Begriffliche Informationskarten

Orientierungs- und Navigationshilfe in Lernumgebungen auf kontextuell-logischer Grundlage

Markus Helmerich

Erscheint in: Prediger, Susanne / Lengnink, Katja / Siebel, Franziska (Hrsg.): Mathematik und Kommunikation, Verlag Allgemeine Wissenschaft, Mühltal 2002.

Zusammenfassung

Die Gestaltung von computer-gestützten Lernumgebungen bietet die Chance zu neuen Bildungsmöglichkeiten. Damit diese Lernumgebungen dem Anspruch, exploratives Lernen zu ermöglichen, gerecht werden, bedürfen sie einer nach besonderen Gesichtspunkten gestaltete Orientierungs- und Navigationshilfe. Im Folgenden wird beschrieben, welche Anforderungen sich für das Design einer solchen Orientierungs- und Navigationshilfe ergeben, welche Möglichkeiten die Mathematik zur Unterstützung einer Mensch-Maschine-Kommunikation bietet und welche mathematischen Methoden und graphischen Darstellung zur Erschließung einer Lernumgebung helfen können.

1 Grundlagen und Ziele einer Lernumgebung

Lernumgebungen sind Arrangements von Lerngegenständen, Inhalten und Stoffgebieten in einer Art und Weise, die den Lernenden zum Lernen animieren, ihm Lernchancen aufzeigen und somit ein Lernen ermöglichen, das den dargebotenen Stoff vielfältig verknüpft, auch mit schon Bekanntem, um daraus neues Wissen zu konstruieren. Diese Vorstellung des Wissenserwerbs orientiert sich an den Thesen des Konstruktivismus: Wissen wird, jeweils abhängig vom Subjekt, im Akt des Erkennens konstruiert (vgl. Schulmeister 1997, Glaserfeld 1985), d. h. Wissen wird immer in der aktiven Auseinandersetzung eines Lernenden mit seiner Umwelt konstruiert.

In dieser Arbeit soll eine Orientierungs- und Navigationshilfe für Lernumgebungen entwickelt werden, die das freie Selbststudium anleitet, indem sie dem Lernenden ermöglicht, sich weitgehend selbständig für einen Weg durch die Lernumgebung zu entscheiden. Der selbstverantwortlich gestaltete, individuelle Lernweg soll motivieren und auch bessere Möglichkeiten zur Anknüpfung an das Vorwissen und die Neigungen des Lernenden bieten. Die Orientierungs- und Navigationshilfe verbindet und präsentiert die Lerneinheiten der Lernumgebung in einem komplexen Netz, was einem reichhaltigen Lernen mit vielfältigen mentalen Verknüpfungen entgegen kommt. Die vernetzte Darstellung von einzelnen Lerneinheiten in der Orientierungs- und Navigationshilfe erschließt die Zusammenhänge und ermöglicht dem Lernenden, sich auf seinem Weg durch die Lernlandschaft zu positionieren und für die weiteren Lernschritte zu entscheiden.

Dabei werden zwei Ziele verfolgt: Zum einen soll eine Struktur für den Autor einer Lernumgebung geschaffen werden, die eine zweckgerichtete Erstellung der Lernumgebung unterstützt. Zum anderen wird für den Nutzer einer Lernumgebung eine Oberfläche bereitgestellt, die mathematisch-strukturell unterstützte Darstellungsmöglichkeiten enthält, die den Anforderungen an ein Hilfesystem genügt und den Bedürfnissen des Lernenden nach Orientierung, Überblick, Entscheidungshilfe für den passenden Lernweg und Dokumentation des Lernprozesses entspricht.

Das Angebot von Lerngebieten in einem Netz aus Lernmodulen in der Orientierungs- und Navigationshilfe unterstützt den Ansatz des explorativen (entdeckenden) Lernens (vgl. auch Steiner 2000, Kreutz 2000) dort, wo der Lernende - im Gegensatz zum expositorischen Lernen mit linearen Vorgaben des Lernweges - die Möglichkeit hat, sich frei in der Lernumgebung zu bewegen und selbst zu entscheiden, welche Lerneinheit er besuchen möchte. Studien belegen, dass diese Form des Lernens, durch das selbständige Erforschen der Wissenslandschaft, bessere Lernergebnisse hervorbringt, als das Lernen mit linear organisierten Medien, wie z. B. Büchern (vgl. Kreutz 2000).

Vielmehr als bei linearen Medien bedarf der Lernende in einer explorativen Lernumgebung - bei aller Selbstbestimmung und Entdeckungsfreude - einer „effizienten Hilfe" (Klimsa 1997) und einer „logischen Strukturierung der dargebotenen Information" (Kerres 2001, S. 219) zur Unterstützung. Für ein zielgerichtetes, selbstbestimmtes Lernen ergeben sich folgende Forderungen an eine Orientierungs- und Navigationshilfe:

1. Die Lernumgebung muss in einem Blick erfassbar sein.
2. Die vernetzten Beziehungen der Bestandteile der Lernumgebung müssen transparent gemacht werden.
3. Der Lernende muss in Ausschnitte der Lernumgebung „hineinzoomen" können.
4. Zusätzliche Informationen über die Lerneinheiten müssen abgefragt werden können.
5. Es sollen didaktisch verschieden-orientierte Lernwege durch die Lernumgebung aufgezeigt und dokumentiert werden.

Ein so umfassendes Hilfesystem ist auch notwendig, weil der Lernende in ganz unterschiedlicher Form und auf verschiedenen Ebenen mit einer Lernumgebung in Kontakt tritt und interagiert. Nach Kreutz (2000) braucht der Lernende für seinen Weg durch die Lernlandschaft Orientierung, wo welche Informationen zu finden sind. Die häufig auftretenden Probleme mit Hypertext-strukturierten Lernumgebungen sind Entscheidungsprobleme beim Arbeiten, welche Lerneinheiten als nächstes besucht werden sollen, und Orientierungsverlust in der Vielfalt der Möglichkeiten beim Lernen in der Lernumgebung. Um diese zu vermeiden, soll dem Lernenden eine Orientierungs- und Navigationshilfe mit auf seinen Weg durch die Wissenslandschaft gegeben werden. Diese Landschaft aus Lerneinheiten soll in einem Gesamtüberblick über den Inhalt und die Themen der Lernumgebung, wie z. B. in Abbildung 1 gezeigt, bieten, aber auch alle Wege und Beziehungen der Lerneinheiten darstellen, wie in Abbildung 2 für einen Teil einer Lernumgebung zu sehen ist (s. Abschnitt 3). So kann der Lernende trotz aller Möglichkeiten die Orientierung behalten und die für das eigene Lernen zuträgliche Entscheidungen über das weitere Fortkommen treffen. Auf die Abbildungen wird später noch zurückgekommen.

