

**Systematische und problemorientierte Erarbeitung von
chemischen Sachverhalten im Rahmen eines
multimedialen Lernprogramms.**

Eine empirische Studie zum Kapitel *Wasser* der
Internetvorlesung CHEMnet

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Erziehungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Lea Lensment

Kiel

Juni 2002

Zusammenfassung

Der Computer und die Nutzung des Internets sind mittlerweile nicht mehr aus dem Bildungsbereich wegzudenken. Im Hochschulbereich wird der Computer schon seit längerem in vielfältiger Weise genutzt; inzwischen sind auch die Mehrzahl der allgemeinbildenden Schulen an das Internet angeschlossen und besitzen eine Computergrundausrüstung. Auch hat der technische Fortschritt der letzten zwei Dekaden dazu geführt, dass die Computer inzwischen eine Leistungsfähigkeit besitzen, die von einem „normalen“ Nutzer kaum noch ausgeschöpft werden kann, und sind gleichzeitig bezahlbar geworden.

Großer Bedarf besteht hingegen nach unter didaktischen Gesichtspunkten optimierter Software und empirische Forschung zum Einsatz des Computers in der Aus- und Weiterbildung. Die vorliegende Arbeit will zu beiden Bereichen, Entwicklung und Forschung, einen Beitrag leisten.

Im Rahmen des umfangreicher angelegten Projektes CHEMnet – eine interaktive Internetvorlesung zur Allgemeinen und Anorganischen Chemie – wurde ein größeres Kapitel zum Thema Wasser entwickelt. Das Besondere am Thema *Wasser* ist, dass es zu vielen anderen Themenbereichen CHEMnets Querverweise besitzt und zudem vielfältige Bezüge zu anderen Wissenschaftsgebieten, wie der Biologie oder der Physik, aufweist. Dies wurde bei der Entwicklung von vornherein berücksichtigt, so dass dieses Kapitel auch fachübergreifend in den naturwissenschaftlichen Disziplinen genutzt werden kann. Das Kapitel *Wasser* ist wie CHEMnet seit vier Jahren im Internet frei zugänglich und wird intensiv vor allem von Studenten und Lehrern, aber auch von Schülern genutzt. Auch zukünftig, d. h. über diese Arbeit hinaus, wird das Kapitel *Wasser* ein Bestandteil CHEMnets sein.

Die hier untersuchte Forschungsfrage betrifft im Wesentlichen die unterschiedliche Nutzung des Kapitels *Wasser* in Abhängigkeit von der vorgegebenen Gestaltung der Lernumgebung. Dazu wurden für eine empirische Studie, an der Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe teilnahmen (N=110), zwei verschiedene Umgebungen realisiert, in denen jedoch auf die identischen Informationen des Kapitels Wasser zurückgegriffen wurde. Die eine Umgebung war fachsystematisch/fachbezogen und die andere problemorientiert/kontextbezogen aufgebaut. Untersucht wurden die Leistungen nach dem Arbeiten in den Lernumgebungen, dabei wurden Vorwissen, Nachwissen und Personenvariablen, wie beispielsweise der Computervorerfahrung, erhoben. Anhand der Analyse von Verlaufsprotokollen wurde explorativ untersucht, welche unterschiedlichen Nutzerprofile auftreten.

Summary

Today, we can not imagine education without computers and the use of the internet. Computers have been in use for a long time at universities, and the majority of schools providing a general rather than specialized education have basic computer equipment and are now connected to the internet. This has come about through intensive political activity and industrial support. Technical progress during the last two decades has also resulted in computers becoming more affordable, and in producing computers which are capable of far more than the normal user is ever likely to need. There is, however, a need for software for learning and teaching that is informed by didactic points of view, and for research on the use of computers in training and further education.

This study is a contribution to both development and research. Within the context of CHEMnet – an interactive internet lecture on general and inorganic chemistry – an extensive module about „water“ has been developed. What is special about the module is that it cross-references to many other topics of CHEMnet. In addition, it has a variety of links with other sciences like biology or physics. From the beginning, these links have been taken into consideration so that the module has the potential to be used on an interdisciplinary basis in the natural-scientific branches. Like CHEMnet, the module „water“ has been freely available via internet for five years and it is used extensively by students, teachers and also by pupils. This means that, once this study has been completed, the module „water“ will be part of CHEMnet.

The central research in this study is mainly on the different uses of the module „water“ depending on the preset arrangement of the learning environment. Two different environments were created for an empirical study which involved high-school pupils (N = 110). One environment was specialized, the other one was problem-oriented and context-oriented. The performances were investigated after the pupils had finished learning in the different learning environments. The knowledge these pupils had before and after learning in the different learning environments, as well as personal variables such as experience of working with computers, were investigated. The analysis allowed different user profiles to be generated.

Danksagung

Zuerst war ich als Studentin zu Besuch in Kiel, dann kam ich zur Anfertigung einer Doktorarbeit nach Kiel und rechnete mit einigen Jahren Aufenthalt und nun werde ich aller Voraussicht nach noch sehr viele Jahre in Deutschland bleiben. Mit der Abgabe der vorliegenden Arbeit ist die Promotionszeit fast zu Ende und ich möchte hiermit allen danken, die mich in dieser Zeit unterstützt haben:

An erster Stelle danke ich Herrn Professor Dr. Reinhard Demuth, meinem „Doktorvater“ wie es hier in Deutschland heisst. Ohne ihn wäre diese Arbeit nie entstanden. Er integrierte mich in ein größeres Projekt und nahm sich stets die Zeit zur Betreuung in fachlicher Hinsicht. Daneben möchte ich mich bei ihm aber auch dafür bedanken, dass er mir stets bei formalen Angelegenheiten geholfen hat. Beispielsweise hätte ich ohne seine Hilfe bei der Bewilligung des Stadt-Kiel-Stipendiums und ohne seine Unterstützung bei der Anerkennung meiner in Estland erbrachten Leistungen niemals diese Arbeit schreiben können.

Dr. Sabine Nick ist die Projektleiterin von CHEMnet und ihr möchte ich für die Hilfe bei der Entwicklung des Kapitels *Wasser* danken. Ihre fachliche Beratung und die Hilfe bei der sprachlichen Formulierung haben entscheidend zum Gelingen dieser Lernumgebung beigetragen. Auch dem übrigen CHEMnet Team, Dr. Klaus Rabe, Dr. Sascha Schanze und Judith Andresen, möchte ich für die erfahrene Unterstützung an dieser Stelle danken.

Artikel und Präpositionen gibt es im Estnischen nicht. Trotz vieler Sprachkurse und trotz regen Kontakts zu deutschen Freunden habe ich beim Schreiben deutscher Texte damit immer noch Schwierigkeiten. Zum Glück habe ich bei der Abfassung dieser Arbeit ausgezeichnete Korrekturleser gehabt. Vor allem bin ich Iris Stracke zu großem Dank verpflichtet. Sie hat die gesamte Arbeit gelesen und musste einige Kapitel sogar mehrfach durchsehen. „Walter“ Friege danke ich für die Endkorrektur der Arbeit in den letzten Tagen vor der Abgabe. Für die Hilfe bei vielen kleineren Teilen der Arbeit in der entscheidenden Phase danke ich ebenfalls Dr. Lars Friege, Birgit Lübker und Dr. Ilka Parchmann. Die Verantwortung für alle verbliebenen Fehler liegt natürlich bei mir.

Meinen Eltern, Peeter und Veera Lensment, danke ich herzlich für Ihren Glauben an mich.

Zum Ende aber nicht zu letzt will ich meinem Ehemann Dr. Gunnar Friege für seine vielseitige Unterstützung danken – minu tänusõnad kallile Gunnarile abi eest sellel raskel ja steressirohkel ajal!

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Summary.....	3
Danksagung	4
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	7
2 Multimediale Lernprogramme.....	11
2.1 Multimedia: Definition(en) und charakteristische Merkmale	11
2.1.2 Definition des Begriffes <i>Multimedia</i>	11
2.1.2 Merkmale des Begriffes <i>Multimedia</i>	14
2.2 Typisierung von Lernprogrammen.....	22
2.2.1 Lernprogramme zum Veranschaulichen.....	24
2.2.2 Lernprogramme für den Erwerb neuen Fachwissens	25
2.2.3 Verschiedene Werkzeuge	28
3 Gestaltung der Lernumgebungen.....	34
3.1 Systematische Lernumgebungen	34
3.2 Konstruktivistische Lernumgebungen.....	38
3.3 Problemorientierte Lernumgebungen	42
4 Das fächerübergreifende Kapitel <i>Wasser</i> in der Internetvorlesung CHEMnet	45
4.1 Fächerübergreifendes Lernen in der Naturwissenschaften.....	45
4.2 Das Thema „Wasser“ im fächerübergreifenden Unterricht.....	51
4.3 Das Kapitel <i>Wasser</i> innerhalb der Lernumgebung CHEMnet	62
4.3.1 Charakterisierung des Systems CHEMnet	62
4.3.2 Aufbau des Kapitels <i>Wasser</i>	67
4.3.2.1 Aufbau der fachbezogenen Lernumgebung.....	70
4.3.2.2 Aufbau der kontextbezogenen Lernumgebung.....	71
5 Fragestellungen der Arbeit	74
5.1 Zur ersten Forschungsfrage: Aufbau der Lernumgebung und Lernerfolg	75
5.2 Zur zweiten Forschungsfrage: Lernerfolg, Computernutzung und Interessen	77
5.3 Zur dritten Forschungsfrage: Bewertung und Akzeptanz des Kapitels <i>Wasser</i>	78
5.4 Zur vierten Forschungsfrage: Nutzertypen des Kapitels <i>Wasser</i>	79
6 Methode.....	80
6.1 Versuchspersonenauswahl und Durchführung der Studie.....	80
6.2 Untersuchungsdesign.....	83

6.3 Fragebogen	86
6.3.1 Vortest	86
6.3.2 Arbeitsblätter	88
6.3.3 Nachtest	89
6.4 Verlaufsprotokolle	94
7 Ergebnisse.....	96
7.1 Zur ersten Forschungsfrage: Lernumgebung und Lernerfolg.....	96
7.1.1 Fachgruppe	97
7.1.2 Kontextgruppe	100
7.1.3 Vergleich zwischen der Fach- und der Kontextgruppe	102
7.2 Lernerfolg, Computernutzung und Interessen	107
7.3 Bewertung und Akzeptanz des Kapitels <i>Wasser</i>	111
7.3.1 Bewertung und Akzeptanz des Kapitels <i>Wasser</i> für die Gesamtstichprobe.....	111
7.3.2 Zur Abhängigkeit der Bewertung und der Akzeptanz des Kapitels <i>Wasser</i> von der Gruppenbedingung, der Computervorerfahrung und dem Lernerfolg	116
7.4 Verlaufsprotokolle	120
7.4.1 Verlaufsprotokolle von erfolgreichen und weniger erfolgreichen Versuchspersonen	120
7.4.2 Verlaufsprotokolle von Computerprofis und Computeramateuren	128
7.4.3 Analyse von „auffälligen“ Verlaufsprotokolle	135
8 Diskussion und Ausblick	141
Abbildungsverzeichnis	145
Tabellenverzeichnis	147
Literatur	148
Anhang	
A Mit dem Thema Wasser verbundene Inhalte aus Chemie Lehrplan Schleswig-Holstein	160
B Vortest und Vorwissenstest	165
C Fachbezogenes Arbeitsblatt	170
D Kontextbezogenes Arbeitsblatt.....	173
E Nachtest und Wissenstest.....	175

1 Einleitung

Die „Computerisierung der Gesellschaft“ ist ein Phänomen der zwei letzten Dekaden, das so viele Lebensbereiche erfasst hat, dass man sich manchmal kaum mehr ein Leben ohne Computer vorstellen kann. Entscheidend dazu beigetragen hat der technische Fortschritt, der viele Anwendungen, die man heute als selbstverständlich betrachtet, erst ermöglicht hat. In vielen Berufen gehört der digitale Datenaustausch via Internet mittlerweile ebenso zum Alltag wie das Nutzen von Anwendungsprogrammen, so z. B. Textverarbeitung oder Tabellenkalkulation. In der Freizeit wird der Computer und das Internet ebenfalls intensiv genutzt. Nach der JIM-Studie (W7, 2001) besitzen allein 49 % der Jugendlichen in Deutschland einen Computer, 83 % arbeiten damit regelmäßig und sogar 41 % nutzen mehrmals in der Woche das Internet. Es wird vor allem elektronische Post verschickt, es wird „gechattet“ oder am Computer gespielt. Nicht nur die jüngere Generation beschäftigt sich jedoch mit dem Computer und dem Internet, sondern auch für die ältere Generation gibt es spezielle Angebote im Internet und Kurse zum Erlernen von Grundkompetenzen im Computerbereich. Die Bedeutung des Computers und die Fähigkeit der Bevölkerung, versiert mit diesem umzugehen – jetzt und gerade auch zukünftig – wird als ein entscheidender Faktor bei der Entwicklung eines Landes angesehen.

Im Bildungsbereich – Schule, Hochschule, Aus-, Fort- und Weiterbildung – spielen der Computer und das Internet heutzutage ebenfalls eine herausragende Rolle. Im Hochschulbereich wird wohl kaum noch eine Arbeit ohne einen Computer angefertigt und der wissenschaftliche Austausch mit Fachkollegen findet häufig effizient via Internet statt, welches einen erheblichen Einfluss auf die Kommunikation weltweit hat. Eine wichtige Rolle spielt der Computer aber auch im Forschungsbereich. In der Regel werden beispielsweise in den naturwissenschaftlichen Fächern und deren Anwendungsdisziplinen Messwerte mit intensiver Computerunterstützung aufgenommen. Auch für die nicht-experimentell arbeitenden Wissenschaftler ist der Computer zum Teil wesentliches „Arbeitswerkzeug“: Forschungsbereiche wie zum Beispiel Moleküldesign in der Chemie, der Biochemie oder der Pharmazie, Numerische Mathematik oder verschiedene Bereiche der theoretischen Physik sind ohne einen Computer heute undenkbar. Auch in der Hochschullehre wird der Computer intensiv eingesetzt. Als Beispiel sei die wachsende Zahl an Lehrveranstaltungen genannt, bei

denen die Studenten via Internet teilnehmen und untereinander sowie mit den Lehrpersonen über E-Mail kommunizieren.

Während der Einsatz des Computers im Hochschulbereich seit längerem intensiv betrieben wird, war in Deutschland die Computerausstattung in den Schulen in der Regel dürftig bis nicht vorhanden, und daher wurde der Computer im Unterricht auch kaum eingesetzt - trotz der unumstrittenen Bedeutung, was das zukunftsfähige Wissen der Schüler und was die Möglichkeiten in der Lehre betrifft. Massive politische Intervention und Unterstützung aus der Industrie haben an diesen Missständen gerade in den letzten Jahren viel geändert. So konnten die Medien beispielsweise vor kurzem melden, alle 35.000 allgemeinbildenden Schulen, die ihr Interesse angemeldet hatten, seien inzwischen ans Internet angeschlossen (Bulmahn, 2000). Eine weiterführende Schule ohne Computerraum ist ebenfalls kaum noch auffindbar. Damit sind notwendige Voraussetzungen für den Einsatz der sogenannten „Neuen Medien“ in der Schule geschaffen worden, hinreichend sind sie jedoch noch nicht. Die Ministerin für Bildung und Forschung nennt insbesondere zwei Schritte, die aktuell angegangen werden müssen:

„Jetzt gilt es, die Neuen Medien sinnvoll und in allen Schulfächern zu nutzen.“ (Bulmahn, 2001)

„Es sei dringend notwendig, für alle Schulfächer die entsprechende Software zu entwickeln und bereitzustellen.“ (Bulmahn, 2001)

Gefordert wird also zum einen, Forschung zum sinnvollen Einsatz der Neuen Medien, wie dies beispielsweise im Rahmen des SEMIK-Projekts [W8] betrieben wird. Zum anderen wird die Entwicklung geeigneter Software gefordert, da hier – trotz eines mittlerweile umfangreichen, kommerziellen Angebotes, Bedarf besteht nach unter – didaktischen Gesichtspunkten – optimierten Lernprogrammen. Sicherlich wird jedoch auch die Ausbildung zukünftiger Lehrer und die Weiterbildung der Lehrer im Schuldienst eine entscheidende Rolle dabei spielen, wie schnell und wie nutzbringend künftig die neuen Medien im Unterricht eingesetzt werden.

Die vorliegende Arbeit will zu beiden Bereichen, Entwicklung von geeigneten Lernprogrammen und Forschung zum Lernen (und Lehren) mit multimedialen Programmen, im Fach Chemie und ihrer Didaktik einen Beitrag leisten.

Der **Schwerpunkt „Entwicklung“** dieser Arbeit besteht in der Realisierung einer umfangreichen, multimedialen Informationsstruktur zum Thema „Wasser“. Unter dem Namen Kapitel *Wasser* ist es im Rahmen des umfangreicher angelegten Projekts „CHEMnet – eine

interaktive Internetvorlesung zur Allgemeinen und Anorganischen Chemie“ [W3] eingebunden. Das Thema *Wasser* zeichnet sich dadurch aus, dass es zu vielen anderen Themenbereichen innerhalb CHEMnets Querbezüge besitzt. Darüber hinaus besitzt das Thema Wasser vielfältige Bezüge zu anderen Wissenschaftsgebieten, wie der Biologie oder der Physik. Bei der Entwicklung des Kapitels *Wasser* wurden diese Aspekte von vornherein berücksichtigt, so dass dieses Kapitel auch fachübergreifend in den naturwissenschaftlichen Disziplinen genutzt werden kann. CHEMnet und damit auch das Kapitel *Wasser* ist seit fünf Jahren im Internet frei zugänglich und wird intensiv vor allem von Studenten und Lehrern, aber auch Schülern genutzt. Unumgänglich sind stete Verbesserungen und kleinere Ergänzungen, aber in der Grundstruktur ist die entwickelte Einheit und das Gesamtprojekt CHEMnet stabil. Auch zukünftig, d. h. über diese Arbeit hinaus, wird das Kapitel *Wasser* ein Bestandteil der Lernumgebung CHEMnet sein.

Innerhalb des **Schwerpunkts „Forschung“** dieser Arbeit wurde im Wesentlichen untersucht, wie das Kapitel *Wasser* unter zwei unterschiedlichen instruktionalen Bedingungen genutzt wurde. Dazu wurden zwei unterschiedliche Versionen dieses Kapitels entwickelt: Charakteristikum der einen Umgebung ist, dass sie fachsystematisch-fachbezogen aufgebaut ist und genutzt werden soll, Charakteristikum der anderen ist ein problemorientierter und kontextbezogener Aufbau. Das zugrundeliegende Informationsangebot innerhalb des Kapitels *Wasser* (Umfang) ist bei beiden Versionen identisch, der Aufbau (Verknüpfungen der Informationseinheiten) ist jedoch verschieden. Es wurde eine empirische Studie mit Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe (N=110) durchgeführt. Untersucht wurden die Leistungen nach dem Arbeiten in den Lernumgebungen, wobei das Vorwissen sowie zusätzliche Personenvariablen, wie beispielsweise die Computervorerfahrung, die einen Einfluss auf die Nutzung des Kapitels *Wasser* hätten können, kontrolliert wurden. Ein weiteres Untersuchungsziel war die explorative Analyse von Verlaufsprotokollen, d. h. die Untersuchung unterschiedlicher Nutzerprofile.

Die vorliegende Arbeit enthält neben der Einleitung sieben weitere Kapitel. Die Kapitel 2 bis 4 bilden dabei den theoretischen, die Kapitel 5 bis 7 den empirischen Teil. Im letzten Kapitel 8 wird die Arbeit mit einer Diskussion und einem Ausblick abgeschlossen.

Der theoretische Teil wird eingeleitet mit einer Diskussion der zentralen Merkmale computergestützter Lernumgebungen, wobei ein besonderes Gewicht auf die in der Literatur vorherrschende Begriffsvielfalt und die große Zahl an Klassifikationssystemen zu

Multimediaanwendungen gelegt wird. Eine kritische Analyse bereits verfügbarer, kommerzieller multimedialer Lernprogramme, deren Eignung für den Schulunterricht oft in Frage gestellt werden muss (Nick, Schanze & Lensment, 2000; 2000a; 2000b), findet sich im letzten Abschnitt des zweiten Kapitels. Unterschiedliche Typen von Lernumgebungen werden im dritten Kapitel behandelt. Insbesondere wird unterschieden zwischen Lernumgebungen, die auf konstruktivistischen oder auf kognitivistischen Lehr-Lerntheorien aufbauen. Das inhaltlich zentrale Thema „Wasser“ wird in Kapitel 4 diskutiert. Zum einen wird die zentrale Rolle dieses fachübergreifenden Themas im Schulcurriculum am Beispiel der Analyse der Lehrpläne Schleswig-Holsteins dargestellt, zum anderen wird die Umsetzung dieses Themas in Form eines von mehreren Kapiteln der Hypertextbasierten Lernumgebung CHEMnet beschrieben.

Die in dieser Arbeit untersuchten Forschungsfragen werden im Kapitel 5 erläutert. Im sich daran anschließenden Kapitel 6 *Methode* wird auf methodische Aspekte der durchgeführten empirischen Studie eingegangen. Insbesondere geht es um Charakteristika der Stichprobe und um die Darstellung der verwendeten Messinstrumente, d. h. Tests, mit denen die Forschungsfragen untersucht werden sollen. Das letzte Kapitel des empirischen Teils beinhaltet schließlich die Ergebnisse der durchgeführten Studie.

Abgeschlossen wird die vorliegende Arbeit durch das Kapitel 8. Dort findet sich eine zusammenfassende Diskussion der wesentlichen Besonderheiten der Arbeit und es wird auf sich an diese Arbeit anschließende – mögliche oder bereits tatsächlich stattfindende – Entwicklungs- und Forschungsarbeiten eingegangen.

2 Multimediale Lernprogramme

Das folgende Kapitel 2 *Multimediale Lernprogramme* besteht aus drei Abschnitten: Im ersten werden die für computerbasierte Lernumgebungen zentralen Begriffe, wie Multimedia, Interaktivität, Hypertext u. a. behandelt. Dabei wird auch auf didaktische Merkmale von computerbasierten multimedialen Lernumgebungen eingegangen. In Abschnitt 2.2 wird eine Klassifizierung und Charakterisierung von Lernprogrammen durchgeführt. Im letzten Abschnitt werden Lernprogramme für den Chemieunterricht nach traditionell-systematischen und problemorientierten Ansätzen vorgestellt.

2.1 Multimedia: Definition(en) und charakteristische Merkmale

2.1.2 Definition des Begriffes *Multimedia*

Ganz allgemein wird der Begriff Multimedia als Oberbegriff für eine Vielzahl von neuartigen Produkten und Diensten aus dem Computer-, Telekommunikations- und Medienbereich verwendet. Aus der Sicht verschiedener Disziplinen wird unter dem Begriff *Multimedia* jeweils etwas anderes verstanden (Kerres, 1997; Weidemann, 1997; Sacher, 1998; Bauer, 1997; Mikelskis, 1999; Negroponte, 1995 u. v. a.). Nach B. Weidemann (1997) ist der Begriff *Multimedia* ebenso verbreitet, wie er für den wissenschaftlichen Diskurs ungeeignet ist. Auch M. Kerres (1997) deutet neben W. Bauer (1997) an, dass es, angesichts der Vielfalt vorliegender Definitionen, aber auch der rasanten technischen Weiterentwicklung wegen, problematisch ist, die notwendigen und hinreichenden Merkmale eines *Multimedia-Systems* eindeutig bestimmen zu wollen.

R. Schulmeister (1997) versucht, die verschiedenen Definitionen des Begriffes *Multimedia* nach in den Definitionen vorkommenden zentralen Begriffen zu klassifizieren. Er unterscheidet insgesamt fünf Kategorien von Multimedia-Definitionen:

- Informationstechnische Kategorien – Multimedia besteht aus Dokumenten oder aus Datentypen (Negroponte, 1995; Kerres, 1997);
Beispielsweise beschreibt N. Negroponte (1995) *Multimedia* im Computerbereich als eine Datenmischung (auditive, visuelle, audiovisuelle Daten) auf digitaler Basis.

Nach einem anderen Vertreter dieser Kategorie, M. Kerres (1997), sollen Multimedia-Systeme verschiedene Datentypen, wie textliche Information und Zahlen, aufgezeichnete Ton- und erzeugte Audioinformation, eingelesene oder erzeugte Grafike und aufgezeichnete oder erzeugte Bewegbilder integrieren.

- Kategorie der Softwaretechnik – Multimedia besteht aus Datenbanken und Netz-Strukturen.

So versteht T. Feldman (1994) unter Multimedia eine Datensammlung aus Text, Bildern u. Ä. in einer digitalen Umwelt.

- Kategorien der Hardwaretechnik – Multimedia ist eine Kombination aus Computer und Bildplatte;

Beispielsweise versteht Ch. Hornung unter dem Begriff *Multimedia* die Integration von Text, Graphik, Pixelbildern, Video und Audio (Hornung et al., 1994)

- Informationstechnische Aspekte – Multimedia ist eine Kombination aus verschiedenen Medien zu einer Informationsumgebung mit einer Botschaft an den Benutzer.

So ist nach J. Grimes und M. Potel (1991) *Multimedia* nicht nur die physikalische Konstitution von Daten, sondern das aus der Kombination entstandene neue Gesamtgebilde.

- Benutzerperspektive – Wahrnehmung, Interaktivität, Multisensorik (Steinmetz, 1993; Galbreath, 1992; Sacher, 1998; Mikelskis, 1999; Bauer, 1997)

Für J. Galberath (1992) ist der Begriff *Multimedia* mit der Wahrnehmungsperspektive des Benutzers verbunden. Die Datenmischung soll die multisensorische Rezeption der Daten ermöglichen.

Bei der Definition von R. Steinmetz (1993) steht die Interaktion des Benutzers mit dem Multimedia-System im Vordergrund: Er definiert ein *Multimedia-System* als rechnergesteuerte, integrierte Erzeugung, Manipulation, Darstellung, Speicherung und Kommunikation von unabhängigen Informationen, die in mindestens einem kontinuierlichen (zeitabhängigen) und einem diskreten (zeitunabhängigen) Medium kodiert sind.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind nur benutzerbezogene Definitionen und Eigenschaften von *Multimedia* von Bedeutung. Aus diesem Grund wird der Begriff *Multimedia* im folgenden nur aus dieser Sicht betrachtet. Aber auch, wenn man nur die Definitionen des Begriffes *Multimedia* auf den Benutzereigenschaften basierend betrachtet,

stößt man auf eine Vielfalt an unterschiedlichen Definitionen und hervorgehobenen Eigenschaften. Einige Beispiele werden im Folgenden aufgeführt.

Oft wird keine explizite Definition genannt, sondern die Merkmale eines multimedialen Systems aufgezählt. So beschreibt beispielsweise W. Sacher (1998) folgende charakteristischen Eigenschaften für Multimedia:

- Integration mehrerer Medien: Verschiedene herkömmliche Medien (Text, stehende und animierte Graphiken, Videosequenzen, Sprach-, Musik- und Soundausgaben) sollen in einer medialen Präsentation auf einer einzigen Plattform integriert werden.
- Multimodalität: Information wird in mehreren Sinnesmodalitäten bzw. –kanälen (auditiv und visuell, z. T. auch haptisch, d.h. auf den Tastsinn bezogen) vermittelt.
- Multicodalität: Mehrere Codes bzw. Symbolsysteme (Darstellung der Information in gesprochener Sprache, in Texten, Abbildungen, Zahlen, Piktogrammen, logischen Bildern, Notenschrift etc.) werden benutzt.
- Interaktivität: Eine dialogartige Kommunikation zwischen dem Benutzer und dem Medium wird ermöglicht. Auf diese Eigenschaft wird besonderes in moderneren multimedialen Lernumgebungen Rücksicht genommen.
- Multilinearität: Unterschiedliche Wege zur Bearbeitung sind möglich. Herkömmliche Texte sind normalerweise nur auf einem einzigen Wege, von vorne nach hinten, zu lesen.

Auch W. Bauer (1997) listet statt einer einzigen Definition Merkmale von Multimedia-Produkten auf:

- Die Möglichkeit der *Interaktiven Nutzung*: Der Nutzer ist nicht nur ausschließlich Empfänger, sondern kann selbst durch die Verwendung entsprechender Rückkanäle Inhalte bzw. Aktionen auslösen.
- Die integrative Verwendung *verschiedener Medientypen*: Dynamische (Video- und Audiosequenzen) werden mit statischen (z. B. Text und Daten) Medien kombiniert.
- Basis der Anwendungen ist die *digitale Technik*: Sie vereinfacht und ermöglicht die Speicherung als auch die spätere Bearbeitung der Daten, die den verschiedenen Medien zugrunde liegen, zum Teil auch den Einsatz von Kompressionsverfahren (Booz, Allen, Hamilton, 1995).

