Komplexität oder Schwierigkeit des entsprechenden Pfades (also Ausschnittes aus dem Gesamthema) an. Der Wert dieses Attributes wird nur zur in Kapitel 4.6 beschriebenen Generierung von Pfaden verwendet.

Alternativ kann anstelle eines ELABORATION-Elementes auch ein SUBTOPIC-Element Blatt einer elaborativen Hierarchie sein. Das TOPIC-Attribut verweist auf ein anderes Thema, welches auf eine bestimmte Art (angegeben durch das TYPE-Attribut) untergeordnet ist. Wie auch bei den ELABORATION-Elementen kann mit dem NAME-Attribut ein aussagekräftigerer Name für diese Beziehung angegeben werden. Ein Thema kann Unterthema (SUBTOPIC) von mehreren verschiedenen Themen sein; zum Beispiel kann dieser Abschnitt sowohl als Teil der Implementation des RHIZOM-Systems gesehen werden, als auch als vertiefende Darstellung des Themas Textmodell. Auf diese Art und Weise lassen sich multihierarchische Themenstrukturen aufbauen. Zyklen (das heißt, daß in einem thematischen Zusammenhang Thema A Unterthema von Thema B ist, in einen anderen Zusammenhang aber eine umgekehrte Beziehung besteht) sind erlaubt.

Mit einem oder mehreren PREREQUISITE-Elementen können notwendige Voraussetzungen für das Verständnis einer Darstellung angegeben werden. Voraussetzungs-Beziehungen können sowohl innerhalb eines Themas, als auch zu anderen Themen bzw. bestimmten Darstellungen anderer Themen bestehen.¹⁶ Mit dem TOPIC-Attribut wird das entsprechende Thema angegeben; das ist notwendig, da es nicht notwendigerweise eine eindeutige Zuordnung von Texteinheiten zu Themen geben muß. Durch das UNIT-Attribut kann eine spezielle Darstellung ausgewählt werden.

Mit RELATION-Elementen können weitere Verknüpfungen beschrieben werden. Die Attribute entsprechen denen der PREREQUISITE-Elemente. Einerseits können so Darstellungen weitere Texteinheiten mit bestimmten Funktionen zuge-

15 Im Allgemeinen ist die Verwendung von UNIT-Elementen vorzuziehen, da nur so die Möglichkeit besteht, eine informative Bezeichnung zu vergeben.

16 In der elaborativen Hierarchie übergeordnete Darstellungen sind implizit Voraussetzung für ihre Nachkommen.

ordnet werden, etwa Beispiele; für diese Anwendung sollte kein `TOPIC`-Attribut angegeben werden. Andererseits lassen sich Zusammenhänge zu anderen Themen herstellen, die nicht durch die `SUBTOPIC`-Relation erfasst werden. Solche Verknüpfungen werden von RHIZOM immer bidirektional interpretiert, sie sollten also nur an einem Ende angegeben werden. Daher sollten - wenn angebracht - die `inverse_name` bzw. `inverse_icon` Attribute des Relationentyps gesetzt werden.

Zusätzlich zu den bisher erwähnten Attributen erlauben alle verknüpfenden Elemente noch zwei weitere. Mit dem `EXPLICATION`-Attribut kann eine Texteinheit angegeben werden, die die entsprechende Beziehung genauer beschreibt. Das `IMPORTANCE`-Attribut dient zur Angabe der Wichtigkeit einzelner Zusammenhänge in Form eines numerischen Wertes. In der vorliegenden Implementation wird der Wert aber lediglich zur Information des Benutzers verwendet.

Die DTD enthält kein die Themenbeschreibungen umschließendes Element. Ein solches wird für die Strukturbeschreibung nicht benötigt, auch die `DOCTYPE`-Deklaration sollte in den an das System übergebenen Dateien nicht enthalten sein. Entsprechende Elemente sind in der zusätzlichen `RHIZOMATIK`-DTD enthalten, die nur intern verwendet wird (siehe Kapitel 4.4.)

4.4 Vorbereiten des Dokumentes

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die gemäß den `RHIZOM`-DTD (siehe Kapitel 4.3) abgefasste Themenstrukturbeschreibung weiter verarbeitet wird. Da die eigentliche Anwendung in einem Java-Applet geschieht, welches im Browser des Benutzers ausgeführt wird, besteht dieser Prozeß hauptsächlich in einer Transformation der SGML-Datei in ein Format, das für die Benutzung durch das Applet geeignet ist.¹⁷ Dieses Format enthält prinzipiell die gleichen Informationen wie die Originalbeschreibung, ist jedoch wegen der Einschränkungen von HTML recht unleserlich und wird deswegen nicht weiter beschrieben.

Die Verarbeitung des zugrundeliegenden Dokumentes beruht zu großen Teilen auf den im Rahmen des `IP4W3`-Systems entwickelten Mechanismen. Daher erfolgt hier nur eine kurze Beschreibung der Schritte, die zur Benutzung nötig sind. Es ergeben sich jedoch einige Besonderheiten bezüglich der Generierung von Ausschnitten des Dokumentes. Darauf wird in Kapitel 4.4.1 eingegangen.

¹⁷ Es wurde der Weg gewählt, die Informationen als Parameter des `APPLET`-Elementes zu übergeben. Dieser Weg ist nicht sonderlich elegant; es sind auch andere Lösungen möglich. Die naheliegende Möglichkeit, eine eigene Verbindung zum Web-Server zu öffnen, wurde verworfen, da hauptsächlich vor Zugriffsproblemen im Zusammenhang mit „firewalls“ gewarnt wird.

Das Dokument muß als eine SGML-Instanz vorliegen. Daneben ist ein DSSSL-Fragment zur Transformation einzelner SGML-Elemente nach HTML erforderlich. Mit dem `ip4w3-manager`-Skript wird es für die Benutzung in IP4W³ und RHIZOM vorbereitet. Eine Voraussetzung für den weiteren Fortgang ist, daß alle in der Themenstrukturbeschreibung (dazu später) referenzierten Elemente aufgelöst werden können, das heißt die beschriebenen Elemente müssen ein ID-Attribut mit dem entsprechenden Wert haben.