Über Auswahlleisten in der Navigationshilfe können Inhalte, Meta-Informationen, welche Art und Funktion Lerninhalte haben, ausgewählt werden. Außerdem werden die verschiedenen Lernwege über die Darstellung der Verbindungen der Lerneinheiten angeboten, was den Zugriff auf einzelne Informationen und die Entscheidung im Lernprozess unterstützt. Durch die sinnhafte Vernetzung der Lerneinheiten in der Navigationshilfe wird vermieden, dass der Lernende „wild" zwischen den Lerneinheiten springt und den Überblick verliert.

Da es unter den Lernenden auch ganz unterschiedliche Lerntypen geben wird, sollte es möglich sein, die Lernumgebung den jeweiligen Bedürfnissen und Wünschen in gewissem Maße anzupassen. Die Orientierungs- und Navigationshilfe fördert dies, indem sie didaktisch verschieden-orientierte Lernwege zur Wahl stellt. Das Hilfesystem muss auch die Dokumentation des Lernprozesses unterstützen, damit kein wichtiges Element der Lernumgebung und kein bedeutender Inhalt vergessen wird oder verloren geht, und sich die Lernenden darüber hinaus jederzeit über die jeweiligen Standorte und zurückgelegten Wege im Lernprozess informieren können.

2 Erstellung und Aufbereitung einer Lernumgebung

Im folgenden Abschnitt soll vorgestellt werden, wie ein Stoffgebiet aufbereitet werden muss, um eine explorative Lernumgebung mit einer Orientierung- und Navigationshilfe auszustatten, in der die Elemente der Lernumgebung in ihren Zusammenhängen vernetzt dargestellt werden.

2.1 Modularisierung des Lerngebietes nach geeigneten didaktischen Kriterien

Selbstverständlich sollte die intensive, aktive Arbeit mit dem Lernstoff die wichtigste Rolle beim Lernen in Lernumgebungen spielen. Falls das Lerngebiet noch nicht als Lernumgebung vorliegt, muss es noch zielgerichtet und nach didaktischen Gesichtspunkten (vgl. Erne 2000, Meder 1999, Schulmeister 1997) modularisiert werden. Das heißt, dass ein großes Themengebiet in kleine, in sich abgeschlossene Stoff- und Lerneinheiten transformiert werden muss. Die richtige Granularität zu treffen ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Erne wählte im Beispiel ihrer Lernumgebung als Richtgröße für ein Lernmodul maximal eine Standard-Bildschirmseite. Weiter ist es wichtig, eine gewisse Abgeschlossenheit der einzelnen Module zu erreichen, sodass sie in sich verständlich sind. Außerdem müssen auch bestimmte Module gezielt hergestellt werden: So sollte es z. B. zu jedem Themengebiet ein Überblicksmodul geben, das den Inhalt kurz vorstellt, oder aber auch Module, die Auskunft über Quellen und Ansprechpartner geben. Eventuell müssen somit auch für vermeintlich fertige Lernumgebungen bestimmte Module nacherstellt werden, um den Anforderungen zu genügen.

2.2 Stofflich-inhaltliche Merkmale

Für den Lernenden ist es von Bedeutung, über die inhaltliche Zuordnung der Lernmodule zu bestimmten Themengebieten informiert zu sein. Deshalb werden den Lerneinheiten gewisse stofflich-inhaltliche Merkmale zugeordnet, die bestimmen, zu welchem Themengebiet ein Lernmodul gehören soll. Falls die Lernumgebung aus einem vorliegenden linearen Medium heraus konzipiert wird, kann das dort verwendete Inhaltsverzeichnis eine Grundlage für die Auswahl von Themengebieten bilden. Welche Merkmale zur Klassifizierung der Lernmodule gewählt werden, hängt natürlich von der jeweiligen Lernumgebung ab. Auch die Feinheit der Aufteilung ist dem Autor der Lernumgebung freigestellt, jedoch sollte später aufgrund dieser Merkmalszuordnung inhaltliche Zusammengehörigkeit erkennbar sein.

2.3 Metadaten

Es ist sinnvoll, die Lernmodule darüber hinaus verschiedenen Metadaten zuzuordnen. Dabei hat sich eine Klassifikation der Lernmodule nach folgenden Aspekten bewährt:

- Unterscheidung nach Wissensarten (z. B. Orientierungs-, Erklärungs-, Handlungs- und Quellenwissen)
- Typisierung des Darstellungsmediums
- Unterscheidung verschiedener Aufgabentypen
- Trennung nach Kommunikationsbeiträgen
- Einteilung nach Lernarten

Diese Metadaten sollen helfen, die Module unabhängig von ihrem Inhalt nach rein methodisch-didaktischen Gesichtspunkten zu ordnen. Sie weisen jedem Modul eine bestimmte Funktion im Lernprozess zu. Die Metadaten dienen sowohl der inneren Differenzierung für den Autor der Lernumgebung, können aber auch dem Lernenden mitteilen, welche Aktionen von ihm in bestimmten Lerneinheiten erwartet werden. Welche zusätzlichen Informationen mitgegeben werden, muss der Autor der Lernumgebung bestimmen, jedoch sollten sie didaktisch begründet, trennscharf und überschaubar bleiben, damit sie das Lernen auch unterstützen können.

2.4 Didaktische Relationen

Um die Verbindungen zwischen den einzelnen Lernmodulen beschreiben zu können, müssen didaktische Relationen bestimmt werden, die den Zusammenhang der Lernumgebung wiedergeben. Als didaktische Relationen sollen im Weiteren nur zweistellige Relationen betrachtet werden, weil es sich für die Gestaltung der Beispiel-Lernumgebung von Erne (2000) gut geeignet und bewährt hat. Die Abbildung der Information über Verbindungen zwischen Lernmodulen bleibt dadurch recht einfach und übersichtlich. Im Beispiel von Erne (2000) kamen Verallgemeinerungsrelationen, Trägerrelationen (wie „ist Voraussetzung für“), Veranschaulichungsrelationen (wie „ist Beispiel für“), Vertiefungsrelationen (wie „ist Beweis von“), Zusammenhangsrelationen (wie „ist Anlage zu“) und Ähnlichkeitsrelationen zum Einsatz. Diese Relationen geben die Zusammenhänge der Lernmodule sowohl bzgl. stofflich-inhaltlicher Gesichtspunkte wieder, indem z. B. historische Hintergründe, Beispiele, oder Anlagen verknüpft werden, sie geben aber auch Aufschluss über die didaktisch-funktionellen Aspekte der Lernmodule, da auch Voraussetzungen, Weiterführungen oder Prozesse in Beziehung gesetzt werden (vgl. auch Abbildung 2).