H. Mikelskis (1999) definiert *Multimedia* aus der Sicht der Lern-Lehr-Forschung. Auch er betont, dass die derzeitige Debatte über Multimedia durch eine erhebliche Begriffsverwirrung gekennzeichnet ist. Er selbst unterscheidet zwei Begriffe: „*Viele-Medien-Lernen*“ und „*Multimedia Lernen*“. Multimedia sollte eine völlig neue Struktur und Qualität der Verknüpfung einzelner Medien beinhalten als die Variante „Viel Medien-Lernen“. Multimedia weist nach H. Mikelskis drei Merkmale auf:

- Alle Daten der unterschiedlichen, beteiligten Medien (Texte, Bilder, Filme, Ton) liegen *digitalisiert* vor.
- Unterschiedliche Medientypen werden *integrativ* verwendet, da sie von einer zentralen Computereinheit gesteuert werden.
- Die Nutzung geschieht interaktiv, d. h. der Anwender ist nicht nur Empfänger und Konsument, sondern auch *Akteur* und *Auslöser* von Prozessen.

Als Schnittmenge aller drei Beschreibungen von Multimedia (Sacher, 1998; Bauer, 1997; Mikelskis, 1999) ergeben sich folgende Merkmale:

- Interaktivität,
- Integration mehrerer Medien,
- Multilinearität – dieser Begriff wird nur bei W. Sacher separat unterschieden. Bei H. Mikelskis und W. Bauer werden diese Eigenschaften aber auch, und zwar unter dem Begriff Interaktivität, genannt.

Diese drei Merkmale von Multimedia sollen im nächsten Kapitel näher erläutert werden.

2.1.2 Merkmale des Begriffes *Multimedia*

a) Interaktivität

Interaktivität wird in benutzerbezogenen Definitionen von Multimedia als eine der grundlegenden Eigenschaften genannt. Dabei ist zu beachten, dass auch der Begriff *Interaktivität*, wie auch *Multimedia*, von vielen verschiedenen Gruppen, Lernprogramm-Herstellern, -Nutzern und Wissenschaftlern, unterschiedlich verwendet wird (Kerres, 1997; Haack, 1997; Strzebkowski, 1997; Sacher, 1998). Der Begriff *Interaktion* stammt ursprünglich von lateinisch *inter*- zwischen und *agere*- handeln ab, bedeutet also soviel wie das „Miteinander-in-Verbindung-treten“.

J. Haack (1997) bezeichnet als *Interaktion* das reale Nutzungsgeschehen zwischen Mensch und Computer und auch die entsprechende Teildisziplin der Informatik, die sich mit der Beschreibung, Erklärung und Optimierung dieser Vorgänge befasst. In Bezug auf Computersysteme wird der Begriff *Interaktivität* als die Eigenschaft von Software verstanden, die dem Benutzer eine Reihe von Eingriffs- und Steuermöglichkeiten eröffnet. M. Kerres (1997) versteht unter Interaktivität nur die technische Fähigkeit eines Gerätes, wahlfreien Zugriff auf mediale Informationen zu ermöglichen. Für die vorliegende Arbeit sind die technische Aspekte der Interaktivität allerdings nicht von Bedeutung, im Mittelpunkt stehen vielmehr die didaktischen Möglichkeiten, die sich durch die Interaktivität eines multimedialen Lernprogramms ergeben. Aus diesem Grund wird im Weiteren nur auf die didaktischen Funktionen der Interaktivität eingegangen.

Aus didaktischer Sicht soll durch Interaktivität die Individualisierung des Lernprogramms, sowie die Motivation der Lernenden gesteuert werden. Individualisierung findet durch die Auswahl von Lerninhalten statt, die den jeweiligen Interessen und Lernbedürfnissen der Lernenden angepasst werden können. Die Motivation soll als ein aktiver Einbezug der Lernenden in das Lerngeschehen verstanden werden.

Es gibt viele verschiedene Interaktionsmöglichkeiten, die in einer multimedialen Lernumgebung zum Lernprozess beitragen können. Zur Zeit gibt es keine für alle Fachdisziplinen und Anwendergruppen akzeptierte Klassifikation der Grundformen der Interaktivität (Haack, 1997; Sacher, 1998).

Nach P. Baumgartner und S. Payer (1994) werden die Aktions- und Interaktionsmöglichkeiten in zwei große Oberkategorien unterteilt:

- Steuerungsinteraktionen, die die Navigations- und Systemfunktionen betreffen,
- didaktische Interaktionen, die kontext- und bedarfsorientiert funktionieren.

Die Grenzen zwischen beiden Interaktionskategorien sind fließend. Auf den Prozess freien Navigierens kann das System mit unterstützenden Kommentaren reagieren, die in den Bereich der didaktischen Interaktion gehören und die abhängig vom Kontext und vom Bearbeitungsstadium vom Programm bereitgestellt werden.

Nach J. Haack (1997) lassen sich für Lernprogramme Stufen schrittweise zunehmender Interaktivität unterscheiden, die sich durch folgende Merkmale auszeichnen:

- Zugreifen auf bestimmte Informationen, Auswählen, Umblättern;

-
- Ja/Nein- und Multiple-Choice-Antwortmöglichkeiten und Verzweigen auf entsprechende Zusatzinformationen;
 - Markieren bestimmter Informationsteile und Aktivierung entsprechender Zusatzinformationen;
 - Freier Eintrag komplexer Antworten auf komplexe Fragestellungen mit intelligentem tutoriellem Feedback (Sokratischer Dialog);
 - Freier ungebundener Dialog mit einem Tutor oder mit Lernpartnern mit Hilfe von Multimedia- und Hypermediasystemen.

W. Sacher (1998) gruppiert die Möglichkeiten zur Interaktion nach fünf Komponenten/Kriterien:

- *Reaktivität* ist der Grad, zu dem das System in der Lage ist, durch spezielle Funktionen vom Benutzer eingegebene Informationen aufzunehmen. Reaktivität wird durch die entsprechenden Bedienungsfunktionen, mit denen der Benutzer selbst Lerninhalte auswählen und steuern kann, ermöglicht.
- *Navigabilität* ist das Ausmaß, in dem der Benutzer unterstützt wird, bei der angebotenen Fülle und Vielfalt gezielt Informationen aufzufinden und seinen jeweiligen „Standort“ zu erkennen.
- *Adaptivität* ist das Ausmaß, in welchem sich das System verschiedenen Benutzern und ihren Interessen, Vorkenntnissen, kognitiven Stilen und Niveaus anpassen kann.
- *Kommunikabilität* ist das Ausmaß, in dem die Interaktion des Benutzers mit Multimedia der Alltags-Kommunikation nahekommt.
- *Didaktische Portabilität* ist das Ausmaß, in dem das System in unterschiedlichen Lernumgebungen verwendet werden kann.

Interaktivität hängt nach W. Sacher (1998) von zwei Parametern, der *Erfahrung und Geschicklichkeit* des Benutzers und der *Qualität des Unterrichtskontextes* ab. Ein Benutzer mit größerer Vorerfahrung im Umgang mit Multimedia-Systemen kann, ein beliebiges Programm besser nach seinen Vorstellungen und Wünschen steuern und auch die relevanten Informationen entnehmen als ein Benutzer ohne entsprechende Vorkenntnisse. Die *Qualität des Unterrichtskontextes*, in welchen die Arbeit mit dem Multimedia-System eingebettet ist, beeinflusst auch die Interaktivität zwischen Multimedia-System und Lernenden. Auch P. M. Fischer und H. Mandl (1990) weisen darauf hin, dass die Qualität

der Interaktion von den Benutzereigenschaften, wie seine Fertigkeiten und seine Erfahrungen, bestimmt ist .

Aus didaktischer Sicht hat auch die Struktur der Interaktionsmöglichkeiten Bedeutung. M. Kerres (1999) versucht diese zu charakterisieren: Er unterscheidet zwischen bestimmten Lernwegen (vorbestimmte Interaktion) und nicht vorgegebenen Lernwegen (offene Interaktion). Bestimmte Lernwege werden auch als sequentielle Lernwege bezeichnet. So sollen Lernende fortlaufend nach einer vorgegebenen Struktur mit einem Lernprogramm arbeiten. Bei nicht vorgegebenen Lernwegen findet eine offene Interaktion statt. Dabei gibt es einen Interaktionsraum bestehend aus Informationseinheiten unter denen ausgewählt werden kann. Beide Interaktionsmöglichkeiten sind bezogen auf verschiedene Zielgruppen, Benutzermerkmale und variieren den Aufbau des Lehrstoffes (siehe Tabelle 2.1). Sequentielle Lernwege sind zum Beispiel für Lernende mit niedrigem Vorwissen und extrinsischer Motivation besser geeignet, auch sollte der Lehrstoff streng gegliedert sein. Offene Interaktion ist besser geeignet für Lernende mit hohem Vorwissen und intrinsischer Motivation.

Sequentielle Lernwege:	Offener Interaktionsraum:
Niedriges Vorwissen	Hohes Vorwissen
Extrinsische Motivation	Intrinsische Motivation
Lehrstoff streng gegliedert	Lehrstoff nicht gegliedert
„Unselbstständiges“ Lernen	Selbstständiges Lernen
Homogene Zielgruppe	Inhomogene Zielgruppe

Tabelle 2.1: *Eignung von Interaktionsmöglichkeiten in Multimedia-System für verschiedene Lernende (nach Kerres, 1999)*

Die Gestaltung der Interaktionsmöglichkeiten kann verschieden sein. Für eine offene Interaktion ist eine hohes Maß an Multilinearität charakteristisch.

b) **Multilinearität**

Multilinearität wird durch Hypertext und Hypermedia aufgebaut. Hypertext- und Hypermedia-Systeme gründen auf einer gemeinsamen Konzeption von „Hypertext“, die in ihren Grundzügen bereits 1945 von V. Bush entwickelt und mehr als 40 Jahre später

(1986) von D. Engelbracht im Zuge der Realisierung erster computerbasierter Hypertext-Systeme technisch umgesetzt wurde (Gerdes, 2000).

Ein *Hypertext* gliedert den Inhalt eines Gegenstandsbereiches in einzelne Informationseinheiten auf und repräsentiert diese in Form von Knoten und Verbindungen zwischen den Knoten in einer Datenbasis (Tergan, 1997) (Abb. 2.1). Wenn die miteinander vernetzten Informationsknoten neben Text auch Graphik, Ton, Animation, Simulation oder Video enthalten, dann wird von *Hypermedia* gesprochen. Knoten werden als elementare Einheiten der Informationsspeicherung definiert. Im weiteren wird Hypermedia-System als ein Sammelbegriff für beide Begriffe, Hypertext und Hypermedia, verwendet.

In einem Hypermedia-System sind die Informationen auf mehreren Ebenen dargestellt, wodurch die Möglichkeit besteht, Fachinhalte auf verschiedenen Wegen zu bearbeiten. Die zwischen den Informationseinheiten (Knoten) bestehenden Verknüpfungen bestimmen die Organisationsstruktur eines Hypermedia-Systems. S.-O. Tergan (1997) unterscheidet zwischen strukturierten und unstrukturierten Hypermedia-Systemen.

- In unstrukturierten Hypermedia-Systemen besteht zwischen Informationsknoten kein referenzielles oder inhärentes (z. B. semantisches) Organisationsprinzip. Die Informationsknoten sind miteinander nicht nach fachlicher Hierarchie verbunden.
- In strukturierten Hypermedia-Systemen werden Informationsknoten nach semantischen und pragmatischen Organisationsprinzipien verbunden. Zwischen einzelnen Informationsknoten kann man hierarchische, lineare und vernetzte Strukturen erkennen.

Meistens sind Hypermedia-Systeme strukturiert und haben eine gemischte Organisation von hierarchischen, linearen und vernetzten Strukturen (Abb. 2.1).

- Eine lineare Struktur ist für die Repräsentation von Fachinhalten (strukturierte Information) geeignet. Die Informationsknoten werden nach Fachsystematik und -logik angeordnet.
- Eine hierarchische Struktur ist für die Präsentation von Fachinhalten auf unterschiedlichen Ebenen der Abstraktheit und Feinheit geeignet. Die Informationsknoten werden auch dort im Sinne der Fachsystematik und -logik geordnet. Die fachlichen Inhalte sind stärker als bei der linearen Struktur gegliedert.

- Eine vernetzte Struktur ist innerhalb eines fachlichen Inhaltes geeignet. So können die Knoten z. B. zusätzliche Informationen oder fächerübergreifende Verknüpfungen aufweisen.

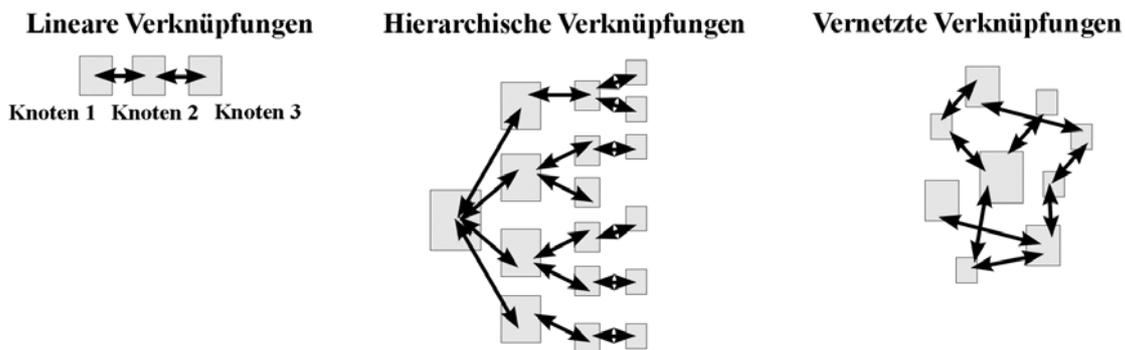


Abbildung 2.1: *Struktur von Hypermedia-Systemen*

Zur Auswirkung unterschiedlicher Strukturen von Hypermedia-Systemen wurde eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, die aufgrund unterschiedlicher Untersuchungsdesigns kaum miteinander vergleichbar sind (Gerdes, 1997; 2000, Möller & Müller-Kalthoff, 2000; Schnotz & Zink 1997 u. a.). So hat H. Gerdes (1997) zwei Studien zum Vergleich der Lernwirksamkeit von Hypertext und traditionellem linearen Text durchgeführt. Versuchspersonen mit niedrigem Vorwissen haben mit dem linearen Text bessere Lernergebnisse erzielt, Versuchspersonen mit höherem Vorwissen zeigen mit dem vernetzten Text bessere Lernergebnisse. Nach W. Schnotz und T. Zink (1997) beeinflusst neben dem Hypermedia-System auch die Zielsetzung der Versuchspersonen das Lernergebnis. So haben Versuchspersonen mit spezifischer Zielorientierung bessere Lernergebnisse mit einem vernetzten Hypertext gezeigt. Nach J. Möller und T. Müller-Kalthoff (2000) sind auch die Navigationsmöglichkeiten beim Wissenserwerb mit Hypermedia-Systemen von Bedeutung. Versuchspersonen mit niedrigem Vorwissen profitieren von einer Navigationsübersicht und erzielen so bessere Lernergebnisse.

Allgemein sollte sich mit Hilfe des Hypermedia-Systems konstruktives, kontextgebundenes, kooperatives Lernen und dabei eine kognitive Flexibilität und eine kognitive Plausibilität herausstellen (Tergan, 1997).

Nach D. Urhahne (2000) sind die Begründungen für das Lernen mit Hypermedia-Systemen folgende:

- Infolge der netzartigen Strukturen bestimmt der Lernende selbst seinen Lernweg und die Inhalte.
- Grosse Informationsmengen können nach Bedarf immer weiter vertiefend durchforschet werden.
- Flexiblere Wissensstrukturen ergeben sich, weil der Lernende die Information aus mehreren Perspektiven nutzen kann.

A. Dillon und R. Gabbard (1998) haben gezeigt, dass Hypermedia-Systeme nur dann vorteilhaft sind, wenn ein mehrfaches, schnelles Zugreifen auf Informationen innerhalb einer komplexen Datenbasis vonnöten ist. S. – O. Tergan (1997) findet, dass Multimedia-Systeme nur dann sinnvoll einzusetzen sind, wenn sich Lernende mit entsprechenden Lernvoraussetzungen selbständig in komplexe Problemstellungen einarbeiten und gezielt flexibel auf Informationen einer umfangreichen Datenbasis zurückgreifen sollen.

Lernprobleme bei der Nutzung der Hypermedia-Systemen sind allgemein bekannt. Häufig zitiert sind das sog. *lost in hyperspace* (Conkkin, 1987) und der *cognitive overhead* (Conkkin, 1987). Erstes tritt meistens bei unvollständigen Navigationsmöglichkeiten auf. In diesem Fall hat der Lernende mangelnde Vorstellungen über die Struktur der Lernumgebung. Der zweite Fall tritt bei kognitiver Überlastung von Lernenden auf: bei grossen Informationsmengen werden die Aufmerksamkeit und Gedächtniskapazität der Lernenden überlastet.

c) **Integration mehrere Medien**

Als Medien werden Objekte, technische Geräte oder Konfigurationen verstanden, mit denen sich Botschaften speichern und kommunizieren lassen (Weidemann, 1997).

Durch Integration mehrerer Medien wird Information durch verschiedene Sinnesorgane aufgenommen und in mehreren Codes bzw. Symbolsystemen gespeichert. Lernprogramme, die unterschiedliche Symbolsysteme bzw. Codierungen aufweisen, werden als *multicodal* bezeichnet. Solch ein Lernprogramm enthält z. B. Text mit Bildern oder Graphiken mit Beschriftung. Lernprogramme, die unterschiedliche Sinnesmodalitäten bei den Nutzern ansprechen, werden *multimodal* genannt. Beispielsweise sind audiovisuelle Lernprogramme *multimodal*.

Nach B. Weidemann (1997) gibt es drei Begründungen für multimodale und multicodale Lernprogramme:

-
- Derart gestaltete Lernumgebungen können eine mentale Multicodierung des Lerninhaltes stimulieren. Dies sollte die Verfügbarkeit des Wissens verbessern.
 - Die komplexe, authentische Situation wird möglichst realitätsnah präsentiert; der Lerninhalt wird aus verschiedenen Perspektiven, in verschiedenen Kontexten und auf verschiedenen Abstraktionsniveaus dargestellt. Dies sollte Interesse, flexibles Denken und die Entwicklung adäquater mentaler Modelle und anwendbares Wissen fördern.
 - Eine Vielfalt von Aktivitäten wird eröffnet und damit das Spektrum an Lernstrategien und Lernerfahrungen erweitert.

2.2 Typisierung von Lernprogrammen

Der Begriff *Lernprogramm* ist eng mit den Begriffen *Lernen* und *Lehren* verbunden. *Lernen* und *Lehren* werden je nach Lern-Lehrtheorie unterschiedlich definiert. Nach traditionell-systematischen Lern-Lehrtheorien wird erwartet, dass Lernende nach dem Lernprozess aufgenommenes Wissen wiedergeben können (siehe Kapitel 3.1). Nach konstruktivistischen Ansätzen wird als Endergebnis von Lernenden erwartet, dass der Lernende selbständig arbeiten und Probleme in verschiedenen Kontexten und Situationen lösen kann (siehe Kapitel 3.2 und 3.3). So werden bei verschiedenen Lern-Lehrtheorien andere Charakteristika berücksichtigt und damit auch der Begriff *Lernprogramm* verschieden definiert.

Bei einigen Definitionen des Begriffs *Lernprogramm* wird kein Bezug auf eine bestimmte Lern-Lehrtheorie genommen. So sollte nach A. Holzinger (2000) ein *Lernprogramm* didaktische Probleme lösen. Nach L. J. Issing und P. Klimsa (1997) ist ein *Lernprogramm* ein Produkt, das speziell für Lehr- und Lernzwecke konzipiert und programmiert wurde. Beide Definitionen decken aufgrund ihrer Allgemeinheit alle auf dem Markt vorkommenden Programme zum Lernen und Lehren ab.

Bei der Klassifikation von *Lernprogrammen* werden technische Merkmale oder pädagogisch-didaktische Merkmale berücksichtigt. So haben H. Gruber et al. (1992) *Lernprogramme* nach Merkmalen der Lernformen klassifiziert und insgesamt vier Typen von *Lernprogramme* beschrieben:

- Übungsprogramme (drill and practice) – Lernen als Wiederholen und Memorieren,
- Tutorielle Programme – Lernen als interaktiver und konstruktiver Prozess,
- Simulationsprogramme – Lernen als explorativer und entdeckender Prozess,
- Cognitive Tools – Lernen als Rekonstruktionsprozess.

Die vier Typen reichen aber nicht aus, die Vielfalt von *Lernprogrammen* zu ordnen. So könnte man Lernspiele, Datenbanken und auch Werkzeuge in keinen Typ einzuordnen.

Auch in der Klassifikation von *Lernprogrammen* von F. Bodendorf (1990) wird auf Lernformen zurückgegriffen und so acht Typen unterschieden:

- Hilfe – Lernen durch Hinweisen,
- Training – Lernen durch Übung,
- Simulation – entdeckendes Lernen,

-
- passiver Tutor – selbstgesteuertes Lernen,
 - aktiver Tutor – angeleitetes Lernen,
 - Spiel – unterhaltendes Lernen,
 - Problemlösung – learning by doing,
 - intelligenter Dialog – sokratisches Lernen.

Bei dieser Klassifikation werden aber die technischen Merkmale und Einsatzmöglichkeiten nicht berücksichtigt.

A. Holzinger (2000) hat nach technischen Merkmalen acht Typen von Lernprogrammen vorgeschlagen:

- Übungsprogramme/ Drill-and-Practice-Programme,
- Tutorielle Systeme,
- Intelligente Tutorielle Systeme,
- Simulationsprogramme,
- Hypermedia-Programme,
- Lernspiele,
- Mikrowelten und Modellbildung.

Bei dieser Klassifikation werden didaktische Merkmale und Einsatzmöglichkeiten der Lernprogramme nicht berücksichtigt.

Lernprogramme werden für verschiedene Adressatengruppen und Einsatzmöglichkeiten konzipiert und entwickelt. Innerhalb des Chemieunterrichtes können Lernprogramme in vielen Bereichen eingesetzt werden. Beispielsweise:

- beim Molecular Modeling mit Berechnungen von Moleküleigenschaften, Simulationen von technischen Prozessen und Analyseverfahren,
- bei Laborexperimenten für das Messen, Steuern und Regeln,
- beim Auswerten und Rechnen,
- bei der Informationssuche für Recherchen in Netzen und Stoffdatenbanken,
- zum Lernen im computerbasierten Lernumgebungen.

In der vorliegenden Arbeit wird auf die Klassifikationen von H. Gruber et al. (1992), A. Holzinger (2000) und Einsatzmöglichkeiten der Lernprogramme zurückgegriffen und eine weitere neue Klassifikation vorgeschlagen. Die Lernprogramme werden zunächst nach Einsatzmöglichkeiten gruppiert und dann innerhalb der Gruppen nach didaktischen und

technischen Merkmalen klassifiziert. Es werden nach dem Kriterium „Einsatzmöglichkeiten“ vier Gruppen vorgeschlagen. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass heutzutage viele komplexe Lernumgebungen entwickelt worden sind, die viele verschiedene Lernprogrammtypen beinhalten.

2.2.1 Lernprogramme zum Veranschaulichen

Zu dieser Gruppe gehören zwei Lernprogrammtypen, *Präsentations-Visualisierungsprogramme* und *Simulationsprogramme*. Beide Lernprogrammtypen unterstützen bei Lern-Lehrprozessen den Veranschaulichungsprozess, weisen aber unterschiedliche didaktische und technische Merkmale auf.

1) *Präsentations-Visualisierungsprogramme*

Diese Lernprogramme stellen ein wichtiges Hilfsmittel für Lehrende dar. Didaktisches Ziel ist neben der Vermittlung von Faktenwissen auch die Entwicklung von Vorstellungsbildern und mentalen Modellen bei Lernenden. Zu den Präsentations-Visualisierungsprogrammen gehören viele Lernprogramme mit verschiedenen technischen Merkmalen. So gehören *Microsoft PowerPoint* [L1], verschiedene Programme zur Moleküldarstellung, wie z. B. *CompuChem Ultramol 2000* [L2], und auch Formel-Editoren, wie z. B. *C-Design* [L3], zu dieser Gruppe, die aufgrund ihrer technischen Merkmale kaum unterschiedlicher sein können.

2) *Simulationsprogramme*

Auch Simulationsprogramme sind nicht primär zur Vermittlung neuen Wissens konzipiert, sondern vielmehr zum Veranschaulichen von komplexen Sachverhalten und Situationen. Bei Simulationsprogrammen ist der Selbststeuerungsgrad der Lernenden größer als bei Präsentations-Visualisierungsprogrammen. So können Lernende selbst bestimmte Parameter manipulieren und neue Situationen kreieren. Die neue Situation wird nach vorgegebenen/vorprogrammierten mathematischen Modellen erzeugt. Simulationsprogramme fördern Kreativität, selbständiges und erforschendes Lernen. Oft werden Simulationsprogramme mit Animationen verwechselt. Jedoch beruhen Animationen nicht auf einer mathematischen Formel/Modell, sondern werden wie Zeichentrick-Filme hergestellt.

Für den Chemieunterricht ist z.B. *Corel ChemLab* [L4] gut geeignet. *Corel ChemLab* beinhaltet acht fest vorgegebene Experimente innerhalb eines interaktiven

Chemielabors, dazu noch einen 3-D Molekülbetrachter, ein Ratespiel, ein interaktives Periodensystem (mit eingebautem Quiz), eine kleine Datenbank und Videoaufnahmen zu Experimenten. Jedes Experiment wird mit Arbeitseinweisungen begleitet. Das Lernprogramm ermöglicht auch selbständiges Experimentieren, das nicht auf vorgegebene Arbeitsblätter zurückgreift. Dieses Lernprogramm ermöglicht selbständiges und forschendes Arbeiten.

2.2.2 Lernprogramme für den Erwerb neuen Fachwissens

Zu dieser Gruppe gehören drei Lernprogrammtypen: *Übungsprogramme*, *Tutorielle Systeme/Intelligente Tutorielle Systeme* und *Lernspiele*. Diese Lernprogramme werden zum Erwerb neuen Fachwissens und zur Kontrolle erworbenen Wissens eingesetzt. Die didaktischen und technischen Merkmale dieser drei Typen sind verschieden. So ist bei Übungsprogrammen das Ziel, erworbenes Wissen nach behavioristischen Ansätzen zu verfestigen, bei Lernspielen wird dasselbe Ziel verfolgt, nur wird dort die Motivation der Lernende mehr angesprochen.

1) *Übungsprogramme/Drill-and-Practice-Programme*

Diese Programme sind von behavioristischen Ansätzen geprägt (siehe Kapitel 3.1). Typische Übungsprogramme bestehen aus folgenden Schritten:

Übungsaufgabe → Eingabe einer Antwort → Rückmeldung → nächste Aufgabe.

Übungsprogramme sind nur begrenzt für das selbständige Lernen von Fachwissen geeignet. Ein Übungsprogramm kann zur Festigung der gelernten Inhalte im Unterricht verwendet werden. Oft finden Übungsprogramme als Teil einer komplexeren Lernumgebung Verwendung. So beinhaltet z. B. das von *CyberMedia* entwickelte Lernprogramm *Dynamische Biochemie* [L5] nach jedem Kapitel ein typisches Übungsprogramm zur Selbstkontrolle.

2) *Lernspiele*

Lernspiele werden zum Erwerb neuen Wissens, zur Kontrolle und zur Übung schon erworbenen Wissens eingesetzt. Lernspiele sollen Wissen mit Spielspass verknüpfen. Typische Lernspiele sind für bestimmte Lerninhalte konzipiert und sind ähnlich wie Übungsprogramme aufgebaut. So z. B. besteht *Chemistry Game* [L6] aus einer

Trainingsvariante und einer Spielvariante mit 2000 Fragen aus dem Fach Chemie. Ziel ist es, während eines unterhaltsamen Quizspiels wesentliche Lerninhalte des Chemieunterrichts zu wiederholen, zu üben und zu festigen. Auch *Chemie – Box* [L7] ist als ein Lernspiel gestaltet. Dies enthält neben einem Quizspiel zum Testen des Chemiewissens auch eine Sammlung von Chemieexperimenten, das Periodensystem der Elemente, wichtige Laborgeräte, eine geschichtliche Einführung in die Chemie und eine Lexikon. Ein weiteres Beispiel ist *Franzis Baukasten Chemie* [L8]. Dieses Lernprogramm beinhaltet zwölf Module, davon sind sieben, wie Memory, Periodensystemspiel, Metall, Flammenfärbung, pH-Werte, Leitfähigkeit und Molekülbaukasten spielerisch gestaltet. So soll der Lernende bei Memory zwei passende Begriffe einander zuordnen, z. B. Fe und Metall, H_2CO_3 und Kohlensäure usw.

Zu den Lernspielen gehören auch Lernprogramme, wie *Mikrowelten und Modellbildung*.