Der nächste Schritt besteht im Aufruf des Skriptes `make-rhizom`. Als Parameter erwartet es den Namen der Anwendung (der Parameter `dokID` des `ip4w3-manager`), sowie den Dateinamen einer Strukturbeschreibung dieses Dokumentes (welches keine `DOCTYPE`-Deklaration und kein `DOCUMENT`-Tag enthalten darf.) Optional kann auch der Pfad von IP4W³ übergeben werden:

```
make-rhizom [ip4w3-pfad] anwendung/dokID rhizom-datei
```

Dieses Skript führt folgende Schritte aus¹⁸:

- (1) die durch den `ip4w3-manager` erzeugte Dokumentdatei (die jedem SGML-Element eine eindeutige Nummer gemäß der Präorder-Numerierung, die (`intern/quelle.sgml`) wird mittels eines DSSSL-Skriptes (`tag.dsssl`) 'anonymisiert', das heißt alle Elementnamen werden durch `TAG` ersetzt; alle Attribute (insbesondere die `ID`-Attribute und die `internal-ids`) werden übernommen;
- (2) das Ergebnis wird mit dem RHIZOM-Rumpf zu einer mit der `RHIZOMATIK-DTD` konformen Instanz zusammengesetzt;
- (3) diese wird an den SGML-Parser `nsgmls` übergeben, und die Ausgabe in '`intern/rhizom.parsed`' abgelegt. Die weiteren Schritte gehen davon aus, daß dabei keine Fehler auftreten¹⁹;
- (4) das Ergebnis wird dazu verwendet, eine Datei '`intern/ids.map`' anzulegen, die eine Liste von Zuordnungen von ID-Attributen zu `internal-ids` enthält;
- (5) weiterhin wird die Java-Klasse `IPSGMLDocumentBuilder` aufgerufen. Diese Klasse liest²⁰ die Datei '`intern/rhizom.sgml`' ein und transformiert die Themenstruktur in ein HTML-Fragment, welches die Parameter-Definition (die `<PARAM>`-Tags für das Java-Applet beinhaltet). Diese wird ausgegeben und muß aufgrund der Beschränkungen von

18 Die im Folgenden genannten Dateinamen sind als relativ zum IP4W³-Verzeichnis zu verstehen. Diejenigen mit dem Pfadpräfix '`intern/`' liegen innerhalb des Dokumentenverzeichnisses der entsprechenden Anwendung bzw. Dokumentes.

19 d.h. das Dokument *valid* und *conforming* ist

20 unter Benutzung von CoST als *native library*

HTML noch einmal konvertiert werden. Dies geschieht durch das Perl-Skript 'escape.pl', welches nicht-alphanumerische Zeichen gemäß dem URL-Encoding umwandelt.

- (6) das Ergebnis wird durch das Skript 'applet.pl' zu einer vollständigen Applet-Deklaration umgewandelt, und als 'intern/applet.html' abgelegt. Diese Datei wird von 'index.html' via 'Server-Side Include' eingebunden.²¹

4.4.1 Generierung von Dokument-Ausschnitten

Die Generierung von Dokument-Ausschnitten funktioniert im Prinzip auf die gleiche Art und Weise wie in IP4W³. Es ergeben sich jedoch zwei Probleme. Das Erste ist, daß die Generierung eines Elementes immer den kompletten Teilbaum, dessen Wurzel die übergebene Elementnummer (`internal-id`) ist, umfasst. Das bedeutet, daß z.B. ein Kapitel, welches Unterkapitel enthält, die andere Funktionen haben²² aus den Einzelteilen zusammengesetzt werden müssen (in Form einer UNIT-Definition).

Das zweite Problem ist, daß die in IP4W³ verwendete Methode die Ausschnitte immer in der Reihenfolge erzeugt, in der sie im Dokument auftreten. Die ist in RHIZOM jedoch nicht immer der richtige Lösung. Es konnte keine Methode gefunden werden, in einem Aufruf von Jade die Ausschnitte in der übergebenen Reihenfolge zu generieren. Aus diesem Grund müssen eventuell mehrere Aufrufe ausgeführt werden. Das ist sehr ineffizient; eine bessere Lösung sollte gefunden werden.

Die entsprechende Funktionalität findet sich in 'display.pl'. Ein weiterer Unterschied zu IP4W³ besteht darin, daß nicht Elementnummern, sondern IDS übertragen werden. Die Zuordnung der entsprechenden Elementnummern geschieht mithilfe 'intern/ids.map'.

4.5 Die Oberfläche

In diesem Kapitel wird der für den Benutzer sichtbare Teil des RHIZOM-Systems vorgestellt. Aufgrund der am Anfang von Kapitel 4 begründeten Entscheidung beinhaltet dieser Teil fast die gesamte Funktionalität des RHIZOM-Systems. Nur

21 Die Datei 'index.html' wird zur Zeit nicht automatisch erzeugt. Die Einbindung der Startseite des Dokumentes muß von Hand vorgenommen werden.

22 etwa so, daß die Abschnitte auf Kapitelebene eine Ebene einer elaborativen Hierarchie bilden und die Unterkapitel Vertiefungen.

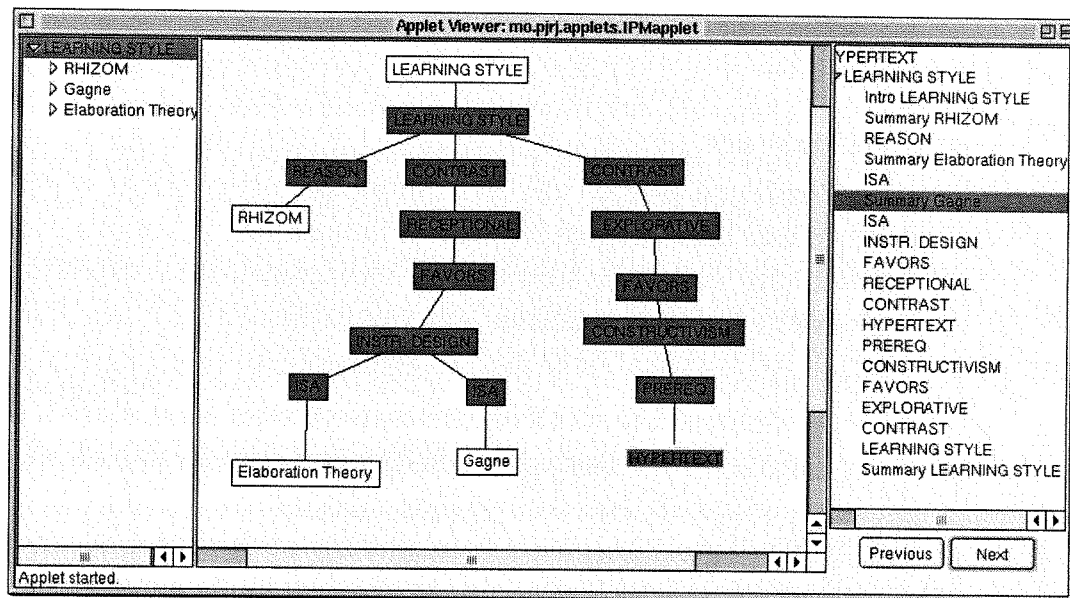


Abbildung 6. Das RHIZOM-Applet.

für die Generierung des eigentlichen Textes (also die Extraktion von Dokumentausschnitten) wird der Server in Anspruch genommen.

