

Sumfleth, Elke; Kummer, Thomas

Lernen mit Hypertexten zur Einführung in einen Themenbereich - Beispiel Seife

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 7 (2001), S. 121-145



Quellenangabe/ Reference:

Sumfleth, Elke; Kummer, Thomas: Lernen mit Hypertexten zur Einführung in einen Themenbereich - Beispiel Seife - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 7 (2001), S. 121-145 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315403 - DOI: 10.25656/01:31540

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315403>

<https://doi.org/10.25656/01:31540>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

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

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

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

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

ELKE SUMFLETH UND THOMAS KUMMER

Lernen mit Hypertexten zur Einführung in einen Themenbereich

- Beispiel Seife

Zusammenfassung:

Für einen effektiven Einsatz von Hypertextsystemen im Schulunterricht sind Erkenntnisse über zielgruppenabhängige Parameter, die die Eignung von Lernumgebungen bestimmen, zu berücksichtigen. Als ein entscheidender Faktor wird der Grad der Vernetztheit diskutiert. Es stellt sich die Frage, ob nicht-lineare Hypertextsysteme auch bei Lernern mit niedrigem Vorwissen den Wissensaufbau und damit den Lernerfolg unterstützen können. Auf der Suche nach einer Antwort sind für den Chemieunterricht eine lineare und eine nicht-lineare Lernumgebung identischen Inhalts zum Thema Seife entwickelt worden. Der Wissenserwerb mit Hypertextsystemen wird durch spezifische Aufgabenstellungen, ein schlüssiges Design der Lernumgebung und Kurz-Coachings unterstützt. Der Lernerfolg wird mit unterschiedlichen Testinstrumentarien (Leistungstest, Lautes Denken, Fragebögen und Own-Word-Mapping-Verfahren mit anschließendem Verknüpfungstest) erhoben. Es kann gezeigt werden, dass auch bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen der Lernerfolg mit einer nicht-linearen Lernumgebung signifikant besser ausfallen kann als mit einer linearen Lernumgebung.

Abstract:

The effective use of hypertext systems at school is influenced by target group specific parameters which determine the appropriateness of learning environments. The degree of internal linkage is discussed as a decisive factor. The study investigates if non-linear hypertext systems support the construction of knowledge and the related learning outcome of learners with a lower pre-knowledge. Searching for an answer a linear and a non-linear learning environment both dealing with the topic „soap“ are developed for the use in chemistry classes. The knowledge acquisition by hypertext systems is supported by specific task settings, by a logical design of the learning environment and by shortened coaching. The learning outcome is assessed with different tests as there are performance tests, thinking aloud, questionnaires, own word mapping. The results show that learners with lower pre-knowledge profit from non-linear learning environments, as well. The learning outcome is significantly higher than that one achieved in linear learning environments.

1. Einleitung

Interaktive multimediale Software und das Internet werden in Zukunft von zunehmender Bedeutung sein. Die Produktentwicklung boomt, aber selten wird evaluiert und diskutiert, welche Lerneffekte unter welchen Randbedingungen erreicht werden können, welche Voraussetzungen auf Seiten der Lernenden und der Lehrenden berücksichtigt werden müssen. Die zentrale Fragestellung dieser Untersuchung ist, ob und unter welchen Bedingungen nicht-lineare Lernumgebungen bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen den Wissensaufbau und damit den Lernerfolg unterstützen können, denn häufig wird ein ausgeprägtes Vorwissen als Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von nicht-linearen

Lernumgebungen angesehen (Jonassen & Grabinger 1990, Meyerhoff 1993, Jacobson & Spiro 1994, Gerdes 1997). Es wird argumentiert, dass nur Lernende mit einem hohen inhaltlichen Vorwissen sinnvoll entscheiden können, wann sie welche Inhalte aufrufen oder bewusst auf einen Aufruf verzichten.

2. Hypertextsysteme

Hypertextsysteme sind dadurch gekennzeichnet, dass die Informationen in Informationseinheiten (Knoten) unterteilt und untereinander über Links verknüpft sind. Damit erlaubt das Medium im Gegensatz zur linearen, systemgesteuerten Informationserschließung einen flexiblen, lernergesteuerten Zugriff auf die Informationseinheiten (Kuhlen 1991).

2.1 Aufbau von Hypertextsystemen

Knoten können unterschiedliche Informationsträger (Texte, Graphiken, Abbildungen, Tondokumente, Videosequenzen, Animationen und Simulationen) enthalten (vgl. Tochtermann 1995) und im Informationsumfang erheblich differieren. Links bestehen aus einem elektronischen Verweis (dem eigentlichen Link) und einem Link-Anker, dem Ausgangspunkt der Verknüpfung (Schulmeister 1997). Die Ausgangspunkte sind sehr häufig als „integrierte Menüpunkte“ realisiert (Nielsen 1996) und entsprechend markiert. Sie dienen zum einen als Informationsträger und zum anderen zur Aktivierung der Verknüpfung per Mausklick. Es werden abhängig vom Verknüpfungsziel intrahypertextuelle (Ziel innerhalb eines Knotens), interhypertextuelle (Ziel außerhalb eines Knotens) und extrahypertextuelle (Ziel in einem anderen Hypertextsystem, z.B. andere Quellen im World Wide Web) Links unterschieden (Kuhlen 1991). Unidirektionale Links verweisen vom Ausgangsknoten zum Zielknoten, bidirektionale zusätzlich vom Zielknoten zurück zum Ausgangsknoten (Hoffmann & Simon 1995, Grabinger & Dunlap 1996). Die meisten Hypertextsysteme enthalten nur unidirektionale Links. Das bedeutet, dass nur Verknüpfungen angezeigt werden, die von einem Knoten ausgehen, nicht jedoch diejenigen, die auf diesen Knoten verweisen. Über eine sogenannte Backtrack-Funktion kann allerdings auf den zuletzt gesehenen Knoten (den Ausgangsknoten) zugegriffen werden. Hypertextsysteme unterscheiden sich außerdem in der aus den Verknüpfungen resultierenden Gesamtstruktur nach linear bzw. ringartig (Pfade), hierarchisch bzw. baumartig (Kapitel und Unterkapitel) und netzwerkartig (mehrere Links von einem Knoten) (Pohl 1998).

2.2 Navigation und Orientierung in Hypertextsystemen

Die Navigation in Hypertextsystemen hängt von der Organisationsstruktur, der Präsentation der Inhalte, der Zielsetzung des Benutzers,

den angebotenen Navigationshilfen und vom systemspezifischen und inhaltlichen Vorwissen des Benutzers ab (z.B. McAleese 1989, Kuhlen 1991, McKnight et al. 1993, Haack 1995, Gerdes 1997). Pohl (1998) unterscheidet Scanning, Browsing, Searching, Exploring und Wandering, Tergan (1995) nur Browsing, Searching und das Folgen von Pfaden. Bei der Navigation in Hypertextsystemen (Gerdes 1997) treten durch Desorientierung unterschiedliche Probleme auf (s.a. Elm & Woods 1985, Conklin 1987, Edwards & Hardman 1993). Der Benutzer weiß nicht,

- an welcher Stelle er sich relativ zu anderen Informationen befindet;
- wie er zu einer gesuchten Information gelangen kann;
- wie er optimale Ausgangspunkte und Wege zur Problembearbeitung findet;
- wie er zu einer bestimmten Stelle zurückgelangen kann;
- ob er alle relevanten Informationen und Knoten angesteuert hat;
- wie umfangreich das Hypertextsystem ist und welche Informationen es enthält.

Die Desorientierung wird durch den großen Umfang, die Nicht-Linearität und die daraus resultierenden Freiheitsgrade bei der Navigation verursacht (Gay & Mazur 1991). Tergan (1995, S. 133) gibt zu bedenken, dass es den Benutzern „ohne Hilfe nur schwer gelingt, sich eine Vorstellung (mental map) von der Organisationsstruktur der Datenbasis zu machen“. Dagegen bezweifelt Schulmeister (1997) systeminhärente Navigationsprobleme und führt die Desorientierung auf ein mangelhaftes Navigationsdesign zurück. Bernstein (1991) wiederum sieht Vorteile in einer leichten Desorientierung, weil sie möglicherweise die Aufmerksamkeit des Benutzers steigert.

Um die Desorientierung zu minimieren, wurden diverse Navigations- und Orientierungshilfen entwickelt (Jonassen 1989, 1991a, Simpson & McKnight 1990, Gay & Mazur 1991, Haake et al. 1991, Hammond 1992, Haack 1995, Gerdes 1997, Schulmeister 1997), die aber die Gesamtstruktur beeinflussen und die Linearität erhöhen (Astleitner et al. 1998). Navigationshilfen sind z.B. Back-

track-Funktionen, grafische Übersichten/grafische Browser (Visualisierung der Organisationsstruktur), guided tours/Pfade, textorientierte Übersichten (Inhaltsverzeichnisse, Register, Glossare), Navigationsmetaphern (Analogien zwischen der Struktur des Hypertextsystems und einem dem Benutzer vertrauten Kontext), Lesezeichen zur Markierung einzelner Knoten, Such-Tools für themen- oder wortspezifisches Suchen, History-Listen (Listen bereits gesehener Knoten) und Designkriterien (Layout der Oberfläche, Überschriften, Hervorhebungen). Ein enormer Fortschritt für die Anwender wären Standards und Vereinheitlichungen über viele Lernumgebungen hinweg, denn der Benutzer muss den Umgang mit Hypertextsystemen und Navigationshilfen lernen (Kuhlen 1991). Desorientierung führt dazu, dass Knoten nicht angesteuert und andere Knoten wiederholt aufgesucht werden. Der Umkehrschluss ist jedoch nicht erlaubt. Möglicherweise lässt der Benutzer Knoten absichtlich aus, weil sie ihn momentan nicht interessieren, und ruft Knoten erneut auf, weil er sich etwas verdeutlichen will.

Die Ergebnisse von empirischen Untersuchungen zum Navigationsverhalten widersprechen sich teilweise aufgrund von Unterschieden in der Methode, in der Zielsetzung, in den Aufgabenstellungen, im Umfang des Hypertextsystems und im Vorwissen der Probanden (Schulmeister 1997, Dias et al. 1999). Lernende ohne themenspezifisches Vorwissen haben größere Navigationsprobleme (McDonald und Stevenson 1998) und profitieren stärker von den Navigationshilfen (Müller-Kalthoff & Möller 2000). Andererseits verwirren mehrere gleichzeitig angebotene Navigationshilfen zumindest Benutzer ohne Computererfahrungen (Edwards und Hardman 1993, Jonasson 1993). Beim Vergleich von graphisch orientierten Navigationshilfen, Inhaltslisten und dem Verzicht auf Navigationshilfen rufen Benutzer graphisch orientierter Navigationshilfen die meisten unterschiedlichen Knoten auf und lösen mehr Aufgaben korrekt (McDonald und Stevenson 1998).

Die Vorteile für Lernende mit umfangreichem inhaltlichen wie computerspezifischen

Vorwissen zeigen sich auch daran, dass diese auffallend zielbewusster navigieren (MacGregor 1999). Aus etlichen Befunden dieser Art ließe sich ableiten, dass nur Lernende mit hohem Vorwissen von Hypertextsystemen profitieren. Demgegenüber vertreten Schnotz & Zink (1997, S.97) die These, dass durch geeignete Lernhilfen (z.B. spezifische Aufgabenstellungen) der Wissenserwerb mit Hypertextsystemen auch bei Anfängern zumindest genauso effektiv gestaltet werden kann wie der mit linearen Texten, fügen aber hinzu: *„Der Lernende benötigt eine hinreichend klare Vorstellung des anzueignenden Wissens, um eigene Wissenslücken zu erkennen. Er muss entsprechende Informationsziele spezifizieren, die betreffenden Informationen suchen und die bei der Suche vorgefundenen Informationen jeweils hinsichtlich ihrer Zielrelevanz bewerten“*. Diesen Anforderungen muss aber jeder Lernende gerecht werden, auch wenn er mit herkömmlichen Texten arbeitet.

3. Lernen mit Hypertextsystemen

Im Mittelpunkt des Forschungsinteresses beim Lernen mit Neuen Medien stehen derzeit folgende Fragestellungen (Tulodziecki 1997, Brünken & Leutner 2000):

- Wie sind Lerninhalte zu strukturieren, um die individuelle Verknüpfung neuer Informationen mit vorhandenen Wissenssegmenten möglichst effektiv zu unterstützen?
- Welche Lernermerkmale sind für die Wissensaneignung bedeutend?
- Welche prozessbezogenen Lernhilfen und Rückmeldungen können die Wissensaneignung unterstützen?
- Welche motivationalen und emotionalen Faktoren sind zu berücksichtigen?

3.1 Vorteile und Nachteile von Hypertextsystemen

Kuhlen (1991) argumentiert für den Einsatz von Hypertextsystemen mit dem informationellen Mehrwert, dem schnellen Informationszugriff über die Links (Wei 1991), während Astleitner et al. (1998) genau darin,

nämlich dem schnellen Aufrufen und Verlassen von Informationseinheiten, den Grund für oberflächliches Lernen sehen. Der flexible Informationszugriff kann individuell nach den eigenen Lernbedürfnissen gesteuert werden (z.B. Euler 1994). Der Benutzer kann die Informationseinheiten explorativ erkunden und muss sich dann gezielt für bestimmte Informationseinheiten entscheiden (Rolff 1991). Hieraus resultiert aber ein Selektionsproblem (Koring 1997, Kammerl 2000). Andererseits kann das Erlebnis der eigenen Einflussnahme auf das Geschehen (self efficacy) die Lernermotivation und den Lernerfolg entscheidend stimulieren (Astleitner et al. 1998, Zink 1997). Spiro et al. (1988, 1990, 1991a,b) sehen in Hypertextsystemen die Chance kognitive Flexibilität zu fördern: „In particular, multidimensional and nonlinear hypertext systems (...) have the power to convey ill-structured aspects of knowledge domains and to promote features of cognitive flexibility in ways that traditional learning environments (textbooks, lectures, computer-based drill) could not“ (1991a, S.24). Hierfür schlagen sie „Cognitive Flexibility Hypertexts“ vor, in denen komplexe und unstrukturierte Inhalte in multiplen Kontexten mit verschiedenen Zielsetzungen und unterschiedlichen Perspektiven angeboten werden. Sie vermuten, dass der Umgang mit dem nicht-linearen Hypertextsystem die Lernenden befähigt, Informationen nicht isoliert, sondern im Zusammenhang, in Wechselwirkung mit anderen Informationen zu sehen.