Dort wird eine neue Situation oder Welt für den Lernprozess konstruiert und so neues Wissen erworben. Bei *Mikrowelten* wird der abgebildete Wissensbereich erst durch das experimentelle Umgehen mit der Lernumgebung sichtbar. Bei Lernprozessen mit *Mikrowelten* steht nicht der Aspekt der Veranschaulichung im Mittelpunkt, sondern es wird auf konstruktivistische Ansätze des Lernen-Lehrens zurückgegriffen und selbständiges Lernen, sowie Problemlösen der Lernenden gefördert. So gehören die *Mikrowelten* eher zu den Lernspielen, allerdings ist der Aspekt der Veranschaulichung deutlich größer. Der Unterschied zwischen Simulationen und *Mikrowelten/Modellbildung* besteht darin, dass die konstruierten Situationen, Modelle und Prozesse nicht auf vorhandenem Fachwissen aufbauen, sondern erst von den Lernenden erzeugt werden. Für den Erwerb von neuem Fachwissen ist *Mikrowelten* nur bedingt geeignet.

Unter der Rubrik *Modellbildung* in der Chemie fallen z. B. Programme zur Moleküldarstellung. Diese gehören aber eher zu den Visualisierungsprogrammen, als zu Lernprogrammen.

3) Tutorielle Systeme/Intelligente Tutorielle Systeme

“Tutor“ bedeutet übersetzt Ratgeber. So sollen *Tutorielle Systeme* eine Interaktion zwischen dem Lernprogramm und dem Lernenden ermöglichen. *Tutorielle Systeme*

werden für selbständiges Arbeiten konzipiert. Zu *Tutoriellen Systemen* gehören viele Lernprogramme, die sich in ihren Interaktionsmöglichkeiten unterscheiden und sich in fünf Gruppen einteilen lassen:

- *Tutorials* – Ein Themenbereich wird schrittweise erklärt, wobei kaum Interaktion zwischen Lernprogramm und Lernendem stattfindet. Zu diesem Typ gehört z. B. *Macromedia Flash 4 Hilfe Lektionen* [L9]. Dort werden an Beispielen die Möglichkeiten des Animationsprogramm schrittweise erklärt.

- *Lineare Lernprogramme* – Während des Lernprozesses findet eine Interaktion in Form von Wissensabfragen statt. Die Lernabschnitte und die Art der Fragen sind nicht wählbar.

- *Multifunktionale Lernprogramme* – Auch hier findet eine Interaktion statt, wobei die Lernabschnitte und die Art der Fragen von den Lernenden frei wählbar sind.

Zu linearen und multifunktionalen *Tutoriellen Systemen* gehören von *CyberMedia* entwickelten Lernprogramme, z. B. *Dynamische Biochemie* [L5]. Diese Lernprogramm ist wie ein Fachbuch gestaltet. Nach jedem Kapitel erhält der Lernende Fragen zur Selbstkontrolle. Die richtige Antwort mit Kommentaren und Begründungen wird dem Lernenden zurückgemeldet. Weiterhin gehören zu den *Tutoriellen Systemen* z. B. *Fette in der Ernährung* [L10], *Recycling am Beispiel Getränkeverpackungen* [L11], *WinFunktion Chemie und Biologie 9.0* [L12] u. v. a. Die meisten Lernprogramme sind als Tutorielle System gestaltet (Nick, Schanze & Lensment, 2000; 2000a; 2000b).

- *Hypermedia-Programme* gehören meistens zu den *Tutoriellen Systemen* und seltener zu den *intelligenten Tutoriellen Systemen* (s. u.). *Hypermedia-Programme* zeichnen sich durch völlig freies Navigieren auf einer Hypermedia- oder Hypertext-Basis aus. Zu diesem Lernprogrammtyp gehören alle Internetlernumgebungen (Internetvorlesung *CHEMnet* [W3], *kapili.com* [W4] usw.), aber auch als Hypermedium gestaltete Lernumgebungen, wie z. B. *Grundlagen der Chemie-interaktiv für Mediziner, Biologen und Pharmazeuten* [L13].

- Zu den *Tutoriellen Systemen* gehören auch *Intelligente Tutorielle Systeme*. Oft werden *Intelligente Tutorielle Systeme* als eigener Lernprogramm-Typ bezeichnet. Grund dafür ist, dass der Interaktionsgrad zwischen Lernenden und Lernprogramm noch größer ist als bei einfachen *Tutoriellen Systemen*. Die Basis solcher Lernprogramme bilden die jeweiligen Benutzerprofile der Lernenden. Auf diese Weise kann sich das Lernprogramm an die Fähigkeiten von Lernenden individuell anpassen. Der Lernende wird während der Interaktion mit dem Lernprogramm „beobachtet“,

seine Aktionen aufgezeichnet und ausgewertet. Dies dient der spezifischen Förderung von Lernenden. Die Entwicklung von *Intelligenten Tutoriellen Systemen* ist sehr arbeitsintensiv. Deswegen findet man bisher auch kein einziges so gestaltetes Lernprogramm in der Chemie (Nick, Schanze & Lensment, 2000; 2000a; 2000b).

2.2.3 Verschiedene Werkzeuge

Für didaktische Zwecke werden auch zahlreiche Programme zur Informationssuche, Datenbanken, Programme zur Messwertfassung und Auswertungen eingesetzt.

- *Datenbestände und Datenbanken*

Für die Datenbestände und Datenbanken ist charakteristisch, dass die Entwickler kein direktes didaktisches Ziel verfolgt haben, sondern möglichst viel Faktenwissen aus bestimmten Fachbereichen zusammenstellen wollen. Dabei werden meistens verschiedene Suchoptionen ermöglicht. Zu Datenbeständen und Datenbanken gehören auch alle modernen Lexika, z. B. *Römpp Chemielexikon* [L14]. Dort sind eine Suche im Index sowie eine Volltextsuche umgesetzt. Dieses Programm bietet als ersten Einstieg auch eine Einleitung und eine Demonstrations-Einheit an.

- *Internet als Informationsanbieter*

Auch das Internet kann als eine Art Lernprogramm angesehen werden. So werden oft auf Hypermedia-Basis gestaltete Lernumgebungen und zahlreiche Datenbanken ins Internet gestellt. Die Lernumgebungen im Internet gehören in die Gruppe Hypermedia-Programme und wurden bereits in Abschnitt 2.2.2 beschrieben.

Das Internet kann auch als eine große Datenbank angesehen werden. Auf verschiedenen Homepages befinden sich auch Informationen, die im Chemieunterricht genutzt werden können. Für die erfolgreiche Suche bieten verschiedene Internetportale ihre Hilfe an. So kann das Internet das selbständige Arbeiten fördern. Ein Beispiel wäre die Homepage von *chemie.de* [W2]. Diese beinhaltet Datenbanken zu Chemie-Suchmaschinen, Computerprogrammen, Veranstaltungen und verschiedenen Werkzeugen (Wörterbuch, Periodensystem, Einheitenrechner usw.).

Programme zur Messwertfassung und Auswertungen.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden beim Experimentieren zahlreiche Programme zur Messwertfassung sowie Rechner bei Auswertungen eingesetzt. In der Chemie ist das computerunterstützte Messen und Steuern sowie das Aufzeichnen einer

Messreihe unmittelbar mit einem Experiment gekoppelt (Steiner, 1997). Der Computer gehört heutzutage zum Alltag eines Chemikers. Im Unterricht wird neben einem historischen Rückblick in den Laboralltag auch ein Einblick in die Funktionsweise eines modernen Labors gegeben. Beim computergestützten Experimentieren werden der Veranschaulichungsprozess und damit der Erkenntnisweg erleichtert, dazu ist meistens auch mit einem kleineren Zeitaufwand zu rechnen. So werden im Chemieunterricht z. B. verschiedene Programme für Titration, Gas-Chromatographie und Gleichgewichtseinstellungen eingesetzt.

Bei aufwendigeren Rechnungen wird oft ein spezielles Rechenprogramm eingesetzt. Auch dies soll den Erkenntnisweg erleichtern und zeitsparend sein. So wird z. B. *Gibbs Energetik* [L15] im Chemieunterricht eingesetzt. Dies ist ein Lernprogramm für die Berechnung und grafische Darstellung des Reaktionsenthalpieverlaufs nach Gibbs-Helmholtz. Das Programm stellt die Reaktionsgleichung auf und berechnet die energetische Bilanz der Reaktion. Die Ergebnisse verschiedener Reaktionen können über beliebige Temperaturbereiche grafisch dargestellt werden. Auch *pHGraph* [L16] kann als ein Rechenprogramm angesehen werden. Dieses Lernprogramm berechnet pH-Werte, Konzentrationen und den Dissoziationsgrad beliebiger Säuren, Basen oder Puffermischungen. Auch werden die grafische Darstellung von Titrationskurven und Musterlösungen präsentiert. *pHGraph* ist speziell für die selbständige Schülerarbeit entwickelt. Zu jeder gestellten Aufgabe wird eine Musterlösung mit erläuterndem Text generiert.

2.3 Lernprogramme aus der Sicht fachsystematischer und problemorientierter Merkmale

Lernprogramme, die speziell für den Chemieunterricht entwickelt worden sind, werden oft aus der Sicht technischer Merkmale beschrieben (Nick, Schanze & Lensment, 2000; 2000a; 2000b; Seidel [W1]). So haben S. Nick, S. Schanze & L. Lensment (2000; 2000a; 2000b) 29 und A. Seidel [W1] 54 Lernprogramme für den Chemieunterricht nach technischen Merkmalen charakterisiert. In erstgenannter Arbeit werden auch die Einsatzmöglichkeiten im Unterricht und die Nutzung der Lernprogrammen für selbständiges Lernen diskutiert, dabei wird aber nicht auf eine didaktische Klassifikation der Lernumgebungen zurückgegriffen. In der zweiten Arbeit werden Lernprogramme, die über das Internet angeboten werden, nach technischen Merkmalen beschrieben. D. Steiner (1997) dagegen hat die im Chemieunterricht vorkommenden Lernprogramme nach Einsatzmöglichkeiten klassifiziert und auch die didaktischen Charakteristika der Chemielernprogramme analysiert.

Auf Grund einer der Zielsetzungen der vorliegenden Arbeit (siehe Kapitel 1), ist es wichtig, eine Beurteilung von Chemielernprogrammen nach didaktischen Merkmalen, wie Aufbau nach traditionell-systematischen und problemorientierten Ansätzen, vorzunehmen.

Für traditionell-systematische Lernumgebungen ist charakteristisch, dass sie entsprechend der Fachsystematik und Sachlogik aufgebaut sind (siehe auch Abschnitt 3.1). Sie fangen in der Regel mit einem ausführlichen Inhaltsverzeichnis an, in dem entsprechend der Fachlogik und Fachsystematik alle Kapitel aufgelistet sind. Es ist nur möglich, von einem Kapitel in ein in der Fachsystematik nachfolgendes Kapitel zu wechseln. Von einer Seite kann nur die vorherige oder die nächste Seite aufgerufen werden. Die Abfolge des Lernweges ist daher vorbestimmt. Auch die zwölf Chemielernprogramme [L5-L13, L17 und W3-W5] (siehe Tabelle 2.2), die in die Rubrik „Lernprogramme für den Erwerb neuen Fachwissens“ eingeordnet werden können, sind nach traditionell-systematischen Ansätzen aufgebaut. Für traditionell-systematische Lernumgebungen eignen sich verschiedene Lernprogrammtypen (siehe Abschnitt 2.2). So können alle Lernprogramme, die den Erwerb neuen Fachwissens zum Ziel haben (siehe Abschnitt 2.2.2), wie Übungsprogramme, Tutorielle Systeme und Lernspiele, entsprechend nach traditionell-systematischen Ansätzen gestaltet werden. Beispiele dafür sind Lernprogramme wie *Dynamische Biochemie* [L5], *Grundlagen der Chemie-interaktiv für Mediziner, Biologen*

und Pharmazeuten [L13] und die Internetlernumgebung *Creative Chemistry on the Internet* [W5]. Alle genannten Lernprogramme gehören zu Tutoriellen Systemen und sind ähnlich aufgebaut. Aus diesem Grund wird nur *Creative Chemistry on the Internet* näher beschrieben.

Traditionell-systematisch	Problemorientiert
Dynamische Biochemie [L5]	Chemistry Game [L6]
Franzis Baukasten Chemie [L8]	Chemie – Box [L7]
Fette in der Ernährung [L10]	Recycling am Beispiel Getränkeverpackungen [L11]
WinFunktion Chemie und Biologie 9.0 [L12]	Brainschool Chemie in Labor, Umwelt & Alltag [L17]
Grundlagen der Chemie-interaktiv für Mediziner, Biologen und Pharmazeuten [L13]	
CHEMnet [W3]	
kapili.com [W4]	
Creative Chemistry on the Internet [W5]	

Tabelle 2.2: *Chemielernprogramme nach traditionell-systematischen und problemorientierten Ansätzen*

Creative Chemistry on the Internet, gehört nach technischen Merkmalen zu den *Tutoriellen Systemen* und ist auf Hypermedia-Basis gestaltet. Das Projekt *Creative Chemistry on the Internet* wurde im Laboratorium für Anorganische Chemie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich kreiert. *Creative Chemistry on the Internet* soll den Studierenden, begleitend zur Experimentalvorlesung Anorganische Chemie I + II, auf Video aufgezeichnete Experimente jederzeit bereitstellen. Bis jetzt ist diese interaktive Vorlesung nur über das Internet aufrufbar, aber auch eine CD-ROM ist in Vorbereitung. Auf der ersten Seite befinden sich Verknüpfungen zur Einleitung und zur den Experimenten. In der Einleitung werden Bedienungsanleitungen gegeben. Die Experimente können nach vier Merkmalen ausgewählt werden: Kapitelzugehörigkeit (aus einer Kapitelliste), Elementbeteiligung (Elementauswahl aus dem Periodensystem), Schlüsselworte (Schlagworte) oder aus der Gesamtliste (alle Experimente). Zu jedem Experiment sind ein Film, eine Bilderschau und die Bilder in einer Datenbank gespeichert. Zusätzlich wird zu jedem Experiment ein ausführliches Vorlesungsskript bereitgestellt. Während eines Experiments werden alle Schritte und Erscheinungen erklärt. Nach Bedarf können die fachlichen Inhalte durch eine „Vertiefungs-Verknüpfung“ aufgerufen werden.

Die Interaktion zwischen Lernumgebung und Lernenden ist gering und findet nur durch die Auswahl der Experimente statt. Die Lernumgebung ist linear aufgebaut, es ist keine Verbindung zwischen verschiedenen Experimenten und verschiedenen Vorlesungsskripts vorhanden. Die Vorlesungsskripte sind nach traditionell-systematischen Ansätzen aufgebaut. Jedes Kapitel ist entsprechend der Fachlogik in Unterkapitel geteilt. Von einem Unterkapitel kommt man nur in das folgende Unterkapitel. Eine Besonderheit dieser Lernumgebung ist, dass ein Experiment als Einstieg in das Fachwissen dient. Damit kann die Motivation der Lernenden, sich mit chemischen Inhalten auseinanderzusetzen, gestärkt werden.

Diese Lernumgebung kann bedingt auch für problemorientierten Unterricht verwendet werden. So könnte man als Einstieg ein Experiment, z. B. *Hat Wasser doch Balken?*, benutzen und dann fachliche Hintergründe, in diesem Fall Wasserstoffbrückenbindungen, erarbeiten lassen.

Seltener als traditionell-systematisch werden Lernprogramme nach problemorientierten Ansätzen gestaltet. So sind von den zwölf beschriebenen Chemielernprogrammen nur vier nach problemorientierten Ansätzen gestaltet (siehe Tabelle 2.2). Der Unterschied zwischen beiden Ansätzen ist, dass problemorientierte Lernumgebungen die Motivation der Lernende in Anspruch nehmen. So ist für problemorientierte Lernumgebungen charakteristisch, dass für Lernende relevante Probleme im Mittelpunkt des Lernprozesses stehen. Lernen soll als ein aktiver, selbstgesteuerter, konstruktiver, situativer und sozialer Prozess stattfinden (siehe Abschnitte 3.2 und 3.3). Die problemorientierten Lernprogramme können aus technischer Sicht als Simulationsprogramme, *Tutorielle Systeme*, Lernspiele und Übungsprogramme bezeichnet werden. Entscheidend ist, wie die fachlichen Lerninhalte gestaltet und strukturiert sind. Beispielsweise sind *Recycling am Beispiel Getränkeverpackungen* [L11] und *Brainschool Chemie in Labor, Umwelt und Alltag* [L17] den problemorientierten Lernprogramme zuzuordnen.

Recycling am Beispiel Getränkeverpackungen ist aufgrund der ausgewählten fachlichen Inhalten nur begrenzt den Chemielernprogrammen zuzuordnen. Dieses Lernprogramm gehört nach technischen Merkmalen zu den *Tutoriellen Systemen*. Es kann im Unterricht eingesetzt werden, um selbständiges und auch erforschendes Arbeiten zu fördern. Die Themen sind für Schülerinnen/ Schüler relevant gestaltet. Alle dort angebotenen Themen

haben einen starken Bezug zum Alltag. Als Ziel nennen die Entwickler weniger die Vermittlung von Fachwissen, sondern vielmehr umweltbewusstes Handeln der Lernenden.

Als zweites problemorientiertes Lernprogramm soll *Brainschool Chemie in Labor, Umwelt und Alltag* [L17] genannt werden. Dieses Lernprogramm gehört nach technischen Merkmalen zu den Lernspielen. Dieses Lernprogramm besteht aus drei Teilen, nämlich „Training“, „Quiz-Show“ und „Spiel“. Didaktisches Ziel ist es, Fachwissen spielend zu vermitteln. Im „Training“ werden die für Schülerinnen/Schüler relevanten Fragen zu vier Themen gestellt. Dabei ist es möglich, die richtigen Antworten, Kommentare und Begriffe in einem Lexikon nachzuschlagen. Sogar die Fragen können die Lernenden selbst bestimmen und zu jeder Frage Notizen aufschreiben. Das „Training“ ist daher gut für das selbständige Lernen geeignet.

Bei das „Quiz-Show“ können bis zu vier Spieler mitmachen und gegeneinander spielen. Auch dort werden Fragen aus vier Themenbereichen gestellt. Dieses Spiel erfordert „soziales Lernen“.

Im dritten Teil, „Spiel“, werden ebenfalls Fragen aus vier Bereichen gestellt. Dies findet als „gewöhnliches“ Computerspiel statt. Die Spieler begegnen im Spiel einem Virus und sollen versuchen, diesen unschädlich zu machen. Dazu ist die richtige Antwort auf eine Frage aus der Chemie nötig.

In diesem Lernspiel werden alle für problemorientierte Lernumgebungen relevanten Merkmale eingesetzt. So wird durch die „Quiz-Show“ das soziale Lernen gefördert und im „Training“ werden kontextbezogene und schülerrelevante Fragen gestellt. Dort wird die Motivation der Lernenden angesprochen.

Von den zwölf analysierten Lernprogrammen gibt es keines, das beide – traditionell-systematische und auch problemorientierte Ansätze vereinigt. Die Lernprogramm-entwickler haben diese Lernprogramme für eine enge Benutzergruppe kreiert.

Traditionell-systematische Lernprogramme sind oft nicht genug motivierend für Lernende und deswegen schlecht für selbständiges Lernen geeignet. Auch fördern solche Lernprogramme kein aktives und soziales Lernen. Nach problemorientierten Ansätzen aufgebaute Chemielernprogramme greifen die Motivation der Lernenden auf, sind aber wenig zur Vermittlung von Chemie-Fachwissen geeignet. Meist sind die Fachinhalte einfach nicht ausführlich genug beschrieben.

3 Gestaltung der Lernumgebungen

In diesem Kapitel werden verschiedene theoretische Sichtweisen zur Gestaltung von Lernumgebungen diskutiert. Angenommen wird, dass es zwei grundlegende Positionen zum Lernen und Lehren gibt, die kognitivistische und die konstruktivistische (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001). Mit kognitivistischen Lerntheorien sind systematisch - lineare und mit konstruktivistischen Lerntheorien sind situiert - problemorientiert aufgebaute Lernumgebungen verknüpft. Es gibt viele „kleinere“ Lern-Lehrtheorien, die Merkmale von beiden grundlegenden Positionen zu Lernen-Lehren beinhalten. Aus diesem Grund sind die Grenzen zwischen diesen zwei Hauptpositionen zum Lern-Lehrprozess „fließend“. Dies wird in Abschnitten des Kapitels diskutiert.

Der theoretische Hintergrund für systematisch-linear aufgebaute Lernumgebungen wird im Abschnitt 3.1 *Systematische Lernumgebungen* behandelt. Auch die für computerbasierte Lernumgebungen maßgebende Lerntheorie *Instructional Design* wird unter den systematischen Lernumgebungen subsumiert.

Im Abschnitt 3.2 *Konstruktivistische Lernumgebungen* werden die theoretischen Ansätze für konstruktivistische Lernumgebungen diskutiert. Neben den situierten Lernumgebungen beruhen auch die problemorientierten Lernumgebungen auf konstruktivistischen Lerntheorien. Weil aber in der vorliegenden Arbeit die problemorientierten Lernumgebung eine zentrale Rolle spielen, werden die theoretischen Grundlagen gesondert behandelt und zwar im letzten Abschnitt dieses Kapitels 3.3 *Problemorientierte Lernumgebungen*.

3.1 Systematische Lernumgebungen

In der deutschen Schule, Universität oder auch Aus- und Weiterbildung wird meistens nach Ansätzen traditioneller Lehr-Lerntheorie gelernt. Diese fordert, dass Wissenstransport vom Lehrenden zum Lernenden stattfindet; damit verbunden ist auch eine präzise Planung sowie eine systematische Durchführung und Kontrolle des Lehrens und Lernen. So wird die traditionelle Lehr-Lerntheorie auch als systematische Lerntheorie und nach diesen Lern-Lehrtheorie aufgebaute Lernumgebungen als systematische Lernumgebungen bezeichnet.

Die Hauptannahme der traditionellen Lehr- und Lernphilosophie ist, dass beim Lehren ein „Wissenstransport“ stattfindet, an dessen Ende der Lernende den vermittelten Wissensausschnitt in genau derselben Form besitzt wie der Lehrende (Reinmann-Rothmeier & Mandl 1997; 1999). So wird Lernen auch als Nürnberger Trichter bezeichnet (Mandl & Gräsel, 1997) (Abb. 3.1). Damit ist Lernen ein weitgehend rezeptiver Prozess und erfolgt linear und systematisch. So soll der Lehrende neue Wissensinhalte präsentieren und erklären, die Lernenden anleiten sowie ihren Lernfortschritt kontrollieren bzw. sicherstellen. Die Lernenden sind in diesem Prozess eher „passiv“. Sie müssen von außen (durch die Lehrenden) angeleitet und kontrolliert werden.



Abbildung 3.1: Lernen als Nürnberger-Trichter

(Bild: E. Kolaczinski, IPN)

Die Lerninhalte sollen so konzipiert werden, dass sie in ihrer Entwicklung abgeschlossen und klar strukturierbar sind. Für die Lernumgebungen ist das systematisch- schrittweise Vorgehen, die strengen Fächergrenzen, der Frontalunterricht und eine strikte Lernerfolgskontrolle charakteristisch. Am besten lassen sich systematische Lernumgebungen mit folgenden „altbewährten Regeln“ beschreiben (Issing, 1997):

- vom Allgemeinen zum Besonderen
- vom Bekannten zum Unbekannten
- vom Einfachen zum Komplexen
- vom Leichten zum Schwierigen
- vom Nachliegenden zum Entfernten
- vom Interessanten zum weniger Interessanten
- entsprechend der chronologischen Abfolge
- entsprechend der natürlichen Prozessabfolge
- entsprechend der Fachsystematik
- entsprechend der Sachlogik

Auch das sog. Instruktionsdesign (*Instructional Design*) wird oft zu den systematischen Lerntheorien gezählt (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001). Der Begriff *Instruktionsdesign* stammt aus der Instruktionspsychologie, die sich aus behavioristischen Ansätzen zur Entwicklung von Selbstlernmaterialien im Rahmen des programmierten- und computerunterstützten Unterrichts entwickelt hat. Der Begriff *Instruktion* selbst wird vielfältig gebraucht und verschieden definiert. Nach D. Leutner (2001) bezieht sich der Begriff *Instruktion* auf Unterricht, Ausbildung und Training; auf Situationen also, die explizit und institutionalisiert zum Zwecke des Lernens bzw. der Auslösung und Beeinflussung von Lernvorgängen hergestellt werden. Nach F. Schott, S. Kemter & P. Seidl (1997) wird unter dem Begriff „Instruktion“ die geplante Bereitstellung von Lernmöglichkeiten verstanden, um es Personen zu ermöglichen, mehr oder weniger festgelegte Ziele zu erreichen. Instruktionspsychologie ist damit die Psychologie des Lernens in zu diesem Zweck hergestellten Lern-Lehrsituationen.

Anfang der 60er Jahre waren die berühmteste Vertreter des Instruktionsdesigns F. B. Skinner und R. M. Gagnè (Ewert & Thomas, 1996). Die Lerntheorie von F. B. Skinner beruht auf dem Behaviorismus. Lernen wird daher als die Veränderung von Verhaltensweisen aufgrund äußerliche Reize betrachtet. Nach F. B. Skinner kann ein Verhalten nur dann verändert, differenziert und geformt werden, wenn der Lernende mit geeigneten Hinweisreizen konfrontiert wird, die ein Antwortverhalten herausfordern und steuern. F. B. Skinner hat auch den sog. *Programmierten Unterricht* (auch *Programmierte Instruktion*) vorgeschlagen. Diese sollte den „traditionellen“ Lehrerunterricht durch Einführung von Lehrprogrammen und Lehrmaschinen ersetzen. Die Unterrichtsprogramme sollen so aufgebaut werden, dass der Lernende eine kurze Information erhält, auf die eine Frage folgt. Die Frage muss durch eine Aktivität beantwortet werden (meist in schriftliche Form). Danach erhält der Lernende eine Rückmeldung und geht zur nächsten Information (Frage) weiter.

In der Lerntheorie von R. M. Gagnè wird versucht behavioristische und kognitive Aspekte des Lernens zu verbinden (Ewert & Thomas, 1996). Nach R. M. Gagnè gibt es viele verschiedene Arten des Lernens, die in eine hierarchische Stufenfolge plaziert werden können. Insgesamt ergeben sich acht Typen des Lernens, die Lernende für erfolgreiches Lernen schrittweise durchlaufen sollen. Als höchste Leistung wird dort das Problemlösen betrachtet.

Seit den 60er Jahre werden immer mehr neuere Forschungsergebnisse über kognitive Prozesse beim Lernen in Lehr-Lerntheorien eingebunden. So haben die jüngeren Vertreter des Instruktionsdesigns die kognitivistisch-systematische und konstruktivistische Lerntheorie zusammengeführt und berücksichtigen die mentale Aktivität und Eigenverantwortlichkeit der Lernenden (Schott, Kemter & Seidl, 1997; Issing, 1997; Leutner, 2001; Mandl, Gruber & Renkl, 1997). Die drei Hauptströmungen im Instruktionsdesign lassen sich wie folgt beschreiben (Mayer, 1992):

- Behavioristische Instruktionstheorien verstehen das Lernen als Veränderung von Verhaltenswahrscheinlichkeiten. Der Lerner wird als *tabula rasa* und *black box* aufgefaßt, d. h. die Vorkenntnisse und internen Vorgänge der Lernenden sind für den Lehr-Lernprozess nicht wichtig.
Hauptvertreter dieser Theorie sind z. B. B. F. Skinner, R. F. Mager und der jüngere R. M. Gagnè.
- Kognitionspsychologisch orientierte Instruktionstheorien betrachten Lernen als Aufbau oder Veränderung kognitiver Strukturen und Prozesse. Der Lernprozess ist aber auch hier ein Wissenstransfer vom Lehrenden zum Lernenden.
Hauptvertreter dieser Theorie sind z. B. B. S. Bloom, R. M. Gagnè und K. J. Klauer.
- Konstruktivistisch orientierte Instruktionstheorien betrachten das Lernen als Aufbau allgemein problemlösungsbezogener Kompetenzen. Lernumgebungen sollen „offen“ sein, d. h. entdeckendes Lernen ermöglichen.

Hauptvertreter dieser Theorie sind z. B. T. M. Duffy, D. H. Jonassen und H. Mandl

Bei moderneren Theorien des Instruktionsdesigns, wie z. B. den vorher genannten konstruktivistisch orientierten Instruktionstheorien und Lernumgebungen, wird insbesondere das situierte, kontextbezogene und problemorientierte Lernen in einer multimedialen Lernumgebung gefordert. Diese Instruktionstheorien sind eher den konstruktivistischen Lerntheorien zuzuordnen und werden von daher im Abschnitt 3.2 beschrieben.

3.2 Konstruktivistische Lernumgebungen

In den TIMS- und auch PISA- Studien wird erwartet, dass die Schüler sich nicht nur auf die Wiedergabe von reproduzierbarem Faktenwissen beschränken, sondern vielmehr Handlungskompetenz und die Fähigkeit, Gelerntes flexibel zu nutzen, entwickelt haben. Die systematische Lerntheorie reicht bei diesen Erwartungen nicht mehr aus, sondern es wird erwartet, dass in der Schule die Lehr- und Lernprozess von konstruktivistischen Ansätzen gesteuert wird (SINUS [W6], Weinert, 1996). Im Gegensatz zu systematischen Lern- Lehr-Theorien, wo das Lernen als passiver, rezeptiver Prozess verstanden wird, wird nach den konstruktivistischen Lerntheorien das Lernen als ein aktiver, selbstgesteuerter, konstruktive, situativer und sozialer Prozess verstanden.