Zunächst werden die Benutzeroberfläche von RHIZOM beschrieben, dann die einzelnen Elemente und ihre Funktionen und anschließend ihre Interaktion.

RHIZOM stellt sich dem Benutzer mit einem in zwei Frames aufgeteilten Browserfenster dar/vor. Der untere ist für die Darstellung der Textausschnitte zuständig; diese ist gegenüber dem Original-Dokument fast unverändert. Der obere Frame beinhaltet ein Java-Applet, bestehend aus drei Fenstern. (siehe Abbildung 6) In jedem ist eine Ansicht der Text-/Themenstruktur zu sehen, allerdings auf verschiedenen Ebenen:

- ganz links befindet sich der Themenbaum, eine hierarchische/baumartige Darstellung der Themen (dies entspricht in etwa einem Inhaltsverzeichnis),
- daneben eine graphische Anzeige der Struktur des aktuellen Themas (die Themenansicht), und
- am rechten Rand in der Pfadansicht eine Auflistung des zuletzt generierten Pfades²³ durch ein oder mehrere Themen.

23 Die Algorithmen, mit denen die entsprechenden Pfade erzeugt werden, sind in Kapitel 4.6 beschrieben.

- Ein allgemeines Prinzip dieser Ansichten ist, daß schon besuchte Teile des Hypertextes mit kursiver und aktuelle Teile mit fetter Schrift ausgezeichnet sind.

4.5.1 Der Textframe

Im Textframe werden die Auschnitte des Hypertextes dargestellt. Diese sind gegenüber dem Original-Dokument unverändert²⁴. Ursprünglich war geplant, die Abschnitte, die einem Element der Themenstruktur entsprechen, um dynamisch generierte Links zu ergänzen. Aus verschiedenen Gründen wurde darauf verzichtet:

- Die Generierung von Dokumentausschnitten kann an sich schon sehr ineffizient sein. Da die dynamische Erzeugung von Links nicht in einem Schritt mit der Formatierung geschehen kann (d.h. durch Jade) wäre es nötig gewesen, nach der Formatierung noch einmal die generierten Auschnitte und die Themenstrukturbeschreibung einzulesen und die entsprechenden Links einzufügen. Hinzu kommt, daß durch den Formatierungsprozeß die Zuordnung der Elementnummern nicht notwendig erhalten bleibt.
- Ein anderer Punkt ist, daß es für den Leser verwirrend sein kann, wenn manchmal dynamische Links sichtbar sind und manchmal nicht. Dies bezieht sich nicht auf die Dynamik, sondern hängt mit der Entscheidung zusammen, die im Dokument vorhandenen HTML-Links aktiv zu belassen, da einige Seiten bzw. Ausschnitte des Dokumentes eventuell von der Themenstrukturbeschreibung nicht erfaßt werden (etwa ein „normales“ Inhaltsverzeichnis, Anhänge, etc). Dies kann wiederum die Übersichtlichkeit verringern, insbesondere, da diese Links nicht mit dem Applet synchronisiert werden können.

4.5.2 Der Themenbaum

Der Themenbaum ist die globalste Navigationshilfe, die RHIZOM bietet. Er ermöglicht eine Übersicht über die Textstruktur auf Themenebene. Die Darstellung erfolgt in einem Fenster, welches zeilenbasiert Text darstellt, also eine ähnliche Funktionalität bietet, wie eine 'List' in Java. Jede Zeile entspricht dabei einem Thema, repräsentiert durch dessen Namen. Im Unterschied zu einer flachen Listendarstellung ermöglicht der Themenbaum - wie der Name schon nahelegt - jedoch den Umgang mit hierarchischen Strukturen.

²⁴ Es sei denn, durch den Formatierungsprozeß (siehe Kapitel 4.4.1) werden Änderungen verursacht.

Ein Pfeil links vom Namen eines Themas signalisiert, daß dieses Thema Unterthemen hat.²⁵ Zeigt er nach rechts, so werden die Kinder nicht angezeigt. Durch Klick auf den Pfeil klappt er nach unten, und das Thema wird expandiert, d.h. die Kinder werden, um eine Stufe eingerückt, direkt darunter eingefügt. Durch einen weiteren Klick läßt sich dies auch wieder rückgängig machen.

Damit diese Art der Darstellung möglich ist, muß es Themen geben, die in keinem anderen enthalten sind. Diese Wurzel- oder globalen Themen sind die Elemente der obersten Ebene des Topic-Trees. Die Bedingung, daß es mindestens ein Wurzel-Thema geben muß, wird beim Interpretieren der SGML-Datei sichergestellt.

Die thematische Struktur muß aber keine Hierarchie sein. Es sind sogar Zyklen, d.h. wechselseitige Inklusionen als Unterthemen, erlaubt. Eine reine Baumstruktur ist keine angemessene Darstellung, denn es ist gerade der Sinn dieser Übersicht, zu verdeutlichen, welche Themen in welche einfließen. Die Lösung ist ein modifizierter Depth-First-Search, bei dem aber nur die Knoten auf dem aktuellen Pfad als markiert gelten. Der Algorithmus bricht ab, sobald er an einen Knoten gelangt, der keine Kinder hat, oder dessen Kinder alle schon im aktuellen Pfad vorkommen. Auf diese Weise werden die entsprechenden Knoten virtuell vervielfältigt.

4.5.3 Die Themenansicht

In der Themenansicht wird die elaborierte Hierarchie eines einzelnen Themas graphisch dargestellt (siehe Bild). Sie enthält neben den Darstellungen, Vertiefungs- und Voraussetzungsreaktionen eventuell auch zusätzliche Verbindungen zu anderen Themen, sowie einzelne Texteinheiten mit speziellen Funktionen (Beispiele, etc.).