Die Hypothese der kognitiven Plausibilität (Jonassen 1986, 1988, 1989 und 1991b; Kuhlen 1991; Jonassen & Wang 1994), dass die nicht-lineare Struktur der Hypertextsysteme den vernetzten, nicht-linearen Strukturen im Gehirn ähnelt und so neues Wissen leichter verknüpft werden kann, wurde mit folgenden Argumenten widerlegt (Whalley 1990, Nelson & Palumbo 1992, Hammwöhner 1993, Jonassen 1993, Dillon 1996, Gerdes 1997, Zink 1997):

- Auch in nicht-linearen Hypertextsystemen erfolgt die Informationserschließung zeitlich linear.

- Es besteht nur eine marginale strukturelle Ähnlichkeit zwischen der vernetzten Struktur der Informationseinheiten in Hypertextsystemen und dem menschlichen kognitiven Netzwerk. Letzteres ist viel komplexer, dynamischer und umfangreicher.
- Die vernetzte Struktur der Informationseinheiten in Hypertextsystemen kann nicht direkt in eine mental repräsentierte Wissensstruktur übertragen werden; vielmehr ist ein aktiver und konstruktiver Umgang mit Hypertextsystemen nötig. Die konstruierte mentale Wissensstruktur ist dann situations- und lernerspezifisch.

Für das Lernen mit Hypertextsystemen wird erstmals von Conklin (1987) das Problem des „Cognitive overhead“, der kognitiven Überlastung erwähnt, weil der Benutzer von Hypertextsystemen neben der Informationsverarbeitung auch noch systemspezifische Anforderungen bewältigen muss (Meyerhoff 1993, Tergan 1995, Wenger & Payne 1996):

- Entscheidungen für oder gegen das Aufrufen einer Informationseinheit und den Gebrauch von Navigationshilfen,
- Erinnerung noch aufzurufender und bereits aufgerufener Informationseinheiten,
- Nutzung von Navigationshilfen.

Es stellt sich die Frage, inwieweit sich durch ein schlüssiges Design, Kurz-Coachings zur Einführung in die Lernumgebung und intuitiv zu bedienende Hilfen derartige zusätzliche Belastungen reduzieren lassen. Aber jede offen gestaltete Lernumgebung, in der der Benutzer eigenständig über Lerninhalte, Lernwege, Lernziele und Lerntempo entscheidet, erfordert zusätzliche Anstrengungen. Die Belastung des Arbeitsgedächtnisses ist insofern systemimmanent, bewusst eingeplant und muss nicht zwangsläufig als negativ empfunden werden.

3.2 Lernen mit linearen und nicht-linearen Lernumgebungen

Lineare Texte unterscheiden sich von nicht-linearen Hypertexten hauptsächlich dadurch, dass in ihnen die Leseabfolge vorgegeben ist. Lernende können den Umfang des Textes sehr

genau einschätzen, während der Umfang nicht-linearer Lernumgebungen häufig überschätzt wird und dadurch die Lernmotivation beeinträchtigt wird (Astleitner et al. 1998). Die systematische, lineare Präsentation der Inhalte soll die Rezeption erleichtern, und der Textzusammenhang wird leichter erfahrbare. Andererseits sind multiple Lernkontexte nur schwer realisierbar (Stark et al. 1995). Individuelle Lernbedürfnisse und eigene Interessen spielen eine untergeordnete Rolle. Komplexe Inhalte werden in eine lineare Struktur gedrängt. Damit ist die themenspezifische Komplexität für den Lernenden nur schwer erfahrbare. Tergan (1997b) gibt zu bedenken, dass die meisten empirisch belegten Vorteile von linearen Texten an Texten nachgewiesen wurden, die dem realen Kontext nicht entsprechen (geringe Wortzahl, gut strukturiert, abgerundeter Sachverhalt, Beschreibung aus einer Perspektive).

Um die positiven Eigenschaften von Büchern auf Hypertextsysteme zu übertragen, schlägt Kuhlen (1991) vor, die Hypertextsysteme durch Einschränkungen der Verknüpfungen möglichst linear zu gestalten (s.a. Böhle et al. 1997). Als Vorteile der Hypertextsysteme gegenüber den Schulbüchern bleiben dann noch die weltweite Repräsentationsmöglichkeit der Informationen, die schnellere Aktualisierungsmöglichkeit, die Chance Videos, Animationen und Audiofiles zu implementieren und ein kleiner Rest an Interaktivität.

Schnotz & Zink (1997, S.96) sehen in Hypertexten und linearen Texten unterschiedliche Informationspräsentationen, die jedoch keine „inhärenten Eigenschaften besitzen, denen per se ein lernfördernder Effekt zukommt“. Es muss also das Ziel sein, die Bedingungen zu untersuchen, unter denen mit der jeweiligen Präsentationsform am besten gelernt werden kann. Eine dieser Bedingungen ist die spezifische Zielorientierung. Hypertexte sind für den Wissenserwerb mit spezifischer Zielorientierung besser geeignet, lineare Texte für einen Wissenserwerb ohne spezifische Zielorientierung (s.a. McKnight et al. 1991, Schulmeister 1997). Hypertexte werden generell als weniger kohärent angesehen als lineare Texte (Freisler

1994, Gerdes 1997). Das Lernen mit Texten hängt aber u.a. von der Kohärenz des Textes ab (z.B. Groeben 1982). Kohärenzlücken müssen durch schlussfolgerndes Denken geschlossen werden. Dieses gelingt nur dann, wenn der Leser geeignetes Vorwissen aktiviert. Durch diesen aktiven, konstruktiven Prozess wird besonders effektiv gelernt. Sind die Kohärenzlücken für den Leser allerdings zu groß, um sie zu schließen, wird der Text nicht oder nur unvollständig verstanden. Winter (1994) und Gerdes (1997) gehen davon aus, dass kohärente Texte für Lerner mit niedrigem Vorwissen optimal sind, für Lerner mit hohem Vorwissen sollten die Texte dagegen Kohärenzlücken enthalten. Demzufolge sollten Lerner mit niedrigem Vorwissen stärker von einem linearen Text als von einem Hypertext profitieren. Bei zwei Untersuchungen, die Gerdes mit Studierenden durchführte, zeigte sich dann auch, dass die Versuchspersonen mit niedrigem Vorwissen mit den linearen Texten bessere Lernergebnisse erzielten als mit den verwendeten Hypertextsystemen. Nur Versuchspersonen mit hohem Vorwissen konnten von den Hypertextsystemen stärker profitieren als von den linearen Texten. Generell schwierig sind in diesem Zusammenhang die Definition von niedrigem und hohem Vorwissen und die Bestimmung des Vernetzungsgrads der verwendeten Hypertextsysteme.

4. Untersuchungsdesign und Testmethoden

In der Wissenschaft Chemie sind einerseits die einzelnen Teilbereiche eng miteinander verknüpft und andererseits bestehen viele Verflechtungen zu den anderen Naturwissenschaften und der Mathematik. Deshalb erscheint es sehr sinnvoll, chemische Inhalte in vernetzten Lernumgebungen zu präsentieren. Sollte sich aber bestätigen, dass Lernende mit geringem Vorwissen generell durch vernetzte Lernumgebungen überfordert werden, wäre ihr Einsatz im Schulbereich nur eingeschränkt sinnvoll. Die zentrale Fragestellung lautet daher:

Können vernetzte Hypertextsysteme auch bei Lernern mit niedrigem Vorwissen den Wissensaufbau und damit den Lernerfolg unterstützen?

Zur Untersuchung des Umgangs von Lernenden (vor allem mit niedrigem Vorwissen) mit linearen und nicht-linearen Lernumgebungen und des damit verbundenen Lernerfolgs werden zwei Hypertexte zum Thema Seifen entwickelt, die sich nur in ihrem Verknüpfungsgrad unterscheiden. Diese beiden Hypertexte werden in einer Pilotstudie mit acht Erstsemesterstudierenden erprobt und unter fachlichen, fachdidaktischen, mediendidaktischen und gestalterischen Aspekten optimiert. Außerdem werden in der Pilotstudie die Testinstrumentarien (Fragebogen, Own-Word-Mapping, Leistungstest, Methode des Lauten Denkens) in Bezug auf ihre Einsatzfähigkeit und Aussagekräftigkeit in der Hauptstudie überprüft. Die Fragebogen dienen zur Ermittlung der Vorerfahrungen beim Arbeiten mit dem Computer. Mit Hilfe der Own-Word Maps und der konventionellen Aufgaben wird vor und nach dem Arbeiten mit den Hypertexten das Fachwissen erhoben. Die Laut-Denken-Protokolle werden erstellt, um während der Arbeit mit den Hypertexten Hinweise auf die Intentionen für das Anklicken oder Nicht-Anklicken bestimmter Verknüpfungen zu erhalten. Die Pilotstudie soll erste Hinweise geben, welche Faktoren das Navigationsverhalten bestimmen und welche Faktoren das Antwortverhalten der Lernenden in den Posttests bestimmen. Die Probanden arbeiten entweder mit der linearen oder der nicht-linearen Lernumgebung. Die sich anschließende Hauptstudie wird mit Lernenden dreier elfter Klassen der gymnasialen Oberstufe durchgeführt.

4.1 Beschreibung der Lernumgebungen

Inhaltlich sind beide Lernumgebungen identisch. Sie enthalten sowohl eine Übersichtsseite, auf der die drei Hauptkapitel aufgeführt sind, als auch ein Sachregister zum direkten Zugriff auf die Themenbereiche. Innerhalb der Kapitel gibt es Hauptseiten, Nebenseiten und Begriffsdefinitionsseiten, die sich auch im Lay-

out von Überschrift und Hintergrundbild unterscheiden. Die Hauptseiten gliedern sich in einen inneren Inhaltsbereich und einen äußeren Bereich, der Navigationsbutton und Informationen über das aufgerufene Kapitel enthält. Über die Button kann der Anwender die Übersichtsseite aufrufen oder innerhalb des Kapitels vor und zurück navigieren. Der Inhaltsbereich ist textorientiert konzipiert. Durch das „Anklicken“ kleiner Vorschaubilder gelangt der Anwender zu den stärker graphisch orientierten Nebenseiten, die die Inhalte der Hauptseiten ergänzen und verdeutlichen. Von einer Nebenseite kommt man nur zur Ausgangshauptseite oder zur Übersichtsseite zurück. Die Begriffsdefinitionsseiten enthalten ähnlich wie ein Lexikon Informationen zu naturwissenschaftlichen Fachausdrücken und sollen dem Anwender notwendiges „Vorwissen“ vermitteln oder ein Wiederholen ermöglichen.

Die beiden Lernumgebungen unterscheiden sich in Art und Anzahl der Verknüpfungen der Seiten untereinander und damit in der Möglichkeit auf Informationen zuzugreifen. Um auf die Begriffsdefinitionsseiten zugreifen zu können, müssen die Anwender in der linearen Lernumgebung über einen Button in der Navigationsleiste zum Glossar navigieren, das eine Übersicht über alle verfügbaren Begriffsdefinitionsseiten bietet. Über die Zurück-Funktion des Browsers gelangt der Anwender dann auf die Hauptseite, von der aus er das Glossar aufgerufen hat. In der nicht-linearen Lernumgebung können die Begriffsdefinitionsseiten über entsprechende Links von den Haupt- und Nebenseiten aufgerufen werden. Hier haben die Anwender darüber hinaus die Möglichkeit über zusätzliche Links zwischen verschiedenen Hauptseiten - auch unterschiedlicher Kapitel - zu „springen“. Durch Aktivierung der Verknüpfung gelangt der Anwender auf eine andere Hauptseite, auf der näher auf die entsprechende Thematik eingegangen wird. Die Links sind farblich und durch eine andere Schriftart gekennzeichnet. Zusätzlich öffnet sich beim Darübergleiten mit dem Mauszeiger automatisch ein kleines Textfenster, in dem angezeigt wird, zu welcher Hauptseite der Link führt.

4.2 Testmethoden

Im Rahmen der Pilotstudie werden ein Fragebogen zu Computervorkenntnissen und Einstellungen, Own-Word-Mapping und Integrationstest, ein Leistungstest, die Methode des Lauten Denkens, eine PC-Camcordersoftware und Interviews eingesetzt. Der Fragebogen zu Computervorkenntnissen und Einstellungen ist Bestandteil des Prätests. Die Ergebnisse dienen dazu, die Versuchspersonen auf die beiden Untersuchungsgruppen „lineare Lernumgebung“ und „nicht-lineare Lernumgebung“ zu verteilen, um diesbezüglich vergleichbare Gruppen zu erhalten und um nach möglichen Zusammenhängen zwischen Vorkenntnissen bzw. Einstellungen und den Untersuchungsergebnissen zu suchen.