Nach Ansätzen konstruktivistischer Lern-Lehrtheorien lernen Lernende aktiv auf der Grundlage ihres Vorwissens und unter Berücksichtigung sozialer, situationaler und kultureller Einflüsse. Der Lehrende wird als Berater und Mitgestalter der Lernprozesse betrachtet. So erzeugt er Problemsituationen und „Werkzeuge“ zur Problembearbeitung und reagiert bei Bedarf auf Bedürfnisse der Lernenden. Der Lernende nimmt aktiv am Lernprozess teil und konstruiert während des Lernprozesses selbstgesteuert auf der Basis seines Vorwissens neues Wissen. Die Ergebnisse eines solchen Lernens sind infolge individueller und situationsspezifischer Konstruktionsvorgänge nicht vorhersagbar. Das Ziel des Lehrens nach konstruktivistischen Lern-Lehr-Theorien soll sein, dass Lernende letztlich denken und handeln wie Experten.

Die Merkmale des Lern-Lehrprozesses sind (Mandl & Gräsel, 1997; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1997):

- Lernen soll als aktiver Prozess gestaltet werden: Lernen ist nur über aktive Beteiligung des Lernenden möglich. Die Motivation der Lernenden steht hier im Mittelpunkt. Der Lernende soll das tun, woran er interessiert ist.
- Der Lernende soll Lernen als selbstgesteuerten Prozess erleben. Lernende sollen Steuerungs- und Kontrollprozesse selbst übernehmen.
- Lernen ist ein konstruktiver Prozess, wobei er auf dem individuellen Erfahrungs- und Wissenshintergrund und den Interpretationen der Lernenden basiert.
- Lernen erfolgt stets in spezifischen Kontexten, so dass es als situativ gilt.
- Das Lernen schließt immer auch soziale Komponenten ein.

Hier stehen gegenüber traditionellen Unterrichtskonzepten also die Lernenden und ihre Lernprozesse im Mittelpunkt und die Instruktion eher im Hintergrund. Damit soll bezweckt werden, dass die Lernenden selbst neues Wissen konstruieren und sich dabei nicht überfordern.

Nach dem oben dargestellten Lern-Lehrprozess Merkmalen sollen konstruktivistische Lernumgebungen situiert, kontextbezogen und problemorientiert gestaltet werden. So gehören zu den konstruktivistischen Lernumgebungen auch die im folgenden diskutierten situierten und problemorientierten Lernumgebungen.

Unter dem Sammelbegriff situierte Lernumgebungen werden sehr unterschiedliche theoretische Ansätze zusammengefasst (Klauer, 2001; Mandl, Gruber & Renkl, 1997). Situierte Lehr-Lern-Theorien wurden Ende des 20. Jahrhunderts als Gegensatz zur kognitivistischen Lehr-Lern-Theorie entwickelt. Die Grundannahme bei allen situierten Lehr-Lerntheorien ist, dass das Lernen als aktiver Prozess betrachtet wird. Dabei wird aber besonderes berücksichtigt, dass Lernen in einer materiellen und sozialen Situation stattfindet und davon beeinflusst wird. Die Wissensbestände werden als kontextgebunden und damit als nur in bestimmten Situation aktivierbar betrachtet. Diese Auffassung wird damit begründet, dass die Lernenden oft in der Schule erworbenes Wissen im Alltag nicht verwenden können. Dieses Wissen wird auch als „träges Wissen“ bezeichnet (Renkl, 2001; Klauer, 2001). Die situierten Lernumgebungen sollen so gestaltet werden, dass „träges Wissen“ nicht entstehen kann.

Die grundlegenden Forderungen für die Gestaltung von situierten Lernumgebungen sind nach Mandl, Gruber & Renkl (1997):

- Als Ausgangspunkt des Lernprozesses sollen *komplexe Ausgangsprobleme* dienen. Das Problem soll für Lernende interessant und intrinsisch motivierend sein. Das Wissen soll in einem Anwendungskontext erworben werden.
- Die Lernumgebung soll Lernenden ermöglichen, mit *realistischen* und *authentischen Problemen* umzugehen.
- Die Lernumgebung soll dem Lernenden multiple Kontexte anbieten. So bleibt das Wissen nicht auf einen Kontext fixiert.

- Die Problemlösungsprozesse sollen artikuliert und reflektiert werden, damit die Abstrahierung des Wissens ermöglicht wird. Dies erfordert, dass das erworbene Wissen in anderen Kontexten angewendet werden kann.
- Lernen soll im sozialen Austausch stattfinden. Kooperatives Problemlösen in Lerngruppen, gemeinsames Lernen mit Experten im Rahmen situierter Problemstellungen soll gefördert werden.

Für die Gestaltung situierter Lernumgebungen wird auch der Einsatz von „multimedia technology“ empfohlen (Mandl, Gruber & Renkl, 1997). Durch den Einsatz von Multimedia sollen reichhaltigere Informationen zur Verfügung gestellt werden als nur mit gedruckten Medien. Außerdem werden durch dynamische Darstellungsweisen effektive Verstehens- und Wiedergabeleistungen der Lernenden gefördert. Nach situierter Instruktion wird die Einführung der multimedialen Lernumgebungen gefördert, weil es folgendes ermöglicht (*Cognition and Technology Group at Vanderbilt*, 1991; Mandl, Gruber & Renkl, 1997):

1. Video-basiertes Präsentationsformat zu benutzen. Dadurch werden die intrinsische Motivation und der Aufbau mentaler Situationsmodelle gefördert.
2. Narratives Format herzustellen. Dabei werden die Kontexte im Sinne der Zweckmäßigkeit der erlernten Fertigkeiten auf der Basis des Vorwissens eingebracht.
3. Generatives Lernformat herzustellen. Es wird die Kompetenz der Problemformulierung gefördert.
4. Prinzip der eingebetteten Daten. Es wird die Kompetenz der Auswahl und Suche nach relevanten Information gefördert.
5. Den Umgang mit Komplexität fördern.
6. Paare verwandter Abenteuer. Es werden multiple Perspektiven eingebunden und die Anwendung der erworbenen Kenntnisse flexibilisiert.
7. Integration von Fächern. Es wird gefördert, dass das Wissen unabhängig von einem Schulfach gespeichert und benutzt wird.

Im Chemieunterricht werden situierte Lernumgebungen eher im anglo-amerikanischen Sprachraum verwendet. So werden z. B. in Großbritannien der *Salters Advanced Chemistry Course* und in den USA *ChemCom* angeboten. Dort werden als Ausgang für chemische Fachinhalte gesellschaftlich relevante Probleme benutzt.

Auch in Deutschland werden situierte Lernumgebungen entwickelt. So wurden beispielsweise im Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften zwei Projekte entwickelt: *PING*

(Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung) (siehe Kapitel 4.1) und *Chemie im Kontext*.

I. Parchmann et al. (2001) definiert als Ziel des Projektes *Chemie im Kontext* die Entwicklung, Evaluation und Implementation einer innovativen Konzeption für den Chemieunterricht, die die Prinzipien des situierten Lernens mit dem Aufbau eines systematischen und anwendbaren Konzeptverständnisses verbindet. Es werden drei Grundannahmen für die Gestaltung der Lernumgebungen genannt (Parchmann et al., 2001):

1. Die Erarbeitung der Fachinhalte erfolgt situiert in authentischen Problemsituationen. Die Unterrichtsinhalte sind persönlich oder gesellschaftlich bedeutsame Themen. So sind z. B. Lernumgebungen zu Kontexten wie „Mit dem Wasserstoffauto in die Zukunft?“, „Ein Mund voll Chemie“ und „Kohlenstoffdioxid und Klima“ entwickelt worden.
2. Die Lernprozesse sollen durch vielfältige Aktivitäten angeregt werden. Auch wird selbstgesteuertes und kooperatives Lernen erfordert.
3. Die Abstraktion und Systematisierung der erworbenen chemischen Kenntnisse soll in verschiedenen Situationen unter multiplen Perspektiven stattfinden, übergeordnete Basiskonzepte sollen generiert werden.

Nach situierten Lern-Lehrtheorien aufgebaute Konzeptionen, wie die Projekte *Chemie im Kontext*, *Salter's Advanced Chemistry* und *ChemCom* nennen Thesen für die Gestaltung der Lernumgebungen, die mit Thesen für die Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen verwandt sind. Die theoretische Ansätze für die Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen werden im nächsten Kapitel näher erläutert.

3.3 Problemorientierte Lernumgebungen

Ein zeitgemäßer Chemieunterricht ist problemorientiert, das heißt auf die Erziehung zu problemlösendem Verhalten ausgerichtet (Stumpf, 1979).

Der Begriff der Problemorientierung wird in der Lern-Lehrforschung vielfältig gebraucht (Gräsel, 1997; Hense, Mandl & Gräsel, 2001; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1997; 1999) und oft unterschiedlich definiert bzw. akzentuiert. Allgemein bedeutet Problemorientierung, dass Probleme im Mittelpunkt von Lehr- und Lernprozessen stehen. Vorläufer und Einflüsse des problemorientierten Lernens kann man sicher in der Reformpädagogik (Kerschensteiner) oder beim amerikanischen Pragmatismus (Dewey) erkennen. In den letzten Jahren wurden neue Grundsätze des problemorientierten Lernens entwickelt (Gräsel, 1997; Hense, Mandl & Gräsel, 2001; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1999). Die neuen Ansätze des problemorientierten Lernens beruhen auf der konstruktivistischen Lernphilosophie, integrieren aber die Vorteile der traditionellen systematischen Lernphilosophie. So sollen problemorientierte Lernumgebungen nach G. Reinmann-Rothmeier & H. Mandl (1999a) auf einer gemäßigt konstruktivistischen Auffassung vom Lernen, bewährten Ansätzen des situierten Lernens und einer pragmatisch orientierten Zielperspektive gestaltet werden. Für die Gestaltung der Lernumgebungen werden vier Prinzipien gefordert (siehe auch Abb. 3.2):

1. Authentische Kontexte – Lernumgebungen sollen auf realen Problemen und Situationen aufgebaut werden. So wird der Umgang mit realen Problemen und Situationen gefördert und Interesse und Motivation der Lernenden gestärkt.
2. Multiple Kontexte – Lernumgebungen sollen erlauben, das gelernte Wissen in mehreren Situationen und Kontexten zu benutzen. Dies sollte auch die Bildung von „trägen Wissen“ vermeiden. So sollen fachspezifische Inhalte in verschiedene Situationen und Kontexte eingebettet werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Lernumgebungen fächerübergreifend zu gestalten. Fächerübergreifende Lernumgebungen sind besonders bei naturwissenschaftlichen Fächern, wie Chemie, Biologie und Physik erforderlich. Um Naturereignisse zu verstehen, reicht oft nicht nur Wissen aus einer Wissenschaft aus, sondern Wissen aus mehreren Naturwissenschaften wird benötigt. Auch sind die Naturwissenschaften oft durch gemeinsame Methoden und Grundmodelle verbunden.
3. Soziale Lernkontexte – Lernumgebungen sollen auch soziale Lernarrangements ermöglichen. Kooperatives Lernen soll die Entwicklung von Lern- und Praxisgemeinschaften fördern.

4. Instruktionale Kontexte – Anleitungen und Unterstützung soll während des Lernprozesses gegeben werden. Lernumgebungen sollen so gestaltet werden, dass auch bei der Bearbeitung von Problemen das erforderliche Wissen bereitgestellt und erworben wird.

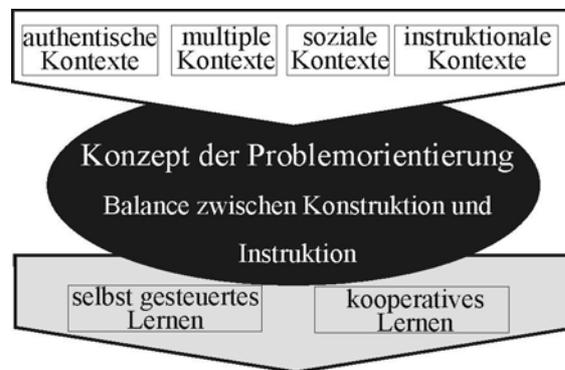


Abbildung 3.2: *Konzept des problemorientierten Lernens*
(verändert nach Hense, Mandl & Gräsel, 2001)

Bei problemorientierten Lernumgebungen wird, wie bei situierten Lernumgebungen, die Nutzung der neuen Medien im Unterricht empfohlen (Gräsel, 1997; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1999; Hense, Mandl & Gräsel, 2001). So fördern die neuen Medien nicht nur technische Bedienungskompetenz, sondern auch alle vorher gebrachten Aspekte der problemorientierten Lernumgebung:

- Kooperatives Lernen durch synchrone (z. B. Online-Chat) und asynchrone (z. B. E-Mail) Kommunikationsmöglichkeiten entspricht dem gewünschten sozialen Kontext. So werden die sozialen Fähigkeiten der Lernenden durch Einsatz der neuen Medien gefördert.
- Authentische und multiple Kontexte lassen sich durch computergestützte Planspiele und Simulationen einbringen. So ist es möglich, realitätsnahe Probleme in verschiedenen Kontexten und unter verschiedenen Perspektiven in computergestützten Lernumgebungen durchzuspielen. Auch Informationssuche über das Internet ermöglicht es, authentische Probleme, Situationen und Kontexte zu bearbeiten und aus der Sicht multipler Kontexte zu beobachten.
- Der instruktionale Kontext sollte auch bei der Gestaltung computergestützter Lernumgebungen vorhanden sein. So ist die Einbettung von neuen Medien nur dann effektiv, wenn eine Einleitung und Unterstützung stattfindet (Gräsel, 1997). In tutoriellen Lernumgebungen ist der instruktionale Kontext durch die Lernumgebung eingebracht. So erhält der Lernende während des Lernens Unterstützung durch das Lernprogramm.

Auch die Forderung, dass Lernen selbstgesteuert ablaufen soll, ist durch neue Medien gut zu erreichen. Es ergeben sich insbesondere drei Bereiche, wo der Computer selbstgesteuertes Lernen fördert:

- bei aktiv-konstruktiven Aufarbeitungen, Präsentationen und Publikationen von Unterrichtsinhalten,
- beim Lernen in computergestützten- und Internetlernumgebungen,
- bei der Informationssuche in einer Internetumgebung.

Insgesamt ermöglichen es die neue Medien den Unterricht so zu gestalten, dass es gelingt, die Lerninhalte besser an die Bedürfnisse der Lernenden anzupassen. Beispielsweise können Lernzeiten, Lerntempo, Lernort und Lernwege individueller und flexibler gestaltet werden.

Problemorientierte computergestützte Lernumgebungen sind noch rar. Ein Beispiel ist das fallorientierte Computerlernprogramm THYROIDEA (Gräsel, 1997). Das Lernprogramm ist eine multimediale Lernumgebung, die sowohl konstruktivistische Gestaltungen als auch Anleitung und Unterstützung während des Lernprozesses bietet. Ausgangsproblem ist immer ein realer Fall aus der klinischen Praxis. Die Lernenden sollen eine Diagnose und anschließend eine Therapie vorschlagen. Dabei bietet die Lernumgebung an, die Möglichkeit mehrerer Sicht- und Vorgehensweisen heranzuziehen. Während des Lernprozesses stehen den Lernenden die Kommentare von erfahrenen Ärzten zur Verfügung. Auch macht das Lernprogramm die Lernende auf eigene Fehler aufmerksam.

In der Chemie gibt es kaum Computerlernumgebungen, die durch Kontexte bzw. Problemorientierung charakterisiert werden können (siehe Abschnitt 2.3). Dagegen gibt es eine Menge von systematisch-linear aufgebauten Lernumgebungen, die in Abschnitt 2.3 analysiert werden.

4 Das fächerübergreifende Kapitel *Wasser* in der Internetvorlesung CHEMnet

Alles ist aus dem Wasser geboren, alles wird durch das Wasser erhalten

Nach J. W. Goethe, Faust II

Im Mittelpunkt des vorliegenden Kapitels 4 steht die Charakterisierung des Kapitels *Wasser* innerhalb der Lernumgebung CHEMnet. Dieses Kapitel stellt den ersten Schwerpunkt, den Entwicklungsteil der Arbeit dar. Im Abschnitt 4.3 wird auf CHEMnet und im Abschnitt 4.4 wird auf das Kapitel *Wasser* speziell eingegangen.

Vor diesen beiden Abschnitten stehen theoretische Überlegungen, die zur Entwicklung des Kapitels *Wasser* geführt haben. Das Thema Wasser erfordert Kenntnisse aus mehreren Wissenschaften: So wird das Thema Wasser auch in der Schule in mehreren Fächern unterrichtet und ist ein beliebter Unterrichtsstoff für fächerübergreifenden oder projektorientierten Unterricht. Daher ist auch das Kapitel *Wasser* in der Lernumgebung CHEMnet von vornherein fächerübergreifend konzipiert worden. Im Abschnitt 4.1 *Fächerübergreifendes Lernen in den Naturwissenschaften* werden verschiedene Definitionen zu Unterrichtstypen, wie „fächerübergreifend“, „fachübergreifend“ oder „fächerverknüpfend“ diskutiert. Insbesondere werden dort die zwei Gegenpole, gefächerter Unterricht vs. ungefächerter Unterricht, besprochen. Im nachfolgenden Abschnitt 4.2 *Das Thema Wasser im fächerübergreifenden Unterricht* werden die Gründe, das Kapitel *Wasser* fächerübergreifend zu gestalten, dargelegt.

4.1 Fächerübergreifendes Lernen in der Naturwissenschaften

Es ist nicht Sinn des Unterrichts, ein enzyklopädisches Wissen in irgendeinem Forschungsgebiet zu erzielen, wohl aber seine Hauptaufgabe, ein abgerundetes Bild der Wissenschaft zu vermitteln (Arzt, 1936).

Der fächerübergreifende Unterricht ist ein Oberbegriff für mehrere Unterrichtstypen geworden und wird verschieden definiert (Frey & Blänsdorf, 1974; Häußler et al., 1998; Reinhold & Bündler, 2001). Die Vielfalt der Definitionen von Unterrichtstypen, speziell derer

die den fächerübergreifenden Unterricht betreffen, ist ähnlich groß wie die Vielfalt der Definitionen des Begriffs Multimedia (siehe Kapitel 2).

Zunächst werden in diesem Abschnitt verschiedene Definitionen von Unterrichtstypen und deren Einsatzmöglichkeiten diskutiert. Anschließend wird speziell auf den fächerübergreifenden Unterricht und dessen Entwicklung eingegangen.

Auf der Ebene der Unterrichtsorganisation wird allgemein zwischen ungefächertem und gefächertem Unterricht unterschieden. Schulsysteme mit ungefächertem Unterricht verzichten ganz auf einzelne Unterrichtsfächer (z. B. einzelne reformpädagogische Schulmodelle). Schulsysteme mit gefächertem Unterricht unterscheiden zwischen mehreren, getrennt unterrichteten Fächern, wie z. B. Biologie, Chemie, Deutsch oder Mathematik. Der gefächerte Unterricht ist für das heutige Schulsystem in Deutschland charakteristisch.

Eine differenziertere Klassifikation von Unterrichtstypen findet sich bei Häußler et al. (1998). Dort werden verschiedene Formen eines fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts beschrieben. Ausgangspunkt der Namensgebung ist dabei das unterschiedliche Verhältnis des fächerübergreifenden Unterrichts zu den Einzelfächern. Zudem werden die Lehrmethoden berücksichtigt.

1. Fachüberschreitend – In einem Einzelfach (z. B. Chemie) werden Erkenntnisse aus einem anderen Fach (z. B. Biologie) eingebracht. Das Thema liegt häufig auf der Grenze zwischen zwei Fächern und wird im Unterricht durch Inhalte des anderen Faches erweitert. Dies bietet die Möglichkeit, die Fachziele auszuweiten und zu vertiefen. Dafür eignen sich z. B. Inhalte aus der Biochemie: Der Aufbau von Stoffen wird im Fach Chemie behandelt und die Funktionen in Organismen im Fach Biologie.
2. Fächerverknüpfend – Basiskonzepte oder Methoden, die mehreren Einzelfächern eigen sind, werden wechselseitig und systematisch miteinander verbunden. In unterschiedlichen Fächern wird systematisch mit ähnlichen Basiskonzepten und/oder Methoden gearbeitet. Dadurch können Zusammenhänge und Unterschiede zwischen Einzelfächern erkannt werden. Als Themen eignen sich z. B. Teilchenvorstellungen, der Energiebegriff oder auch das Experimentieren.
3. Fächerkoordinierend – ein übergeordnetes Thema wird aus der Perspektive unterschiedlicher Einzelfächer bearbeitet. Das Thema für die verschiedenen Fächer ist entweder fachlich oder lebensweltlich orientiert. Bei fachlicher Orientierung werden die Fächer auf Grund von Basiskonzepten oder Methoden integriert, und der Unterricht hilft, die Zusammenhänge und Unterschiede zwischen verschiedenen Fächern zu erkennen. Bei der lebensweltlichen Orientierung findet die Integration verschiedener Fächer auf einer

lebensweltlichen und einer fachlichen Ebene statt. Im Unterricht werden unter einem Oberthema (z. B. Energieerhaltung) die Erkenntnisse über und Einsichten aus den Einzelfächern vermittelt.

4. Fächerergänzend – Interdisziplinäre Themen werden in einem eigenen Fach (z. B. im Wahlpflichtbereich) zusätzlich zu den naturwissenschaftlichen Einzelfächern und zu diesen ergänzend unterrichtet. Das Thema ist mit der Lebenswelt verbunden. Es werden die in den einzelnen Disziplinen erlernten Begriffe und Konzepte auf ein lebensweltliches Oberthema angewendet. Erkenntnisse und Einsichten über die Nutzung fachlichen Wissens in der Lebenswelt sind Gegenstand des Unterrichtes. Für den fächerergänzenden Unterricht eignen sich beispielsweise mit der Umweltverschmutzung zusammenhängende Themen.
5. Integriert – interdisziplinäre Bearbeitung von Themen und Inhalten mit integrierter Entwicklung fachspezifischer Inhalte und Begriffe. Verschiedene Fachinhalte werden im Rahmen eines Oberthemas bearbeitet, d. h. ein Oberthema wird interdisziplinär und disziplinär entwickelt. Die Erkenntnisse und Einsichten über die Entwicklung und die Nutzung fachlichen Wissens werden im Unterricht behandelt.

Auf die hier dargestellte Klassifikation von Unterrichtstypen wird im weiteren in der vorliegenden Arbeit zurückgegriffen.

So wie auch die Diskussion um die Definition der Unterrichtstypen noch nicht abgeschlossen ist, ist auch die Diskussion um fachbezogenen contra fächerübergreifenden Unterricht im Gange. Es wird beispielweise diskutiert, ob sich der naturwissenschaftliche Unterricht stärker auf die „Natur in ihrer Gesamtheit“ (ungefächerte Vorgehensweise), oder auf die einzelnen Fächer, mit jeweils spezifischer „Fachlogik“, konzentrieren sollte (Häußler et al., 1998; Huber & Effe-Stumpf, 1994).

Auf der einen Seite stehen die universitären, wissenschaftlichen Disziplinen, deren Begriffe, Prinzipien und Theorien als Garant für die Wichtigkeit, Zuverlässigkeit und Angemessenheit des zu vermittelnden Wissens stehen. Auf der anderen Seite aber sollte der naturwissenschaftliche Unterricht sich stärker auf das „Ganze“, auf die Natur in ihrer Gesamtheit, konzentrieren. Als Grund dafür wird genannt, dass die Grenzen zwischen den Naturwissenschaften „künstlich“ entstanden sind. In der Natur gibt es keine „reine“ Wissenschaft: zur Erklärung von Erscheinungen und Prozessen in der Natur wird in der Regel das Wissen aus mehreren naturwissenschaftlichen Disziplinen (Chemie, Physik oder Biologie) gebraucht.

Der fächerübergreifende Unterricht wird in allgemeinbildenden Schulen mit der Entwicklung der Gesamtschulidee seit Ende der sechziger Jahren und damit auch als Schulfach „Naturwissenschaft“ diskutiert (Jantsch, 1972; Häußler 1973; Lybeck 1973). Ein weiterer Grund für die Abkehr vom gefächertem Unterricht ist, dass das Interesse der Schülerinnen/ Schüler an den naturwissenschaftlichen Fächern im Laufe der Schulzeit stark abnimmt und dies u. a. auf den fehlenden Bezug zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern zurückgeführt wird. Für besseres Lernen der Naturwissenschaften in der Schule haben schon im Jahre 1974 K. Frey und K. Blänsdorf ein integriertes Curriculum für die Naturwissenschaften empfohlen. Es werden für die Naturwissenschaften zwei mögliche integrierende Faktoren genannt:

1. Naturwissenschaftsimmanente Ansätze – disziplinübergreifende „Gemeinsamkeiten“ oder Strukturidentitäten (gemeinsame Arbeitsmethoden und Denkweisen, gemeinsame wissenschaftliche Basis, fächerübergreifende Konzepte, nicht an bestimmte Fachinhalte gebundene Konzepte),
2. Naturwissenschaftliche, externe Ansätze – natürliche oder technische Umwelt der Schülerinnen/ Schüler, gesellschaftlich relevante Problemstellungen, technische Anwendungen der Naturwissenschaften, Produktions- und Arbeitswelt usw.

In den späten siebziger und frühen achtziger Jahren endeten die Diskussionen über den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht nicht, aber nahmen deutlich ab. An Aktualität gewann die Diskussion erneut in den späten neunziger Jahren, aufgrund der wenig überzeugenden Lernleistungen der laut TIMS-Studie (*Third International Mathematics and Science Study*) und des hohen Interessenverlusts bei den Schülerinnen und Schüler an den naturwissenschaftlichen Fächern (Reinhold & Bündler, 2001). So stehen jetzt oft in den einzelnen Fachdisziplinen fächerübergreifende Aspekte in der Diskussion (Obst, 1997; Demuth, 1999). 1997 widmete beispielsweise die Zeitschrift „*Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*“ eine Ausgabe ausschließlich dem fächerübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht.

Nach Obst (1997) in „*Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*“ führt die Beschränkung auf ein Nebeneinander differenzierter Einsichten, ohne dass die Beziehungen zwischen ihnen aufgedeckt werden, zu einer Behinderung von komplexem vorausschauendem Handeln und dem Abwägen von Folgen. Erforderlich für verantwortungsbewusstes Handeln ist vielmehr das vernetzte Denken auf der Grundlage differenzierter Erkenntnisse. Die Welt, das Weltgeschehen und die Stellung des Menschen besitzen eine sehr hohe Komplexität. Aktuelle

Problemlösungen benötigen deswegen komplexe Lösungsansätze. Als eine Möglichkeit, während des Chemieunterrichts auch komplexe Problemlösefertigkeiten zu schulen, wird eine fächerübergreifende oder fächerverbindende Bearbeitung von Themen vorgeschlagen.

Derzeit wird auch in den neueren Lehrpläne aller Bundesländer die Forderung nach einem „fächerübergreifenden“ Unterricht erhoben (Demuth, 1999). Solch ein Unterricht soll „ein Denken in Schubladen“ verhindern können, den Alltagsbezug der in der Schule behandelten Themenstellungen gewährleisten, einer Lebensfremdheit des Unterrichts entgegenwirken können, dem Schülerinteresse eher gerecht werden und das Vorgehen moderner Wissenschaft nachvollziehen ermöglichen (Demuth, 1999). Für einen fächerübergreifenden oder fächerverbindenden Unterricht ist aber eine angemessene Sachkompetenz in den Einzelfächern erforderlich. Nach Demuth (1999) kann das „fächerübergreifende Lernen“ nur dann erfolgreich sein, wenn es wie folgt angelegt ist:

Das Primat kommt bestimmten fachlichen Inhalten zu, die in einer organisierten Wissensbasis so gut verankert sind, dass Anschlüsse im Fach selbst, aber auch über das Fach hinaus möglich werden.

Die Behandlung einer bestimmten Thematik kann in einer Fachdisziplin so weit betrieben werden, dass deutlich wird, dass zur weiteren Durchdringung des gegebenen Problems die disziplinäre Betrachtung nicht mehr ausreicht, sondern vom Fach ausgehend weitere Aspekte in den Blick genommen werden müssen.