Die gesamte thematische Struktur bildet einen azyklischen Graphen.²⁶ Auf oberster Ebene ist/wird die allgemeinste Darstellung, also die Wurzel der elaborierten Hierarchie, eingezeichnet. Unter jedem Knoten werden seine Vertiefungen etc. angeordnet.²⁷

In der Übersicht werden einzelne Elemente wie folgt ausgezeichnet:

-
- 25 Alternativ wäre es auch möglich, statt nur der Unterthemen auch annotative Zusammenhänge aufzunehmen. Ich denke jedoch, daß dies die Übersichtlichkeit verringern würde. Annotative Zusammenhänge werden in der Themenansicht dargestellt.
 - 26 Da im Normalfall Lehrbücher keine hermeneutischen Zirkel enthalten, wurde auf die Möglichkeit, diese zu modellieren, verzichtet.
 - 27 Voraussetzung werden für die Ansicht als übergeordnet interpretiert.

- Themen: Der Name des Themas erscheint in schwarzer Schrift vor gelbem Hintergrund.
- Texteinheiten: Der Name (wenn angegeben) wird mit schwarzer Schrift vor rotem Hintergrund ausgegeben (leere Texteinheiten ohne Hintergrund). - Falls für eine Texteinheit alternative Repräsentationen definiert wurden (ALTERNATIVE-Elemente) erscheint links vom Namen ein Icon, welches die Art der Repräsentation symbolisiert. Mausklick auf dieses Icon läßt ein Menue erscheinen, aus dem eine der anderen Repräsentationen auswählbar ist.
- Für Relationen gibt es zwei Möglichkeiten: Wurde der Relation (mit dem EXPLICATION-Attribut) eine erläuternde Texteinheit zugewiesen, so wird sie wie eine Texteinheit, allerdings mit hellblauem Hintergrund, dargestellt. Im anderen Fall wird der Name mit transparentem (grauem) Hintergrund eingezeichnet. Zusätzlich wird links vom Text ein Icon (ICON-Attribut) eingefügt.

Weitere Eigenschaften von Verknüpfungen werden wie folgt visualisiert:

- der Wert des IMPORTANCE-Attribut bestimmt die Breite einer Kante;
- PREREQUISITE-Verknüpfungen werden durch rote anstelle von schwarzen Kanten hervorgehoben.

Bei komplexen Graphen können Überschneidungen der Verbindungslinien nicht immer vermieden werden. Dabei lassen sich einzelne Elemente durch Ziehen („draggen“) der Maus verschieben.

Durch Doppelklick auf einen Themenknoten wechselt die Themenansicht zu dem entsprechenden Thema. Bei Control-Klick irgendwo in der Themenansicht, erscheint ein Menü, daß die verfügbaren Algorithmen zur Pfadgenerierung (siehe Kapitel 4.6) anbietet. Zur Zeit sind dies ein lokaler (ohne inter-thematische Voraussetzungen) DFS oder BFS, und entsprechend ein globaler (mit inter-thematischen Voraussetzungen) DFS bzw. BFS.

4.5.4 Die Pfadansicht

In der Pfadansicht wird ein vom System generierter Pfad (siehe Kapitel 4.6) dargestellt. Auch Pfade²⁸ sind insofern hierarchisch, als sie aus Teilpfaden bestehen, die wiederum Teilpfade enthalten können. Damit der Benutzer einen Überblick über den Pfad gewinnen kann, wird in der Pfadansicht der gleiche Bedienungsmechanismus genutzt, wie im Themenbaum. Die Darstellung eines Pfades ist so

²⁸ Nach Zellwegger (siehe Kuhlen, 1991, S. 150, Fußnote 75) fallen die Pfade von RHIZOM nicht unter das Pfadkonzept.

geordnet, daß die grundlegendsten Themen oben/am Anfang eingefügt sind, und daß Themen, von denen ausgehend der Pfad generiert wurde, unten bzw. am Ende stehen.

Der Next- bzw. Previous-Button wählt den Nachfolger bzw. Vorgänger des zuletzt dargestellten Pfadelementes aus (siehe Kapitel 4.5.5). Das ist keine „History“-Funktion, sondern dient dazu, einen Pfad wieder aufzunehmen.

4.5.5 Zusammenspiel

Die Bedienung der Applets folgt grundsätzlich der Entscheidung, sowohl die unabhängige Benutzung der einzelnen Ansichten zuzulassen, als auch ihre Synchronisation. Die allgemeine Regel ist, daß die einfache Auswahl (Mausklick) eines Bedienungselementes keine Auswirkungen auf die anderen Ansichten hat; diese werden nur durch Doppelklicks hervorgerufen. Im Einzelnen:

- Doppelklick auf ein Thema im Themenbaum löst die Darstellung dieses Themas in der Themenansicht aus;
- Umgekehrt ruft ein Doppelklick auf das *aktuelle* Thema in der Themenansicht die Öffnung aller Pfade zu diesem Thema im Themenbaum hervor;
- Doppelklick auf ein Element in der Pfadansicht bewirkt den Wechsel der Themenansicht zu dem Thema, zu dem der entsprechende Teilpfad gehört; war das Element der Teilpfad selbst, werden alle dazugehörigen Knoten herausgestellt, ansonsten nur die entsprechende Darstellung.

Die Bedienbarkeit dieser Applets leidet eindeutig unter dem mangelhaften Zusammenspiel zwischen Java und den WWW-Browsern. Es ist leider nicht möglich, von einem Applet aus dem Browser mitzuteilen, ein Dokument in einem bestimmten Frame darzustellen. Daher muß der Umweg über JavaScript gewählt werden. Um das System zumindest prinzipiell kompatibel zu anderen Browser als dem Netscape Navigator zu halten, wurde auch auf die Möglichkeit verzichtet, von Java aus JavaScript-Funktionen aufzurufen. Daher geschieht die Darstellung einer Texteinheit über einen HTML-Button („*Show It*“). Es wird immer das zuletzt ausgewählte Element dargestellt.

4.6 Pfadgenerierung

In diesem Abschnitt werden die Methoden zur Pfadgenerierung bzw. Sequenzierung vorgestellt, die in RHIZOM implementiert sind. Wie diese Methoden vom Benutzer angewandt werden können, wird in Kapitel 4.5.3 beschrieben.

Zuerst wird die Pfadgenerierung innerhalb eines Themas beschrieben, ohne Berücksichtigung der Abhängigkeiten zu anderen Themen. Auf die resultieren-

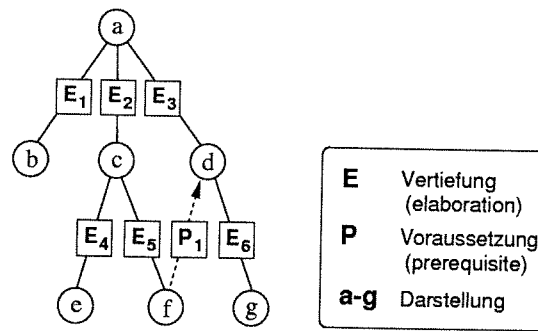


Abbildung 7. Elaborative Hierarchie mit Voraussetzungsbeziehung.

den Algorithmen aufbauend, wird die Pfadgenerierung um diese Voraussetzungen erweitert.