3 Konsequenzen für das Orientierungs- und Navigationssystem

Zum Themengebiet der Formalen Begriffsanalyse wurde von Erne (2000) eine Lernumgebung mit 88 Lernmodulen gestaltet. Im Folgenden sollen anhand dieser Lernumgebung Möglichkeiten vorgestellt werden, Lernumgebungen so zu präsentieren, dass Lernende einen Einstieg in die Lernumgebung finden und sich dort „besser“ bewegen können.

In Abbildung 1 ist eine Übersichtskarte über die Teilgebiete der Lernumgebung zu sehen, die als Endprodukt einer kontextuell-logischen Strukturierung durch den Autor hervorgeht. Die Strukturuntersuchung bringt auch die Einteilung der Lernmodule in Länder hervor, die Namen der Teilgebiete sind Kapitelüberschriften und entstammen aus dem zugrundeliegenden Buch über Formale Begriffsanalyse von Ganter und Wille (1996).

Diese Karte soll dem Nutzer der Lernumgebung als Orientierungshilfe dienen. Die Erstellung einer solchen Übersichtskarte kann nach einer strukturellen Vorbereitung durch mathematische Methoden, wie später beschrieben, unterstützt werden, muss aber zu einem guten Teil auch vom Autor der Lernumgebung „per Hand“ angefertigt werden: er muss entscheiden, wie genau er die Karte zeichnet, wie die Länder geformt sind, welche Länder benachbart liegen sollen und welche Verfeinerungen durch den Nutzer möglich sein sollen.

Von einer solchen Übersicht ausgehend, die eine gute Orientierung über den Gesamtinhalt der Lernumgebung bietet, soll es möglich sein, in einzelne Gebiete rein zu zoomen, und wie am Beispiel des Themengebietes „Liniendiagramme“ in Abbildung 2

Abbildung 1: Länder-Übersicht mit allen Themen- und Teilgebieten

gezeigt, einen detaillierteren Einblick zu gewinnen.

Dazu werden alle Lernmodule zu dem ausgewählten Themengebiet als Knoten eines Graphen mit ihren Wissensarten dargestellt (unterschiedliche Darstellungen der Knoten geben die Meta-Daten entsprechend der Legende in Abbildung 3 wieder). Verknüpfungen über didaktische Relationen sind in der Karte als Verbindungslinien zwischen Lernmodulen zu sehen. Zwei Lernmodule sind miteinander verbunden, wenn sie bzgl. der didaktischen Relationen in Beziehung stehen, d. h. wenn ein Zusammenhang inhaltlicher oder funktioneller Art besteht. An dieser Stelle wurde auf eine Differenzierung der didaktischen Relationen verzichtet, um die einfache Erfassbarkeit und Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Durch eine unterschiedliche graphische Gestaltung der Verbindungslinien könnte dies, sofern es der Lernende wünscht, jedoch jederzeit auch angezeigt werden (z. B. durch Anklicken der entsprechenden Relation).

Der Lernende kann nun weiterhin die einzelnen Knoten der Karte anwählen und bekommt dann kleine Päckchen des eigentlichen Lernstoffs in Text- oder Bilddokumenten präsentiert.

Zur Unterstützung der Orientierung des Lernenden in der Lernumgebung zeigt nach dem Aufrufen eines Moduls die Informationskarte einen kleinen „Kompass“ wie

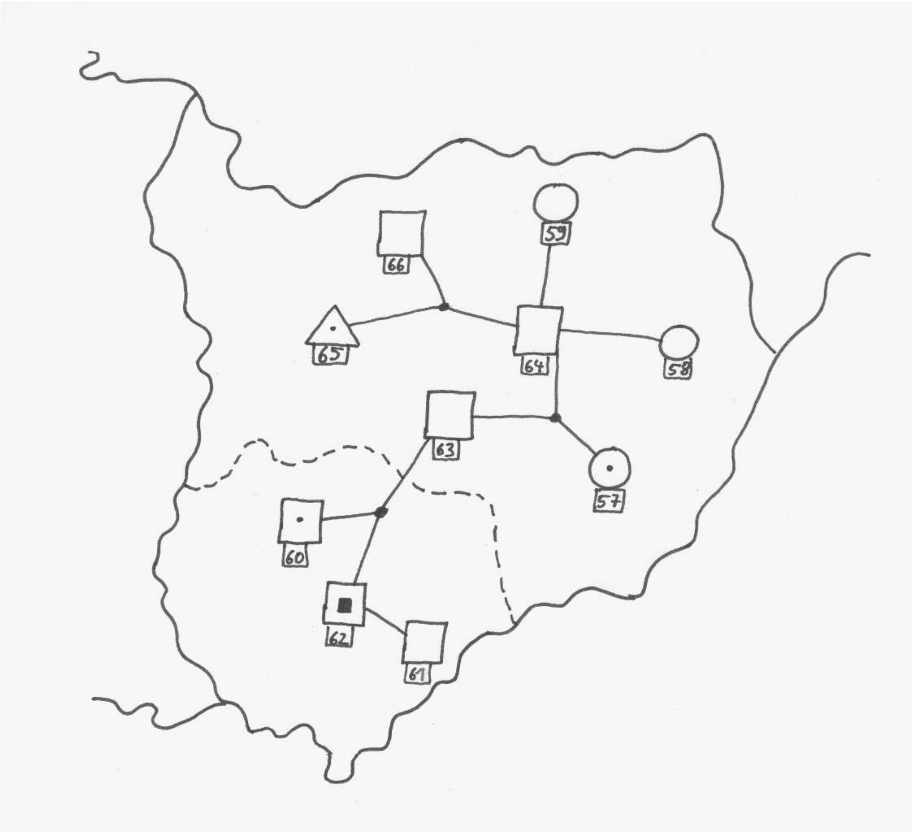


Abbildung 2: Informationskarte zum Themengebiet „Liniendiagramm" (ohne Unterscheidung der Relationstypen