In den Chemielehrplänen des Landes Schleswig-Holstein (Grundschule, Sekundarstufe I und II) sind viele Themen enthalten, bei dem fächerübergreifender Unterricht (die Bearbeitung des Themas) sinnvoll ist, z. B. sind alle grundlegenden ökologischen Themen wie, Boden, Luft, Wasser sowie mit diesen Themen eng verbundene Probleme wie „saurer Regen“, „Luftverschmutzung“ oder „Waldsterben“. Beispielsweise werden in den Lehrplänen von Schleswig-Holstein die fächerübergreifenden Aspekte dieser Themen expliziert, d. h. diese Themen kommen nicht nur im Lehrplan des Faches Chemie vor, sondern auch z. B. in denen der Fächer Erdkunde, Sozialkunde, Biologie, Englisch oder Deutsch, und die fächerübergreifende Arbeit wird dort empfohlen. In der Schulpraxis wird trotzdem sehr selten fächerübergreifenden Unterricht durchgeführt. Dafür gibt es mehrere Gründe (Ehrlich-Lingens & Gärtner, 1997):

- Lehrerinnen und Lehrer müssen sich an fachbezogene Lehr- und Arbeitspläne halten und können oft die Bezüge zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler nicht herstellen oder die pädagogische Innovation nutzen.

-
- Die in den Lehrplänen zugestandenen pädagogischen Freiräume werden oftmals nur in fachlicher Hinsicht genutzt.
 - Fächerübergreifende Zusammenarbeit zwischen Kolleginnen und Kollegen erfordert oftmals schulorganisatorische Zugeständnisse durch die Schulleitungen. Offenbar sind viele Schulleitungen hier schwer zu bewegen.
 - Fächerübergreifendes Zusammenarbeiten erfordert weitgehende inhaltliche und methodische Absprachen zwischen den beteiligten Kolleginnen und Kollegen. Es erfordert Zugeständnisse in fachlicher Hinsicht und ist im Hinblick auf die Unterrichtsplanung mit einem größeren Zeitaufwand verbunden.
 - Die Lehrerinnen und Lehrer sind an Rahmenbedingungen, wie den 45-Minuten Rhythmus, gebunden.

Die sich nach der TIMS-Studie nun auch erneut in der PISA-Studie zeigenden schlechten Leistungen deutscher Schüler im internationalen Vergleich, fördert die Diskussion innovativer Methoden zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Bildung und in diesem Zusammenhang auch die Förderung des fachübergreifenden Unterricht. So liegen in der PISA-Studie viele Länder in der Spitzengruppe, die in der Schule ein Hauptfach „Science“ anbieten und nicht drei bis vier naturwissenschaftliche Fächer mit relativ wenig Gewicht.

4.2 Das Thema „Wasser“ im fächerübergreifenden Unterricht

Es gibt wohl kaum ein anderes Thema, das didaktisch eine solche Vielfalt inhaltlicher und methodischer Strukturen bietet wie das Wasser. Seine ungeheure Bedeutung für den Menschen, die damit verbundene Lebensnähe und nicht zuletzt die besonderen Eigenschaften dieser Verbindung sind Grund genug, sie im Unterricht auf allen Schulstufen und in allen Fächern zu behandeln. Es ist sogar prädestiniert, fachübergreifend in einem integrierten Curriculum als Leitthema zu fungieren. (Schmidkunz, 1986)

In komprimierter Form beinhaltet obiges Zitat sämtliche Aspekte zum Thema Wasser, die in diesem Abschnitt näher ausgeführt werden sollen: (1) der Bezug des Stoffes Wasser zum Alltag eines jeden Menschen, (2) Wasser und deren Bedeutung in den Naturwissenschaften, (3) das Thema Wasser im Unterricht. Zu letzterem Punkt sollen sowohl beispielhafte, innovative und in der Regel fächerübergreifende Unterrichtsentwürfe als auch curriculare Verankerungen des Themas Wasser am Beispiel der Lehrpläne Schleswig Holsteins diskutiert werden. Ebenso wie das Thema Wasser selbst eine große Vielfalt aufweist, lassen sich zu jedem der drei genannten Punkte eine Vielzahl von Teilaspekten zusammentragen. Eine auch nur annähernd vollständige Aufzählung und Diskussion dieser Aspekte ist – wohl im Allgemeinen, auf jeden Fall im Rahmen dieser Arbeit – nicht zu leisten. Die im folgenden genannten Aufzählungen erheben daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

a) Alltagsbezug des Themas Wasser

Einen Alltagsbezug zum Thema Wasser zu finden ist leicht. Wasser ist ein Stoff, dem jeder Mensch ständig begegnet. Ein Grund dafür ist, dass er zu den am meisten verbreiteten Stoffen auf der Erde gehört. Nicht ohne Grund wird der Planet Erde auch als „blauer Planet“ bezeichnet. So sind allein drei Viertel der Erdoberfläche mit Wasser und nur ein Viertel mit Festland bedeckt (siehe Abb. 4.1).

Das Wasser kommt auf der Erde in allen Aggregatzuständen vor. So ist das Wasser als Wasserdampf in der Atmosphäre (Anteil 0,001%), als Flüssigkeit in den Weltmeeren (94,2%), Flüssen und Seen (0,016%) und auch als unterirdisches Wasser (4,1%), als Feststoff in Gletschern (1,65%) und auch als Bestandteil von Steinen zu finden.

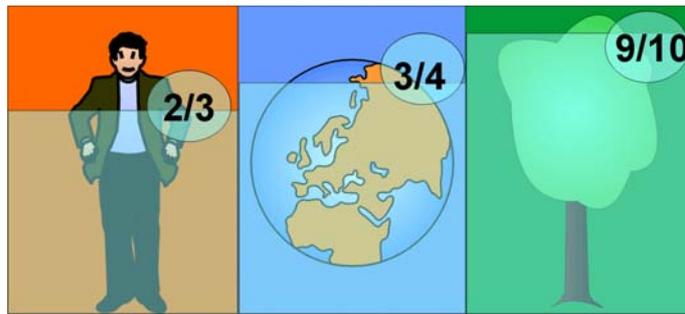


Abbildung 4.1: *Wasseranteil im menschlichen Körper, auf der Erde und in Pflanzen (aus Kapitel Wasser in CHEMnet [W3])*

Der Ursprung des Lebens auf der Erde liegt im Wasser und dies ist bis heute zu merken. So war Wasser bei der Entstehung des ersten organischen Stoffes durch Photosynthese in grünen Pflanzen beteiligt. Dabei wird die Strahlungsenergie der Sonne in chemische Energie umgewandelt, wobei das Kohlenstoffdioxid zu Glucose reduziert und das Wasser zu Sauerstoff oxidiert wird (siehe Abb. 4.2). Auch ist das Wasser bei allen anderen lebenswichtigen Prozessen, wie beispielsweise der Atmung, dem Stoffwechsel, dem Abtransport von Abbauprodukten sowie bei der Wärmeregulierung in Organismen beteiligt. Bei der Atmung und beim Abbau organischer Stoffe in pflanzlichen und tierischen Organismen wird Sauerstoff aufgenommen und zu Wasser reduziert (siehe Abb. 4.2). Dadurch erklärt sich auch, dass alle Organismen einen hohen Anteil an Wasser enthalten. So ist 9/10 des Pflanzengewichts auf Wasser zurückzuführen, der Körper eines erwachsenen Menschen besteht zu ca. 60% aus Wasser (siehe Abb. 4.1).

Im Alltag nutzt der Mensch jeden Tag Wasser. Der Organismus des Menschen benötigt 4 bis 5 Liter Wasser pro Tag. Dieses Wasser wird nicht nur als Flüssigkeit getrunken, sondern auch aus Nahrungsmitteln geschöpft und in biochemischen Prozessen in den Organismus aufgenommen. Im Haushalt verbraucht beispielsweise der deutsche Bürger durchschnittlich 150 Liter Trinkwasser am Tag. Davon werden nur 3 Liter zum Trinken und Kochen gebraucht; der weitaus größere Teil dient Reinigungszwecken.

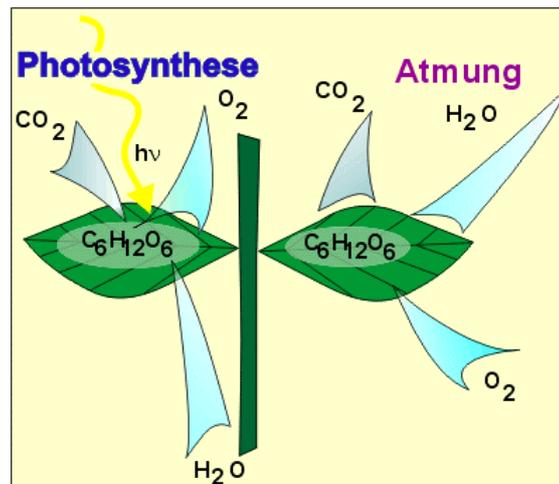


Abbildung 4.2: *Photosynthese und Atmung*
(aus Kapitel Wasser in
CHEMnet [W3])

Auch indirekt beeinflusst das Wasser den Alltag. Beispielsweise haben die Weltmeere einen erheblichen Einfluss auf das Klima der Erde. Die spezifische Wärmekapazität von flüssigem Wasser ist in Vergleich zu anderen Stoffe extrem groß. Für die Erwärmung und die Abkühlung von Wasser wird viel Energie benötigt bzw. frei gesetzt, wodurch sich Wasser sehr langsam erwärmt und wiederum auch abkühlt. Diese Tatsache führt dazu, dass die Seen, Meere und Ozeane an der Wärmeregulierung auf unserem Planeten entscheidend beteiligt sind. Die großen Wasserflächen können die Luft über dem nahen Festland im Winter erwärmen (das Wasser hat eine höhere Temperatur als die Luft) und im Sommer abkühlen (die Wassertemperatur ist geringer als die Lufttemperatur). Auch die Unterscheidung in kontinentale und maritime Klimazonen ergibt sich aus diesem Zusammenhang.

Die Weltmeere sind auch der Transportweg für Schiffe und Lebensraum für Wasserorganismen, die letztlich Teil der Nahrungskette des Menschen sind.

b) Bedeutung des Themas Wasser in den Naturwissenschaften

Alle drei Naturwissenschaften, Chemie, Physik und Biologie, beschäftigen sich mit den Eigenschaften des Wasser und zählen es zu ihren Grundthemen.

In der Chemie ist der Stoff Wasser allgegenwärtig. Bei der Beschreibung der chemischen Eigenschaften eines Stoffes wird in der Regel immer die Reaktion dieses Stoffes mit Wasser gegeben. Er ist zu dem in einer Vielzahl von Verbindungen enthalten [zahlreiche

Aquakomplexe z. B. wasserhaltiges Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ („Kupfervitriol“), Kobalt(II)-chlorid $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Gashydrate z. B. Methanhydrat usw.]. Weiterhin ist er in der experimentellen Chemie als Arbeitsmittel, z. B. in Kühlapparaturen oder im Kalorimeter, vertreten.

In der Physik kommt das Thema Wasser im Rahmen der Grundvorlesungen an vielen Stellen vor. Sei es bei der Behandlung der grundlegenden hydrodynamischen Phänomene, wie dem Auftrieb, oder bei der Behandlung thermodynamischer Themen, wie der Skalierung einer Temperaturskala oder bei der Diskussion von Phasenübergängen. Daneben haben sich eine Vielzahl anderer Disziplinen herausgebildet, die historisch betrachtet, früher zusammen mit physikalischen Themen behandelt wurden (siehe unten). In der experimentellen Physik, im Labor, ist Wasser als Arbeitsmittel ebenso wie in der Chemie unentbehrlich.

In der Biologie kommt das Thema Wasser in einer so großen Vielfalt vor, das hier nur die beiden Vertiefungsrichtungen Hydrobiologie und Limnologie genannt werden sollen. Unter den Oberbegriff Hydrobiologie fallen alle Wissenschaften, die sich mit den im Wasser lebenden Organismen, Lebensgemeinschaften und deren Beziehungen zur Umwelt beschäftigen. Zur Hydrobiologie gehören auch die Fischereiwirtschaft und die Aquakultur, die marine Mikrobiologie, die Benthosökologie und die Hydrobotanik. Speziell mit der Erforschung der Binnengewässer und ihrer Lebewesen beschäftigt sich die Limnologie. So erforschen die Limnologen mit der Entwicklung von Seen, den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers und deren Einfluss auf Organismen, mit der Stoffzirkulation in Gewässern oder auch Limnoplankton, d. h. in Binnengewässern lebendes Plankton. Im Rahmen des Grund- und Hauptstudium muss jeder Biologiestudent zwangsläufig Vorlesungen und Seminare belegen, die einen Bezug zum Thema Wasser haben. Daneben gibt es noch eine Reihe von Wahl- und Vertiefungsveranstaltungen, in denen Wasser eine zentrale Rolle spielt.

Neben diesen drei Naturwissenschaften existieren eine Reihe von weiteren naturwissenschaftlichen Disziplinen, in denen Wasser ebenfalls eine wichtige, wenn nicht sogar die zentrale Rolle spielt. In der Regel besitzen diese Fächer einen Bezug zu mehr als einer der drei genannten Naturwissenschaften. Zu diesen Grenzwissenschaften zählen beispielsweise die Meteorologie, die Mineralogie, die Ozeanographie, die Geochemie, die Meeresökologie oder die Biochemie.

c) Thema Wasser als Unterrichtsstoff

Da das Thema Wasser, wie unter a) und b) diskutiert, eine starke Bedeutung für den Alltag des Menschen und auch innerhalb der Naturwissenschaften hat, wird es auch in der Schule als Unterrichtsstoff behandelt und zwar nicht nur in Physik, Biologie oder Chemie, sondern auch in Fächern wie Deutsch, Erdkunde oder Haushaltslehre (siehe Abb. 4.3).

Das Thema Wasser ist aufgrund der vielfältigen Bezüge zu unterschiedlichen Lebens- und Wissenschaftsbereichen ideal für einen fächerübergreifenden oder projektorientierten Unterricht geeignet und wird dafür empfohlen (Tabbutt, 2000; Schmidkunz, 1986; Greiner & Lichtenberg, 1997).

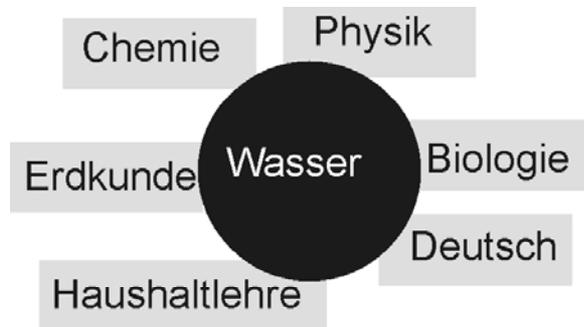


Abbildung 4.3: Mit dem Thema Wasser verbundene Schulfächer

Als Beispiel für einen fächerübergreifenden Unterricht zwischen den Fächern Chemie, Physik und Deutsch nennt beispielsweise M. Kratz (1997) das Buch von Peter Høeg „Fräulein Smillas Gespür für Schnee“. Darin werden die naturwissenschaftlichen Themen *Eis* und *Anomalie des Wassers* untrennbar mit einer „klassischen“ Kriminalstory verbunden. Die Eigenschaften des Stoffes Wasser, deren Bedeutung für die Hauptpersonen und die Aufklärung des Mordes, dienen dem Spannungsaufbau des gesamten Krimis.

In der Literatur lassen sich eine Vielzahl von Projekten für den fächerübergreifenden Unterricht zum Thema Wasser finden. Einige ausgewählte sind:

- **Water: A powerful Theme for an Interdisciplinary Course** (Frederick Dean Tabbutt, 2000)
- **Die Unterrichtseinheit „Schwimmen in Biologie und Technik“**. Versuch einer begriffsorientierten Integration (Wolf Isensee – Integriertes Curriculum Naturwissenschaft

der Sekundarstufe I: Projekte und Innovationsstrategien. Bericht über das 5. IPN-Symposium)

- **Wir reinigen Wasser und gewinnen Speisesalz** (Klaus Blänsdorf – Integrierte Einheiten in den IPN-Curricula. Integriertes Curriculum Naturwissenschaft der Sekundarstufe I: Projekte und Innovationsstrategien. Bericht über das 5. IPN-Symposium)
- **Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (PING)** (PING, 1996; Häußler et al., 1998) - Das integrierte naturwissenschaftliche Curriculum wurde in Rahmen eines BLK-Modellversuchs entwickelt. Für das Konzept und die Materialentwicklung sind eine Gruppe von Lehrkräften aus Gesamtschulen Schleswig-Holsteins, aus dem Institut für Praxis und Theorie der Schule in Schleswig-Holstein und dem Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel verantwortlich. Das Konzept und die Materialien sind ein Angebot für die Sekundarstufe I aller Schularten. Integriertes didaktisches Konzept der Unterrichtsmaterialien ist die Thematisierung des Mensch-Natur-Verhältnisses. Die Rahmenthemen für das 5. und 6. Schuljahr haben eine charakteristische Erscheinungsform: Sie sollen zugleich lebenserhaltend und lebensnotwendig für den Menschen und andere Lebewesen sein und zudem eine existentielle Funktionen für unsere Welt als Ganzes haben. Dazu gehört unter anderen auch das Thema Wasser, aber auch die Themen Luft, Boden und Sonne.
- **Chemie im Kontext. (Parchmann et al., 2001)**

Die Bedeutung der Ozeane im Kohlenstoffkreislauf. Eine kontextgebundene Hinführung zum Begriff des Chemischen Gleichgewichts. Experimentelle Unterrichtseinheit aus der Konzeption Chemie im Kontext. Antje Paschmann, Tönjes de Vries, Katrin Lüchtenborg, Noushin Arshadi, Ilka Parchmann (Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg).
- **Die Zusammenführung von fachlichen Inhalten der Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik im Themenbereich „Körperpflege-, Wasch- und Reinigungsmittel“.** (Greiner & Lichtenberg, 1997)

Als Grundlage für das Verständnis biologischer, chemischer und physikalischer Vorgänge in der gesunden Haut sind die bei der Behandlung der Themenbereiche „Säuren, Laugen und Salze“ und „Atmung“ erworbenen Kenntnisse einzubeziehen. Auch der pH-Wert spielt beim Thema „Haut“ eine große Rolle. Weiterhin wird der Themenbereich Wasser zur Erklärung der Haut als Ausscheidungsorgan (Transpiration) benötigt.

Zum Thema Wasser wurden jedoch nicht nur eine Vielzahl von Unterrichtsentwürfen entwickelt, die im Unterricht verwendet werden können, sondern es ist auch curricular fest verankert.

Im folgenden sollen anhand eines Lehrplans (Lehrplan für Sekundarstufe I) für das Fach Chemie Inhalte aufgezeigt werden, in denen Wasser ein eigenständiges Thema ist, als fachspezifischer Aspekt vorkommt, zum fächerübergreifenden, projektorientierten Arbeiten empfohlen wird oder als Querhinweis zu Themen aus anderen Fächern zu finden ist. Die Diskussion beschränkt sich auf die Analyse des Lehrplans Chemie des Landes Schleswig-Holstein für das Gymnasium. In der Sekundarstufe I ist die Überlappung der Themen des Gymnasiallehrplanes mit den Themen in den Lehrplänen der Haupt- und Realschule sehr groß, so dass auf eine Diskussion aller drei Lehrpläne verzichtet werden kann. Allerdings gibt es graduelle Unterschiede in der Tiefe der Behandlung eines Themas oder in dem Ausmaß der Behandlung technischer Aspekte. Eine vollständige Aufzählung aller Themen, die in der Hauptschule, Realschule und im Gymnasium zu finden sind, ist daher im Anhang 1 zu finden. Weiterhin wird das Thema Wasser bereits in der Grundschule, zumindest im Heimat- und Sachkundeunterricht, behandelt. Sei es bei der Diskussion der Wasserversorgung einer Stadt oder als regionale Besonderheit; hier in Norddeutschland bei der Behandlung von Deichbau und Landgewinnung. In der Tabelle 4.1 ist eine Liste der Unterrichtsthemen aufgeführt, die in der Grundschule und im Gymnasium behandelt werden und die einen Bezug zum Thema Wasser haben; im weiteren wird ausführlicher auf die einzelnen Themen im Gymnasiallehrplan eingegangen.

Grundschule	Gymnasium
1. Eigenschaften des Wassers kennenlernen 2. Die Bedeutung des Wassers für den Menschen erfahren -Trinkwasserversorgung -Wasserkreislauf 3. Die Bedeutung von Wasser für eine gesunde Umwelt erschließen -Können wir noch im Meer baden? -Wie können wir unser Trinkwasser sauber halten? 4. Einfache Lösungen herstellen -Salzlösung, Zuckerlösung 5. Für Problemsituationen technische Lösungsmöglichkeiten erfinden -Wasser-Experimente in der Sandkiste (Bodenabtrag, Aufschüttungsformen)	1. Lebensgrundlage Wasser 2. Kochsalz und andere Salze 3. Atombau und Periodensystem 4. Moleküle und Elektronenpaarbindung 5. Säuren und Basen 6. Säurebildende Oxide in der Luft, Smog, Saurer Regen und die Folgen 7. Stickstoffdünger und Stickstoffkreislauf 8. Fette, Seifen und Waschmittel 9. Chemie und Umwelt

Tabelle 4.1: Unterrichtsthemen in den Lehrplänen für die Grundschule und das Gymnasium mit Bezug zum übergeordneten Thema Wasser

Als eigenständiges Thema im Chemieunterricht kommt Wasser im Gymnasium nur im Rahmen des Unterrichtsinhalts **Lebensgrundlage Wasser** in der Klassenstufe 9 vor (siehe Anhang 1). Dort werden chemische (*Reduktion von Wasser durch unedle Metalle, Wasser als Wasserstoffoxid, Wassernachweis*), physikalische Eigenschaften (*Siede- und Schmelztemperatur von Wasser*) und auch Eigenschaften des Wassers als Gebrauchsstoff (*Wassernutzung, Trinkwassergewinnung, Abwasser und seine Reinigung, Exkursionen zum Wasserwerk und/oder zur Kläranlage*) besprochen. Bei diesem Thema werden gleichzeitig Eigenschaften des Elements Wasserstoff behandelt (*Entdeckung von Wasserstoff, Eigenschaften, Nachweis und Verwendung von Wasserstoff, Wasserstoff als Reduktionsmittel*).

Das fächerübergreifende Arbeiten wird mit den Fächern Erdkunde, Biologie und Deutsch empfohlen. So sind für den fachübergreifenden Unterricht mit dem Fach Erdkunde das Thema *Ökosystem Weltmeer*, mit dem Fach Biologie das Thema *Richtige Ernährung - eine Voraussetzung für die Gesundheit der Menschen, Lebensräume und Lebensgemeinschaften: Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz* und mit dem Fach Deutsch *Reportagen aus aller Welt* geeignet. Auch in Haupt- und Realschulen kommt der Unterrichtsinhalt Lebensgrundlage Wasser als eigenständiges Thema vor (siehe Anhang 1). Im Unterschied

zum Gymnasium wird dort das Thema Wasser z. T. weniger tief behandelt und ein stärkerer Bezug zu technischen Aspekten hergestellt.

Weiterhin kommt das Thema Wasser indirekt im Rahmen von anderen Unterrichtsinhalten vor. Die für die Eigenschaften des Wassers zentralen Merkmale, wie Dipolmoment und Wasserstoffbrückenbindung, werden innerhalb der Unterrichtseinheit **Moleküle und Elektronenpaarbindung** in der Klassenstufe 10 behandelt (siehe Anhang 1). Bei dieser Unterrichtseinheit kommen Aspekte wie Dipolmoleküle und eine Wasserstoffbrückenbindung vor.

Hier werden im Lehrplan allerdings keine expliziten Empfehlungen für das fächerübergreifende Arbeiten mit dem Fach Biologie oder mit dem Fach Physik gegeben, obwohl sogar fachspezifische Hinweise dies nahe legen.

Weiterhin hat das Thema Wasser grundlegende Bedeutung im Rahmen des Unterrichtsinhaltes **Säuren und Basen** in der Klassenstufe 10 (siehe Anhang 1). H. Schmidkunz (1986) schreibt, dass man bei der Behandlung der Themen Säuren/Basen und Salze zwangsläufig auf das Thema Wasser stößt. Die Protolyse kann als Reaktion des Wassers angesehen werden. Der pH-Wert ist direkt mit dem Wasser verbunden, denn nur im wässrigen Medium ist er definiert. Die Elektrolyse von Wasser dient zur Ermittlung der Wasserformel, umgekehrt ist die Wassersynthese mit dem Eudiometer ein weiterer Beweis für die Formel H_2O .

Auch werden im Rahmen der Definition von Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen als explizite Beispiele die Reaktionen von Chlorwasserstoff mit Wasser und die Reaktion von Ammoniak mit Wasser angegeben.

Andere Unterrichtsthemen enthalten oft als fachspezifische Hinweise die Lösungseigenschaften des Wassers. So wird in der Klassenstufe 9 zum Unterrichtsinhalt **Kochsalz und andere Salze** empfohlen, die Abhängigkeit der Gefriertemperatur von der Konzentration einer wässrigen Lösung, z. B. *Verwendung von Kochsalz als Streumittel im Winter; Frostschutzmittel im Autokühler halbquantitativ als Je-desto-Beziehung*, zu erarbeiten (siehe Anhang 1). Es gibt hier jedoch keine Anregung für ein fachübergreifendes Arbeiten mit dem Fach Biologie/ Ökologie für Inhalte wie *Gefrierpunktserniedrigung in Gewässern, die Verbreitung des Wasserschmutzes, Anpassung von Pflanzen gegen Kälte* usw. obwohl dies wünschenswert wäre.

Die Lösungseigenschaften des Wassers sind auch beim Unterrichtsinhalt **Luft und Klimaänderung** in der Klassenstufe 9 gefragt (siehe Anhang 1). In dieser Unterrichtseinheit wird der Kohlenstoffdioxid-Kreislauf behandelt und damit werden auch die Löslichkeit des Kohlenstoffdioxids in Wasser (Weltmeeren) und die Entfernung aus der Atmosphäre besprochen.

Auch beim Unterrichtsinhalt **Atombau und Periodensystem** gibt es einen starken Bezug zum Thema Wasser (siehe Anhang 1). So wird in der Klassenstufe 10 als Einstieg empfohlen, die Versuche zur Gefrierpunktniedrigung, zur Ionenwanderung und zur Elektrolyse durchzuführen, um zu zeigen, dass Salze in wässriger Lösung in Einzelteilchen (Ionen) zerfallen und dass die Ionen elektrisch geladen sind, jedoch andere Stoffe, z. B. von Alkohol und Zucker, dieses Verhalten nicht zeigen.

Weiterhin taucht das Thema Wasser bei ökologischen Unterrichtsinhalten auf, z. B. bei den Inhalten **Säurebildende Oxide in der Luft - Smog, Saurer Regen und die Folgen** und **Stickstoffdünger und Stickstoffkreislauf**, die in der Klassenstufe 10 behandelt werden (siehe Anhang 1). Beide Unterrichtsinhalte sind gut für das projektorientierte und fächerübergreifende Arbeiten geeignet und werden dafür auch im Lehrplan empfohlen. So werden dort Anregungen zum fächerübergreifenden Arbeiten mit dem Fach Biologie und dem Fach Erdkunde gegeben.

Der momentan noch aktuelle Chemie-Lehrplan Schleswig-Holsteins für die Sekundarstufe II stammt aus dem Jahr 1982. Daher sind in diesem Lehrplan noch keine fächerübergreifenden, projektorientierte Themen oder auch Querhinweise zu Themen aus anderen Fächern zu finden. Es lassen sich lediglich indirekte und direkte Verweise auf das Thema Wasser finden. Sowohl im Grundkurs als auch im Leistungskurs Chemie wird in der Klassenstufe 12 das Thema: **Fette, Seifen und Waschmittel** behandelt. Die Lernziele sind u. a. *die Reaktion von Alkaliseifen mit weichem, hartem und saurem Wasser kennen; die Wirkungsweise von Alkaliseifen beim Waschvorgang kennen und erklären; Zusammensetzung und Wirkungsweise handelsüblicher Waschmittel kennen und die Funktion ihrer Bestandteile beschreiben und die Problematik der Umweltbelastung durch Waschmittel verstehen und diskutieren* (siehe Anhang 1). Der Bezug zum Thema Wasser ist offensichtlich, da beispielsweise der Waschvorgang und Waschmittel kennengelernt werden und die Umweltbelastung von Gewässern durch Waschmitteln diskutiert werden sollte. Hier kann auch ein Bezug zum

fächerübergreifenden Arbeiten mit dem Fach Biologie hergestellt werden: die Waschmittel als Umweltschadstoffe für Gewässer und die Eutrophierung von Gewässern.

In den Klassenstufen 12 und 13 wird auch der Unterrichtsinhalt *Chemie und Umwelt* behandelt. In Bezug auf das Thema Wasser relevante Themen sind *Probleme der Wasserverschmutzung kennen und die Vorgänge in verschiedenen Arten von Kläranlagen vergleichen* und *Verfahren zur Trinkwassergewinnung kennen und verschiedene Wasseruntersuchungsmethoden durchführen* (siehe Anhang 1). Auch diese Themen eignen sich gut für das fächerübergreifende oder projektorientierte Arbeiten.

4.3 Das Kapitel *Wasser* innerhalb der Lernumgebung CHEMnet

In diesem Kapitel soll zuerst die Lernumgebung CHEMnet charakterisiert werden. Insbesondere werden die technischen und die didaktischen Möglichkeiten dieser Lernumgebung aufgezeigt. In den folgenden Abschnitten wird das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Kapitel *Wasser* innerhalb CHEMnet dargestellt. Es werden die Besonderheiten des Kapitels *Wasser* im Vergleich zu den anderen Kapitel in CHEMnet und vor allem die im empirischen Teil der Arbeit untersuchten zwei verschieden gestalteten Lernumgebungen zum Kapitel *Wasser* diskutiert.