Mapping-Verfahren ermöglichen Aussagen zu Art und Struktur von Wissen (Hucke & Fischer 2000) und liefern damit andere Aussagen zum Verständnis als konventionelle Leistungstests (Schecker & Klieme 2000). Beim Own Word Mapping (Tiemann 1999; Sumfleth & Tiemann 2000) werden im Gegensatz zu herkömmlichen Concept Mapping Verfahren keine Begriffe sondern Bilder vorgegeben, die von den Lernenden durch Begriffssequenzen verbunden werden sollen. An das Own Word Mapping schließen sich wie bei Tiemann (1999) ein Verknüpfungs- und ein Integrationstest an. In der Pilotstudie werden 3 Bilder folgenden Inhalts: Strukturformel eines Fettes, modellhafte Darstellung des Prozesses der Schmutzablösung, Abbildung eines Versuchs zur Erniedrigung der Oberflächenspannung vorgegeben. Damit die Bearbeitungsreihenfolge nicht durch eine vorgegebene Bilderreihenfolge beeinflusst wird, sollen die Versuchspersonen die Bilder selbst auf das DIN A3-Blatt kleben. Die Aufgabenstellung und die Bilder sind im Anhang abgebildet. Im anschließenden Verknüpfungstest werden die Versuchspersonen aufgefordert, zu den im Own Word Map von ihnen genannten Begriffsverknüpfungen Aussagen zu bilden. Danach werden im Integrationstest fachsystematisch relevante Begriffe vorgegeben, die die Versuchspersonen in ihr bestehendes Own

Word Map integrieren sollen, sofern ihnen die Begriffe bekannt sind und diese Begriffe nicht bereits Bestandteil ihres Own Word Maps sind. Auch zu diesen Verknüpfungen werden Aussagen gebildet. Mit dem Integrationstest wird unter anderem geprüft, ob die Versuchspersonen die vorgegebenen Begriffe kennen und in welcher Beziehung sie diese Begriffe zu den Begriffen in ihrem selbstformulierten Begriffsnetz sehen.

Der Leistungstest besteht aus konventionellen Aufgaben und dient im Rahmen des Prätests dazu, das Vorwissen der Versuchspersonen zum Thema Seifen zu ermitteln und die Versuchspersonen in Bezug auf ihr themenspezifisches Vorwissen gleichmäßig auf die beiden Untersuchungsgruppen zu verteilen. Ein Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen erlaubt Aussagen über den Lernerfolg.

Beim Lauten Denken werden die Versuchspersonen aufgefordert, laut zu äußern, was sie gerade denken. Der Versuchsleiter greift nur fragend ein, wenn die Versuchspersonen Seiten aufrufen, ohne sich spontan zu ihren Motiven zu äußern. Diese Methode wurde in ähnlichen Situationen u.a. von Zimmermann (1996, 1997) erfolgreich eingesetzt, um zu untersuchen, wie Lernende ihren eigenen Lernzustand und Leseweg - auch in Abhängigkeit zum Vorwissen - während des Lernens mit Instruktionstexten analysieren.

Während die Studierenden mit der jeweiligen Lernumgebung arbeiten, wird die Bildschirmanzeige mit einer PC-Camcordersoftware in Echtzeit aufgezeichnet. Die Software speichert die so entstehende Videosequenz als digitalen Videofile und erlaubt eine Analyse des Navigationsverlaufs. Parallel dazu zeichnet die Camcordersoftware die mündlichen Aussagen der Versuchspersonen auf.

4.3 Konsequenzen der Pilotstudie

Die Ergebnisse der Pilotstudie betreffen drei Bereiche:

- Umgang mit den Lernumgebungen und daraus resultierende Lernerfolge;
- Anwendbarkeit der verschiedenen Methoden;

- Veränderungen in der Lernumgebung: Layout, Verknüpfungsgrad und Inhaltsumfang.

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorwissen der Versuchspersonen und ihrem Lernerfolg ist nicht zu erkennen. Die Leistungsunterschiede sind bei Aufgaben, die die Begriffsdefinitionen betreffen, niedrig. Eine Ursache könnte die geringe Frequentierung dieser Seiten sein. Die Own Word Maps zeigen, dass die meisten Versuchspersonen im Posttest-Map fachspezifischer argumentieren und Inhalte besser miteinander verknüpfen. Im Vergleich der beiden Lernumgebungen zeigt sich, dass die Versuchspersonen, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten, sowohl in den Absolutwerten als auch in den Differenzen zu den Ergebnissen des Prätestes im Posttest tendenziell besser abschneiden als die Versuchspersonen, die mit der linearen Lernumgebung arbeiten. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse von Leistungstest und Own Word Map inklusive Verknüpfungstest zeigt bei beiden Gruppen hohe Übereinstimmungen. Deshalb werden in der Hauptstudie entweder Own Word Mapping oder Leistungstest eingesetzt, um die Bearbeitungszeit von Lernumgebung und Test in einer Doppelstunde zu ermöglichen. Der Integrationstest liefert nur wenige neue Ergebnisse, ist aber zeitintensiv, so dass auf ihn verzichtet wird.

Die Analyse der Aufzeichnung des Navigationsverlaufs und der Aussagen des lauten Denkens zeigen, dass die Versuchspersonen, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten, die zusätzlichen Verknüpfungen zu anderen Hauptseiten (übergreifenden Links) selten nutzen. Ein Vergleich aller Versuchspersonen zeigt, dass das Navigationsverhalten mit Blick auf die aufgerufenen Seiten und die Aufenthaltsdauer unabhängig von der Lernumgebung stark differiert. Die meistgenannten Motive für die Navigation zu bestimmten Seiten waren Interesse und Verständnisschwierigkeiten, die sich natürlich gegenseitig nicht ausschließen. Die Methode des lauten Denkens hat sich als geeignet herausgestellt. Da sich die Versuchspersonen aber in ihrer Konzentration erheblich gestört

fühlen, wird in der Hauptstudie darauf verzichtet.

Auf Grund der Ergebnisse der Pilotstudie werden die Hypertextseiten auf einen Umfang reduziert, der in etwa 45 Minuten bearbeitet werden kann und zusätzlich werden die Hypertextseiten der nicht-linearen Lernumgebung stärker verknüpft, um die Unterschiede zwischen den beiden Lernumgebungen im Verknüpfungsgrad und damit die potentiellen Navigationswege zu erhöhen.

4.4 Durchführung der Hauptuntersuchung

In der Hauptstudie werden Unterschiede im Lernerfolg und im Navigationsverhalten in Abhängigkeit von der Art der Lernumgebung (linear oder nicht-linear) analysiert. Die Untersuchung mit dem beschriebenen Prä-Posttest-Design wird mit achtunddreißig Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 11/2 eines Gelsenkirchener Gymnasiums (24 Schülerinnen und Schüler) und eines Oberhausener Gymnasiums (14 Schülerinnen und Schüler) durchgeführt. In den untersuchten Lerngruppen war im Chemieunterricht der Sekundarstufe II bis zum Zeitpunkt des Prätestes eine Einführung in die organische Chemie erfolgt, das Thema Seifen war noch nicht Lerninhalt. Einige Wochen nach dem Prätest werden die Lernenden in die Lernumgebung und die Browserfunktionen eingewiesen und arbeiten in Einzelarbeit mit einer der Lernumgebungen. Die Aufgabenstellung während des Arbeitens mit der Lernumgebung lautet: „Bereiten Sie sich mit Hilfe der Lernumgebung auf ein Referat zu dem Thema „Wirkungsweise von Seife im Waschprozess“ vor.“ In einem direkt anschließenden Posttest werden die Lernerfolge erhoben. Für die Arbeit mit der Lernumgebung stehen 40 Minuten zur Verfügung, für Prä- und Posttest jeweils 45 Minuten.

Aufgrund der Ergebnisse der Pilotstudie wird aus zeitlichen Gründen nur ein Wissenstest eingesetzt, am Oberhausener Gymnasium der Leistungstest und am Gelsenkirchener Gymnasium das Own Word Mapping (Vorgabe von nur zwei Bildern) inklusive Verknüpfungs-

test. Auf das Bild mit der Strukturformel (Anhang) wird verzichtet. Der Leistungstest wird gegenüber der Pilotstudie aufgrund des verkürzten Hypertexts angepasst (Anhang). An dem Gelsenkirchener Gymnasium arbeiten die Lernenden nacheinander an zwei Notebooks. Hierbei wird der Navigationsverlauf mit einer Camcordersoftware aufgezeichnet. An dem Oberhausener Gymnasium werden die Lernumgebungsanwendung und der Posttest von allen Lernenden gleichzeitig in einem Computerraum durchgeführt. Aus technischen Gründen kann der Navigationsverlauf nicht aufgezeichnet werden.

4.5 Änderungen in der Lernumgebung

Die in der Hauptuntersuchung eingesetzten beiden Lernumgebungen sind inhaltlich dem Kapitel „Wirkungsweise von Seife“, der in der Pilotstudie eingesetzten Lernumgebung „Seife“ sehr ähnlich. Gegenüber der Pilotstudie wurde die Inhaltsmenge pro Seite reduziert. Ein Sachregister ist nicht implementiert, da es in der Pilotstudie nicht genutzt wurde. In der linearen Lernumgebung sind die Begriffe, die im Glossar erläutert werden, im Text der Haupt- und Nebenseiten durch Fettdruck hervorgehoben. Im Gegensatz zur Pilotstudie ist im Textfenster der Hauptseiten der linearen Lernumgebung die Seitenzahl und die Gesamtzahl der Hauptseiten angegeben. Dadurch erhalten die Lernenden einen

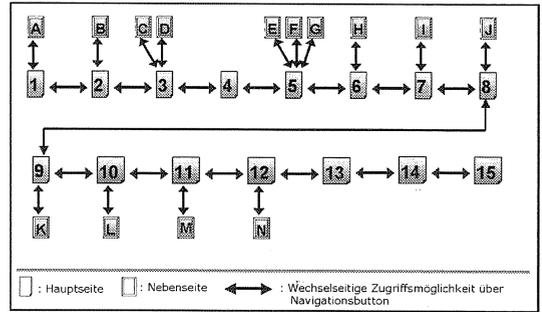


Abb. 1: Navigationsmöglichkeiten in der linearen Lernumgebung

Eindruck vom Gesamtumfang der Lernumgebung. Die Navigationsmöglichkeiten sind relativ stark eingeschränkt (Abb. 1). Dennoch können die Lernenden entscheiden, wie viel Zeit sie auf den einzelnen Seiten verbringen, und es bleibt ihnen überlassen, ob sie von Hauptseite 1 zur Hauptseite 2 bis hin zur Hauptseite 15 linear navigieren oder ob sie zwischenzeitlich über die Zurück- und die Vorwärts-Button schnell zwischen weiter auseinanderliegenden Seiten hin und her springen.

In der nicht-linearen Lernumgebung müssen die Lernenden ständig den nächsten Navigationsschritt entweder über die Indexseite (Abb. 2) oder über die übergreifenden Links auswählen. Die Hauptseiten sind nur dann über Vorwärts- und Rückwärts-Button miteinander verknüpft, wenn sie einem Themenbereich (z.B. *Erniedrigung der Grenzflächenspannung*) angehören. Die Möglichkeiten zur linearen Navigation sind stark eingeschränkt.