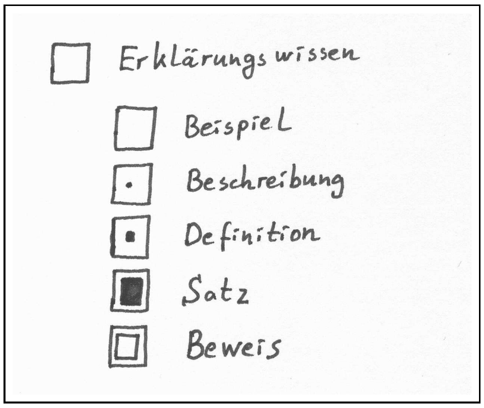
in Abbildung 4 an, der angibt, wo sich der Lernende gerade befindet (im Beispiel Lernmodul Nr. 65) und welche Aktivität bzgl. der Metadaten er gerade ausführt (z. B. einen Prozess beschreibendes Handlungswissen). Außerdem werden evtl. zurückliegende und mögliche Anschlussmodule angezeigt (Anschluss an die Erklärungswissen-Module Nr. 64 und Nr. 66), um dem „Lost-in-Hyperspace"-Syndrom vorzubeugen.

Wichtig für den späteren Gebrauch ist eine übersichtliche Gestaltung mit einprägsamen, „typischen" Symbolen und Farben, und eine Legende, die als Lesehilfe die Erklärung aller verwendeter Signaturen (Symbole, Farben und Zeichen) bieten muss, wie z. B. für die Wissensarten dargestellt in Abbildung 3.

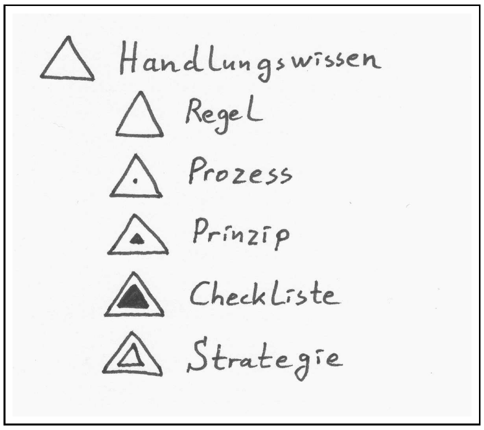
Die Repräsentation von Wissen in solchen begrifflichen Informationskarten hat sich als fruchtbarer Ansatz erwiesen, da die reichhaltigen Informationen über den Aufbau und den Zusammenhang der Inhalte der Lernumgebung in einer gut strukturierten, leicht erfassbaren Form wiedergegeben werden können, die nicht zu komplex und unübersichtlich wird.

Unter dem Begriff Informationskarte wird in dieser Arbeit eine Repräsentation nichtgeographischer Daten und Informationen in Landkartenform verstanden. Da

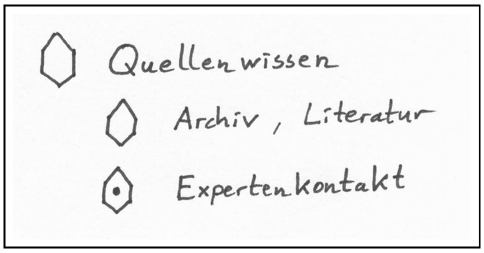
(a) Orientierungswissen-Signatur



(b) Erklärungswissen-Signatur



(c) Handlungswissen-Signatur



(d) Quellenwissen-Signatur

Abbildung 3: Signaturen für die Wissensarten

Karten in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens vorkommen, z. B. als Straßenkarten, U-Bahn-Netz-Karten, etc., kann das Vorwissen der Lernenden aktiviert werden: Die meisten Menschen sind im Umgang mit Karten vertraut und verstehen die Bedeutung der dort gezeigten Zeichen: Die Abbildung der Lernumgebung in einer „Landkarte“, in der die Lernmodule als „Städte“, die Beziehungen und Relationen zwischen den Modulen als „Straßen“, die verschiedenen Themengebiete als „Länder“ usw. auftreten können, ist sehr nahe an einer herkömmlichen Karte mit Linien-, Orts- und Flächensignaturen. Zusätzliche Beschriftungen mit den Nummern oder Namen der Lernmodule und auch der Einsatz einer Legende, wie ausschnittsweise in Abbildung 3 zu sehen, zur Erklärung der eingesetzten Signaturen sind unmittelbar verständliche Hilfsmittel zur Unterstützung der Navigation in der Wissenslandschaft.

Die begrifflichen Informationskarten sollen dem Lernenden helfen, die Lernum-

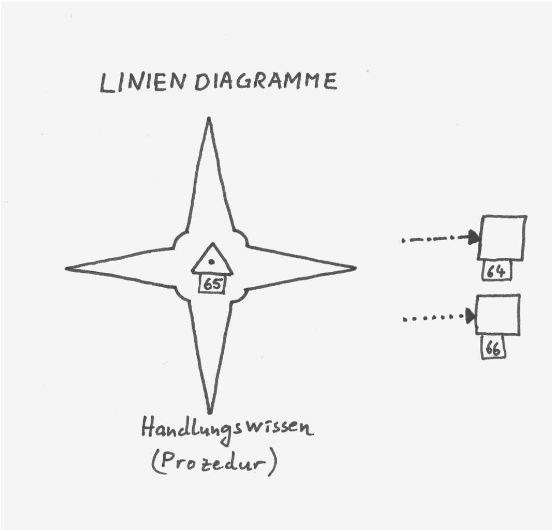


Abbildung 4: Kompass zum Lernmodul M65

gebung in ihrer Vielfalt an Möglichkeiten zu erschließen. Dabei repräsentiert die Informationskarte die Lernumgebung, bietet einen Eindruck der „Lernwelt“, nicht als „Fotografie“, nicht als objektives Abbild, denn die Lernumgebung ist natürlich viel mehr als ihre Informationskarte. Die Informationskarten enthalten kontextuell-logisch codierte Informationen. Sie schließen didaktische Überlegungen bzgl. der didaktischen Relationen und dem Design mit ein und berücksichtigen sozio-kulturelle Konventionen, die in der Lesetechnik von Karten vorhanden sind. Der Lernende ist nun herausgefordert, mit seiner (Allgemein-)Bildung und seinem Vorwissen, die in der Informationskarte enthaltenen Informationen herauszulesen, sich seinen Weg zu suchen, sich sein eigenes Bild des Lerngebietes in der Lernumgebung zu konstruieren.