4.3.1 Charakterisierung des Systems CHEMnet

Die Lernumgebung CHEMnet existiert seit dem Wintersemester 1998, wobei ein Großteil der Entwicklungsarbeit in den Jahren 1998-2002 durchgeführt wurde. Es ist als ein Kooperationsprojekt unter Leitung von Prof. Dr. R. Demuth, Prof. Dr. W. Bensch und Dr. S. Nick zwischen dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)/ Abteilung Chemiedidaktik und der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät / Institut für Anorganische Chemie entstanden. Die einzelnen Kapitel von CHEMnet wurden von verschiedenen Mitarbeitern entwickelt; verantwortlich für die aufgenommenen, fachlichen Inhalte ist Dr. S. Nick.

Da sich der Wortschatz und die Definitionen für das Lernen und Lehren mit dem Computer noch in der Entwicklung befinden, ist die Lernumgebung CHEMnet schwer zu charakterisieren, ohne auf wesentliche Aspekte verzichten zu müssen. So rasch, wie neue Lernprogramme entwickelt werden, entstehen auch neue Begriffe und Definitionen für das Lernen mit dem Computer. Die Diskussion über die Definition allein des Begriffes „Multimedia“ ist noch nicht abgeschlossen (siehe Kapitel 2). So lässt sich die Lernumgebung CHEMnet nicht durch eine einzige Definition adäquat beschreiben und sie soll daher im folgenden auch auf mehreren Ebenen behandelt werden:

1. Auf allgemeiner Ebene kann CHEMnet als ein multimediales Angebot oder auch als Informationsangebot innerhalb des World Wide Web (WWW) definiert werden.

2. Technisch lässt sich CHEMnet als „Hypermedia-Framework“ oder auch als Framework mit Hypermedia-Inhalten charakterisieren (Nick & Andresen, 2001). Das Informationsangebot CHEMnet befindet sich auf einem Linux-Server. Die Inhalte werden über ein Redaktionssystem in der Serverskriptsprache PHP3 dynamisch erzeugt. Die Datenhaltung erfolgt in einer MySQL-Datenbank. Neben den eigentlichen Seiteninhalten werden Metadaten wie Autor, Verfassungsdatum oder auch Eintrag im Index registriert. Alle Seiten wurden für eine Bildschirmauflösung von 600x800 optimiert. Die Videosequenzen werden auf dem Server in zwei unterschiedlichen Dateigrößen bereitgestellt und sind über LAN als auch über 56K-Modem abrufbar.

Die Lernumgebung CHEMnet ermöglicht es, alle Zugriffe von Benutzern zu verfolgen. So befindet sich auf dem CHEMnet-Server eine Datenbank, in der alle Benutzer, das Datum und die Uhrzeit des Besuches und die besuchten Seiten registriert werden.

3. Das Lehr- und Lernprogramm CHEMnet lässt sich am ehesten als tutorielles System klassifizieren. Ein tutorielles System erfordert, dass die unterschiedlichen Adressatengruppen berücksichtigt werden. Fachliche Inhalte können individuell angepasst werden und auch das selbstständige Lernen am Computer ist gewährleistet. Durch Hyperlinks sind in die Lernumgebung CHEMnet die fachlichen Inhalte mit unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen eingebunden, wodurch unterschiedliche Adressatengruppen berücksichtigt werden können. Für das selbstständige Lernen ist die Möglichkeit zur Selbstkontrolle gegeben. So wird in CHEMnet eine Lernerfolgskontrolle durch Online-Aufgaben in fünf Schwierigkeitsstufen angeboten. Das System wählt selbst nach dem Lösungserfolg des Nutzers selbstständig weitere Aufgaben aus. Im weiteren wird CHEMnet in dieser Arbeit als eine Lernumgebung bezeichnet.

Die Lernumgebung CHEMnet richtet sich an Studierende des Diplomstudienganges Chemie, der Diplom-Studiengänge Physik, Biologie, Geowissenschaften, Agrarwissenschaften, Medizin und technischer Fächer, aber auch an Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe. Die Lernumgebung enthält 15 Kapitel und etwa 2300 HTML-Seiten. Bei der Auswahl der Kapitel wurde auf verschiedene Lehrbücher der allgemeinen und anorganischen Chemie zurückgegriffen (Atkins & Bearn, 1996; Holleman & Wiberg, 1995; Riedel, 1994; Gutmann & Hengge, 1990; Baars & Christen, 1997; Mortimer, 1996). In 13 Kapiteln der Lernumgebung CHEMnet werden die Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie vermittelt, im 14. Kapitel werden die Grundlagen der organischen Chemie skizziert. Das letzte Kapitel enthält alle Videoaufnahmen. Tabelle 4.2 zeigt die Kapitel im Einzelnen.

Kapitel	Seitenzahl	Kapitel	Seitenzahl
1. Grundlagen	49	9. Energetik chemischer Reaktionen	89
2. Atome und Atombau	113	10. Komplexverbindungen	41
3. Periodensystem der Elemente	149	11. Wasser	90
4. Die chemische Bindung	128	12. Säuren & Basen	92
5. Die Struktur von Festkörpern	52	13. Die chemischen Elemente	617
6. Kinetik	30	14. Grundlagen der organischen Chemie	100
7. Redoxreaktionen	146	15. Experiment-Videos	202
8. Das Chemische Gleichgewicht	67		

Tabelle 4.2: Die Kapitel der Lernumgebung CHEMnet

CHEMnet ist hierarchisch (baumartig) aufgebaut. Diese Struktur ist besonders für umfangreiche und komplexe Systeme geeignet. So befindet sich auf der ersten Seite ein Inhaltsverzeichnis, in dem alle 15 Kapitel aufgelistet sind. Jedes Kapitel fängt mit einem Inhaltsverzeichnis an, in dem alle Unterkapitel angegeben sind (siehe Abb. 4.4). Aus einem dieser Unterkapitel kommt man – abgesehen von den jeweiligen Vertiefungen – nur auf das im Inhaltsverzeichnis vorherige und nachfolgende Unterkapitel oder auf die erste Seite des Kapitels zurück.

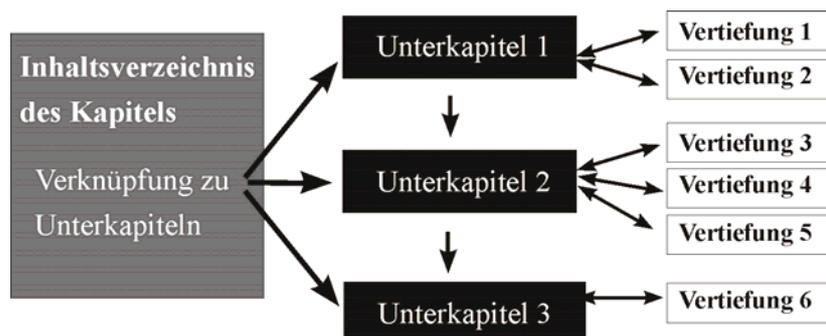


Abbildung 4.4: Aufbau der Lernumgebung CHEMnet

Ein Unterkapitel enthält bei komplexeren Themen fachliche Vertiefungen, die mit zunehmender Tiefe schrittweise konkreter und somit immer detaillierter werden. So befindet sich zum Beispiel im Kapitel *Atome und Atombau* unter insgesamt 24 Unterkapiteln eines mit dem Titel *Der radioaktive Zerfall*. Dieses ist mit 13 Vertiefungen wie *Entdeckung der Radioaktivität*, *Radioaktive Strahlung*, *Radioaktive Strahlungsarten*, *Kernumwandlungen* -

Der alpha-Zerfall, Kernumwandlungen - Der beta-Zerfall, Kernumwandlungen - Weitere Zerfallsreaktionen usw., verbunden.

Hauptbestandteil jedes Unterkapitels ist ein fachlicher Basistext, der über Hyperlinks mit anderen Inhalten, wie Information, Gedächtnisstütze, Schon gelesen, Berechnungen, Beispielen, Videoaufnahmen, VRML-Animationen, Chemie-Anwendungen oder auch mit Anaglyphen-Abbildungen verknüpft ist. Die Angebote sind meistens mit einem Piktogramm gekennzeichnet (siehe Tabelle 4.3).

Piktogramm	Beschreibung der Zusatzangebotes
	<i>Information</i> – zusätzliche und ausführliche Erklärungen und Informationen, die den Basistext erweitern und ergänzen.
	<i>Gedächtnisstütze</i> – kleine Hilfen zum besseren Behalten und Verständnis von Zusammenhängen.
	<i>Schon gelesen</i> – themenrelevante Inhalte auf anderen Seiten.
	<i>Beispiel</i> - Beispiele, die zum besseren Verständnis der Inhalte des Textes dienen.
	<i>Wurzelzeichen</i> - Ausführliche Berechnungsschritte, Herleitung von Formeln und mathematischen Zusammenhängen.
	<i>Videoaufnahme</i> – ermöglicht im Text behandelte Reaktionen in Form von Videosequenzen zu betrachten.

Tabelle 4.3: Beschreibung der Piktogramme

Jede Seite in der Lernumgebung CHEMnet enthält eine obere und eine linke Navigationsleiste (siehe Abb. 4.5). Mit Hilfe dieser zwei Navigationsleisten werden eine klare Struktur und eine übersichtliche Bedienung innerhalb der Lernumgebung gewährleistet.

Die obere Navigationsleiste ist für Zusatzangebote zuständig. Dort befinden sich Steuerungselemente wie

<i>Inhalt</i>	Struktur der Internetvorlesung CHEMnet.
<i>Übungen</i>	Online-Übungsaufgaben und Fragebögen zum Lernen der fachlichen Inhalte und zum Kontrollieren der gelernten Themen.
<i>E-Mail</i>	Fachliche oder technische Fragen an das CHEMnet-Team.
<i>Hilfen</i>	Utilities (Konstanten, Umrechnungsfaktoren und SI-Einheiten, das griechische Alphabet, Periodensystem), Plugins (eine Zusammenstellung aller Plugins und der möglichen Browser) und eine Bedienungsanleitung sind auf dieser Seite verfügbar.

- Druck** Ermöglicht das Ausdrucken der dargestellten Inhalte ohne zusätzliches Beiwerk, wie etwa nicht relevante Navigationsleisten.
- Eine Ebene höher** Verknüpfung zur Seite, die eine Ebene höher liegt.

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the 'Dipol' page on the CHEMnet website. The browser's address bar shows the URL: <http://www.chemvorlesung.ip.uni-koel.de/~hd-19660a/23000391/cb3a3e64a>. The page content includes a title 'Dipol' and a paragraph explaining the water molecule's structure and dipole moment. A diagram of a water molecule is shown with bond angles of 96 pm and 104.5 degrees. The page also features a left navigation menu with links like 'Startseite', 'Anomalie d.', 'Dipol.', 'Wasserstoff', 'Kapitelübersicht', 'Volltextsuche', and 'Index'. Annotations with arrows point to the 'Obere Navigationsleiste', 'Linke Navigationsleiste', and 'Hyperlink zu einer Schon gelesen? Seite'.

Abbildung 4.5: Eine Beispielseite aus CHEMnet [W3], die Piktogramme, sowie obere und linke Navigationsleiste

Die linke Navigationsleiste ist für die Seitennavigation zuständig. Dort befinden sich Verweise auf die Seite, auf der man sich gerade befindet, auf die vorherige und auf die nächste Seite im betreffenden Kapitel. Außerdem befinden sich in der linken Navigationsleiste Verknüpfungen zu:

- Startseite** Verknüpfung zur Hauptseite CHEMnet.
- Kapitelübersicht** Verknüpfung zur ersten Seite des Kapitels.
- Volltextsuche** Erlaubt eine Suche innerhalb der gesamten Vorlesungsinhalte.
- Index** Verknüpfung zu einem alphabetisch geordneten Glossar.
- Zum Seitenanfang** Verknüpfung zum Anfang der geöffneten Seite.

4.3.2 Aufbau des Kapitels Wasser

Das elfte Kapitel der Lernumgebung CHEMnet beinhaltet den Themenbereich Wasser. Es enthält insgesamt 90 Hypertextseiten. Das Thema Wasser erfordert – wie ausführlich in 4.2 diskutiert wurde – Inhalte, die aus mehreren Fachdisziplinen (Chemie, Biologie, Physik) stammen und spielt innerhalb des Schulunterricht und im Alltag eine Rolle auch für nicht naturwissenschaftliche Fragestellungen, z. B. in der Ökonomie und Politik: Wasser als Ressource. Aus diesem Grund wurden im Kapitel *Wasser* fächerübergreifende Aspekte und verschiedenartige Interessensfelder auf unterschiedlichen Anspruchsebenen eingebunden.

Das Kapitel *Wasser* besitzt vom strukturellen Aufbau her gesehen innerhalb CHEMnet einen Sonderstatus unter den übrigen Kapiteln, da darin fächerübergreifende Aspekte eingebunden sind. Die Inhalte und die Struktur des Kapitels wurden für die Lernumgebung CHEMnet speziell entwickelt beziehungsweise zusammengestellt. Wesentliche, aber nicht alleinige Informationsquellen waren: Blume & Wiechoczek (1992); Atkins & Beran, (1996); Dörfeld (1994); Greenwood & Earnshaw (1990); Tölgyessy & Milan (1990); Hellenthal (1984); Siegrist et al. (1990).

Das Kapitel *Wasser* ist nicht nur für den Zweck einer empirischen Untersuchung zum Lernen mit einer Hypermedia-Lerneinheit geschrieben worden, sondern vielmehr für den ständigen Gebrauch innerhalb der Internetvorlesung CHEMnet im gesamten deutschsprachigen Raum und unter Umständen auch im englischsprachigen Bereich, falls die geplante Übersetzung von CHEMnet umgesetzt wird.

Auf der ersten Seite des Kapitels *Wasser* befindet sich ein Inhaltsverzeichnis. Dort sind, wie in einem gewöhnlichen Buch, alle Unterkapitel aufgelistet und zusätzlich sind die Überschriften von Vertiefungsseiten angegeben, in denen sich interessante Fragen aus der Alltags- und Lebenswelt sowie fächerübergreifende Aspekte befinden (siehe Abb. 4.6).

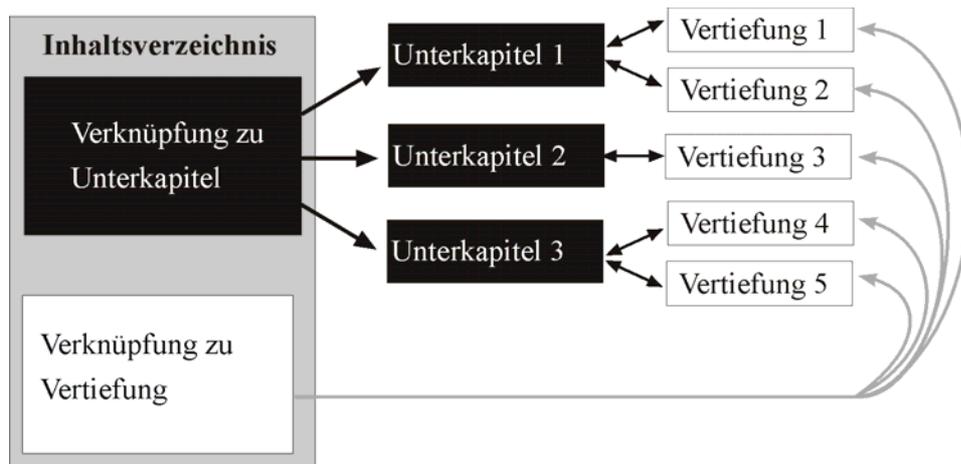


Abbildung 4.6: Aufbau des Inhaltsverzeichnisses in Kapitel Wasser

Jedes Unterkapitel beginnt mit einer sogenannten Hauptseite. Durch Hyperlinks sind eine oder mehrere sogenannten Nebenseiten mit dieser verbunden.

Auf den Hauptseiten befindet sich der wichtigste Bestandteil des Kapitels, d. h. ein strukturierter, linear aufgebauter Basistext zu einem bestimmten Inhalt. Der Basistext ist fachbezogen geschrieben (siehe Abschnitt 4.3.2.1). Darüber hinaus wird ausgehend von diesem Basistext eine Vertiefung der gesamten Inhalte in die drei verschiedenen Fachrichtungen Chemie, Biologie und Physik und eine Vertiefung hinsichtlich der Beantwortung von Alltagsfragen ermöglicht. Diese Vertiefungen sind entsprechend gekennzeichnet (siehe Tabelle 4.4). Sie befinden sich auf den Nebenseiten und sind in der Regel kontextbezogen geschrieben (siehe Absatz 4.3.2.2). Auch verschiedene weitere, für die gesamte Lernumgebung CHEMnet gemeinsame Zusatzangebote wie *Gedächtnisstütze*, *Schon gelesen*, *Information* und *Videoaufnahme* befinden sich auf den Nebenseiten (siehe auch Kapitel 4.3.1).

Pikto-gramm	Name	Beschreibung
	Frage-Antwort	greift interessante themennahe Fragen aus der Alltags- und Lebenswelt auf und beantwortet diese.
	Information Biologie	fächerübergreifende Zusatzinformation aus dem Bereich der Biologie.
	Information Chemie	fächerübergreifende Zusatzinformation aus dem Bereich der Chemie.
	Information Physik	fächerübergreifende Zusatzinformation aus dem Bereich der Physik.

Tabelle 4.4: Beschreibung der Vertiefungen im Kapitel Wasser

CHEMnet

So wird z. B. auf der Hauptseite des Unterkapitels 15: *Gefrierpunktserniedrigung (Kryoskopie) und Siedepunktserhöhung (Ebullioskopie)* (siehe Abb. 4.7) erst der theoretische Hintergrund zu beiden Erscheinungen erklärt. Dieser fachliche Basistext ist mit drei Vertiefungen auf Nebenseiten verbunden. Darunter gehört beispielsweise als Vertiefung aus dem Fach Physik die Nebenseite *Dampfdruck* (siehe Abb. 4.7 Anfang der Seite). Weiterhin werden die Vertiefungen *Das Raoult'sche Gesetz* und *Die kryoskopische Konstante* angeboten (siehe Abb. 4.7 Ende der Seite). Zusätzlich befindet sich auf dieser Hauptseite ein Hyperlink zum kontextbezogenen Inhalt *Frage-Antwort: Warum werden im Winter die Straßen mit Streusalz gestreut?* (siehe Abb. 4.7 Ende der Seite). Als multimediale Angebote befinden sich auf der Hauptseite zwei Verknüpfungen zu Videoaufnahmen und zwar zur *Siedepunktserhöhung* und zur *Gefrierpunktserniedrigung* (siehe Abb. 4.7 Ende der Seite).

Anfang der Seite...

...Ende der Seite

Lösungsmittel	kryoskop. Konstante (K _f) (°C·mol ⁻¹)	ebullioskop. Konstante (E _b) (°C·mol ⁻¹)
H ₂ O	1,86	0,52
CCl ₄	1,31	1,90
CS ₂	4,98	0,64

Abbildung 4.7: Beispiel von Unterkapitel 15: *Gefrierpunktserniedrigung (Kryoskopie) und Siedepunktserhöhung (Ebullioskopie)*

Jede Hauptseite und jede Nebenseite im Kapitel *Wasser* erlaubt – wie auch im gesamten CHEMnet – den Zugriff auf zusätzliche Angebote wie Index, Übungen, Suche, Inhaltsverzeichnis, Hilfen, Volltextsuche, E-Mail, die sich auf der oberen und der rechten Navigationsleiste befinden (siehe auch Kapitel 4.3.1).

Der Aufbau des Kapitels *Wasser* ermöglicht die Gestaltung von zwei verschiedenen Lerneinheiten. Es handelt sich hierbei um keine direkte Trennung, sondern indirekt kann mit entsprechenden Arbeitshinweisen gesteuert werden, ob ein Benutzer v.a. die fachbezogenen Inhalte auf Hauptseiten oder v.a. die auf Nebenseiten befindlichen kontextbezogenen Inhalte besucht. Unabhängig davon, ob sich der Benutzer in der fachbezogenen oder in der

kontextbezogenen Lernumgebung befindet, hat er prinzipiell denselben Zugriff auf die Inhalte des Kapitels Wasser (bzw. ein und dieselben Hypertextseiten).

In den folgenden beiden Unterabschnitten 4.3.2.1 und 4.3.2.2. werden der „Aufbau“ der fachbezogenen und der kontextbezogenen Lernumgebung näher ausgeführt.

4.3.2.1 Aufbau der fachbezogenen Lernumgebung

Diese Lernumgebung kann als fach-linear bezeichnet werden, d. h. die Inhalte werden entsprechend aufeinander aufbauend behandelt, wobei Querverweise zu Vertiefungen möglich sind.

Ein Benutzer, der in der fachbezogenen Lernumgebung arbeitet soll, fängt auf einer Hypertextseite mit einem Inhaltsverzeichnis an, in dem 29 Unterkapitel nach herkömmlicher Fachlogik geordnet abgebildet sind. In der nachfolgenden Liste sind diese Unterkapitelüberschriften aufgeführt:

- | | |
|--|---|
| 1. Wasser | 16. Chemische Eigenschaften |
| 2. Anomalie des Wassers | 17. Lösungsmittel |
| 3. Dipol | 18. Autoprotolyse |
| 4. Wasserstoffbrückenbindung | 19. Elektrolytische Dissoziation |
| 5. Physikalische Eigenschaften | 20. Hydratation |
| 6. Siedepunkt und Schmelzpunkt des Wassers | 21. Hydrolyse |
| 7. Zustandsdiagramm des Wassers | 22. Hartes und weiches Wasser |
| 8. Verdampfungsenthalpie, Schmelzenthalpie, Erstarrungsenthalpie | 23. Die Qualität von Wasser - Messung der Wasserhärte und Alkalität |
| 9. Wärmekapazität | 24. Wie wird Wasser enthärtet? |
| 10. Dichte | 25. Wie wird unser Trinkwasser auf- und vorbereitet? |
| 11. Oberflächenspannung des Wassers | 26. Wasserverbrauch |
| 12. Kohäsion und Adhäsion | 27. Abwasserreinigung |
| 13. Kapillarität | 28. Wasserkreislauf |
| 14. Osmose | 29. Wasser und Organismen |
| 15. Gefrierpunktniedrigung (Kryoskopie) und Siedepunkterhöhung (Ebullioskopie) | |

Jedes dieser Unterkapitel enthält auf der Hauptseite einen fachlichen Basistext und ist mit Hyperlinks mit weiteren Nebenseiten verbunden, auf denen sich zusätzliche fächerübergreifende und alltagsbezogene Informationen zu dem Thema des Unterkapitels befinden (siehe auch obige, allgemeine Beschreibung des Kapitels *Wasser*).

Von einer Hauptseite kommt man nur auf eine der Fachlogik folgenden Hauptseite weiter (siehe Abb. 4.8). So befinden sich die Nutzer zunächst auf Seiten, auf denen der theoretische

chemische Hintergrund behandelt wird, und sie können dann bei Bedarf weiter mit dieser Theorie verbundene fächerübergreifende Aspekte oder interessante Fragen aus dem Alltag nachschlagen. Es ist nicht möglich, von einer Nebenseite eines Unterkapitels auf die Hauptseite eines anderen Unterkapitels zu wechseln. Die Lernumgebung ist sozusagen linear aufgebaut.

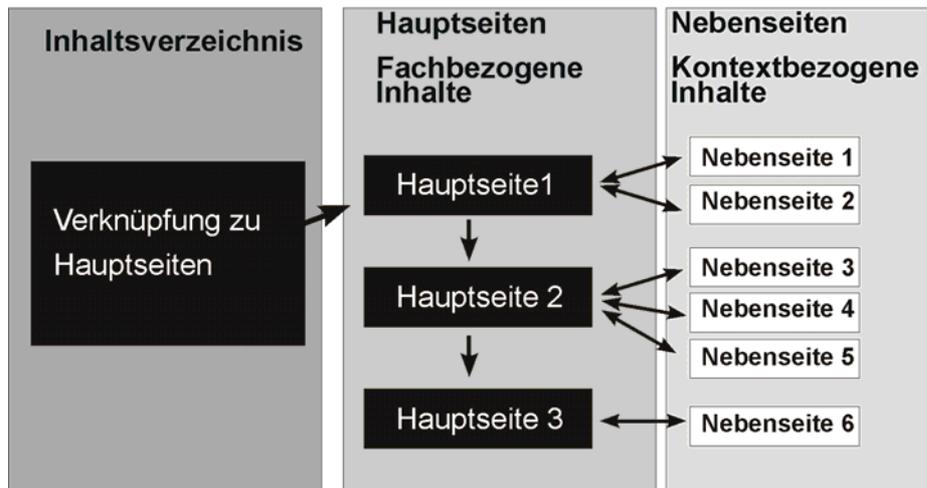


Abbildung 4.8: Struktur der fachbezogenen Lernumgebung

So behandelt beispielsweise das Unterkapitel 7 auf der Hauptseite das Thema *Zustandsdiagramm des Wassers*. Dort werden erst die fachlichen Inhalte zu diesem Thema beschrieben. Am Ende des fachlichen Textes befinden sich die Verknüpfungen zu den auf Nebenseiten dargestellten zwei Fragen mit Alltagsbezug

Ist es möglich, mit dem Zustandsdiagramm des Wassers das Schlittschuhlaufen zu erklären?

Ist es möglich, bei 0 °C Wäsche zu trocknen?

4.3.2.2 Aufbau der kontextbezogenen Lernumgebung

Diese Lernumgebung kann als vernetzt aufgebaut bezeichnet werden, da die Inhalte des Kapitels Wasser nicht aufeinander aufbauend behandelt, sondern in einer komplexen Struktur miteinander verwoben sind.

Ein Benutzer, der in der kontextbezogenen Lernumgebung arbeiten soll, fängt wie ein Benutzer der fachbezogenen Lernumgebung auf einer Hypertextseite mit einem Inhaltsverzeichnis an. In diesem Inhaltsverzeichnis sind alle „Themen“ des Kapitels *Wasser* in Frageform aufgelistet. Die einzelnen Fragen beinhalten interessante Aspekte aus dem Alltag, sind jeweils mit einem Frage-Antwort-Piktogramm gekennzeichnet und nach der Art der Frage

in fünf Bereiche unterteilt. Die folgende Auflistung zeigt die Inhaltsseite der kontextbezogenen Lernumgebung:

1. Ist es möglich...

- Ist es möglich, mit dem Zustandsdiagramm des Wassers das Schlittschuhlaufen zu erklären?
- Ist es möglich, bei 0 °C Wäsche zu trocknen?
- Ist es möglich, künstlichen Schnee herzustellen?
- Ist es möglich, Tropfen als Maßeinheit verwenden?
- Ist es möglich, Rohstoffe aus dem Weltmeer zu gewinnen?

2. Warum...

- Warum beginnen viele Lebewesen (auch die Menschen) bei großer Hitze zu schwitzen?
- Warum sind Wassertropfen kugelförmig?
- Warum ist der Meniskus des Wassers in einem engen Rohr U - förmig?
- Warum werden im Winter die Straßen mit Streusalz gestreut?
- Warum ist Wasser wichtig für alle lebenden Organismen?
- Warum ist sauberer Regen weiches Wasser?
- Warum kommen im Moorgewässer keine Wasserschnecken oder Schalentiere vor?
- Warum ist das Wasser in den Ozeanen salzig?

3. Was ...

- Was hat die Wärmekapazität des Wassers mit dem Klima zu tun?
- Was hat diese Anomalie mit Fischen und Fröschen zu tun?
- Was hat die Wasserdichte mit dem Druck und den Tiefseefischen zu tun?
- Was hat die Osmose mit den Zellen zu tun?
- Was hat die elektrolytische Dissoziation mit dem pH-Wert zu tun?
- Was ist die tiefste, längste, größte ...?

4. Wie...

- Wie entstehen die Schneeflocken?
- Wie macht sich die Wasserhärte im Haushalt bemerkbar?

5. Sonstiges...

- Brauchen die Pflanzen Wasser nur zur Photosynthese?

Diese kontextbezogenen Inhalte befinden sich auf Nebenseiten des Kapitels *Wasser* (siehe allgemeiner Aufbau 4.3.2). Diese Nebenseiten sind durch Hyperlinks mit den entsprechenden Inhalten aus dem Fach Chemie, die sich auf den Hauptseiten befinden, verbunden (siehe

Abb. 4.9). So befinden sich die Benutzer zunächst auf Seiten mit interessanten Fragestellungen, zu deren Beantwortung auch Kenntnisse anderer Fächer als der Chemie nötig sind, und sie können dann bei Bedarf die vertiefenden Theorien aus dem Fach Chemie durch Aktivieren entsprechender Links nachschlagen.