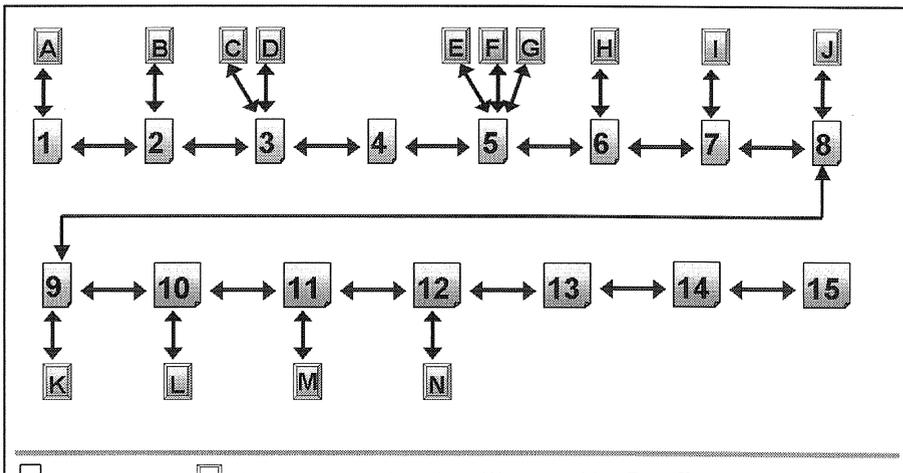


Abb. 2: Indexseite der nicht-linearen Lernumgebung

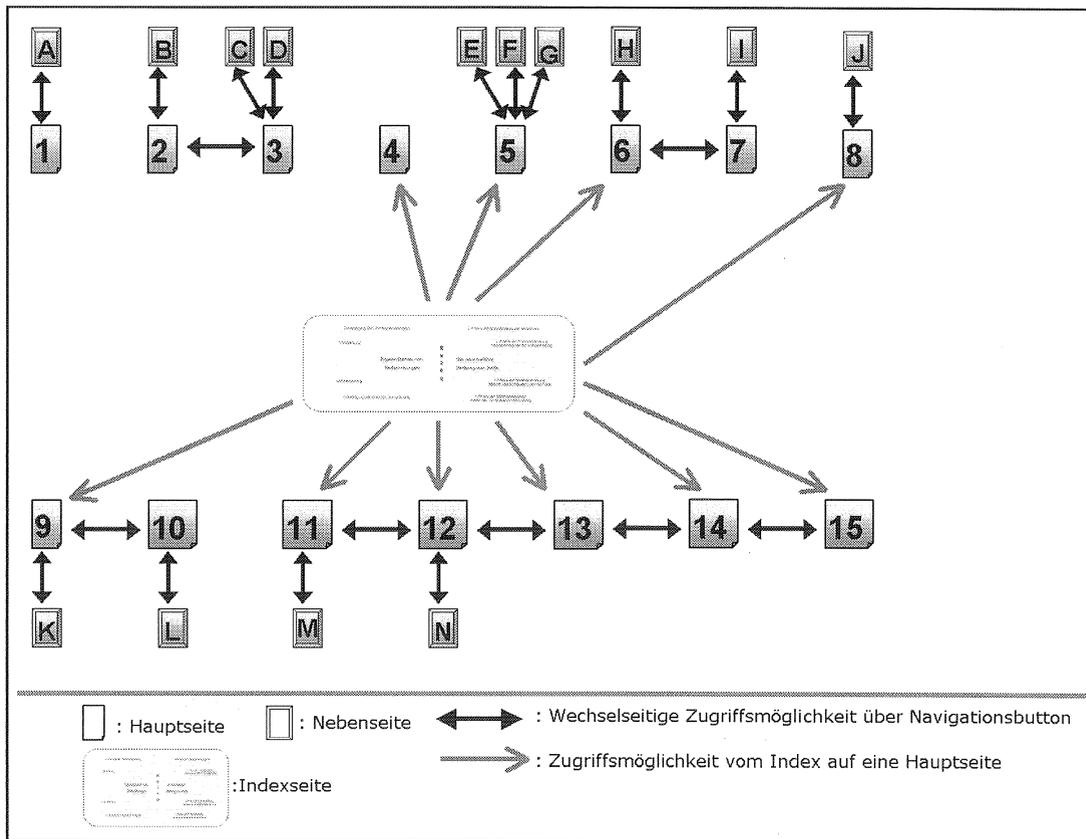


Abb. 3: Navigationsmöglichkeiten (Auswahl 1) innerhalb der nicht-linearen Lernumgebung.

Die nächste Abbildung (Abb. 3) zeigt die Verknüpfungen von Haupt- und Nebenseiten in der nicht-linearen Lernumgebung und die Möglichkeiten zur Informationsauswahl über die Indexseite. Sie verdeutlicht, dass nicht alle Hauptseiten von der Indexseite aus erreichbar sind. Die Hauptseiten drei und sieben müssen von den Seiten zwei bzw. sechs über Navigationsbutton aufgerufen werden. Die Hauptseiten eins und zwei können nur durch „übergreifende Links“ erreicht werden. Aus Übersichtsgründen sind die „übergreifenden Links“ nicht eingezeichnet, sondern getrennt dargestellt (Abb. 4).

5. Ergebnisse

5.1 Leistungstest

Der Leistungstest wird am Oberhausener Gymnasium als Prä- und Posttest mit vier-

zehn Lernenden durchgeführt. Die Antworten werden anhand eines Idealantwortverzeichnis mit kombiniertem Punkteschlüssel von zwei Personen unabhängig voneinander bewertet. Als Übereinstimmungskoeffizient wird ein Kappa-Koeffizient (κ) von 0,66 ermittelt. Nach Landis und Koch (1977) gilt dieser Wert als „substantial“ und nach Robson (1993) noch als „good“.

Die Ergebnisse des Prätests lassen sich aufgabenspezifisch und personenspezifisch auswerten. Die aufgabenspezifische Auswertung (Abb. 5) zeigt, dass einige Fragen fast gar nicht beantwortet werden. Dazu gehört die Erläuterung der Begriffe „Fettsäuren“, „Seifenanion“ und „Oberflächenspannung“ (Aufgabe 1b, 1e, 1f), die Darstellung der Anordnung von Seifenanionen um Öltröpfchen (Aufgabe 3) und die Erklärungen zur Wirkungsweise von Seife (Aufgabe 4). Diese Auf-

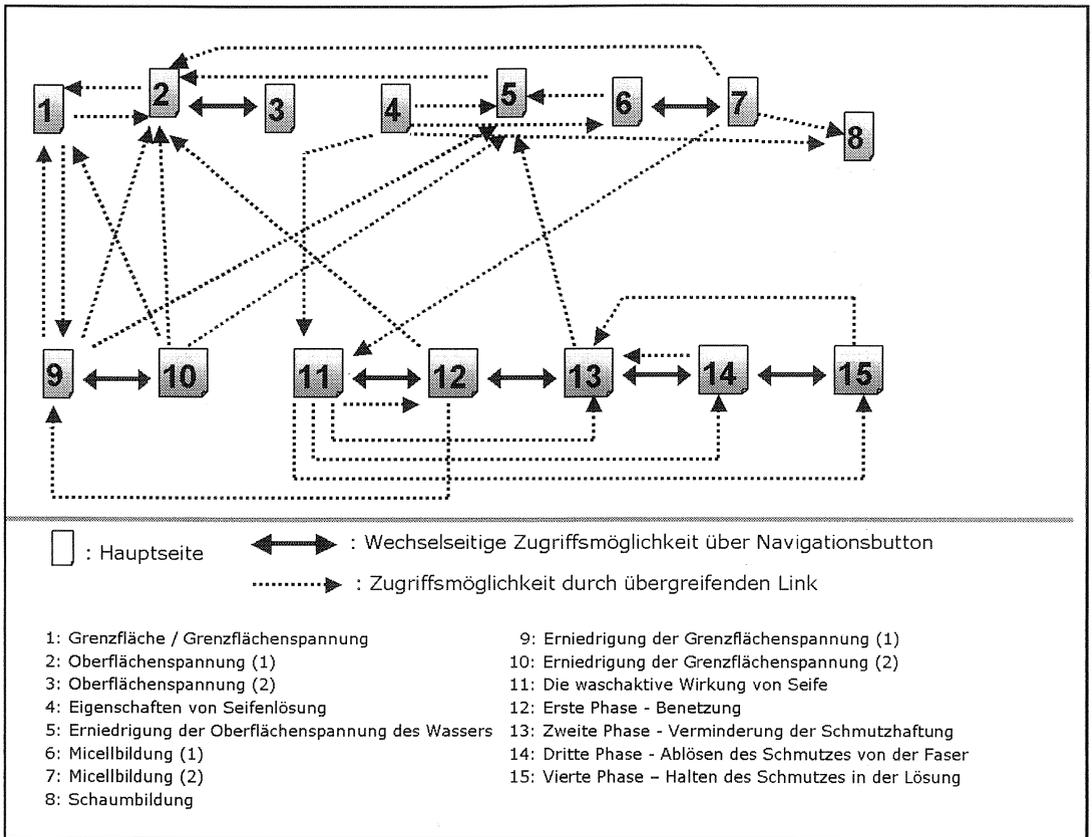


Abb. 4: Navigationsmöglichkeiten (Auswahl 2) innerhalb der nicht-linearen Lernumgebung.

gaben werden als „schwere Aufgaben“ kategorisiert. Die Aufgaben 1a, 1c und 1d (Erläuterung der Begriffe „hydrophil / hydrophob“, „Wasserstoffbrücken“, „Ester“), die Aufgabe 2 (Beschriftung eines Seifenmodells) und die Aufgabe 5 (zum Phänomen der Oberflächenspannung) werden zumindest zum Teil beantwortet und als „mittelschwere Aufgaben“ deklariert. Nur die Aufgabe 2 wird von einigen Lernenden vollkommen richtig beantwortet. Wie erwartet, können die Aufgaben von den Lernenden zu diesem Zeitpunkt nicht zufriedenstellend beantwortet werden. Aus der personenspezifischen Auswertung wird ersichtlich, dass alle Versuchspersonen über ein geringes themenspezifisches Vorwissen verfügen. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 58,5 Punkte. Nur eine Versuchsperson erreichte 19 Punkte (32,5%), die übrigen zwischen 4 und 11,25 (Abb. 7).

Die Ergebnisse des Post-Leistungstests (Abb. 5) zeigen, dass immer noch die Erläuterung der chemiespezifischen Begriffe (Aufgabe 1) und die Erklärung der Wirkungsweise von Seife (Aufgabe 3) mäßig bis schlecht beantwortet werden. Eine Ursache ist, wie die Pilotstudie gezeigt hat, dass nie alle Begriffsdefinitionsseiten aufgerufen werden. Im übrigen ist die Aufgabe 3 sehr komplex und erfordert das Kombinieren von Informationen verschiedener Haupt-, Neben- und Begriffsdefinitionsseiten. Das sehr gute Abschneiden der Gesamtgruppe bei Aufgabe 2 - Beschriftung eines Seifenmoleküls mit den vorgegebenen Begriffen „hydrophil“, „hydrophob“, „Carboxylgruppe“ und „Kohlenwasserstoffrest“ - ist vermutlich darin begründet, dass die notwendigen Informationen in der Lernumgebung immer wieder präsentiert werden und zum Verstehen der Seifenthematik an vielen

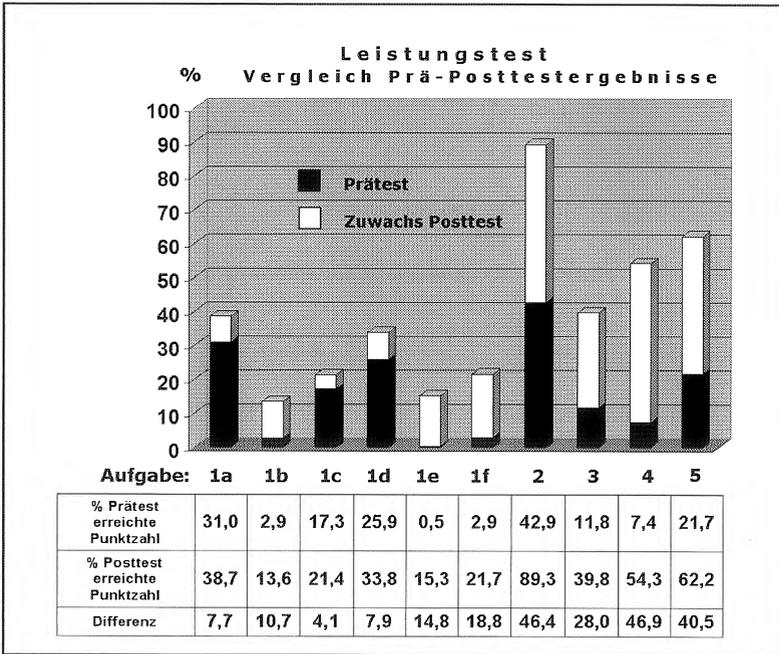


Abb. 5: Vergleich der Prä- und Posttestergebnisse; die Gesamtsäule stellt das Ergebnis des Posttests dar, der untere Teil der Säule das des Prätests, der obere Teil die Differenz zwischen Prä- und Posttest

Stellen benötigt werden. Außerdem ist die Aufgabe relativ einfach gestaltet, und die Lernenden haben bereits im Prätest bei dieser Aufgabe am besten abgeschnitten, d.h. hier liegt ein mittleres aufgabenspezifisches Vorwissen vor.

Die Lernzuwächse sind bei den Aufgaben 2 bis 5 am größten. Damit zeigt sich, dass die Inhalte zur Seifenthematik am besten gelernt werden. Dies erklärt auch, dass die Lernenden die Aufgaben, die aufgrund der Ergebnisse des Prätests als schwierige Aufgaben kategorisiert sind (Aufgabe 1b, 1e, 1f, 3, 4) zum Teil besser bearbeiten als mittelschwere (1a, 1c und 1d).

Die Ergebnisse der Einzelgruppen stimmen tendenziell mit denen der Gesamtgruppe überein (Abb. 6). Auffällig ist, dass bei den Aufgaben 3 und 4 die Gruppe „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“ im Posttest besser abschneidet als die Gruppe „lineare Lernumgebungsanwender“, obwohl sie im Prätest auf einem prozentual niedrigeren Niveau startet. Vergleicht man für die

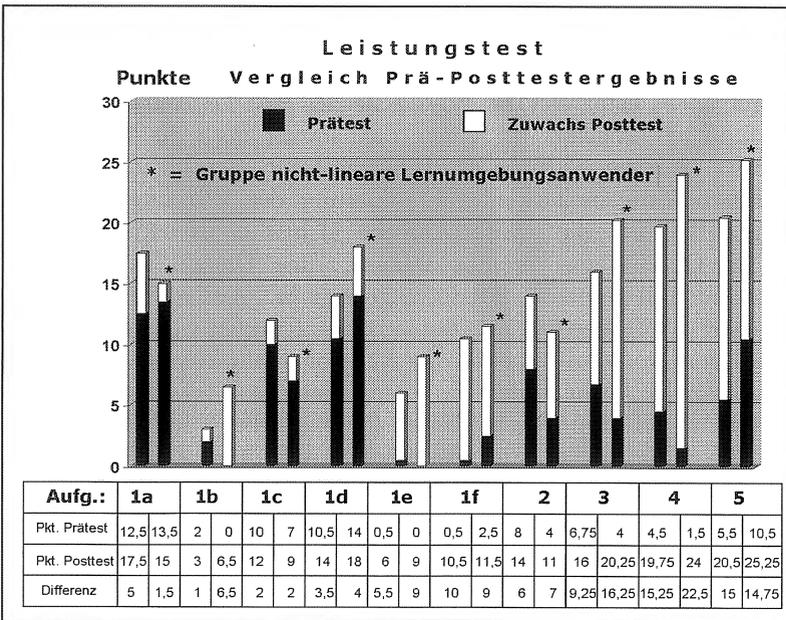


Abb. 6: Vergleich der Gruppen „lineare“ und „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“

Aufgabe 3 die Punktdifferenzen von Prä- und Posttest, ergibt sich für die Gruppe „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“ eine um 7 Punkte bessere Differenz gegenüber der Gruppe „lineare Lernumgebungsanwender“. Für die Aufgabe 4 beträgt der Wert 7,25 Punkte. Für die personenspezifische Auswertung von Prä- und Posttest sind die Werte nach zunehmender Punktzahl im Prätest von links nach rechts aufgetragen (Abb. 7).