Eine Anbindung an die Lebenswelt des Lernenden muss gerade auch bei der Auswahl der Metadaten und didaktischen Relationen berücksichtigt werden. Die verwendeten Metadaten und didaktischen Relationen müssen verständlich und weitgehend mit der Allgemeinsprache entlehnten Begriffen gefasst sein, damit sie ihre Funktion als Unterstützung für bestimmte Lernentscheidungen erfüllen können.

Der Begriff „Navigationshilfe“ soll andeuten, dass der Lernende im Sinne des explorativen Lernens mit dem Start in eine Lernumgebung gewissermaßen eine Wissenslandschaft betritt, in der er sich mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Übersichts- und Detailkarten orientieren muss. Über das Erkunden von verschiedenen Pfaden und Plätzen auf seinem Lernweg sammelt er reichhaltige Erfahrungen, aus denen der Lernende für sich Wissen konstruieren kann. Wichtig ist, dass die Navigationshilfe nicht nur die formal-strukturellen Aspekte, d. h. die Vernetzung, darstellt, sondern auch inhaltlich-begrifflich aufschlussreich ist (vgl. Lechner 1994): In der Informationskarte werden die einzelnen Lerneinheiten als „Städte“ (Knoten in Abbildung 2) mit bedeutungsvollen und inhaltsreichen Namen, die auf Wunsch zusätzlich angezeigt werden können, und Metadaten, die durch die unterschiedlich gestalteten Knoten dargestellt werden, angezeigt. Außerdem werden bestimmte Wissens- und Themengebiete zu „Ländern“ zusammengefasst und als Orientierungshilfe untergelegt.

Neben der Darstellung der Nachbarschaft von Lerneinheiten in der Form von „Landkarten“ sollen auch andere Schichten der Lernumgebungsstruktur sichtbar gemacht werden, insbesondere auch das hierarchische Gefüge der Lernmodule (vgl. Kreutz 2000, S. 44). Durch die Verwendung von Übersichtskarten wie in Abbildung 1 und detailliertere Ausschnitte wie in Abbildung 2, kann auf zwei unterschiedlichen Grobheitsstufen in der Lernumgebung gearbeitet und gesucht werden.

Um vielseitig navigieren zu können, sind reichhaltig ausgestattete Navigationsleisten sinnvoll, über die alle stofflich-inhaltlichen Merkmale („Länder“ und „Regionen“), alle Metadaten, in Form von Wissensarten, alle didaktischen Relationen, die jeweils geeignet gruppiert sein müssen, damit die Übersichtlichkeit erhalten bleibt, und auch alle Namen der Lernmodule zur Auswahl stehen. Gerade bei den Namen der Lernmodule hat man es mit einer großen Anzahl von Möglichkeiten der weiteren Auswahl zu tun. Um hier trotzdem eine gute Orientierung geben zu können, kann man die thematisch zusammengehörigen Lernmodule zusammen auflisten und so eine Darstellung ähnlich einem Inhaltsverzeichnis eines Buches erreichen, das den Zugriff des Lernenden auf einzelne Einheiten schnell und sicher ermöglicht. Diese Navigationsleisten würden dann am Kartenrand dem Lernenden zur Verfügung gestellt.

Falls zu viele Zusammenhänge, Strukturen und Informationen in einer einzigen Karte dargestellt werden, ist die Karte nicht mehr übersichtlich und enthält zu viel Information für den Lernenden. Besser ist dann eine Repräsentation der verschiedenen Aspekte durch unterschiedliche „Landkarten“. Zur Veranschaulichung der verschiedenen Gesichtspunkte können spezielle Informationskarten entwickelt werden. Das Entscheidende ist, dass bestimmte Grundelemente, wie z. B. Städte, in ihrer Position unberührt bleiben, aber darüber zweckorientiert Repräsentationen von ganz unterschiedlichen Themen gelegt werden können. Bei der Erstellung solcher thematischer Karten muss besonders die „Zahl darzustellender Erscheinungen [...] begrenzt sein, Prinzipien der Wiedergabe dürfen sich nicht durchkreuzen.“ (Wilhelmy 1990, S. 198)

In der Lernumgebung können zu allen didaktischen Relationen, allen Metadaten und allen Facetten des Lernens gezielt thematische Informationskarten angezeigt werden, sodass dem Lernenden immer gemäß seinen Bedürfnissen und Fragen geholfen werden kann, den weiteren Lernweg zu bestimmen. Die Zusammenstellung der einzelnen Karten in einer Art „Navigationsatlas“ böte den Vorteil, zielgenaue Orientierung und Informationen abrufen zu können. Allerdings leidet beim Einsatz von mehreren Karten das Verständnis des Zusammenhangs und der Gesamtüberblick. Die Handhabung des Navigationssystems durch den Lernenden wird somit anspruchsvoller.

4 Unterstützung durch die Mathematik

Die vernetzte Darstellung von Elementen einer Lernumgebung und ihren Zusammenhängen wird wohl nie vollautomatisch in einer schönen Form zu leisten sein (vgl. Kreutz 1994), das heißt, dass sie weitgehend durch den Autor „per Hand“ erzeugt werden muss, was einen großen Arbeitsaufwand bedeutet und nachträgliche Modifikationen erschwert. Im Folgenden soll vorgestellt werden, wie mathematische Methoden zum Einsatz gebracht werden, um die Lernumgebung mit ihren Elementen und Zusammenhängen zu formalisieren und so die Erstellung einer Orientierungs- und Navigationshilfe im Sinne der begrifflichen Informationskarten unterstützen.

Bei der Strukturierung einer Lernumgebung werden die Lernmodule mit Merkmalen versehen, zuerst mit inhaltlichen Merkmalen, der Form „das Modul 44 hat den Inhalt „Formaler Begriff“ bzw. „die Module 54 und 56 gehören zum Themengebiet „Gegenstands- und Merkmalbegriff“. Darüber hinaus gehören die Lernmodule bestimmten Wissensarten an, wie z. B. die beiden Lerneinheiten 44 und 54 dem Erklärungswissen, das Modul 56 dem Handlungswissen zugeordnet wurde, sie erfüllen gewisse didaktische Funktionen oder werden von einem bestimmten Medium getragen. Somit können die Module den Metadaten zugewiesen werden.