Die Elaboration Theory bietet zur Sequenzierung eines Themas zwei Möglichkeiten an, die *simple to complex*-Sequenz und die *general to detailed*-Sequenz. Auf die Baumstruktur übertragen, entsprechen diese Sequenzierungen einem Tiefendurchlauf respektive einem Breitendurchlauf, ausgehend von der Wurzel des Baumes.

Sind innerhalb des Themas keine Voraussetzungen definiert, werden die Vertiefungen (Kanten) in aufsteigender Reihenfolge des Wertes des COMPLEXITY-Attributes, der in der Themenstrukturbeschreibung angegeben wurde ausgewählt. Gibt es Voraussetzungs-Beziehungen innerhalb der elaborativen Hierarchie, so haben sie Präzedenz vor den Komplexitäts-Werten. In diesem Fall ist ein einfacher Tiefen- bzw. Breitendurchlauf nicht mehr ausreichend (siehe Abbildung 7.) Daher wurden topologische Versionen der entsprechenden Algorithmen implementiert. Der topologische Tiefendurchlauf (*topological sort*, im weiteren mit TDFS abgekürzt) ist ein bekannter Algorithmus, der hier nicht weiter erläutert werden muß.

Der topologische Breitendurchlauf (im Folgenden TBFS) basiert auf einem normalen Breitendurchlauf (*Breadth First Search*). Der Unterschied besteht - einfach gesagt - darin, daß nur die längsten Pfade zu einem Knoten beachtet werden. Anders ausgedrückt: ein normaler BFS fügt einen Knoten an die Liste der noch zu verfolgenden Pfade an, sobald dieser das erste Mal erreicht wird. Im Gegensatz dazu, wird beim topologischen BFS der Knoten erst weiterverfolgt, wenn *alle* Vorgänger besucht wurden.

Offensichtlich terminiert dieser Algorithmus nur, wenn der Graph azyklisch ist. Sonst kann die Bedingung, daß alle Vorgänger erreicht sind, nicht immer erfüllt werden. Diese Bedingung muß berücksichtigt werden; sie wird auch überprüft,

wenn die Themenstrukturbeschreibung eingelesen wird, und eine entsprechende Fehlermeldung wird ausgegeben.

Die topologischen Algorithmen lösen das Problem, indem Voraussetzungen intern als zusätzliche Kanten in der Baumstruktur (in Wirklichkeit ein Graph) interpretiert werden, und zwar so, daß sie auf den Knoten, der die *Vertiefungsrelation* repräsentiert, zeigen.

Zwei weitere Eigenschaften der Pfadgenerierung sind noch erwähnenswert: die zusätzlichen Annotationen (*RELATION*-Elemente) werden nicht berücksichtigt. Der Grund ist, daß die Pfadgenerierung nur die notwendigen Informationen einbezogen werden sollen, die der Leser dann nach eigenen Wünschen vertiefen kann. Unterthemen werden durch die Darstellung ersetzt, auf die sie verweisen.

Die zweite Eigenschaft ist, daß die Einheit eines Pfades eine Instanz ist. Eine Instanz entspricht einem übergeordneten Knoten, der Verknüpfung (wenn sie durch das *EXPLICATION*-Attribut einer Texteinheit zugeordnet ist) und dem untergeordnete Knoten. Durch dieses Vorgehen werden alle Knoten, die mehr als einen Nachfolger haben, mehr als einmal in den resultierenden Pfad eingefügt. Begründet ist diese Entscheidung damit, daß so der Kontext einer Vertiefung bzw. Voraussetzung erhalten bleibt.²⁹

Der entsprechende Algorithmus mit Berücksichtigung der inter-thematischen Voraussetzungen läuft grundsätzlich ähnlich ab. Auch hier gibt es wieder die Wahl zwischen einem DFS und BFS, und zwar sowohl innerhalb eines einzelnen Themas als auch zwischen den Themen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, ein vorausgesetztes Thema im Ganzen vor dem voraussetzenden Thema abzuhandeln (*Gagné*) oder die Darstellungen an der Stelle bzw. dem Zeitpunkt einzufügen, an dem es benötigt wird (dies entspricht der *ELABORATIONS*-Theorie). In *RHIZOM* wird eine Heuristik angewandt: Ist ein Thema auf verschiedene Arten Voraussetzung (also entweder für zwei oder mehr Themen oder für zwei unterschiedliche Darstellungen des Themas, die nicht auf einem Pfad liegen), so wird die erste Methode verwendet.

Im ersten Schritt für der Algorithmus folgendes aus:

- ein Pfad für das Ausgangsthema bzw. die Ausgangsdarstellung wird generiert (abhängig von der Auswahl des Benutzers mit einem DFS oder einem BFS)

²⁹ Dies ist vielleicht nicht immer notwendig. Eine Kompromißlösung wäre, aufeinanderfolgende Instanzen zusammenzufassen.

- dies geschieht rekursiv (in dieser Implementation immer mit einem DFS) für die inter-thematischen Voraussetzungen.

In der resultierenden Menge von Teilpfaden werden einmalige und mehrfache Voraussetzungen entsprechend der oben genannten Heuristik angeordnet.

Ein mit diesem Algorithmus generierter Pfad beinhaltet das, was nach den Angaben des Autors zum Verständnis des ausgewählten Themas notwendig ist. Er enthält aber auch nur das Notwendige; zusätzliche Informationen sind darin nicht enthalten.³⁰

4.7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte RHIZOM-System vorgestellt. Ein abstraktes Textmodell, das auf einer multi-hierarchischen thematischen Organisation beruht, wurde in einer DTD formalisiert. Gemäß dieser DTD kann der Autor die thematische Struktur seines Textes spezifizieren. Anhand der Themenstrukturbeschreibung werden graphische Übersichten über die thematische Struktur erzeugt, sowie Pfade generiert.

Die graphischen Übersichten erlauben eine freie Navigation durch die Themenstruktur. Dies ermöglicht dem Leser einen schnellen Überblick über die inhaltlichen Zusammenhänge des Textes zu gewinnen.