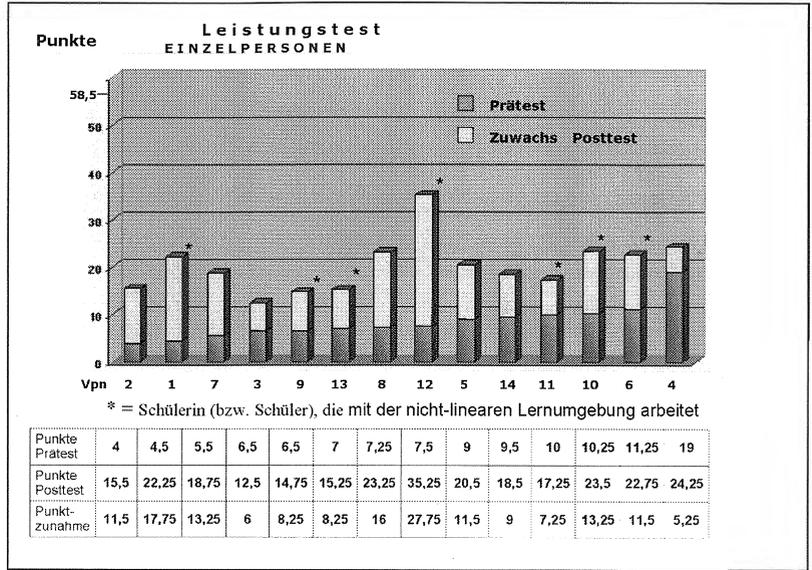


Abb. 7: Einzelergebnisse des Prä- und Posttests der 14 Lernenden

Die maximal erreichbare Punktzahl im Leistungstest beträgt 58,5 Punkte. Es sind nicht die Lernenden mit einer vergleichsweise höheren Punktzahl im Prätest, die im Posttest besser abschneiden, unabhängig von der Lernumgebung.

Ein Vergleich der Gesamtpunktzahlen der beiden Gruppen „lineare Lernumgebungsanwender“ und „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“ (Abb. 8) zeigt das bessere Abschneiden der „nicht-linearen Lernumgebungsanwender“. Sie erzielen mit einer Gesamtpunktzahl von 149,5 Punkten im Posttest 16,25 Punkte mehr als die andere Gruppe. Gemessen an den im Prätest von den Gruppen erreichten Punktzahlen (60,75 bzw. 57 Punkte) konnte sich die Gruppe der „linearen Lernumgebungsanwender“ um 119 Prozentpunkte steigern, die Gruppe der „nicht-linearen Lernumgebungsanwender“ um 162 Prozentpunkte.

Das bessere Abschneiden der „nicht-linearen Lernumgebungsanwender“ ist zu zwei Dritteln auf die Aufgaben zurückzuführen, für deren Bearbeitung Informationen auf den Haupt-

und Nebenseiten der Lernumgebung angeboten werden (Abb. 9).

Die folgende Abbildung (Abb. 10) zeigt, dass die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen aus der Beantwortung der „schweren Aufgaben“ resultieren. Die „nicht-linearen Lernumgebungsanwender“ erreichen mit 71,25 Punkten im Posttest um 16 Punkte mehr als die „linearen“.

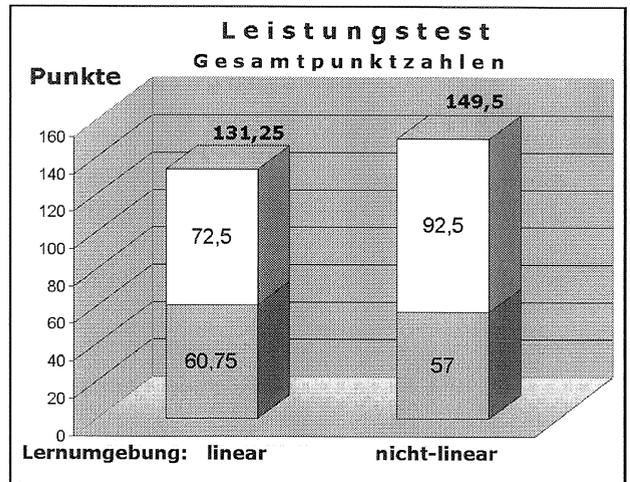


Abb. 8: Gesamtpunktzahlen der Gruppen „lineare Lernumgebungsanwender“ und „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“ (dunkel - Prätestergebnisse, hell - Punktzuwachs) im Posttest

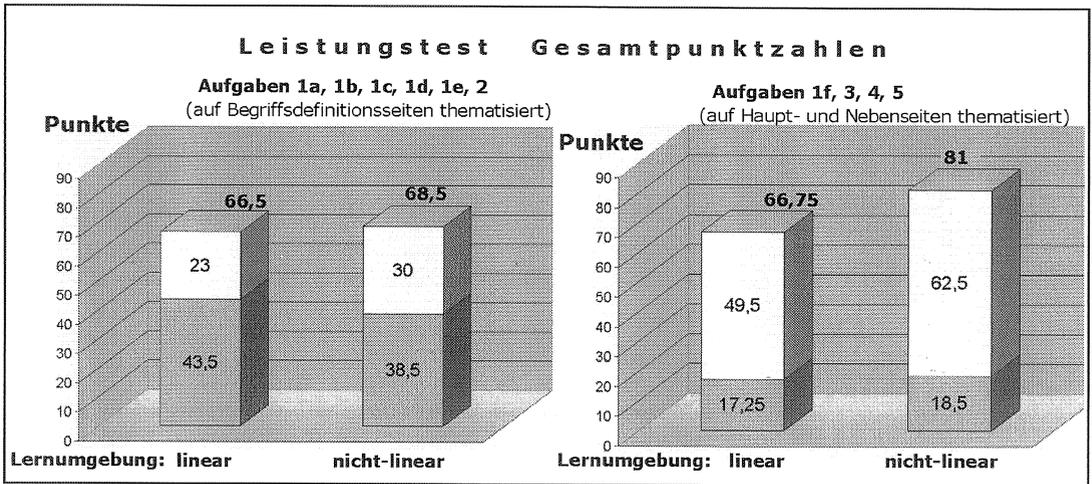


Abb. 9: Aufgabengruppenspezifischer Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen (dunkel - Prätestergebnisse, hell - Punktzuwachs) im Posttest

Die ermittelten Unterschiede für beide Gruppen sind zwar nicht signifikant, aber sie lassen die Schlussfolgerung zu, dass Lernende mit niedrigem Vorwissen mit einer nicht-linearen Lernumgebung zumindest genauso effektiv lernen wie mit einer linearen Lernumgebung. Dieses Ergebnis steht konträr zu den Untersuchungsergebnissen von Gerdes (1997). Diese Ergebnisse unterstützen eher die These von Schnotz & Zink (1997), dass durch geeig-

nete Lernhilfen (z.B. spezifische Aufgabenstellungen) der Wissenserwerb mit nicht-linearen Lernumgebungen auch bei Lernern mit niedrigem Vorwissen zumindest genauso effektiv gestaltet werden kann wie der Wissenserwerb mit linearen Lernumgebungen. Neben den geeigneten Lernhilfen ist wahrscheinlich die nutzerfreundliche Gestaltung der Lernumgebung von entscheidender Bedeutung.

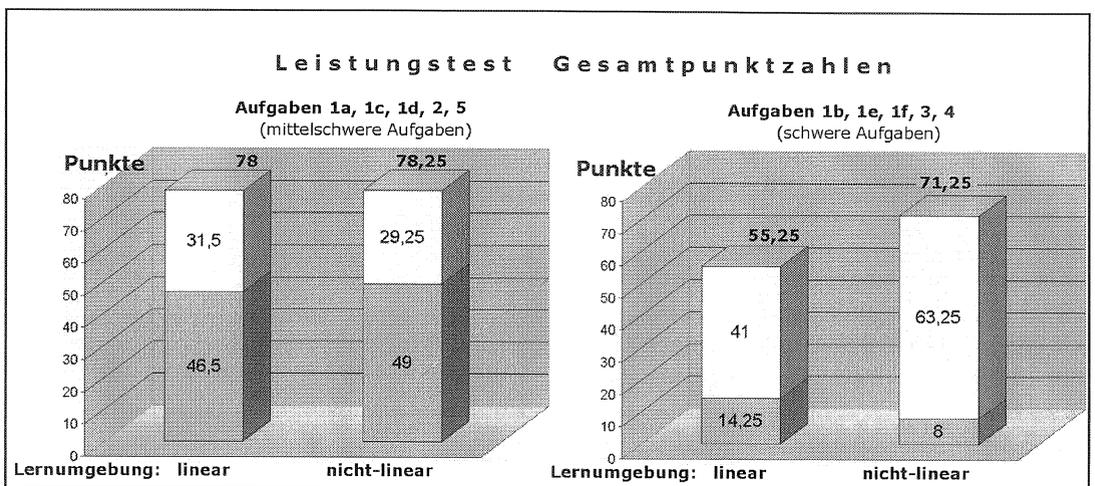


Abb. 10: Aufgabengruppenspezifischer Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen: „mittelschwere“ versus „schwere“ Aufgaben (dunkel - Prätestergebnisse, hell - Punktzuwachs) im Posttest

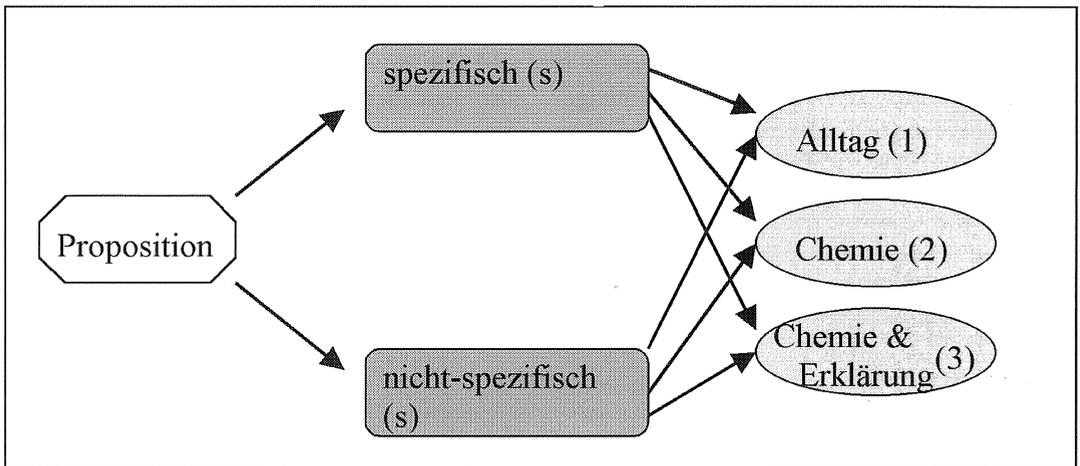


Abb. 11: Kategorisierungsraster zur Kategorisierung der Propositionen.

5.2 Own Word Mapping

Das Own Word Mapping mit anschließendem Verknüpfungstest wird am Gymnasium in Gelsenkirchen als Prä- und als Posttest eingesetzt. Aufgrund der individuellen Wissensdarstellung resultiert ein breites Spektrum an Maps. Sie unterscheiden sich in der Begriffswahl, der Positionierung der Begriffe, der Verknüpfung der Begriffe untereinander und in den zu den Begriffspaaren formulierten Aussagen. Zum besseren Vergleich werden zunächst aus allen Own Word Maps und den dazugehörigen Verknüpfungstests die Propositionen extrahiert und in einer Gesamttabelle erfasst, um sicherzustellen, dass alle Propositionen in gleicher Weise berücksichtigt und bewertet werden. Dann werden sie kategorisiert (Abb. 11).

Spezifisch sind dabei alle Propositionen zur Seifenthematik, die in der Lernumgebung erwähnt werden. Daraus folgt:

- S1: Spezifisch aus der Alltagswelt; z.B.: Begriffspaar: *Seife-Schmutz*;
Aussage: „Seife ist ein Mittel gegen Schmutz“.
- S2: Spezifisch mit chemischem Kontext; z.B.: Begriffspaar: *Seifenanion-Schmutz*;
Aussage: „*Seifenanionen ordnen sich um den Schmutz an*“.
- S3: Spezifisch mit erklärendem chemischen Kontext; z.B.: Begriffspaar: *Seifenanion-Schmutz*;
Aussage: „*Die Abstoßung der Seifenanionen ermöglicht das Halten des Schmutzes in der Lauge*“.

Aussage: „*Die Abstoßung der Seifenanionen ermöglicht das Halten des Schmutzes in der Lauge*“.

NS1: Nicht-spezifisch aus der Alltagswelt; z.B.: Begriffspaar: *Wasser-Pumpwerke*;
Aussage: „*Wasser kommt aus Pumpwerken*“.

NS2: Nicht-spezifisch mit chemischem Kontext; z.B.: Begriffspaar: *Flüssig-Aggregatzustand*;

Aussage: „*Flüssig ist ein Aggregatzustand*“.