Die Zuordnung von inhaltlichen Merkmalen zu Lernmodulen und deren Zuweisung zu Metadaten erfolgt gut lesbar und übersichtlich in Kreuztabellen (vgl. Tabelle 1 und Tabelle 2), die als Darstellungsform im Alltag gebräuchlich und von daher bekannt sind und in denen die Beziehungen leicht abzulesen sind. Eine gute Formalisierung solcher Tabellen bieten die Kontexte der Formalen Begriffsanalyse. Die Formalisierung von Daten in Tabellen als formale Kontexte hat inzwischen ein lange Tradition und sich in der Praxis bewährt (vgl. Wille 1987, Wille 1995).

	Themengebiete		
	Formaler Begriff	Gegenstands- und Merkmalbegriff	...
Modul 44	×		
⋮			
Modul 54		×	
Modul 56		×	
⋮			

Tabelle 1: Kontext mit inhaltlichen Merkmalen

Die Lernmodule stehen aber auch in Beziehung zu anderen Modulen über die didaktischen Relationen, z. B. „Modul 44 ist ein Beispiel für Modul 56“ oder „Modul 56 ist ein Prozess von Modul 54“. Die Unterscheidung dieser Verbindungen bzw. Relationen ist maßgeblich für den Lernerfolg. Die Relationen sollen nicht einfach zu einer Inzidenzrelation „steht in Relation mit“ zusammengefasst werden, sondern die Angaben der verschiedenen Relationen sind Träger wichtiger Informationen: Sie

	Metadaten		
	Erklärungswissen	Handlungswissen	...
Modul 44	×		
⋮			
Modul 54	×		
Modul 56		×	
⋮			

Tabelle 2: Kontext mit Metadaten

geben an, in welcher Art die Lernmodule verknüpft sind, und stellen so über die Typisierung der Verweise eine Entscheidungshilfe für den Lernenden dar.

Für die Darstellung der Zusammenhänge der Lernmodule über die didaktischen Relationen wird jedes Tupel von Lernmodulen, das in einer bestimmten didaktischen Relation enthalten ist, erst mal durch einen eigenen kleinen begrifflichen Graphen wie in Abbildung 5 repräsentiert.

Im Beispiel von Abbildung 5 wird zum Ausdruck gebracht, dass das Lernmodul M44 ein Beispiel für das Lernmodul M56 ist, das wiederum als Prozess vom Modul M54 agiert. Die kleinen Zahlen an den Linien sollen helfen, die Relationen in der passenden Richtung zu lesen. Auf diese Art könnten alle didaktischen Relationen zwischen allen Lernmodulen wiedergegeben werden.

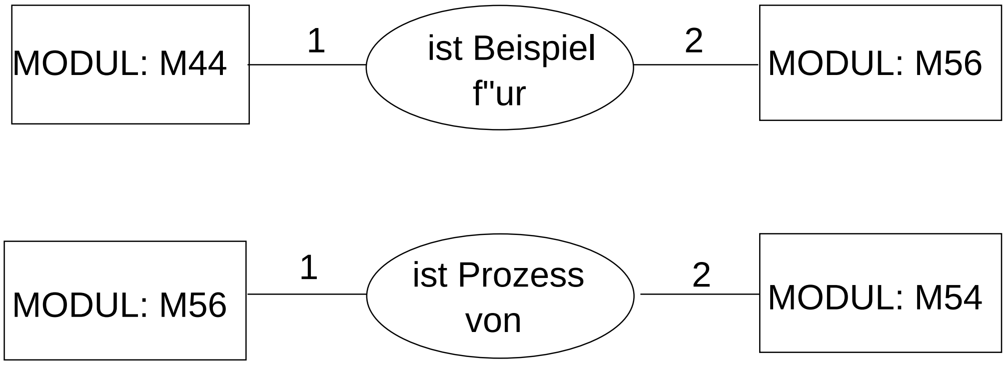


Abbildung 5: Beispiele begrifflicher Graphen zur Darstellung didaktischer Relationen zwischen Lernmodulen

In der klassischen Mengenlehre werden solche Relationen nur extensional behandelt und durch eine geordnete Liste von Gegenständen wiedergegeben, d. h. die Beziehung „Modul M44 ist ein Beispiel für Modul M56“ würde durch die Zweierliste (M44, M56) als Element der Relation „ist Beispiel für“ wiedergegeben; alle weiteren Paare, die bzgl. dieser Relation in Beziehung stehen, werden auch als Zweierlisten aufgeschrieben, wobei der erste Eintrag immer das Beispiel für den zweiten Eintrag sein soll, d. h. über die Reihenfolge der Einträge in die Listen wird die Richtung der Relation zum Ausdruck gebracht.

Da es aber in der Lernumgebung viele zweistellige Relationen gibt und es für eine gute Entscheidung des Nutzers für einen Lernweg wichtig ist, diese unterscheiden zu können, ist eine Formalisierung nötig, die den intensionalen Aspekt der Relationen stärker hervorhebt. Hierfür ist es auch hier hilfreich, eine tabellarische Form zu wählen, in der die Datenfülle in einer überschaubaren Weise repräsentiert wird. So wird nicht nur zum Ausdruck gebracht, welche Module in Verbindung stehen, dafür würde die Auflistung aller Zweierlisten von Modulen ausreichen, sondern auch noch welcher Art die Verbindung ist. Dafür werden z. B. die Informationen des begrifflichen Graphen aus Abbildung 5 wie in Tabelle 3 gezeigt in einen Kontext eingetragen.

	Didaktische Relationen		
	ist Beispiel für	ist Prozess von	...
(Modul 44, Modul 56)	×		
⋮			
(Modul 56, Modul 54)		×	
⋮			

Tabelle 3: Tabellarische Übersicht über die didaktischen Relationen der Lernmodule

Diese Kontexte mit den inhaltlichen Merkmalen, den Metadaten und den didaktischen Relationen lassen sich nach Wille (2000a) mit Potenzkontextfamilien mathematisieren, d. h. die Familie von Kontexten wird zu einem Denkobjekt zusammengefasst. Die darin enthaltenen Informationen lassen sich mit Begriffsgraphen darstellen, die die graphische Repräsentation der Informationen unterstützen und die Zusammenhänge der Lernmodule durch die Verwendung von graphischen Elementen der begrifflichen Graphen nach Sowa (1994) ermöglicht. Für einen Start kann dabei jedes Kreuz aus diesen Tabellen in einem eigenständigen kleinen Begriffsgraphen repräsentiert werden. Um größere Zusammenhänge sichtbar zu machen, können diese einzelnen Begriffsgraphen zu einem Geflecht von Graphen zusammengefügt werden. Das Ziel sollte sein, dem Lernenden kleine „Bauteile“ anzubieten, die zu einer Informationskarte je nach den Bedürfnissen des Lernenden zusammengesetzt werden können.