Die multi-hierarchische Organisation einer Themenstruktur bietet die Möglichkeit, den Text unter besonderer Berücksichtigung spezieller Gesichtspunkte/Aspekte des Textinhaltes zu repräsentieren.

Durch die auf der Voraussetzungsrelation basierende Pfadgenerierung ist sichergestellt, daß dem Leser das für das aktuelle Thema relevante Vorwissen präsentiert werden kann. Dies kann abhängig von der Themenstruktur und Benutzerpräferenzen nach unterschiedlichen Strategien geschehen. Zusätzliche Vertiefungen, Beziehungen und Informationen können kenntlich gemacht werden.

Die Möglichkeit alternative Präsentationen einzelner Darstellungen auszuwählen, bietet eine weitere Möglichkeit der Benutzeranpassung.

³⁰ Prinzipiell kann dieser Algorithmus auch umgekehrt eingesetzt werden. D.h. von einem Thema aus können alle Themen generiert werden, für die es Voraussetzung ist. So kann gesehen werden, welche Themen auf diesem aufbauen oder daraus folgen.

Schlußbemerkung

Das grundsätzliche Ziel dieser Arbeit war, das Lernen mit Hypertext zu erleichtern. In Kapitel 2.1 wurde als wichtigster Bestandteil des Verstehens- und Lernprozesses die Bildung einer subsumierenden Wissens- und Makrostruktur identifiziert.

Die in Kapitel 4.1 entworfene thematische Repräsentation von Texten beinhaltet die Elemente dieser Makrostruktur. Die Übersichten visualisieren diese Information (und erlauben Navigation durch und Orientierung im Hypertext anhand/ entlang der Themenstruktur) auf zwei unterschiedlichen Abstraktionsebenen, und unterstützen auf diese Weise das Erkennen und die Bildung der Makrostruktur durch den Leser. Der Themenbaum (Kapitel 4.5.2) gibt eine globale Übersicht über alle Themen des Textes, die Themenansicht (Kapitel 4.5.3) zeigt den Aufbau einzelner Themen und die Art ihrer Verbindungen zu den anderen.

Eine Möglichkeit für den Leser, sich diese Makrostruktur anzueignen, ist die Exploration des Textes. Eine (je nach Situation) ebenso angemessene Form ist die Rezeption eines vorgegebenen Ausschnittes (Kapitel 3.4). Exploratives Lernen ist durch die freie Navigation mithilfe der thematischen Übersichten möglich. Auf Wunsch/Anforderung des Benutzers können auch Pfade durch den Hypertext vorgegeben werden (Kapitel 4.5.4 und Kapitel 4.6). Diese Pfade realisieren zwei verschiedene, in Kapitel 2.2 vorgestellte Lerntheorien, die zwei verbreiteten Lernstilen entsprechen.

Eine weitere Voraussetzung für die Bildung der Makrostruktur ist das Erkennen und die Bewertung der Relevanz einzelner Sachverhalte im Zusammenhang des Textes (Kapitel 2.1). Dies wird unterstützt durch die semantische Kennzeichnung von Zusammenhängen durch typisierte Verknüpfungen (Kapitel 3.1). In RHI-ZOM werden typisierte Verknüpfungen in der Themenansicht (Kapitel 4.5.3) dargestellt. Eine Ergänzung dazu ist die Visualisierung der Wichtigkeit der Verknüpfungen.

Mit den verständnisunterstützenden Funktionen einher geht die Funktion als Navigations- und Orientierungshilfe im Hypertext (Kapitel 3.3), womit das Problem der Desorientierung (Kapitel 3.2) verringert wird. In den meisten der (in Kapitel 3.2) aufgeführten Situationen können Übersichten (Kapitel 4.5.2 und 4.5.3) den Benutzer unterstützen. Zu untersuchen wäre allerdings, ob die genannten Übersichten nicht zu viele Informationen enthalten, und so den in Kapitel 3.2 beschriebenen „*cognitive overhead*“ hervorrufen.

Dasselbe gilt im Endeffekt für das gesamte System. Es war im Rahmen dieser Arbeit nicht angemessen, Versuche durchzuführen, mit denen ergründet werden kann, inwieweit die von RHIZOM zur Verfügung gestellten Funktionen tatsächlich mit den praktischen Bedürfnissen von Lesern übereinstimmen.

Entsprechendes gilt auch aus der Sicht des Autoren. Die Verständlichkeit der Repräsentation (Kapitel 4.3) kann nicht im Allgemeinen bewertet werden. Die anderen Anforderungen (Kapitel 1.2) sind erfüllt. Durch die Trennung von Dokument und Beschreibung (Kapitel 4.2) ist es fast problemlos, existierende Dokumente zu beschreiben. Aus dem gleichen Grund, genauer durch die Unabhängigkeit von Positionen im Elementbaum, ist auch kein bestimmter Aufbau des Textes notwendig.

Ein anderer Punkt ist aber, inwieweit Texte in die von den Lehrtheorien vorgegebene bzw. geforderte Struktur passen. Diese Frage kann hier nicht beantwortet werden; weitgehende und umfangreiche Untersuchungen wären notwendig.

Die enge Anlehnung an die Lehrtheorien (Kapitel 2.2 und Kapitel 4.3) war für ihre effektive Umsetzung zur Generierung von Pfaden notwendig. Eine Erweiterung um andere Theorien könnte sich als schwierig erweisen. Fraglich ist aber, ob speziellere, sachbereichsunabhängige Theorien überhaupt möglich sind (Van Lehn, 1992). Wünschenswert wäre vor allem die Einbeziehung komplexerer Voraussetzungsbeziehungen.¹

Diese Idee führt zu der Diskussion von Erweiterungen des RHIZOM-Systems. Es bietet sich eine Fülle von Erweiterungsmöglichkeiten. Hier sollen nur einige kurz skizziert werden:

Die wichtigste und naheliegendste Erweiterung ist ein Benutzermodell, welches Interesse und Wissen des Benutzers, sowie den Kontext der Navigation berücksichtigt. Mit einem Benutzermodell könnten Teil der Funktionen, die momentan nur interaktiv genutzt werden können (z.B. Auswahl der Präsentationsform einer Darstellung), automatisiert werden. Während der Pfadgenerierung könnten Themen, die der Benutzer schon kennt, ignoriert werden.

Einer besseren Benutzermodellierung würde die Inklusion von Tests des Wissens des Lesers dienen. Dies könnte in Form von „Multiple-Choice“-Fragen geschehen. Eine Alternative wäre, vom Leser konstruierte Zusammenhänge mit denen des Autors zu vergleichen.