NS3: Nicht-spezifisch mit erklärendem chemischem Kontext; z.B.: Begriffspaar: *Wasser-Dichteanomalie*;

Aussage: „*Durch die Dichteanomalie von Wasser friert ein Gewässer nicht von unten nach oben zu*“.

Um die Reliabilität der Kategorisierung zu prüfen, werden die Propositionen von zwei Experten unabhängig voneinander den Kategorien zugeordnet und der Kappa-Koeffizient ermittelt (Cohen 1960 & 1968). Er beträgt 0,85. Nach Landis und Koch (1977) ist dieser Wert als „almost perfect“ und nach Robson (1993) als „excellent“ zu bewerten.

Die Own Word Maps und die dazugehörigen Aussagen aus den Verknüpfungstests der einzelnen Versuchspersonen werden so überarbeitet, dass ein einheitliches Gesamtbild entsteht und die Maps auch optisch vergleichbar werden. Für die einzelnen Maps werden als Indikator für die Strukturiertheit der Linkage-

Index (vgl. Schecker & Klieme 2000) und die Anzahl der zentralen Knoten (vgl. Friege & Lind 2000) ermittelt. Unter dem Linkage-Index versteht man das Verhältnis zwischen der Zahl aller in einem Map vorhandenen

Relationen (Verknüpfungen) und der Gesamtzahl der in dem Map verwendeten Begriffe. Ein zentraler Knoten ist hier ein Knoten (Begriff) mit mindestens vier Relationen zu anderen Begriffen, wobei die Propositionen

den Kategorien S2 oder S3 angehören müssen. Schecker und Klieme (2000) konnten nachweisen, dass eine stark strukturierte, vernetzte Darstellung der Zusammenhänge im Map in den meisten Fällen mit einer im inhaltlichen Sinne hohen fachlichen Kompetenz der Versuchsperson korreliert.

Damit der Einfluss der Art der Lernumgebung (linear oder nicht-linear) auf das erworbene Wissen erfasst werden kann, werden folgende Parameter ermittelt:

- Veränderung der Zahl der Propositionen in den einzelnen Kategorien;
- Veränderungen im Linkage-Index;
- Veränderung der Zahl der zentralen Knoten;
- Analyse einzelner häufig auftretende Propositionen bzw. Begriffe.

In den Prätest-Maps (Abb. 12) werden zur Verknüpfung der Bilder deutlich mehr Propositionen aus dem alltagsweltlichen Bereich (Kategorien S1 und NS1) verwen-

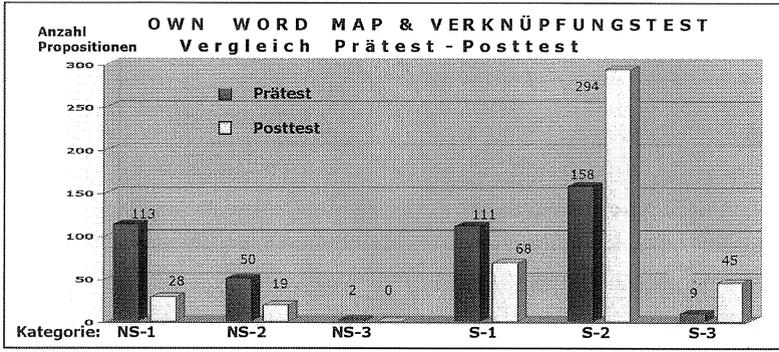


Abb. 12: Kategorienspezifischer Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen der Gesamtgruppe

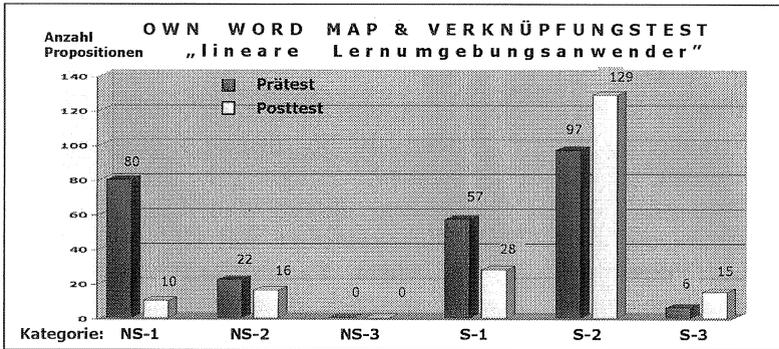


Abb. 13: Kategorienspezifischer Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen der Gruppe „lineare Lernumgebungsanwender“.

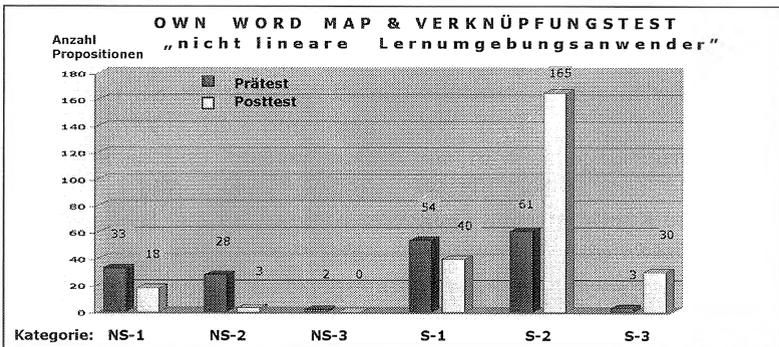


Abb. 14: Kategorienspezifischer Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen der Gruppe „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“

det als in den Posttest-Maps. Außerdem generieren die Lernenden im Posttest weniger Propositionen aus dem nicht-spezifischen Bereich (Kategorien NS1, NS2, und NS3) und beschreiben und erklären stärker auf fachlicher Ebene (Kategorien S2 und S3). Um den Lernerfolg zu dokumentieren, können daher die Kategorien S2 und S3 zusammengefasst werden. Während die Lernenden in den Prätest-Maps in diesem fachlichen Bereich nur 167 Propositionen generieren, steigt die Anzahl in den Posttest-Maps auf mehr als das Doppelte (339 Propositionen) an. Während die „linearen Lernumgebungsanwender“ in den Posttest-Maps insgesamt 144 Propositionen aus dem fachlichen Bereich (S2 + S3) generieren, bilden die „nicht-linearen“ 195 Propositionen. Der Zuwachs beträgt bei den „linearen Lernumgebungsanwendern“ in der Kategorie S2 32 Propositionen und in der Kategorie S3 9 Propositionen, bei den „nicht-linearen Lernumgebungsanwendern“ in S2 104 und in S3 27 Propositionen. Der Unter-

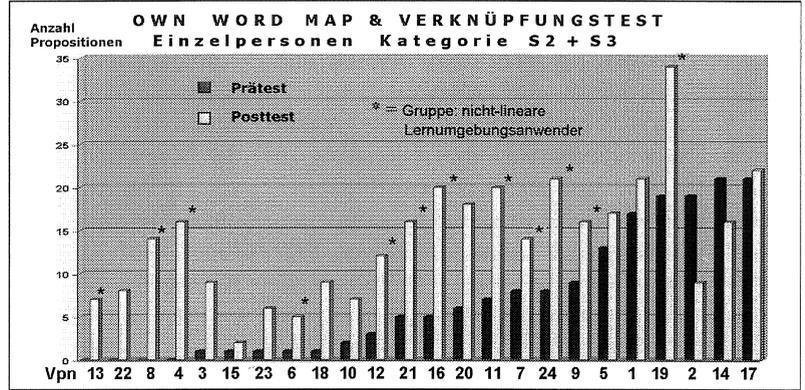


Abb. 15: Zusammenfassung der Kategorien S2 + S3 und Vergleich von Prä- und Posttestergebnissen der Einzelpersonen

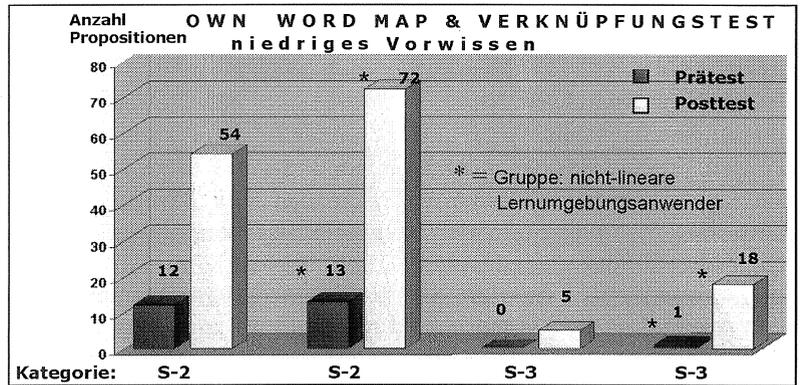


Abb. 16: Vergleich der Gruppen „lineare Lernumgebungsanwender“ und „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“ in den Kategorien S2 + S3 mit niedrigem Vorwissen

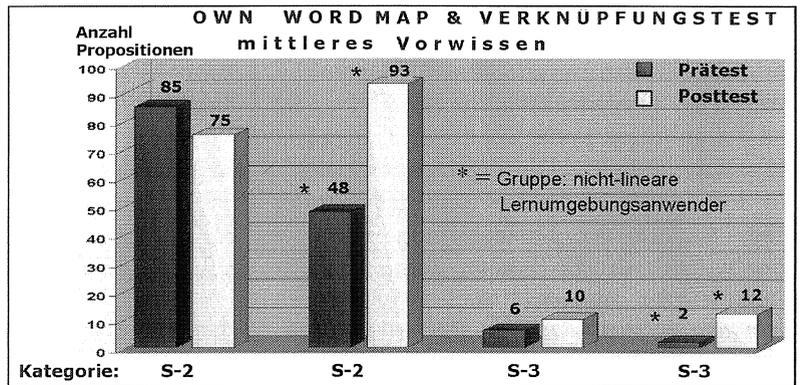


Abb. 17: Vergleich der Gruppen „lineare Lernumgebungsanwender“ und „nicht-lineare Lernumgebungsanwender“ in den Kategorien S2 + S3 mit mittlerem Vorwissen

schied zwischen den Gruppen liegt damit bei 90 Propositionen im fachlichen Bereich und ist signifikant auf dem 0.05-Niveau.

Ein Vergleich der Einzelleistungen macht weitere Unterschiede deutlich. In der Abb. 15 sind die Lernenden anhand der zunehmenden Anzahl an Propositionen aus den Kategorien S2 + S3 von links nach rechts aufgetragen (Prätest-Werte). Sie differieren zum Teil erheblich in ihren Vorkenntnissen. Es werden zwei Gruppen gebildet, eine mit niedrigem Vorwissen (bis zu 6 Propositionen) und eine mit mittlerem Vorwissen (mit mehr als 6 Propositionen). Betrachtet man die personenspezifische Zunahme an Propositionen in den Kategorien S2 und S3, zeigt sich, dass die Zunahmen nicht mit dem Vorwissen korrelieren.

Mit Blick auf die Gruppe mit geringem Vorwissen (Abb. 16, 14 Lernende) sind die Unterschiede zwischen „linearen Lernumgebungsanwendern“ und den „nicht-linearen“ deutlich. Beide Gruppen generieren im Prätest nahezu gleich viel Propositionen in den Kategorien S2 und S3. In der Kategorie S2 erzielt die Gruppe der „linearen Lernumgebungsanwender“ im Posttest 42 Propositionen mehr und in der Kategorie S3 fünf Propositionen mehr als im Prätest. Die Gruppe der „nicht-linearen Lernumgebungsanwender“ erzielt 59 Propositionen in der Kategorie S2 und 17 Propositionen in der Kategorie S3 mehr als im Prätest. Auch diese Unterschiede sind signifikant.

Auch in der Gruppe mit mittlerem Vorwissen (Abb. 17) schneiden die Lernenden, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten, im Posttest im fachlichen Bereich (Kategorien S2 + S3) signifikant besser ab als die Lernenden, die mit der linearen Lernumgebung arbeiten.

Als Indikatoren für die Strukturiertheit der Maps werden der Linkage-Index und die Anzahl der zentralen Knoten ermittelt. Der Linkage-Index variiert sowohl zwischen den Gruppen als auch zwischen Prä- und Posttestergebnissen nur leicht. Die Anzahl an zentralen Knoten beträgt in der Gruppe der „linearen Lernumgebungsanwender“ in den Prätest-Maps 9 und in den Posttest-Maps 14 Knoten. In der Gruppe der „nicht-linearen Lernumge-

bungsanwender“ steigt die Zahl der zentralen Knoten zwischen Prä- und Posttest-Maps von 6 auf 18 Knoten an. Die ermittelten Werte sind ein Indiz für die stärkere Strukturiertheit der Maps und die stärkere Verknüpfung einzelner Begriffe bei Lernenden, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten.

Eine Analyse aller Propositionen, die den Kategorien S2 oder S3 zugeordnet wurden, ergibt, dass zu dem Themenbereich „Waschprozess“ von den Lernenden, die mit der linearen Lernumgebung arbeiten, im Posttest-Map 101 Propositionen generiert werden (Prätest: 36 Propositionen). Lernende, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten, generieren im Posttest-Map 143 Propositionen zu diesem Themenbereich (Prätest: 34 Propositionen). Ein noch deutlicherer Unterschied zeigt sich für den Themenbereich „Seifeneigenschaften“: die Gruppe der „linearen Lernumgebungsanwender“ generiert im Posttest 83 Propositionen (Prätest: 63 Propositionen), die Gruppe der „nicht-linearen Lernumgebungsanwender“ 151 Propositionen (Prätest: 54 Propositionen). Im Themenbereich „Grenzflächen- und Oberflächenspannung“ zeigen sich geringere Unterschiede: 118 Präpositionen (Prätest: 50 Propositionen) für die „lineare Lernumgebungsgruppe“ gegenüber 106 Propositionen (Prätest: 26 Propositionen) für die „nicht-lineare“. Eine Ursache könnte sein, dass ein Teil der Seiten, auf denen dieser Themenbereich erörtert wird, nicht direkt von der Indexseite aus erreichbar ist, sondern nur durch „übergreifende Links“. Dies spräche dafür, in nicht-linearen Lernumgebungen die einzelnen Themenbereiche generell über eine Indexseite zu erfassen, was mit steigendem Informationsangebot immer schwieriger zu realisieren ist.