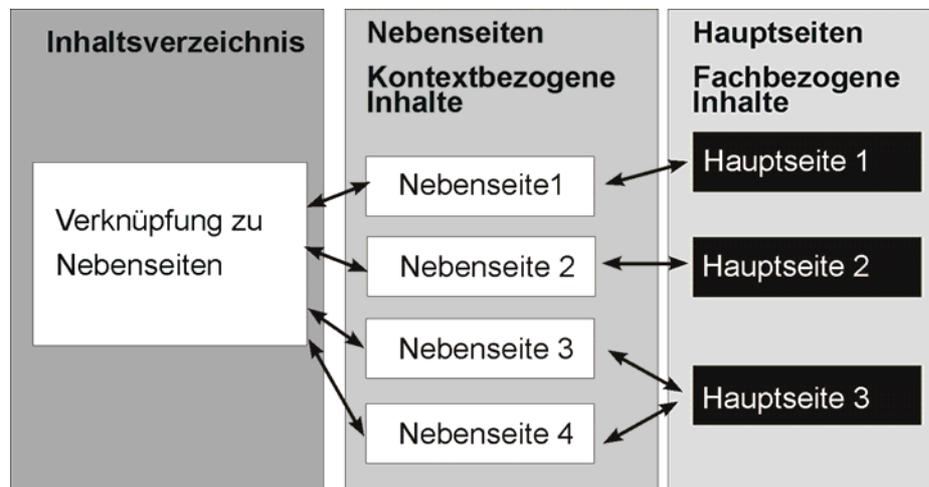


Abbildung 4.9: Struktur der kontextbezogenen Lernumgebung

So ist beispielsweise beim alltagsbezogenen Thema *Warum beginnen viele Lebewesen (auch die Menschen) bei großer Hitze zu schwitzen?*, das sich auf einer Nebenseite des Kapitels *Wasser* befindet, der Text mit dem auf einer Hauptseite befindlichen, fachlichen Inhalt *Verdampfungsenthalpie* (Hauptseite: *Verdampfungsenthalpie*, *Schmelzenthalpie*, *Erstarrungsenthalpie*) verknüpft. Ist das Vorwissen zur Verdampfungsenthalpie nicht vorhanden, ist ohne eine fachliche Erklärung dieses Begriffs, ein Verständnis der obigen Frage nicht möglich.

5 Fragestellungen der Arbeit

In dem Kapitel 2 *Multimediale Lernprogramme* und im Kapitel 3 *Psychologische und didaktische Begründungen für multimediales Lernen* wurde der Forschungshintergrund der vorliegenden Arbeit erläutert. Die Lernumgebung *Wasser* wurde in Kapitel 4 *Das fächerübergreifende Kapitel „Wasser“ in der Internetvorlesung CHEMnet* beschrieben. Vor diesem theoretischen Hintergrund und auf der Grundlage der entwickelten Lerneinheit zum Thema *Wasser* geht es im empirischen Teil der Arbeit um vier zentrale Forschungsfragen, die in den folgenden vier Abschnitten entwickelt werden.

Bei der Evaluation des Kapitels *Wasser* innerhalb der Internetvorlesung der CHEMnet sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen. So wurden zwei unterschiedliche Lernumgebungen (Lernbedingungen) entwickelt und zwar eine fachbezogene und eine kontextbezogene Lernumgebung. Die fachbezogene Lernumgebung ist systematisch (siehe Kapitel 3.1 und 4.3.2.1) und die kontextbezogene Lernumgebung ist problemorientiert (siehe Kapitel 3.3 und 4.3.2.2) aufgebaut. Mit beiden Lernumgebungen sollte erfolgreiches Lernen möglich sein. Es gibt allerdings kaum Untersuchungen über derart gestaltete Lernumgebungen. Dies wird im Rahmen der ersten Forschungsfrage (Abschnitt 5.1) untersucht.

Die zweite Forschungsfrage (Abschnitt 5.2) zielt auf den selten detailliert untersuchten Zusammenhang zwischen Lernerfolg und Benutzermerkmalen ab. Zu letzteren zählen die Vorerfahrungen der Nutzer mit dem Computer und dem Internet, die individuelle Interessensausprägung und das Vorwissen der Benutzer.

Die Akzeptanz des Kapitels *Wasser* bei potentiellen Nutzern ist Gegenstand der dritten Forschungsfrage (Abschnitt 5.3). Über die bloße Akzeptanzbefragung hinaus soll mit detaillierten Daten über verschiedenartige Benutzermerkmale die Abhängigkeit von Akzeptanz (Ablehnung) des Kapitels *Wasser* von Benutzermerkmalen untersucht werden.

Benutzer irgendeiner beliebigen Informationsquelle (Buch, Internetvorlesung etc.) unterscheiden sich untereinander durch ihre Strategien, die für sie wesentlichen Informationen zu suchen. Aus der Literatur weiß man jedoch relativ wenig über das Nutzerverhalten in einer multimedialen Lernumgebung. Im Rahmen der vierten Forschungsfrage werden Nutzertypen der hypermedialen Lerneinheit „Wasser“ innerhalb CHEMnet untersucht (Abschnitt 5.4).

Im folgenden werden die vier Forschungsfragen dieser Arbeit nun ausführlicher erläutert.

5.1 Zur ersten Forschungsfrage: Aufbau der Lernumgebung und Lernerfolg

Heutzutage sind naturwissenschaftliche Fächer (ausser Biologie) in der Schule unpopulär geworden (Häußler et al., 1998; Gräber, 1992). Die Schülerinnen und Schüler sind weniger motiviert, die naturwissenschaftlichen Fächer zu lernen, was sich später auch in den Anfängerzahlen für die naturwissenschaftlichen Fächer an den Universitäten niederschlägt. In der Fachdidaktik wird daher viel diskutiert, wie man naturwissenschaftlichen Unterricht besser und für Schüler interessanter gestalten kann (siehe Kapitel 4.1). Eine Möglichkeit ist es, den Unterrichtsstoff kontextbezogen, also alltagbasiert, zu vermitteln (siehe Kapitel 3 und Kapitel 4.1). Eine weitere Möglichkeit ist es, die Eigenständigkeit des Lernenden zu erhöhen, was zum Beispiel mit einem Lernprogramm zu erreichen ist.

Es gibt viele Untersuchungen, in denen der Einfluss elektronischer Medien auf die Lernwirksamkeit untersucht wird (Fricke, 1991; Kulik & Kulik, 1991; Glowalla & Häfele, 1997). Die Ergebnisse dieser Studien sind sehr unterschiedlich und nur begrenzt generalisierbar, da diese nur für gewisse Lernumgebungen charakteristisch sind. Trotzdem wird Hypermedia für die Einbindung fächerübergreifender Inhalte (Mandl, Gruber & Renkl, 1997) oder für sehr viel komplexere und facettenreichere Lerninhalte (Glowalla & Häfele, 1997) empfohlen.

In Unternehmen wie der Post AG und der Volkswagen AG sind Untersuchungen durchgeführt worden, in denen der Lernerfolg mit problemorientierten, multimedialen Lernumgebungen mit dem in „herkömmlichen“ Lernumgebungen verglichen wurde (Fricke, 1991). Die zentrale Frage in diesen Untersuchungen war, ob mit einer multimedialen Lernumgebung ein größerer Lernerfolg kostensparender und mit weniger Zeitaufwand möglich ist als mit „traditionellen“ Lernumgebungen. R. Fricke (1991) kam zu dem Ergebnis, dass das computergestützte Lernen nur geringe oder gar keine Vorteile zum „gewöhnlichen“ Lernen besitzt. Als einziger wesentlicher Vorteil erwies sich, dass das Lernen mit multimedialen Lernumgebungen weniger Zeit in Anspruch nimmt und dadurch kostensparend ist. Andere Untersuchungen lieferten demgegenüber gegensätzliche Befunde. So haben sich beispielsweise bei der Ausbildung von Medizinern praxisorientiert aufgebaute Lernumgebungen, bei denen verschiedene Behandlungsmöglichkeiten via Computersimulationen durchgespielt werden können, als erfolgreich erwiesen (Gräsel, 1997).

Der Lernerfolg ist offensichtlich von der speziellen Lernumgebung abhängig, und es sollte und muss zu jeder Lernumgebung eine eigene Evaluation durchgeführt werden. In der neueren Literatur wird jedoch nicht mehr empfohlen, den Lernerfolg mit Multimedia-Lernprogrammen mit dem „herkömmlicher“ Unterrichtsformen erreichten Lernerfolg zu vergleichen. Man sollte eher theoriegeleitet verschiedene Varianten eines neuen computerunterstützten Instruktionsprogramms konstruieren und sie experimentell überprüfen (Fricke, 1997; Baumgartner, 1997).

In der vorliegenden Arbeit wird der Lernerfolg von Versuchspersonen, die mit zwei unterschiedlich gestalteten Lernumgebungen innerhalb einer multimedialen Lernumgebung gelernt haben, verglichen. Es wird untersucht, womit ein größerer Lernerfolg erzielt werden kann: mit einer problemorientiert-kontextbezogenen (siehe Kapitel 3.3 und 4.3.2.2) oder mit einer systematisch-fachbezogenen (siehe Kapitel 3.1 und 4.3.2.1) Lernumgebung. Die erste Forschungsfrage lässt sich wie folgt formulieren:

„Ist es möglich, innerhalb eines Hypermediums zwei verschiedene Lernumgebungen zu gestalten und damit erfolgreich zu lernen?“

Der Lernerfolg ist jedoch nicht nur von der speziellen Lernumgebung abhängig, sondern auch von Merkmalen der Benutzer dieser Lernumgebung. Dies wird im nächsten Abschnitt, im Rahmen der zweite Forschungsfrage thematisiert.

5.2 Zur zweiten Forschungsfrage: Lernerfolg, Computernutzung und Interessen

Nach kognitivistischen Lehr-/Lernmodellen (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998) (siehe auch Abschnitt 3.2) sollte ein hoher Lernerfolg dann möglich sein, wenn der Prozess der Informationsverarbeitung möglichst reibungslos erfolgt. Demzufolge sollten Lernende mit besseren Computer- und Internetkenntnissen einen höheren Lernerfolg haben als Lernende mit geringen Computerkenntnissen. Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen Computervorerfahrung und Lernleistungen sind jedoch in der Literatur sehr rar. B. Eiwán (1998) hat zudem festgestellt, dass die Computervorerfahrung positiv mit der Leistungsmotivation, der Gesamtmotivation in der speziellen Untersuchungssituation und auch mit dem allgemeinen Studieninteresse zusammenhängt.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, den Zusammenhang zwischen Benutzermerkmalen und Lernerfolg im Rahmen der zweiten, zentralen Forschungsfrage

„Wie hängt der Lernerfolg von Benutzermerkmalen, wie Vorerfahrungen mit dem Computer und den Interessen, ab?“

detailliert zu untersuchen.

In der Literatur sind einzelne Benutzermerkmale in Bezug auf den Lernerfolg gut untersucht worden. So ist das Vorwissen ein sehr aufklärungsmächtiger Prädiktor von Lernleistung (Renkl, 1996; Eiwán, 1998; Schiefele, 1996 in Möller & Müller-Kalthoff, 2000). Genauer wird vermutet, dass Lernen mit Hypertexten dann besonderes gut zum Lernen geeignet ist, wenn der Lernende bereits über hinreichendes Vorwissen verfügt (Gerdes, 2000; Möller & Müller-Kalthoff, 2000; Recker & Pirolli, 1995; Mandl, Gruber & Renkl, 1997).

Interessen und Einstellungen der Benutzer beeinflussen ebenfalls den Lernerfolg. B. Eiwán (1998) hat festgestellt, dass das Interesse an Neuropsychologie positiv mit den Ergebnissen im Wissenstest korreliert und zwar unabhängig von der verwendeten Lernumgebung. H. Mikelskis (1999) hat in eine Untersuchung zur geometrischen Optik ebenfalls festgestellt, dass Personen mit größerem Interesse an diesem Themenbereich (Physiker) einen höheren Lernerfolg erzielten als solche mit einem geringen Interesse (Germanisten).

In der vorliegenden Arbeit wird daher der Zusammenhang zwischen Lernerfolg und den Vorerfahrungen mit Computer und Internet, dem Vorwissen sowie den Interessen bzw. Einstellungen der Versuchspersonen untersucht.

5.3 Zur dritten Forschungsfrage: Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser*

Bei der Evaluation multimedialer Lernumgebungen wird oft nach der Akzeptanz der Lernumgebung gefragt (z. B. Tergan, 2000; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001; Mandl, Gruber & Renkl, 1997). U. Glowalla & E. Schoop (1992) haben festgestellt, dass auf Seiten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer bezüglich des Aufbaus der Lernumgebung gilt, dass sie ein Lehrsystem dann akzeptieren, wenn der für sie relevante Stoff in verständlicher Weise vermittelt und verschiedene Darstellungsformen gezielt und angemessen eingesetzt werden; wenn weiter die Lernumgebung eine einfache und intuitive Benutzeroberfläche aufweist, eine gute Orientierungs- und Navigationsmöglichkeiten bereithält und eine Selbstkontrolle des Lernfortschritts möglich ist.

H. Mikelskis (1999) hat festgestellt, dass die Programmbewertung umso besser ausfällt, je geringer die Computererfahrung, die Leistungen beim Concept Mapping (Vortest und Nachtest) und das Wissen der Benutzer sind. Im Gegensatz zu diesem Befund hat B. Eiwon (1998) empirisch herausgefunden, dass die Beurteilung eines Lehrprogramms lediglich vom Programm selbst und nicht von den Persönlichkeitsmerkmalen der Benutzer abhängt.

Es gibt also unterschiedliche Auffassungen darüber, wovon die Akzeptanz einer Lernumgebung abhängt. Eine allgemeine Entscheidung wird sich wohl kaum finden lassen, da die Lernumgebungen sich untereinander zu stark unterscheiden. Vermutlich muss die Abhängigkeit der Akzeptanz von Programm- und/oder Persönlichkeitsmerkmalen für jede Lernumgebung separat untersucht werden. In dieser Arbeit wird dies für das Kapitel *Wasser* in den beiden verwirklichten Umgebungen (fach- und kontextbezogen) durchgeführt. Neben den Programmeigenschaften werden in die Analyse Erfahrungen mit dem Computer und Internet sowie Interessen und Einstellungen der Benutzer einbezogen. Dies hebt die empirische Untersuchung von einer Vielzahl von z. B. Online-Befragungen auf Homepages von Universitäten, Schulen oder Firmen ab, mit denen lediglich festgestellt wird, wie eine bestimmte Internetumgebung bei den Benutzern „angekommen“ ist. Zusammengefasst lautet die dritte Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit:

„Wie hängt die Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* in der fachbezogenen und in der kontextbezogenen Realisierung von den Benutzermerkmalen, wie Erfahrungen mit dem Computer und Internet oder den Interessen der Benutzer ab?“

5.4 Zur vierten Forschungsfrage: Nutzertypen des Kapitels *Wasser*

Unabhängig davon, welches Lehrmedium genutzt wird, gibt es offensichtlich unterschiedliche Arten und Weisen, wie Informationen aufgenommen werden können. Beim „klassischen“ Medium „Buch“ lassen sich beispielsweise Personen unterscheiden, die das Buch von vorn nach hinten lesen, solche, die erst hinten anfangen und erst wenn sie den Schluss kennen, den Anfang beruhigt – da die für sie unerträgliche Spannung, wer zum Beispiel der Mörder ist, weg ist – lesen können. Es gibt auch solche, die ein Buch „quer“ lesen, d. h. die in der Lage sind, die wesentlichen Informationen aus einer größeren Informationsmenge zu extrahieren, ohne alle Sätze lesen zu müssen.

Das Nutzerverhalten wird sicherlich nicht nur vom Medium, sondern auch von situationsspezifischen Merkmalen abhängen. So wird der Genuss- und Freizeitleser sich kaum mit Lesen von Merksätzen und Zusammenfassungen zufrieden geben, und ebenso nimmt sich kaum jemand kurz vor einer Prüfung die Zeit für das Studium längerer Texte; vielmehr genügen den meisten dann kurze Zusammenfassungen.

Bei einem Hypermedium wie CHEMnet, welches einen komplexeren Aufbau besitzt als ein Buch, sich aber auch wie ein Buch nutzen lässt, sollten sich ähnliche Nutzertypen wie die drei oben beschriebenen Nutzertypen von Büchern – und weitere dort nicht aufgeführte – identifizieren lassen. Darüber hinaus könnten sich aber auch Nutzertypen finden, die spezifisch sind für ein solche komplexe Lernumgebung.

Bislang ist relativ wenig über Nutzertypen (von Büchern oder Lernumgebungen) bekannt. Für eine zukünftige gezielte oder differenzierte Anpassung der Lernumgebung *Wasser* (oder anderer Lernumgebungen) ist die Kenntnis von Nutzertypen von großer Bedeutung. Die vierte zentrale Fragestellung, die in dieser Arbeit behandelt werden soll, lautet daher:

„Lassen sich Nutzertypen der hypermedialen Lernumgebung identifizieren und falls ja, wie hängt das Nutzerverhalten von anderen Nutzermerkmalen ab?“

Die Untersuchung dieser Fragestellung wird im wesentlichen eingeschränkt sein auf eine qualitative Beschreibung von Nutzertypen und eine Analyse der empirischen Daten von einigen charakteristischen „Haupt-“Nutzertypen.

6 Methode

In diesem Kapitel geht es um methodische Aspekte der zu der entwickelten Lernumgebung *Wasser* durchgeführten empirischen Untersuchung. Im ersten Abschnitt (6.1) wird die Stichprobe der Untersuchung und deren „Ziehung“, Auswahl der Schulen und Merkmale der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler, erläutert. Außerdem wird dort die Durchführung der empirischen Studie geschildert. Die Anlage der Studie, das Versuchsdesign wird im zweiten Abschnitt (6.2) detailliert beschrieben. Im dritten Abschnitt (6.3) befindet sich eine Darstellung der verwendeten Fragebögen (Tests). Schließlich wird im letzten Abschnitt (6.4) eine weitere Datenquelle beschrieben, die sogenannten Verlaufsprotokolle, die während des Bearbeitens der Lerneinheit zu jeder Versuchsperson erstellt wurden und aus denen die zeitliche und thematische Navigation durch die Lerneinheit entnommen werden kann.

6.1 Versuchspersonenauswahl und Durchführung der Studie

Die auf dem Internet basierende multimediale Lernumgebung CHEMnet zielt in erster Linie auf Studierende des Diplomstudienganges Chemie und auf Studierende für das Lehramt an Gymnasien mit dem Fach Chemie. Aber auch für Nebenfachstudenten mit Pflichtfach Chemie, wie Agrarwissenschaftler, Mediziner, Physiker, Biologen, Mineralogen und Ökotoxikologen wurde CHEMnet konzipiert (siehe auch Kapitel 4.3).

Während CHEMnet ursprünglich hauptsächlich für Studenten geplant war und auch die bisherigen Untersuchungen hauptsächlich mit Studierenden durchgeführt wurden, eignen sich die Inhalte des Kapitels *Wasser* besonders für Schülerinnen und Schüler. Das Thema Wasser kommt in verschiedenen Klassenstufen in den Chemielehrplänen Schleswig-Holsteins vor (siehe Kapitel 4.2) und die Unterrichtsinhalte zum Thema Wasser werden oft für die fächerübergreifende Arbeit empfohlen. Die Schülerinnen und Schülern begegnen dem Thema Wasser in den Fächern Chemie, Biologie, Physik, Haushaltslehre, Deutsch und Erdkunde. Das Kapitel *Wasser* ist vom Anspruchsniveau recht hoch, so dass es sich vor allem für Schüler und Schülerinnen auf dem Niveau der Leistungskurse eignet, und zwar aufgrund der

fächerübergreifenden Gestaltung des Kapitels für Chemie-, aber auch für Physik- und Biologieleistungskurse.

a) Stichprobe

Die empirische Studie wurde v.a. mit Schülerinnen und Schülern mit naturwissenschaftlichen Leistungskursen durchgeführt. Insgesamt nahmen an der Studie 112 Schülerinnen und Schüler teil. In die Analyse der Daten flossen jedoch nur die Leistungen von 110 Versuchspersonen ein, da wegen fehlender Sprachkenntnisse die Daten von zwei Schülern nicht brauchbar waren.

Bei der Auswahl / Ansprache der Schulen, aus denen die Teilnehmer der Studie gewonnen wurden, wurde auf eine ausgewogene „Mischung“ aus Schulen in ländlichem bzw. städtischem Raum und aus Gymnasien bzw. Gesamtschulen geachtet. Insgesamt kamen die Versuchspersonen aus acht Schulen (siehe auch Tabelle 6.1). In der Regel hatten die Teilnehmer einen Chemie- und/oder einen Biologiegrundkurs. Aufgrund der insgesamt geringen Anzahl von Physikkursen in allgemeinbildenden Schulen waren nur vereinzelt Schülern mit einem solchen Kurs in der Stichprobe.

Schule	Zeitpunkt der Erhebung	Zahl der Versuchspersonen
Sophie-Scholl-Gymnasium in Itzehoe	02.03.01	11
Gymnasium Wellingdorf	14.05.01 und 22.05.01	24
Max-Planck-Schule in Kiel (Gymnasium)	21.05.01	7
Gymnasium im Bildungszentrum Mettenhof	01.06.01	12
Integrierte Gesamtschule Friedrichsort	06.06.01 und 25.06.01	21
Integrierte Gesamtschule Thesdorf in Pinneberg	15.06.01	9
Integrierte Gesamtschule Neumünster	3.04.01	16
Werner-Heisenberg Gymnasium in Heide	13.06.01	10
Insgesamt:		110

Tabelle 6.1: *Teilnehmende Schulen, Datum der Durchführung der empirischen Studie und Anzahl der teilnehmenden Versuchspersonen*

Es nahmen in etwa gleich viele Schüler wie Schülerinnen teil (57 m, 53 w). Das mittlere Alter betrug $17,36 \pm 0,77$ Jahre.

b) Durchführung

Die Daten wurden in Zeitraum 02.03.01 bis 25.06.01 erhoben. Die Untersuchungen wurden, soweit möglich, in den Computerräumen der jeweiligen Schule durchgeführt. Lediglich die Schüler einer Schule (Max-Planck-Schule) wurden an die Universität Kiel eingeladen, da in der Schule kein geeigneter Computerraum zur Verfügung stand. Die Untersuchungen wurden im jeweiligen Klassenverband durchgeführt, wobei jeder Versuchsperson ein eigener PC zur Verfügung stand. Ein Versuchsleiter war während der Datenerhebung für Rückfragen und bei Problemen anwesend und gab zu jedem Untersuchungsteil Instruktionen.

Zu Beginn der Untersuchung erhielt jede/r Schüler/in einen Benutzernamen. Mit diesem wurden alle Tests gekennzeichnet und als Login-Name für Internetvorlesung CHEMnet verwendet. Dies ermöglicht eine einfache Zuordnung von Tests und Verlaufsprotokollen.

Die Untersuchung bestand aus insgesamt drei Teilen, die in den folgenden Abschnitten 6.2 und 6.3 ausführlicher dargestellt werden. Der erste Teil bestand aus einem Vortest (siehe Kapitel 6.3.1.) und dauerte ca. 15 Minuten; der zweite Teil bestand aus der Bearbeitung eines Arbeitsblattes (siehe Kapitel 6.3.2.) mit Hilfe der Lerneinheit Wasser innerhalb der Chemievorlesung CHEMnet. Dieser Teil nahm – mit individuell stark schwankenden Werten – circa 45 Minuten in Anspruch. Die Versuchspersonen wurden nach dem Zufallsprinzip in zwei Gruppen geteilt – Fachgruppe und Kontextgruppe. Die Fachgruppe bekam für die Bearbeitung des Kapitels ein „fachliches“ Arbeitsblatt und die Kontextgruppe ein kontextbezogenes Arbeitsblatt (siehe Abschnitt 6.3). Mit der fachbezogenen Lernumgebung haben 53 Schüler und mit der kontextbezogenen Lernumgebung 57 Schüler gearbeitet. Der letzte Teil der Untersuchung bestand aus einem Nachtest (siehe Kapitel 6.3.3.), der ungefähr 25 Minuten dauerte. Die Gesamtdauer der Untersuchung, inklusive Testdurchführung und ausführlichen Versuchsleiterinstruktionen, betrug ca. zwei bis drei Stunden. Jede Versuchsperson wurde für diesen Zeitaufwand von etwa drei Stunden mit 30 DM entlohnt bzw. in die Klassenkasse wurde ein vergleichbares Honorar eingezahlt.

6.2 Untersuchungsdesign

In diesem Abschnitt wird das Untersuchungsdesign der empirischen Studie vorgestellt. Es wird der Aufbau und Ablauf der gesamten Untersuchung beschrieben und es werden die zur Untersuchung der in Kapitel 5 beschriebenen Forschungsfragen verwendeten Variablen eingeführt.

In der Abbildung 6.1 ist das in dem Abschnitt über die Durchführung der Untersuchung in Abschnitt 6.1 bereits skizzierte Untersuchungsdesign der empirischen Studie dargestellt. Alle Versuchspersonen füllen zuerst einen Vortest aus, in dem Vorwissensfragen und Fragen zu Interessen und Computervorerfahrungen gestellt werden. Danach wird jede Versuchsperson einer Gruppenbedingung zugeordnet, d. h. arbeitet daraufhin in einer systematisch-fachbezogenen oder einer problemorientiert-kontextbezogenen Lernumgebung. Im Anschluß daran, füllen wieder alle Versuchspersonen den gleichen Nachtest aus, in dem vor allem Wissensfragen und Fragen zur Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* gestellt werden.

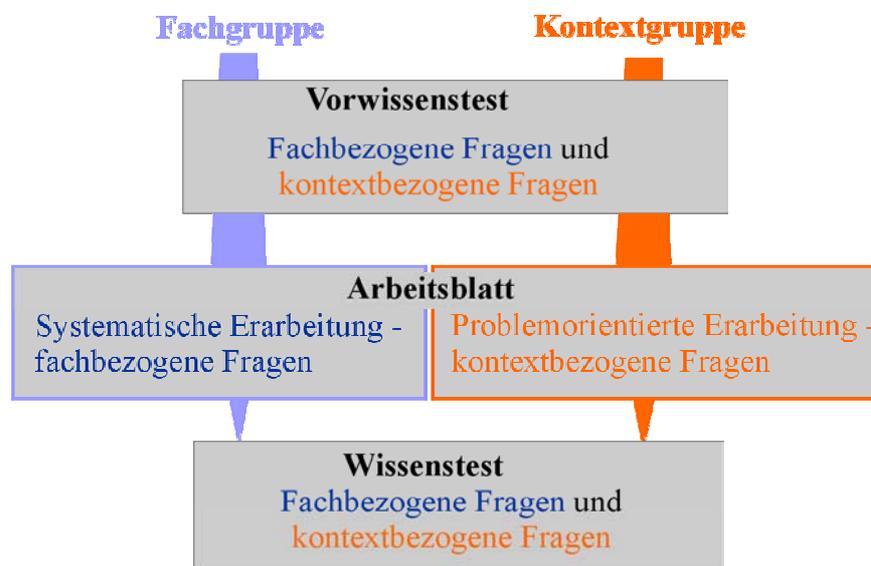


Abbildung 6.1: Untersuchungsdesign

Die erste Forschungsfrage bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen der Art der Lernumgebung und dem Lernerfolg. Die Frage, ob beide Bearbeitungen des Kapitels *Wasser* zu einem Lernerfolg führen, soll im wesentlichen mit einer Leistungsmessung (Lernerfolgsmessung), festgestellt werden. Dazu werden sowohl das Wissen vor der

Intervention als auch das Wissen über das Thema Wasser im Anschluß an die Intervention erfasst. Aus diesen beiden Leistungsmaßen wird ein drittes abgeleitet, in dem bei der Beurteilung des Wissens *nach* der Arbeit in der Lernumgebung das Wissen *vorher* kontrolliert wird. Die exakte Definition aller drei hier eingeführten Variablen befindet sich im Kapitel 7 *Ergebnisse*. Dies gilt gleichermaßen für alle in diesem Abschnitt eingeführten Variablen.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage soll der Zusammenhang zwischen Lernerfolg und den Vorerfahrungen der Versuchspersonen mit dem Computer und speziell dem Internet und den Interessen verglichen werden. Items zu entsprechenden Variablen, die Interesse oder Computervorerfahrungen quantifizieren, werden im Vortest gestellt.

Im Nachtest werden eine Vielzahl von Bewertungs- und Akzeptanzfragen gestellt, die insbesondere der Beantwortung der dritten Forschungsfrage dienen.

Für die Analyse der Verlaufsprotokolle werden Daten verwendet, die kennzeichnen zu welchem Zeitpunkt eine Versuchsperson auf welcher Seite während der Lernphase innerhalb der konstruierten Lernumgebung war. Für die Charakterisierung des Verhaltens in der Lernumgebung sind summarische Variablen wie Dauer des Besuches pro Seite oder Zahl der besuchten Seiten erforderlich. Qualitativ gilt es, aus den Daten Wege der Bearbeitung des Kapitels Wasser zu identifizieren.