¹ z.B. wahrscheinlichkeitsbasierte oder die Erweiterung um die Möglichkeit andere logische/bollesche Beziehung auszudrücken (etwa A oder B genügt als Voraussetzung für C), um die scharfe Trennung von notwendigen und hilfreichen Voraussetzungen aufzuheben.

Aufbauend auf einem Benutzermodell und der Möglichkeit für den Benutzer (interaktiv), die vom Autor vorgegebenen thematischen Strukturen zu ändern bzw. eine eigene zu erstellen, wäre auch die Erweiterung um kooperative Elemente denkbar, wodurch RHIZOM einem Autorensystem näherkäme.

Vielversprechend ist auch die Erweiterung der Repräsentation auf mehrere Dokumente. Insbesondere Konferenz- und andere Sammelbände, die ein übergeordnetes Thema aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten, wären Kandidaten für die Zusammenfassung in einer thematischen Beschreibung.

In eine andere Richtung geht die Kombination des „Browsing“-Ansatzes von RHIZOM mit einem „Matching“-basierten Information-Retrieval-System. Speziell eine engere Integration mit IP4W³ könnte interessante Ergebnisse liefern.

Auch maschinelles Lernen könnte eingesetzt werden, um automatisch Zusammenhänge oder Themen zu finden. Dies könnte vor allem in Bezug auf die Voraussetzungsrelation nützlich sein.

Trotz dieser vielen Erweiterungsmöglichkeiten, muß sich die Praxistauglichkeit dieses Ansatzes noch erweisen. Resultate können sich erst nach häufigerer Nutzung durch sowohl Autoren als auch Leser ergeben.

Die RHIZOM-DTD

```
<!--
```

```
    DTD für RHIZOM
```

```
    1999 Moritz Thomas
```

```
-->
```

```
<!ENTITY % URI          "CDATA">
```

```
<!ENTITY % DOCUMENT    "CDATA">
```

```
<!ENTITY % typeattrs
```

```
    "id                ID                #REQUIRED
```

```
    name              CDATA             #IMPLIED
```

```
    icon              %URI              #IMPLIED"
```

```
>
```

```
<!ELEMENT relation-type - O EMPTY>
```

```
<!ATTLIST relation-type
```

```
    %typeattrs
```

```
    inverse_name      CDATA             #IMPLIED
```

```
    inverse_icon      %URI              #IMPLIED">
```

```
<!ENTITY % critical     "4">
```

```
<!ENTITY % essential    "3">
```

```
<!ENTITY % normal       "2">
```

```
<!ENTITY % comment      "1">
```

```
<!ELEMENT representation-type - O EMPTY>
```

```
<!ATTLIST representation-type
```

```
    %typeattrs>
```

```
<!ENTITY % types "relation-type | representation-type">
```

```
<!------->
```

```
<!ELEMENT unit - O (representation? & alternative* & element+)>
```

```

<!ATTLIST unit
    document    %DOCUMENT    #IMPLIED
    id          ID            #REQUIRED
    name        CDATA        #IMPLIED>

<!ELEMENT alternative - O (representation? & element+)>
<!ATTLIST alternative
    document    %DOCUMENT    #IMPLIED
    id          ID            #REQUIRED
    name        CDATA        #IMPLIED>

<!ELEMENT representation - O EMPTY>
<!ATTLIST representation
    type        IDREF        #IMPLIED
    name        CDATA        #IMPLIED
    icon        %URI         #IMPLIED>

<!ELEMENT element - O EMPTY>
<!ATTLIST element
    content     IDREF        #REQUIRED
    internal-id NUMBER      #IMPLIED>

<!------->

<!ENTITY % relattrs
    "type      IDREF        #IMPLIED
    id         ID            #IMPLIED
    name       CDATA        #IMPLIED
    icon       %URI         #IMPLIED"
>

<!ELEMENT elaboration - - (prerequisite*, (elaboration |
                                subtopic)*)>
<!ATTLIST elaboration
    %relattrs
    unit       IDREF        #REQUIRED
    complexity NUMBER      #IMPLIED>

<!ELEMENT subtopic - O EMPTY>
<!ATTLIST subtopic
    %relattrs

```

unit	IDREF	#IMPLIED
topic	IDREF	#REQUIRED
complexity	NUMBER	#IMPLIED>

<!ELEMENT prerequisite - O EMPTY>

<!ATTLIST prerequisite

 %relattrs

| | | |
|-------|-------|-----------|
| unit | IDREF | #IMPLIED |
| topic | IDREF | #IMPLIED> |

<!ELEMENT topic - O (elaboration, relate*)>

<!ATTLIST topic

| | | |
|----------|-----------|-----------|
| document | %DOCUMENT | #IMPLIED |
| id | ID | #REQUIRED |
| name | CDATA | #IMPLIED |
| icon | %URI | #IMPLIED> |

Literatur

Brockenborough S. Allen und Robert P. Hoffman, 1993: „Varied Levels of Support for Constructive Activity in Hypermedia-Based Learning Environments.“ In *Designing Environments for Constructive Learning*. Thomas M. Duffy, Joost Lowyck, David H. Jonassen (Hrsg.) New York: Springer-Verlag.

David P. Ausubel, 1968: *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

A. Collins und A.L. Stevens, 1983: „A Cognitive Theory of Inquiry Teaching.“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gilles Deleuze und Félix Guattari, 1977: *Rhizom*. Berlin: Merve Verlag.

Teun A. van Dijk und Walter Kintsch, 1983: *Strategies of Discourse Comprehension*. New York: Academic Press.

Thomas M. Duffy und Randy A. Knuth, 1990: „Hypermedia and Instruction: Where is the Match?“ In *Designing Hypermedia for Learning*. David H. Jonassen und Heinz Mandl (Hrsg.), New York, Springer Verlag.

Peter Michael Fischer und Heinz Mandl, 1984: „Learner, Text Variables, and the Control of Text Comprehension and Recall.“ In *Learning and Comprehension of Text*. Heinz Mandl, Nancy L. Stein und Tom Trabasso (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Robert M. Gagné, Leslie J. Briggs und Walter W. Wager, 1988: *Principles of Instructional Design*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

George L. Gropper, 1983: „A Metatheory of Instruction: A Framework for Analyzing and Evaluating Instructional Theories and Models.“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

R. Hammwöhner, 1990: *Ein Hypertextmodell für das Information Retrieval*. Dissertation. Universität Konstanz: Sozialwissenschaftliche Fakultät.