5.3 Navigationsverläufe

Der digitale Echtzeit-Videofile erlaubt es, die einzelnen Navigationswege der Lernenden zu verfolgen und die Aufenthaltsdauer auf einzelnen Seiten zu bestimmen. Die Lernenden unterscheiden sich unabhängig von der Lernumgebung deutlich in der Anzahl der Navi-

gationsschritte, die insgesamt durchgeführt werden, in den Seiten, die nicht aufgerufen werden und in der Aufenthaltsdauer auf den aufgerufenen Seiten. Insgesamt sind die Lernenden, die mit der linearen Lernumgebung arbeiten, im Navigationsverlauf - bedingt durch die Navigationseinschränkungen - wesentlich ähnlicher als die übrigen. Sie navigieren entlang einer vorgegebenen, linearen Abfolge von Knoten, sie folgen Pfaden (Terzan 1995).

In der „nicht-linearen“ Gruppe gibt es sowohl Probanden, bei denen ein gewisses bereichsspezifisches Navigieren erkennbar ist (Seiten eines Themenbereichs werden nacheinander aufgerufen) als auch solche, die ständig zwischen den Themenbereichen hin und her „springen“. Der Gesamtlernerfolg ist von der Vorgehensweise unabhängig, wohl aber werden die Themenbereiche, die weniger aufgerufen werden, auch im Posttest-Map weniger ausgeprägt erörtert und liegen im Umfang deutlich hinter den anderen Themenbereichen. Bestimmte Begriffsdefinitionsseiten (Dispersion, Dynamisches Gleichgewicht, Van-der-Waals-Kräfte, Wasserstoffbrückenbindung) werden von fast allen Lernenden frequentiert. Hier scheint ein hoher Informationsbedarf zu bestehen. Andere Begriffsdefinitionsseiten (Fette, Polarität und Elektronegativität) werden dagegen nur selten aufgerufen. Dieses Nichtaufrufen lässt jedoch keinerlei Rückschlüsse auf das Wissen der Lernenden zu dem jeweiligen Begriff zu. In der Pilotstudie zeigte sich, dass Begriffsdefinitionsseiten auch deshalb nicht aufgerufen werden, weil die Lernenden denken, sie hätten den Begriff bereits richtig verstanden oder weil ihnen in der momentanen Situation eine Erläuterung des Begriffes nicht wichtig erscheint. Insgesamt gesehen greifen die Lernenden, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten, etwas häufiger auf die Begriffsdefinitionsseiten zu; dies schließt nicht aus, dass einzelne Lernende, die mit der linearen Lernumgebung arbeiten, die Begriffsdefinitionsseiten häufiger ansteuern als Lernende, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten.

6. Zusammenfassung

Die Untersuchungsergebnisse von 14 Schülerinnen und Schüler eines Oberhausener Gymnasiums zeigen anhand eines Schulleistungstests im Prä-Posttest-Design, dass der Lernerfolg für alle unabhängig vom Vorwissen und gemessen an der Informationsfülle, der Komplexität der Thematik und der Lerndauer als gut bis sehr gut bezeichnet werden kann und dass die Lernenden, die mit der nicht-linearen Lernumgebung arbeiten, im Posttest tendenziell besser abschneiden als die anderen. Diese Tendenz bezieht sich auf die Aufgaben, die aufgrund der Resultate des Prätests als „schwere Aufgaben“ deklariert wurden. Bei den Aufgaben mit mittlerem Schwierigkeitsgrad unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht voneinander.

Demgegenüber sind bei den 24 Schülerinnen und Schüler eines Gelsenkirchener Gymnasiums die Lernergebnisse gemessen mit Hilfe des Own Word Mapping im Prä-Posttest-Design derjenigen, die mit der nicht-linearen Lernumgebung gearbeitet haben, signifikant höher als die in der Vergleichsgruppe mit linearer Lernumgebung. In den Posttest-Maps sind zentrale fachspezifische Begriffe stärker vernetzt dargestellt. Der Grund für die Unterschiede zwischen den beiden Testverfahren könnte der sein, dass durch Mapping-Verfahren andere Ebenen des Verständnisses angesprochen werden als durch konventionelle Leistungstests (vgl. Schecker & Klieme 2000). Mögliche Gründe für die hohen Lernerfolge von Lernenden mit niedrigem Vorwissen beim Arbeiten mit nicht-linearen Lernumgebungen können darin liegen, dass die Einflussnahme auf den Lernweg die Motivation und damit den Lernerfolg verbessert (vgl. Astleitner et al 1998, Schmitz 1998), dass ein niedriges Vorwissen ausreicht, um zielgerichtet zu navigieren und dass das themenspezifische Wissen der Lernenden während der Arbeit mit der Lernumgebung steigt und damit auch die Kompetenz zunimmt, sinnvolle Navigationsentscheidungen zu treffen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass nicht-lineare Lernumgebungen auch bei

Lernern mit niedrigem Vorwissen den Wissensaufbau und damit den Lernerfolg unterstützen können. Bei geeigneter Konzeption kann dabei der Lernerfolg mit einer nicht-linearen Lernumgebung signifikant besser ausfallen als mit einer linearen Lernumgebung. Aber die Ergebnisse der Studie sollten nicht so ausgelegt werden, dass generell beim Arbeiten mit nicht-linearen Lernumgebungen ein größerer Wissenszuwachs zu erwarten ist.

Danksagung

Unser Dank gilt den an der Untersuchung beteiligten Schülerinnen und Schüler sowie ihren Lehrerinnen und Lehrern, durch deren Kooperationsbereitschaft diese Untersuchung überhaupt erst möglich geworden ist.

Literatur

- Astleitner, H., Saams, J., Thonhauser, J. (1998): Womit werden wir in Zukunft lernen? Wien: ÖBV Pädagogischer Verlag
- Bernstein, M. (1991): The Navigation Problem Reconsidered. In: Berk, E., Devlin, J. (Eds.): Hypertext / Hypermedia Handbook. New York: Intertext Publications / Multiscience Press, pp. 285-297
- Böhle, K., Riehm, U., Wingert, B. (1997): Vom allmählichen Verfertigen elektronischer Bücher - ein Erfahrungsbericht. Frankfurt a.M.: Campus Verlag
- Brünken, R., Leutner, S. (2000): Neue Medien als Gegenstand empirischer pädagogischer Analyse. Stand der Forschung und Perspektiven. In: Leutner, D., Brünken, R. (Hrsg.): Neue Medien in Unterricht. Aus- und Weiterbildung - Aktuelle Ergebnisse empirischer pädagogischer Forschung. Münster: Waxmann S. 7-16
- Cohen, J. (1960): A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20 (1), pp. 37-46
- Cohen, J. (1968): Weighted Kappa. Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin* 70 (4), pp. 213-220
- Conklin, J. (1987): Hypertext, an introduction and survey. *IEEE Computer Magazine*, 20 (9), pp. 17-41
- Dias, P., Gomes, M. J., Correia, A. P. (1999): Disorientation in hypermedia environments, mechanism to support navigation. *Journal of Educational Computing Research* Vol. 20 (2), pp. 93-117
- Dillon, A. (1996): Myths, Misconceptions, and an Alternative Perspective on Information Usage and the Electronic Medium. In: Rouet, J.-F., Levonen, J. J., Dillon, A., Spiro, R. J. (Eds.): Hypertext and Cognition. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass., pp. 25-42
- Edwards, D. M., Hardman, L. (1993): Lost in Hyperspace, cognitive mapping and navigation in a hypertext environment. In: McAleese, R. (Ed.): Hypertext, Theory into Practice. Oxford: Intellect Books, pp. 90-106
- Elm, W., Woods, D. (1985): Getting lost, a case study in interface design. In: Proceedings of the Human Factors Society 29th Annual Meeting, pp. 927-931
- Euler, D. (1994): (Multi)Mediales Lernen - Theoretische Fundierungen und Forschungsstand. *Unterrichtswissenschaft* 22 (4), S. 291 - 311

- Freisler, S. (1994): Hypertext - eine Begriffsbestimmung. *Deutsche Sprache* 22 (1), S. 19-50
- Friege, G., Lind, G. (2000): Begriffsnetze und Expertise. In: Fischler, H., Peuckert, J. (Hrsg.): *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*. Berlin: Logos, S. 147-178
- Gay, G., Mazur, J. (1991): Navigating in Hypermedia. In: Berk, E., Devlin, J. (Eds.): *Hypertext / Hypermedia Handbook*. New York: Intertext Publications / Multiscience Press, pp. 271-284
- Gerdes, H. (1997): Lernen mit Text und Hypertext. Lengerich: Pabst
- Grabinger, S., Dunlap, J. C., (1996): Links. In: Kommers, P., Grabinger, S., Dunlap, J. C. (Eds.): *Hypermedia Learning Environments*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass., pp. 89-114
- Groeben, N. (1982): *Leserpsychologie: Textverständnis - Textverständlichkeit*. Münster: Aschendorff
- Haake, J., Hannemann, J., Thüring, M. (1991): Ein Ansatz zur Organisation von Hyperdokumenten. In: Maurer, H. (Eds.): *Hypertext / Hypermedia '91*. Berlin: Springer, pp. 119-134
- Haack, J. (1995): Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia. In: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*. Weinheim: Beltz; S. 151-166
- Hammond, N. (1992): Tailoring Hypertext for the Learner. In: Kommers, P., Jonassen, D. H., Mayes, J. T. (Eds.): *Cognitive Tools for Learning*. NATO ASI Series F: Computer and System Sciences, Vol. 81. Berlin: Springer, pp. 149-160
- Hammwöhner, R. (1993): Kognitive Plausibilität: Vom Netz im (Hyper-)Text zum Netz im Kopf. *Nachrichten für Dokumentation* 44, S. 23-28
- Hofmann, M., Simon, L. (1995): *Problemlösung Hypertext: Grundlagen, Entwicklung, Anwendung*. München: Hanser
- Hucke, L., Fischer, H. E. (2000): Wissenserwerb und Handlungsregulation im physikalischen Praktikum. In: Fischler, H., Peuckert, J. (Hrsg.): *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*. Berlin: Logos, S. 57-89
- Jacobson, M. J. & Spiro, R. J. (1994): Hypertext learning environments and epistemic beliefs: a preliminary investigation. In: Vosniadou, S., DeCorte, E., Mandl H. (Eds.): *Technology-based learning environments. Psychological and educational foundations*. NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 137. Berlin: Springer, pp. 290-295
- Jonassen, D. H. (1986): Hypertext Principles for Text and Courseware Design. *Educational Psychologist* 21 (4), pp. 269 - 292
- Jonassen, D. H. (1988): Designing structured hypertext and structuring access to hypertext. *Educational Technology* 28, pp. 13 - 16
- Jonassen, D. H. (1989): *Hypertext / Hypermedia*. New Jersey 07632: Educational Technology Publications, Englewood Cliffs
- Jonassen, D. H. (1991a): Designing Hypertext for Learning. In: Scanlon, E., O'Shea, T. (Eds.): *New Directions in Educational Technology*. NATO ASI Series F: Computer and Systems Science Vol.96. Berlin: Springer, pp. 123-130
- Jonassen, D. H. (1991b): Hypertext as instructional design. *Educational Technology* 39, pp. 83-92
- Jonassen, D. H. (1993): Effects of semantically structured hypertext knowledge bases on users' knowledge structures. In: McKnight, A., Dillon, A., Richardson, S. (Eds.): *Hypertext: a psychological perspective*. New York: Ellis Horwood, pp. 153-168
- Jonassen, D. H., Grabinger, R. S. (1990): Problems and issues in designing hypertext / hypermedia for learning. In: Jonassen, D. H., Mandl, H. (Eds.): *Designing hypermedia for learning*. Berlin: Springer, pp. 3-25
- Jonassen, D. H., Wang, S. (1994): The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems. *Journal of Educational Technology Systems* 22 (1), pp.19-28
- Kammerl, R. (2000): Mediendidaktische und medienerzieherische Perspektiven des Lernens mit dem Internet. In: Kammerl, R. (Hrsg.): *Computerunterstütztes Lernen*. München: Oldenbourg, S. 130-147
- Koring, B. (1997): Lernen und Wissenschaft im Internet - Anleitungen und Reflexionen zu neuen Lern-, Forschungs- und Beratungsstrukturen. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt
- Kuhlen, R. (1991): Hypertext. Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissenschaft
- Landis, J. R., Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33, pp. 159-174
- MacGregor, S. K. (1999): Hypermedia Navigation Profiles: cognitive characteristics and information processing strategies. *Journal of Educational Computing Research* 20 (2), pp. 189-206
- McAleese, R. (1989): Navigation and Browsing in Hypertext. In: McAleese, Ray (Ed.): *Hypertext: Theory into Practice*. Oxford: Intellect Books, pp. 6-44