> „Bei all diesen Formalisierungen wird Inhaltliches derart eingebunden, dass die sich ergebenden Strukturen den Prozess der Wissensbildung wirksam unterstützen können.“ (Wille 2000b)

Diese Ansätze der Formalisierung helfen dem Autor der Lernumgebung bei der Strukturierung der Lernmodule. Aus den Kontexten lassen sich Zusammenhänge ableiten, die sich in der Darstellung der Informationskarten niederschlagen. So bilden z. B.

alle Lernmodule mit den gleichen inhaltlichen Merkmalen ein Land in der Übersichtskarte. Formale Kontexte und Begriffsgraphen sind eher nicht für den Anwender der Lernumgebung gedacht, für den Lernenden werden als Orientierungs- und Navigationshilfe die begrifflichen Informationskarten bereitgestellt.

5 Einsatz der Mathematik im Sinne der offenen Mathematik

Um die Lernumgebungen angemessen zu strukturieren und anschließend eine Orientierungs- und Navigationshilfe zu erstellen, ist in dieser Arbeit Mathematik mit dem Anspruch eingesetzt worden, im Sinne der „offenen Mathematik" (Fischer 1984) wirksam zu werden.

Damit folge ich dem Fischerschen Anspruch, dass Mathematik in Entscheidungssituationen geöffnet werden soll, um die Sachsituation der menschlichen Kommunikation besser zugänglich zu machen. Für das Beispiel der Lernumgebung heißt das, dass eben die Beziehungen und vielfältigen Möglichkeiten nicht durch ein abgeschlossenes Lern-Modell verpackt werden sollen, das nur einen Lernweg, nur eine Darstellung der Lernumgebung zuließe. Durch den offenen Einsatz von Mathematik sollen Zusammenhänge erschlossen, Sachverhalte transparent gemacht und dadurch die Handlungsmöglichkeiten der Menschen erweitert werden (vgl. Fischer 1984). In diesem Verständnis fungiert die Mathematik als Darstellungs- und Kommunikationsmittel, das zur Entfaltung, Strukturierung und Visualisierung beitragen oder diese Vorgänge geeignet unterstützen kann. Dabei ist die offene Mathematik zu verstehen als „Ausdrucks- bzw. Kommunikationsmittel für Wissenschaftler untereinander bzw. für den einzelnen Forscher in seiner Kommunikation mit sich selbst und in der Darstellung der Ergebnisse nach außen" (Fischer 1984,S. 140).

Dieses Bild vom offenen Einsatz mathematischer Methoden passt gut zu der Intention der begrifflichen Informationskarten als Orientierungs- und Navigationshilfe in Lernumgebungen. Das Ziel, exploratives Lernen zu fördern, kann dadurch erreicht werden, dass Lernmöglichkeiten in ihrer ganzen Vielfalt erschlossen werden und dem Lernenden so angeboten wird, selbstbestimmt aber didaktisch begründet Entscheidungen im Lernprozess zu treffen. So wird der Lernende im vorgestellten Fall aufgefordert, sich immer selbst ein neues Ziel zu stecken, sich für ein bestimmtes Themengebiet oder Lernmodul zu entscheiden und seinen Weg dorthin mit Hilfe der Informationskarten zu bestimmen. Von daher ist eine Mathematisierung, die die Vielfalt der Möglichkeiten erst entfaltet, indem sie Zusammenhänge aufdeckt, und die Unterstützung des Lernprozesses durch die Erstellung von Informationskarten vorbereitet, als Beispiel für den Einsatz von offener Mathematik besonders geeignet. In welchem Sinne Mathematik hier als offene Mathematik wirksam wird, soll abschließend ausgeführt werden.

5.1 Mathematik zur Strukturierung

Eine Lernumgebung umfasst neben ihren inhaltlichen Teilen auch noch viele andere Informationen, z. B. über die Funktionen der einzelnen Lernmodule oder ihre Verknüpfung mittels didaktischer Relationen. Selbst in ihrer Zusammenstellung in einer Datenbank bleiben diese Informationen in ihrer Fülle unübersichtlich und in ihrer Aussage unerschlossen.

Über die Formalisierung der Inhalte und Zusammenhänge in formalen Kontexten (Kreuztabellen), wie in Tabellen 1 bis 3, wird für den Autor der Lernumgebung die Struktur und der Aufbau der Lernumgebung transparent. Man erkennt Zusammenhänge, die aus den reinen Daten nicht oder nur mit Mühe erkennbar gewesen wären. So lassen sich z. B. die „Länder" der Übersichtskarte als zusammengehörige Themengebiete aus den Kontexten leicht ablesen. Auch um Unvollständigkeiten festzustellen, z. B. zu überprüfen, ob es zu jedem Themengebiet auch ein Orientierungsmodul gibt, das dem Lernenden einen Überblick verschaffen soll, muss man lediglich nachschauen, ob an passender Stelle Kreuze eingetragen sind. Die Strukturierung wirkt also in vielfältiger Weise auch auf die Erstellung der Lernmodule zurück: Fehlt ein Modul mit einer bestimmten Funktion, so muss es nachträglich noch erstellt werden.

Die mathematische Unterstützung über die Strukturierung dieser Metadaten in Kontexten ermöglicht auch eine Diskussion über die Angemessenheit der Auswahl der Metadaten und über die Gestaltung der Lernmodule. Außerdem legt die mathematische Struktur das Fundament für die anschließende graphische Darstellung der Lernumgebung mit Informationskarten, die für das Lernen eine wichtige Hilfe darstellen.

5.2 Mathematik zur Visualisierung

In den vorausgegangenen Abschnitten wurde auf verschiedenen Ebenen Darstellungen entwickelt und angeboten, die dem Nutzer von Lernumgebungen Orientierung bieten und selbstbestimmte Entscheidungen beim Lernen ermöglichen sollen.

Der Einsatz einer graphischen Übersichtskarte wurde durch die Formalisierung und mathematische Theorie unterstützt: Die Graphentheorie als Teilgebiet der Mathematik bietet die passende Sprache, um Dinge in ihren Zusammenhängen darzustellen. Daneben sind Karten vielseitige Repräsentationen von Informationen, die in ihrer Anschaulichkeit von allen verstanden werden, und bilden ein Darstellungsmittel für mathematische Graphen. Die visuelle Kommunikation von Informationen wird getragen durch eine offenen Mathematisierung und unterstützt durch eine anschauliche Vorstellung der Lernumgebung in Form von begrifflichen Informationskarten.