Peter C. Honebein, Thomas M. Duffy und Barry J. Fishman, 1993. „Constructivism and the Design of Learning Environments: Context and Authentic Activities For Learning.“ In *Designing Environments for Constructive Learning*. Thomas M. Duffy, Joost Lowyck, David H. Jonassen (Hrsg.) New York: Springer-Verlag.

Michael J.A. Howe, 1980: *The Psychology of Human Learning*. New York: Harper & Row.

- Rainer Kuhlen, 1991. *Hypertext: Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank*. Berlin: Springer Verlag.
- Randy A. Knuth und Donald J. Cunningham, 1993. „Tools for Constructivism.“ In *Designing Environments for Constructive Learning*. Thomas M. Duffy, Joost Lowyck, David H. Jonassen (Hrsg.) New York: Springer-Verlag.
- David H. Jonassen, 1992: „Cognitive flexibility theory and its implications for designing CBI.“ In *Instructional Models in Computer Based Environments*. Sanne Dijkstra, Hein P.M. Krammer und Jeroen J.G. van Merriënboër (Hrsg.), New York: Springer-Verlag.
- L.N. Landa, 1983a: „Descriptive and Prescriptive Theories of Learning and Instruction.“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- L.N. Landa, 1983b: „The Algo-Heuristic Theory of Instruction.“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kurt van Lehn, 1992: „A Workbench for Discovering Task Specific Theories of Learning.“ In *New Directions in Educational Technology*. Eileen Scanlon und Tim O'Shea (Hrsg.), New York: Springer-Verlag.
- Joost Lowyck und Jan Elen, 1993: „Transitions in the Foundations of Instructional Design.“ In *Designing Environments for Constructive Learning*. Thomas M. Duffy, Joost Lowyck, David H. Jonassen (Hrsg.) New York: Springer-Verlag.
- Heinz Mandl, 1992: *Lern- und Denkstrategien*. Göttingen: Hofgrebe.
- William C. Mann und Sandra A. Thompson, 1985: „Assertions from Discourse Structure.“ ISI Reprint Series RS-85-155. Nachdruck aus: *Proceedings of the Eleventh Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*.
- Sylvie Molitor, Steffen-Peter Ballstaedt und Heinz Mandl, 1989: „Problems in Knowledge Acquisition from Text and Pictures.“ In *Knowledge Acquisition from Text and Pictures*. Heinz Mandl und Joel R. Levin (Hrsg.), Amsterdam: North-Holland.
- Stefan Mintert, 1999. *Automatisierte WWW-Veröffentlichung auf der Basis formaler Auszeichnungssprachen*. Diplomarbeit. Universität Dortmund, Fachbereich Informatik.
- Jakob Nielsen, 1990: *Hypertext and Hypermedia*. San Diego, Academic Press.
- Charles M. Reigeluth, 1983a: „Instructional Design: What Is It And Why Is It?“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Charles M. Reigeluth und F.E. Stein, 1983b: „The Elaboration Theory of Instruction.“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lauren B. Resnick, 1984. „Comprehending and Learning: Implications for a cognitive Theory of Instruction.“ In *Learning and Comprehension of Text*. Heinz Mandl, Nancy L. Stein und Tom Trabasso (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Alexander J. Romiszowski, 1990: „The Hypertext/Hypermedia Solution - But What Exactly is the Problem?“ In *Designing Hypermedia for Learning*. David H. Jonassen und Heinz Mandl (Hrsg.), New York, Springer Verlag.

Kathleen J. Roth, 1990: „Developing meaningful conceptual understanding in science.“ In *Dimensions of Thinking and Cognitive Instruction*. Beau Fly Jones und Lorna Idol (Hrsg.), NCREL

Daniel M. Russell, 1990: „Hypermedia and Representation.“ In *Hypertext und Hypermedia*. Peter A. Gloor und Norbert A. Streitz (Hrsg.), Berlin: Springer-Verlag.

Karl Heinz Saxer und Peter A. Gloor, 1990: „Navigation im Hyperraum: Fisheye Views in Hypercard.“ In *Hypertext und Hypermedia*. Peter A. Gloor und Norbert A. Streitz (Hrsg.), Berlin: Springer-Verlag.

J.M. Scandura, 1983. „Instructional Strategies based on the Structural Learning Theory.“ In *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. Charles M. Reigeluth (Hrsg.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Wolfgang Schnotz, 1989. „Textverstehen als Aufbau mentaler Modelle.“ In *Wissenspsychologie*. Heinz Mandl und H. Spada (Hrsg.), München und Weinheim: Psychologische Verlags Union.

Rolf Schulmeister, 1997. *Grundlagen hypermedialer Lernsystem: Theorie - Didaktik - Design*. München: Oldenbourg.

P. Robert-Jan Simons, 1993. „Constructive Learning: The Role of the Learner.“ In *Designing Environments for Constructive Learning*. Thomas M. Duffy, Joost Lowyck, David H. Jonassen (Hrsg.), New York: Springer-Verlag.

Norbert A. Streitz, 1990a. „Hypertext: Ein innovatives Medium zur Kommunikation von Wissen.“ In *Hypertext und Hypermedia*. Peter A. Gloor und Norbert A. Streitz (Hrsg.), Berlin: Springer-Verlag.

Norbert A. Streitz und Jörg Hannemann, 1990b. „Elaborating Arguments: Writing, Learning, and Reasoning in a Hypertext Based Environment for Authoring.“ In *Designing Hypermedia for Learning*. David H. Jonassen und Heinz Mandl (Hrsg.), New York, Springer Verlag.

Peter Whalley, 1990: „Models of Hypertext Structure and Learning.“ In *Designing Hypermedia for Learning*. David H. Jonassen und Heinz Mandl (Hrsg.), New York, Springer Verlag.

Hans Wicher, 1989. *Kritik der Lernforschung*. Ammersbek bei Hamburg: Verlag an der Lottbek.

William Winn, 1993. „A Constructivist Critique of the Assumptions of Instructional Design.“ In *Designing Environments for Constructive Learning*. Thomas M. Duffy, Joost Lowyck, David H. Jonassen (Hrsg.) New York: Springer-Verlag.

Andreas Zekl, 1995. *Rechnerunterstützung für Autoren bei der Erstellung von Lernprogrammen für „Intelligente“ Tutorielle System*. Dissertation. Universität Stuttgart: Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik.

Zhenmai Zhao, 1994. „Effects of visible link-types on learning in hypertext systems.“ In *Technology Based Learning Environments*. Stella Vosniadou, Erik De Corte und Heinz Mandl (Hrsg.). New York: Springer-Verlag.