- McDonald, S., Stevenson, R. J. (1998): Navigation in hyperspace: An evaluation of the effects of navigation tools and subject matter expertise on browsing and information retrieval in hypertext. *Interacting with Computers* 10, pp. 129-142
- McKnight, C., Dillon, A., Richardson, J. (1991). *Hypertext in Context*. Cambridge: Cambridge Univ. Press
- McKnight, C., Dillon, A., Richardson, J. (Eds.), (1993): *Hypertext: a psychological perspective*. New York: Ellis Horwood
- Meyerhoff, D. B. (1993): *Hypertext und tutorielle Lernumgebungen: Ein Ansatz zur Integration*, GMD-Bericht Nr.223. München: Oldenbourg
- Müller-Kalthoff, T., Möller, J. (2000): Effekte von Navigationshilfen und Vorwissen beim Lernen mit Hypertext. In: Leutner, D., Brünken, R. (Hrsg.): *Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung - Aktuelle Ergebnisse empirischer pädagogischer Forschung*. Münster: Waxmann, S. 57-64
- Nelson, W. A., Palumbo, D. B. (1992): Learning, Instruction, and Hypermedia. *Journal of Multimedia and Hypermedia* 1, 1992, pp. 287 - 299
- Nielsen, J. (1996): *Multimedia, Hypertext und Internet - Grundlagen und Praxis des elektronischen Publizierens*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg
- Pohl, C. (1998): *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Europäische Hochschulschriften Reihe V Volks- und Betriebswirtschaft, Frankfurt a.M.: Peter Lang
- Robson, C. (1993): *Real world research: a resource for social scientists and practitioner-researchers*. Oxford: Blackwell
- Rolff, H.-G. (1991): Computer als Chance für die Bildung von morgen, *Computer und Unterricht* 9, S. 5-9
- Schecker, H., Klieme, E. (2000): Erfassung physikalischer Kompetenzen durch Concept-Mapping-Verfahren. In: Fischler, H., Peuckert, J. (Hrsg.): *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*. Berlin: Logos, S. 23-55
- Schmitz, G. (1998): Lernen mit Multimedia: Was kann die Medienpsychologie beitragen? In: Schwarzer, R. (Hrsg.): *Multimedia und Telelearning*. Frankfurt: Campus, S. 197-214
- Schnotz, W., Zink, T. (1997): Informationssuche und Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Hypertext. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 11 (2), S. 95-108
- Schulmeister, R. (1997): *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme*. 2. Auflage. München: Oldenbourg
- Simpson, A., McKnight, C (1990): Navigation in hypertext: structural cues and mental maps. In: *Hypertext: State of the Art*. Oxford: Intellect, pp. 74-83
- Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., Anderson, D. K. (1988): Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In: Patel, V. (Ed.): *Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass., pp. 375-383
- Spiro, R. J., Jehng, J.-C. (1990): Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: Nix, D., Spiro, R. J. (Eds.): *Cognition, Education, and Multimedia. Exploring Ideas in High Technology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Ass., pp. 163-205
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J., Coulson, R. L. (1991a): Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. *Educational Technology* 31, pp. 24-33
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J., Coulson, R. L. (1991b): Knowledge Representation, Content Specification, and the Development of Skill in Situation-Specific Knowledge Assembly: Some Constructivist Issues as they relate to Cognitive Flexibility Theory and Hypertext. *Educational Technology*, Sept. 1991, pp. 22-25
- Stark, R., Graf, M., Renkl, A., Gruber, H., Mandl, H. (1995): Förderung von Handlungskompetenz durch geleitetes Problemlösen und multiple Lernkontexte. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, Band XXVII, Heft 4, S. 289-312
- Sumfleth, E., Tiemann, R. (2000): Own Word Mapping - Ein alternativer Zugang zu Schülervorstellungen. In: Fischler, H., Peuckert, J. (Hrsg.): *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*. Berlin: Logos, S. 179-203
- Tergan, S.-O. (1995): Hypertext und Hypermedia: Konzeptionen, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme. In: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*. Weinheim: Beltz, S. 123-137

- Tergan, S.-O. (1997b): Lernen mit Texten, Hypertexten und Hypermedien - Retrospektive und State of the Art. In: Gruber, H., Renkl, A. (Hrsg.): Wege zum Können. Determinanten des Kompetenzerwerbs. Bern: Huber, S. 236-249
- Tiemann, R. (1999): Analyse individueller Wissensstrukturen im Kontext Chemie mit Hilfe eines neuen Mapping-Verfahrens. Münster: Lit
- Tochtermann, K. (1995): Ein Modell für Hypermedia - Beschreibung und integrierte Formalisierung wesentlicher Hypermediakonzepte. Aachen: Shaker
- Tulodziecki, G. (1997): Medien in Erziehung und Bildung. 3. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Wei, C.-I. (1991): Hypertext and Printed Materials: Some Similarities and Differences. Educational Technology, March 1991, pp. 51-53
- Wenger, M. J. & Payne, D. G. (1996): Comprehension and retention of non-linear text: Considerations of working memory and material-appropriate processing. American Journal of Psychology 109 (1), pp. 93-130
- Whalley, P. (1990): Models of hypertext structure and learning. In: Jonassen D. H., Mandl H. (Eds.): Designing hypermedia for learning Berlin: Springer, pp. 61-67
- Winter, A. (1998): Arbeiten an und mit Hypertexten. Unterrichtswissenschaft 1, 1998, S. 32-50
- Zink, T. (1997): Wissenserwerb mit Hypertexten - Einfluss von handlungsbezogenen und kognitiven Persönlichkeitsmerkmalen auf das Lerngeschehen beim Wissenserwerb mit Hypertexten. Landau: Empirische Pädagogik
- Zimmermann, G. (1996): Die Elaborationsstrategien guter und schlechter Textverarbeiter. Zeitschrift für Fremdsprachenforschung 7 (1), S. 43-59
- Zimmermann, G. (1997): Stützstrategien beim Lernen von Instruktionstexten - Lageorientierung versus Handlungsorientierung. In: Meißner, F.-J. (Hrsg.): Interaktiver Fremdsprachenunterricht. Tübingen: Gunter Nar, S. 163-180

Dr. Elke Sumfleth ist Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität-GH Essen.

Dr. Thomas Kummer war wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Uni Essen und ist z. Zt. Online-Experte beim Studienkreis Bochum.

Prof. Dr. Elke Sumfleth
 Institut für Didaktik der Chemie
 Fachbereich Chemie
 Universität-GH Essen
 Schützenbahn 70
 D-45127 Essen
 E-Mail: elke.sumfleth@uni-essen.de

Anhang

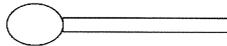
Leistungstest

Bitte lassen Sie sich zur Beantwortung der folgenden Fragen Zeit und antworten Sie möglichst präzise.

1. Erläutern Sie die folgenden Begriffe:

- Hydrophil / Hydrophob
- Fettsäuren
- Wasserstoffbrückenbindungen
- Ester
- Seifenanion
- Oberflächenspannung

2. Die Abbildung stellt modellhaft ein Seifenanion dar. Beschriften Sie das Modell mit folgenden Begriffen: hydrophil / hydrophob / Carboxylgruppe / Kohlenwasserstoffrest



3. Zeichnen Sie modellhaft,  wie sich Seifenmoleküle um ein Öltröpfchen anordnen und erläutern Sie diesen Vorgang.

4. Erläutern Sie die Wirkungsweise von Seife im Waschprozess.

5. Ein Wasserläufer kann sich mühelos auf der Wasseroberfläche fortbewegen.

- Welche Eigenschaft des Wassers nützt der Wasserläufer aus ?
- Wodurch wird diese Eigenschaft verursacht ?
- Was geschieht, wenn man dem Wasser eine Seifenlösung zusetzt?

Aufgabenstellung für das Own Word Map.

Teil I

Bitte lesen Sie sich zunächst die Erläuterungen aufmerksam durch und beachten Sie auch das im Anschluss angeführte Beispiel !

Vor sich sehen Sie drei Bilder. Betrachten Sie die Bilder genau und kleben Sie die Bilder auf der DIN A3-Seite in beliebiger Reihenfolge in die dafür vorgesehenen Platzhalter.

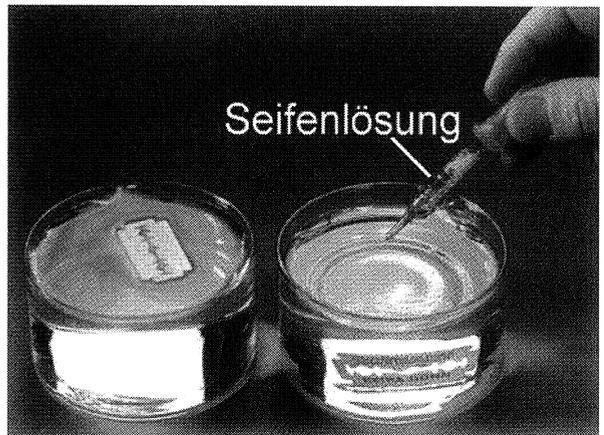
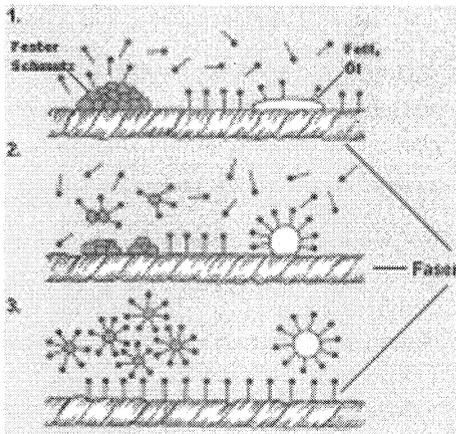
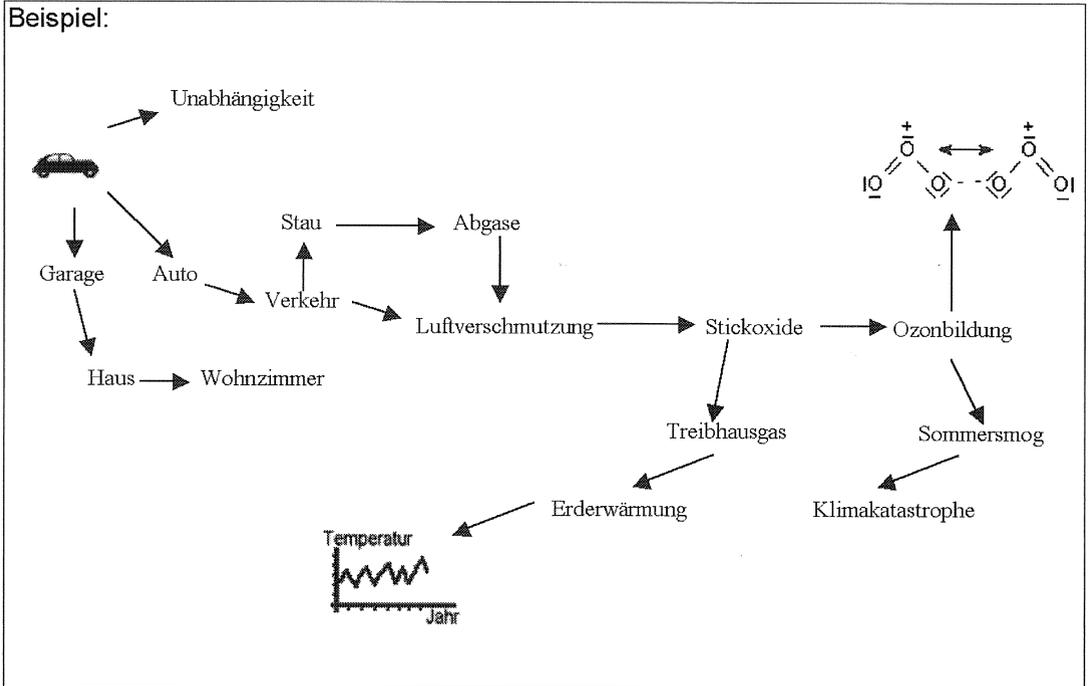
Zwischen den Bildern sollen Sie durch möglichst lange Begriffsketten Verbindungen herstellen. Diese Ketten müssen nur Ihnen „logisch“ erscheinen!

Betrachten Sie zunächst das linke Bild A und notieren Sie sich Begriffe neben dem Bild, die Ihnen dazu einfallen. Wählen Sie sich einen aus, von dem Sie denken, dass er Sie dem Bild

B oder C näher bringt. Schreiben Sie nun zu diesem Begriff ein oder mehrere Wörter auf, die Sie mit ihm verbinden. Wählen Sie ein Wort aus und benutzen Sie dies wiederum als Ausgangspunkt für ein weiteres Wort. Fahren Sie solange mit dieser Kettenbildung fort, bis Sie bei einem Wort angekommen sind, welches Sie mit dem Bild B oder C verbinden. Sie können auch mehrere Wege formulieren!

Versuchen Sie so durch möglichst lange Begriffsketten die drei Bilder untereinander zu verbinden.

Notieren Sie bitte ihren gedanklichen Weg in der Art, dass Sie die Begriffe der Richtung nach, in der sie auseinander hervorgehen, mit Pfeilen verbinden und diese durchnummerieren. Es dürfen auch „Sackgassen“ und „Schleifen“ entstehen. Kehren Sie in solchen Fällen einfach zu dem Begriff zurück, von dem aus Sie neu starten wollen.



Aufgabenstellung für den Verknüpfungstest

Teil II

Bitte erläutern Sie jeweils mit einem Satz die von Ihnen in Teil I hergestellten Verknüpfungen. Notieren Sie bitte dazu die Nummer des entsprechenden Pfeils vor dem Satz.

Beispiel:

17: Der vermehrte Ausstoß von Treibhausgasen ist für die Erderwärmung mitverantwortlich.
Bilder für das Own Word Map