5.3 Mathematik zur Entfaltung von Möglichkeiten

Die begriffliche Informationskarte zeigt dem Lernenden auf, dass es viele Wege durch die Lernlandschaft gibt. Sie bietet ihm keinen goldenen Weg, nimmt die Entscheidung für den Lernweg nicht ab, sondern bietet dem Lernenden auf eine Anfrage hin interaktiv ganz verschiedene Möglichkeiten an. Sie eröffnet ihm eine Vielfalt von Lernwegen und unterstützt seine Entscheidung durch die Präsenz von Metadaten und didaktischen Relationen. Somit stellt die Mathematisierung der Lernumgebung und ihrer Orientierungs- und Navigationshilfe einen lebendigen Beitrag zur offenen Mathematik dar, der auch dem Anliegen der „Allgemeinen Mathematik" (Wille 1988) gerecht wird, die

> „gekennzeichnet ist durch:
> - die Einstellung, Mathematik für die Allgemeinheit zu öffnen, sie prinzipiell lernbar und kritisierbar zu machen,
> - die Darstellung mathematischer Entwicklungen in ihren Sinngebungen, Bedeutungen und Bedingungen,
> - die Vermittlung der Mathematik in ihrem lebensweltlichem Zusammenhang über die Fachgrenzen hinaus,
> - die Auseinandersetzung über Ziele, Verfahren, Wertvorstellungen und Geltungsansprüche der Mathematik." (Wille 1988)

Dieses Verständnis verbindet die Allgemeine mit der offenen Mathematik, die ja auch die Kommunikation in vielfältiger Weise ermöglichen und unterstützen will. Da die Formale Begriffsanalyse und die Theorie der Begriffsgraphen in dieser Weise entwickelt wurden, sind die hier verwendeten Mathematisierungen im Sinne der Allgemeinen Mathematik zugänglich und kritisierbar.

Dem Lernenden wird kein abgeschlossenes Lernsystem vorgesetzt, in dem er nur noch den Anweisungen zu folgen hat, sondern es wird ihm ein offenes Angebot zur Orientierung und Navigation gemacht. So ist es ihm möglich, seine Arbeit mit der Lernumgebung zu reflektieren und in Bezug auf seine Lernhandlungen die vorgenommene Zuweisung von Merkmalen, Metadaten und didaktischen Relationen zu den Lernmodulen, sowie ihre Darstellung in Informationskarten zu bewerten und zu kritisieren. Somit leisten explorative Lernumgebungen mit begrifflichen Informationskarten auch einen Beitrag, dem prinzipiellen Ziel näher zu kommen, dass Lernende ihren Lernprozess aktiv mitgestalten sollen.

Literatur

[1] Erne, Doris: Konzeption einer computerunterstützten Lernumgebung zur Formalen Begriffsanalyse. Wissensch. Hausarbeit, Darmstadt, 2000.

[2] Fischer, Roland: Offene Mathematik und Visualisierung. In: mathematica didactica 7, 1984, 139-160.

[3] Ganter, Bernhard/Wille, Rudolf: Formale Begriffsanalyse: mathematische Grundlagen. Berlin u.a.: Springer, 1996.

[4] Glaserfeld, Ernst von: Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffs der Objektivität. In: Schriften der Carl Friedrich von Siemens Stiftung: Einführung in den Konstruktivismus. Bd. 10, München: Oldenbourg, 1985, 1-26.

[5] Kerres, Michael: Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. München/Wien: Oldenbourg, 2. Aufl. 2001.

[6] Klimsa, Paul: Multimedia aus psychologischer und didaktischer Sicht. In: Ludwig J. Issing/Paul Klimsa (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 1997, 7-24.

[7] Kreutz, Reinhard: Visualisierung von Hypertextnetzen. Diplomarbeit an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der RWTH Aachen, 1994.

[8] Kreutz, Reinhard: Das Eden Hypertextsystem: strukturierte und adaptive Lehrdokumente für das Internet. Dissertation, RWTH Aachen, ersch. Berlin: Mensch-und-Buch-Verlag, 2000.

[9] Lechner Martin: Ergonomische Navigation in computerbasierten Informationssystemen. Bestandsaufnahme und Entwicklung eines CBT-Programms. Diplomarbeit am Fachbereich Medieninformatik der FH Furtwangen, 1994.

[10] Meder, Norbert: Didaktische Ontologien. Bielefeld: 1999.

[11] Schulmeister, Rolf: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie - Didaktik - Design. München, Wien: Oldenbourg, 2. Aufl. 1997.

[12] Sowa, J.F.: Conceptual Graphs summary. In: T.E. Nagle/J.A. Nagle/ L.L. Gerholz/ P.W. Eklund (Eds.): Conceptual Structures: Current Research and Practise. Ellis Horwood, 1992, 3-51.

[13] Steiner, Verena: Exploratives Lernen. Pendo Verlag, 2000.

[14] Wilhelmy, Herbert: Kartographie in Stichworten. 5. überarbeitete Auflage von Armin Hüttermann und Peter Schröder, Unterägeri: Hirt, 1990.

[15] Wille, Rudolf: Bedeutung von Begriffsverbänden. In: B. Ganter et al. (Hrsg.): Beiträge zur Begriffsanalyse. Mannheim: B.I.-Wissenschaftsverlag, 1987, 161-211.

[16] Wille, Rudolf: Allgemeine Wissenschaft als Wissenschaft für die Allgemeinheit. In: H. Böhme/H. J. Gamm (Hrsg.): Verantwortung in der Wissenschaft. TH Darmstadt 1988, 159-176.

[17] Wille, Rudolf: Begriffsdenken: Von der griechischen Philosophie bis zur künstlichen Intelligenz heute. In: Dilthey-Kastastanie, Ludwig-Georgs-Gymnasium, Darmstadt, 1995, 77-109. Wille, Rudolf: Contextual Logic Summary. In: G.

Stumme (Ed.): Working with Conceptual Structures. Contribution to ICCS 2000. Aachen: Shaker, 2000a, 265-276.

[18] Wille, Rudolf: Begriffliche Wissensverarbeitung: Theorie und Praxis. In: Präsident der TU Darmstadt (Hrsg.): thema FORSCHUNG 2/2000. Worms: Verlag für Marketing und Kommunikation, 2000b.