Leistungsmaße
Vorwissen
Wissen nach dem Arbeiten mit dem Kapitel Wasser
Lernerfolg
Interesse am
Fach Chemie
Fach Biologie
Fach Physik
Computererfahrung
Spaß an der Computerarbeit
Umfang der Computerkenntnisse
Häufigkeit der Computernutzung
...
Bewertung und Akzeptanz
von fachlichen Aspekten der Lernumgebung
der Anlage der Lernumgebung
von allgemeinen Aspekten CHEMnets bzw. Kapitel Wasser
allgemeine, kontrollierte Maße zum Verhalten während der Lernphase
Seitenaufrufe
Lernzeit

Tabelle 6.2: Variablenliste (etwas gekürzt)

In Tabelle 6.2 sind die wesentlichen Variablen(komplexe) zusammengefasst aufgeführt. Detaillierte Angaben zu den Tests und den Items mit denen bestimmte Benutzermerkmale erhoben werden sollen, finden sich im folgenden Abschnitt.

6.3 Fragebogen

Zur Untersuchung der in Kapitel 5 dargestellten ersten drei zentralen Fragestellungen der vorliegenden Arbeit sind drei unterschiedliche Tests erforderlich: ein Vortest (6.3.1), ein Arbeitsblatt (6.3.2) für jede der realisierten Lernumgebungen und ein Nachtest (6.3.3).

Alle Fragebögen sind mit einem Erkennungscode gekennzeichnet. Dadurch kann den Versuchspersonen Anonymität zugesichert werden, und es ist zugleich möglich, die drei Tests einer Versuchsperson zu identifizieren.

6.3.1 Vortest

Der sogenannte Vortest wurde vor dem Lernen am Computer mit der Lerneinheit *Wasser* durchgeführt. Er beinhaltet einen allgemeinen Teil und einen Vorwissenstest. In Anhang 2 ist der gesamte Vortest zu finden.

Der allgemeine Teil umfasst 24 Fragen. In diesem Teil werden Daten zur Versuchsperson wie Alter, Geschlecht, gewählte Leistungskurse, Unterrichtserfahrungen zum Thema Wasser, Interessen, Computer- und Interneterfahrung sowie die Lieblingsfächer erhoben. So wird dort z. B. gefragt: *Wie oft benutzen Sie den Computer?* Die Antwortmöglichkeiten auf derartige Fragen wurden jeweils vorgeben. Zu obigem Beispielitem gehören die Auswahlantworten: *Noch nie, Selten, Mehrere Male im Monat, Mehrere Male in der Woche, Täglich*. Bei der Erhebung von Interessen und Einstellungen wurden vierstufige Antwortskalen vorgeben, so gehören zum Beispiel zu den Items *Ich interessiere mich für Chemie (Biologie, Physik, Computer)* die Antwortmöglichkeiten: *trifft zu, trifft weitgehend zu, trifft teilweise zu, trifft nicht zu*.

Im zweiten Teil des Vortests, dem Vorwissenstest, wurden die Kenntnisse über das Thema *Wasser* ausschließlich durch Fragen vom Multiple-Choice-Typ erfasst. Zu jeder Frage wurden in fast allen Fällen drei mögliche Antworten vorgegeben. Nur eine dieser Antworten ist richtig, die anderen sind Distraktoren. Da es zu diesem Thema keine vorgefertigten Tests gibt, wurden Fragen und Auswahlantworten selbst entwickelt und mit einer Gruppe von Studenten mit Haupt- oder Nebenfach Chemie im ersten Semester (N= 19) vorerprobt. Der Vorwissenstest umfasst insgesamt sechs Fragen. Dabei sind zwei fachbezogen, zwei

kontextbezogen und zwei allgemeine Fragen zum Thema Wasser. Die allgemeinen Fragen haben keinen direkten Bezug zum Thema Wasser, sondern beziehen sich allgemein nur auf das Fach (Physikalische) Chemie.

In der ersten allgemeinen Frage wird nach der Definition der Wärmekapazität gefragt:

(3) *Was versteht man unter Wärmekapazität?*

Um diese Frage zu beantworten, braucht man Kenntnisse aus dem Physikunterricht. Die richtige Antwort ist: *Die Wärmemenge, die pro Gramm Substanz für eine Temperaturänderung um 1K nötig ist.*

Zur Beantwortung der zweiten Frage benötigt man die Kenntnisse aus dem Chemieunterricht. Das Item lautet:

(6) *Beim Lösen eines Stoffes in Wasser...?*

Zu jeder dieser beiden Items lässt sich natürlich ein Kontextbezug herstellen, die verwendete Formulierung im Test bezieht sich jedoch auf das reine und allgemeine Fachwissen einer Person. Sie werden in den Analysen von obigen vier Items des Vorwissenstests getrennt, weil die Kenntnisse, die damit erfragt werden von allgemeiner Natur bzgl. des Verständnisses der charakteristischen Eigenschaften des Wassers sind.

Die kontextbezogenen Fragen des Tests sind nicht mit einem Fach verbunden und haben einen starken Alltagsbezug. Die erste kontextbezogene Frage wurde zu einem Phänomen in der Natur gestellt, das sich auf anomale Eigenschaften des Wassers bezieht:

(1) *Warum schwimmt Eis auf dem Wasser?*

Die richtige Auswahlantwort ist: *Weil Eis eine Kristallstruktur mit großen Hohlräumen ausbildet und daher eine geringere Dichte aufweist.*

Auch die zweite kontextbezogene Frage beschäftigt sich mit den anomalen Eigenschaften des Wassers und deren Bedeutung im Alltag. Das Item lautet:

(2) *Warum gefrieren Seen nicht bei genau 0°C?*

Die von den Versuchspersonen erwartete, richtige Antwort ist: *Weil das Wasser Salze enthält, die eine Gefrierpunktniedrigung verursachen* (siehe auch Anhang 2).

Die beiden fachbezogenen Fragen beziehen sich auf den Dipolcharakter des Wassermoleküls und auf die Wasserstoffbrückenbindung. Alle anomalen Eigenschaften des Wasser führen zurück auf den Dipolcharakter des Wassermoleküls und die Fähigkeit, Wasserstoffbrückenbindungen zu bilden. Die erste dieser fachbezogenen Fragen lautet:

(4) *Wasserstoffbrücken entstehen zwischen...?*

Die richtige Antwort ist Wassermolekülen. Die zweite Frage betrifft die Wirkung der Wasserstoffbrückenbindungen. So wird gefragt:

(5) *Aufgrund von Wasserstoffbrückenbindungen ...?*

Hier gibt es mehrere richtige Antworten: *Wasser ist eine teilweise geordnete Struktur, das Wasser hat eine sehr hohe Wärmekapazität und hat einen anomal hohen Siede- und Schmelzpunkt.*

6.3.2 Arbeitsblätter

Zur gelenkten Bearbeitung des Kapitel *Wasser* in der Internetvorlesung CHEMnet wurde jeder Versuchsperson ein Arbeitsblatt ausgehändigt. Es gibt zwei Typen von Arbeitsblättern: ein fachbezogenes für die Fachgruppe (siehe Anhang 3 und Abschnitt 6.2) und ein kontextbezogenes für die Kontextgruppe (siehe Anhang 4 und Abschnitt 6.2). Beide Arbeitsblätter umfassen acht Themen:

- (1) *Dipol;*
- (2) *Wasserstoffbrückenbindung;*
- (3) *Zustandsdiagramm des Wassers;*
- (4) *Verdampfungsenthalpie, Schmelzenthalpie und Erstarrungsenthalpie;*
- (5) *Wärmekapazität;*
- (6) *Dichte;*
- (7) *Oberflächenspannung;*
- (8) *Gefrierpunktserniedrigung und Siedepunktserhöhung.*

Diese Themen werden jedoch je nach Typ des Arbeitsblattes aus unterschiedlichen Blickwinkeln bearbeitet.

Das fachbezogene Arbeitsblatt besteht aus 12 Fragen. Es werden, ähnlich den Fachfragen im Vorwissenstest, ausschließlich „fachliche“ Fragen (siehe 6.3.1) gestellt. Beispiele sind:

Was versteht man unter einem Dipol?

Was zeigt das Zustandsdiagramm von Wasser an?

Kann es sein, dass Wasser bei 110 °C flüssig ist?

Das Arbeitsblatt, d. h. die Abfolge der Fragen, ist entsprechend der „Fachlogik“ aufgebaut, so dass die Bearbeitung dieses Arbeitsblattes die Navigation durch die Lerneinheit nach Hauptabschnitten (siehe Abschnitt 4.3) erfordert.

Das kontextbezogene Arbeitsblatt besteht im Gegensatz zum fachbezogenen Arbeitsblatt nicht aus einzelnen Fragen, sondern im Wesentlichen aus einem (fiktiven) Zeitungsbericht über eine Klassenreise nach Finnland. Zu diesem Bericht sollen acht kontextbezogene Fragen zum Thema Wasser bearbeitet werden. Beispielsweise:

Warum ist das Klima in Rovaniemi im Vergleich zu Shigansk so mild?

Warum schwitzen die Menschen in der Sauna?

Warum schwimmt Eis auf dem Wasser?

Wie überleben eigentlich die Wassertiere und Wasserpflanzen im Winter, wenn die Gewässer zugefroren sind?

Warum kann man auf Eis Schlittschuh laufen?

Das Arbeitsblatt ist entsprechend der Abfolge dieser Fragestellung innerhalb des Berichts aufgebaut. Die Fragen sind immer dann an den Rand des Berichts gestellt, wenn der Bericht die entsprechende Frage nahe legt (siehe auch Anhang 4). Die Fragen legen bei einer Bearbeitung dieses Arbeitsblattes die Navigation durch die Lerneinheit nach Haupt- und Nebenseiten nahe.

Die beiden Arbeitsblätter wurden so angelegt, dass mit beiden der gleiche Inhalt gelernt werden soll. Die unterschiedliche Anzahl an einzelnen Fragen ist durch die Strukturierung der Fragen bedingt, d. h., im fachbezogenen Arbeitsblatt tauchen z. T. zu einem Thema mehr Fragen auf als im kontextbezogenen Arbeitsblatt, es werden aber zur Beantwortung nicht mehr Kenntnisse verlangt.

6.3.3 Nachttest

Der Nachttest besteht aus zwei Teilen: einem allgemeinen Teil und einem Wissenstest. Der gesamte Test ist in Anhang 5 zu finden.

Im allgemeinen Teil werden Fragen zur Lernumgebung gestellt. Es sind insgesamt 44 Fragen vom Multiple-Choice-Typ mit vorgegebenen vierstufigem Antwortformat (*trifft zu*, *trifft weitgehend zu*, *trifft teilweise zu* und *trifft nicht zu*):

Die Fragen kann man in drei Gruppen einteilen:

1. Die erste Fragengruppe erfasst den fachlichen Bereich des Kapitels *Wasser*. Hier wird festgestellt, ob die fächerübergreifende Anlage des Kapitels genutzt wurde und ob die Benutzer mit dieser fächerübergreifenden Lernumgebung zurecht gekommen sind.

Insgesamt umfasst diese Gruppe 22 Fragen über chemische, biologische, physikalische, aktuelle und alltäglichen Inhalte, die im Kapitel *Wasser* zu finden sind. Beispiele für diese Fragengruppe sind (in Klammer ist die jeweilige Itemnummer angegeben):

(4) *Das Eingehen auf die Vorkenntnisse der Benutzer ist für mich ausreichend.*

(6) *Das Kapitel Wasser ist für mich inhaltlich zu leicht.*

(8) *Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich Chemie erwartet.*

[analoge Items (9) und (10) zum Fach *Biologie und Physik*]

(14) *Ich finde die unter Frage-Antwort gegebenen Informationen interessant.*

(17) *Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Biologie für verzichtbar.*

[analoge Items (18) und (19) zum Fach *Chemie und Physik*]

2. Ein wichtiger Teil der multimedialen Lernumgebung ist die Gestaltung, die Strukturierung und die Navigation. Die zweite Fragengruppe erfasst diese Aspekte speziell für das Kapitel *Wasser* im CHEMnet. Dort werden 17 Fragen über Abbildungen und Photos, zur Bildschirmaufteilung und Strukturierung des Textes und zur Navigation gestellt. Beispiel für die Fragengruppe sind:

(1) *Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt.*

(25) *Es sind zu viele Abbildungen in Kapitel Wasser.*

(31) *Die Bildschirmaufteilung im Kapitel Wasser ist übersichtlich.*

(32) *Die Struktur des Kapitels Wasser ist übersichtlich.*

3. Die dritte Fragegruppe umfasst die folgenden fünf Fragen zur allgemeinen Bewertung (Akzeptanz) des Kapitels *Wasser* und der Lernumgebung CHEMnet:

(35) *Ich halte das Kapitel Wasser für die Schule wichtig.*

(36) *Ich werde auch außerhalb der Schulzeit die Internetvorlesung CHEMnet besuchen.*

(37) *Ich will auch ein anderes Mal mit dem Computer im Chemieunterricht arbeiten.*

(38) *Es hat mir gefallen, mit dem Kapitel Wasser zu arbeiten.*

(39) *Ich will mehr über das Thema Wasser erfahren.*

Der zweite Teil des Nachtests dient der Erhebung des Wissens nach der Bearbeitung der Arbeitsblätter mit der Lernumgebung CHEMnet. Er beinhaltet elf Fragen. Davon sind vier fachbezogen, vier kontextbezogen und drei allgemein. Die Fragen werden zu acht Themen gestellt, die beide Gruppen in den Arbeitsblättern bearbeiten sollten (siehe Abschnitt 6.3.2). So haben die Versuchspersonen aus beiden Gruppen die gleichen Möglichkeiten, im

Wissenstest richtig zu antworten. Zu jeder Frage wurden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. In der Regel ist eine richtig und die anderen falsch.

Die fachbezogene Fragen beziehen sich auf die Fächer Chemie und Physik. So wird in der ersten fachbezogenen Frage nach der Definition der Verdampfungsenthalpie gefragt:

(3) *Wie ist Verdampfungsenthalpie definiert?*

Die richtige Antwort dazu lautet: *Sie gibt an, wie viel Wärme zugeführt werden muss, um die zwischenmolekularen Kräfte zu überwinden und einen flüssigen Stoff in den Gaszustand zu überführen.*

Die zweite Frage greift die anomalen Eigenschaften des Wassers auf:

(5) *Warum ist die Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu anderen Stoffen groß?*

Die richtige Antwort dazu lautet: *Weil nur ein Teil der zugeführten Wärme zur Erhöhung der Temperatur beiträgt. Der größte Teil der Energie wird für die Zerstörung der Wasserstoffbrückenbindungen aufgebraucht.*

Die nächste fachbezogene Frage beschäftigt sich mit der Lösung von Stoffen in Wasser. Die Frage lautet:

(6) *Um eine Gefrierpunktniedrigung des Wassers zu erreichen muss man einen Stoff hinzufügen, der...*

Die richtige Antwort ist, dass ein Stoff hingefügt werden muss, der einen höheren Dampfdruck als Wasser besitzt.

Die letzte fachbezogene Frage beschäftigt sich wieder mit den anomalen Eigenschaften des Wassers. So wird gefragt:

(8) *Warum ist das Wasser bei 4 °C am schwersten?*

Die richtige Antwort lautet: *Weil die Wassermoleküle bei 4°C so gebunden sind, dass sie am wenigsten Platz benötigen.*

Die erste kontextbezogene Frage beschäftigt sich mit der hohen Wärmekapazität des Wassers und speziell mit dem Einfluss der Weltmeere auf das Klima. So wird gefragt:

(2) *Warum ist es in Rostock im Winter wärmer und im Sommer kälter als in Ufa (in Russland), obwohl sich die beide Städte auf dem gleichen Breitengrad befinden?*

Die richtige Antwort dazu lautet: *Weil das Klima in Rostock maritimer ist als in Ufa. Wegen der großen Wärmekapazität des Wassers erwärmt sich das Meer im Sommer langsamer als*

die Luft und kühlt so auch die Luft ab. Im Winter wird aber das Wasser langsamer kalt als die Luft und gibt Wärme an die Luft ab.

Zur Beantwortung der zweiten kontextbezogenen Frage werden Kenntnisse zur Verdampfungsenthalpie benötigt. Die Frage lautet:

(7) *Warum schwitzen Menschen in der Sauna?*

Die richtige Antwort lautet: *Beim Verdunsten von Wasser wird Körperwärme verbraucht. Der Körper kühlt sich also ab, indem er Wasser (nämlich den Schweiß) in den Gaszustand überführt.*

Die nächste kontextbezogene Frage beschäftigt sich mit der Struktur des Wassers im festen Aggregatzustand:

(10) *Im Winter 1996 war es in Kiel so kalt, dass es möglich war, auf dem „Kleinen Kiel“ Schlittschuh laufen. Die Wasserorganismen haben trotzdem überlebt. Wie war es möglich?*

Die richtige Antwort dazu ist, dass *die Struktur von Eis größere Hohlräume aufweist als Wasser, weshalb Eis leichter ist als Wasser und daher darauf schwimmt. Die Eisdecke ist eine gute Wärmeisolation und verhindert so, dass das Wasser bis zum Teichboden gefriert.*

Die letzte kontextbezogene Frage beruht auf den Lösungseigenschaften des Wassers. So wird gefragt:

(11) *Warum werden die Straßen im Winter mit Salz gestreut?*

Die richtige Antwort ist, dass *die Zugabe des Salzes den Dampfdruck des Wassers erniedrigt und so auch den Gefrierpunkt der Lösungen.*

Neben diesen vier kontext- und vier fachbezogenen Fragen enthält der Wissenstests – ähnlich dem Vorwissenstest (siehe 6.3.1) – drei allgemeine Fragen zum Dipolcharakter des Wassers. Sie lauten:

(1) *Worauf beruhen die anomalen Eigenschaften des Wassers?*

(4) *Was versteht man unter dem Dipolcharakter des Wassermoleküls?*

(9) *Warum bilden sich im Wasser Molekülnetze aus?*

Die richtigen Antworten sind (zu 1) *auf dem Dipolcharakter des Wassermoleküls und auf den Wasserstoffbrückenbindungen*; (zu 4) *..., dass die Teilladungen im Wassermolekül an bestimmten Atomen lokalisiert sind* und (zu 9) *..., dass die Dipole des Wassers sich mit ihren entgegengesetzt geladenen Enden anziehen und so Wasserstoffbrückenbindungen bilden, so dass ein Molekülnetz entsteht.*

Ebenso wie für die allgemeinen Fragen des Vortests gilt, dass diese drei Items in den Analysen von den fachlichen und kontextbezogenen Items getrennt werden, da sie alle drei im Wesentlichen ein einziges und zwar allgemein-physikalisches Konzept und zwar das des Dipols. betreffen.

Ebenso wie beim Vortest gilt, dass Fragen und Auswahlantworten selbst entwickelt und mit einer Gruppe von Studenten mit Haupt- oder Nebenfach Chemie im ersten Semester (N= 19) vorerprobt wurden, da es zu diesem Thema keine vorgefertigten Tests gibt.

6.4 Verlaufsprotokolle

In der Internetvorlesung CHEMnet werden alle Zugriffe der Besucher auf die Inhalte (Seiten) in einer Datenbank erfasst. Für jeden Besucher entsteht ein sogenanntes Verlaufsprotokoll, in dem der Erkennungscode des Besuchers, Datum und Uhrzeit des Zugriffes, eine Liste nach Verlauf der Bearbeitung von Titeln der besuchten Seiten und die Dauer des Zugriffes pro Seite aufgezeichnet sind. Die nachfolgende Abbildung 6.2 zeigt exemplarisch das Verlaufsprotokoll eines Besuchers.

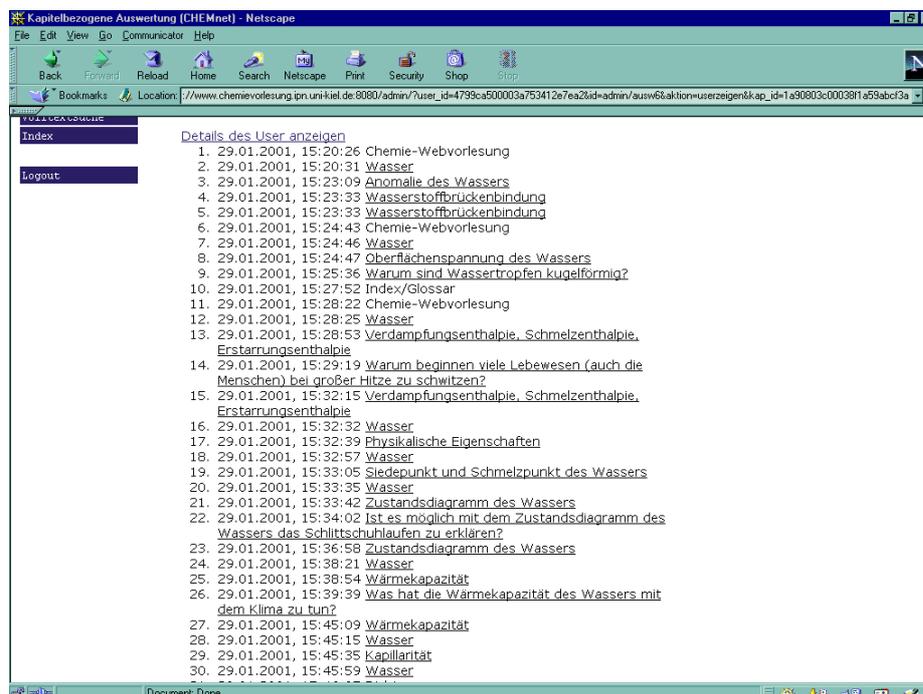


Abbildung 6.2: Verlaufsprotokoll eines Benutzers von CHEMnet

Verlaufsprotokolle von CHEMnet wurden bislang nicht systematisch ausgewertet. Zum einen liegt dies an dem insgesamt riesigen Datenumfang, der in einem einzigen Protokoll enthalten ist – wobei die individuellen Unterschiede ebenfalls sehr groß sind. Zum anderen gibt es weder eine Auswertungs-Programm für Verlaufsprotokolle auf dem Markt und auch kaum theoretische Ansätze, wie man aus der Datenmenge gezielt Informationen extrahieren kann. Es bleibt erstens die Auswertung auf eher oberflächlicher Ebene, zum Beispiel über die Berechnung von statistischen Kennwerten globaler Variablen, wie der Anzahl der besuchten Seiten oder der gesamten Besuchszeiten. Und es bleibt zweitens die qualitative Auswertung individueller und besonders interessanter (auffälliger, charakteristischer) Verlaufsprotokolle, d. h. Fallstudien.

Aus vorgebrachten Gründen werden auch in dieser Arbeit die Verlaufsprotokolle, die während der Durchführung der empirischen Studie erhoben wurden, nicht systematisch, d. h. für alle Versuchspersonen, ausgewertet, sondern es werden bis auf allgemeine Variablen nur die Verlaufsprotokolle von „extremen“ Versuchspersonen analysiert. Diese sind nach bestimmten Merkmalen ausgesucht; beispielsweise sollen die Protokolle von Personen:

- mit sehr hohem und sehr niedrigen Wissen nach dem Lernen mit dem Kapitel *Wasser*,
 - mit viel und mit wenig Computer- und Interneterfahrung,
 - mit extrem langen und mit extrem kurzen mittleren Aufenthaltszeiten pro Seite
- miteinander verglichen werden.

7 Ergebnisse

Im Kapitel 5 wurden die Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit formuliert und in Kapitel 6 wurden das empirische Untersuchungsdesign, die Versuchspersonenauswahl, Ablauf der empirischen Studie und Messinstrumente beschrieben. In diesem Kapitel sollen nun die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt und interpretiert werden, wobei sich der Aufbau des Kapitels an der Struktur des Kapitels 5 orientiert.

Im ersten Abschnitt (7.1) geht es um den Zusammenhang zwischen den zwei in dieser Arbeit unterschiedenen Lernumgebungen (fachlich vs. kontext-orientiert) und dem Lernerfolg.

Inwiefern der Lernerfolg davon abhängt, ob der Nutzer der Lerneinheit *Wasser* ein ausgeprägtes Interesse an der Chemie oder anderen Naturwissenschaften hat, wird im Abschnitt 7.2 diskutiert. Auch werden die Zusammenhänge zwischen Erfahrung im Umgang mit dem Computer und speziell dem Internet und Lernerfolg analysiert.

Die Lernumgebung CHEMnet als Ganzes ist ebenso wie das darin enthaltene Kapitel *Wasser* noch in der Entwicklung. Deswegen sind Aspekte, die zu einer Verbesserung der Lernumgebung führen könnten, von grossem Interesse. Im dritten Abschnitt (7.3) werden die empirischen Ergebnisse aus den evaluativen Anteilen der Fragebögen präsentiert. Insbesondere interessiert hier die Nutzerfreundlichkeit der Lerneinheit und in diesem Zusammenhang auch, ob die subjektive Bewertung der Lerneinheit mit dem Lernerfolg korreliert.

Der letzte Abschnitt (7.4) des vorliegenden Kapitels befasst sich schließlich mit einer qualitativen Analyse und Diskussion bestimmter Benutzertypen der Lerneinheit *Wasser*.

7.1 Zur ersten Forschungsfrage: Lernumgebung und Lernerfolg

In diesem Abschnitt geht es um den Zusammenhang zwischen der Art der Lernumgebung und dem Lernerfolg. In 7.1.1 werden die Ergebnisse bezüglich des Vorwissens, des Wissens nach dem Bearbeiten der Lerneinheit *Wasser*, der gesamten Lernzeit und der Anzahl der in dieser Lernzeit besuchten Hypertextseiten von Versuchspersonen, die in der fachlich orientierten Lernumgebung gelernt haben (sogenannte Fachgruppe). Analog befasst sich Abschnitt 7.1.2 mit den Ergebnissen der Versuchspersonen, die in der kontext-orientierten Lernumgebung

gelernt haben (sogenannte Kontextgruppe). Beide Gruppen werden im dritten Teil dieses Abschnitts miteinander verglichen, wobei auch Variablen, die den jeweiligen Lernerfolg einer Versuchsperson kennzeichnen, eingeführt werden.

7.1.1 Fachgruppe

Insgesamt 53 Versuchspersonen haben das Kapitel *Wasser* in der fachlich orientierten Lernumgebung bearbeitet. Davon waren 29 männlich und 24 weiblich. Die Versuchspersonen waren zwischen 16 und 19 Jahre alt; das mittlere Alter betrug $17,3 \pm 0,68$ Jahre.

Insgesamt haben sich die Versuchspersonen der Fachgruppe durchschnittlich 40,3 Minuten mit der Lerneinheit *Wasser* auseinandergesetzt. Die individuellen Unterschiede sind recht groß. So beträgt die maximale Differenz in der Bearbeitungszeit 59,6 Minuten ($T_{\min} = 13$ min und $T_{\max} = 72,6$ min). Innerhalb der je individuellen Bearbeitungszeit wurden im Mittel 17,4 unterschiedliche Seiten aufgerufen. Auch hier sind die individuellen Unterschiede sehr groß. So beträgt die geringste Anzahl der aufgerufenen Seiten 4 und die größte Anzahl 56.

Das Wissen der Versuchspersonen zum Thema Wasser vor dem Arbeiten mit der Lerneinheit wurde mit dem sechs Items umfassenden Vorwissenstest erhoben. In die folgende Auswertung sollen allerdings nur die vier Items einfließen, die einen engen fachlichen oder engen Kontext-Bezug haben (siehe Abschnitt 6.3.1). Der Abbildung 7.1 lässt sich entnehmen, dass keine Versuchsperson der Fachgruppe alle Fragen beantworten konnte. Das gegenteilige Ergebnis – keine richtige Antwort – haben lediglich vier Versuchspersonen (7,5 %) aufzuweisen. Die meisten Versuchspersonen (39,6 %) konnten zwei Fragen richtig beantworten. Der Vorwissenstest war also weder zu schwer noch viel zu leicht.

Unterscheidet man fachbezogene und kontextbezogene Items, so zeigt sich, dass die meisten Versuchspersonen eine fachbezogene Frage nicht beantworten konnten und unter den kontextbezogenen Fragen die Versuchspersonen in der Regel mindestens eine beantworten konnten.

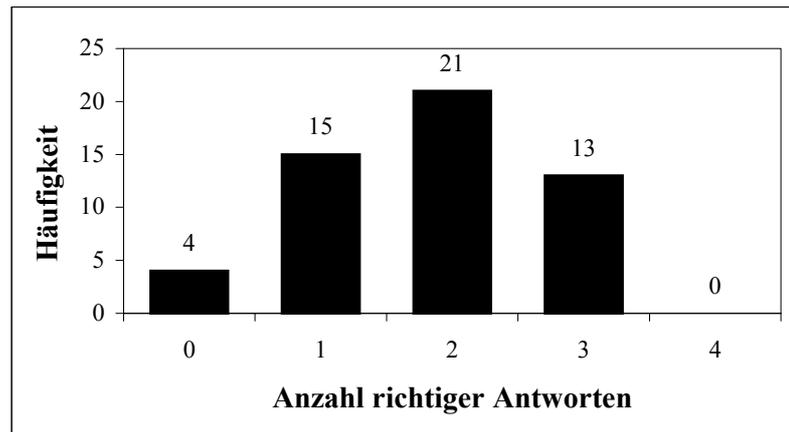


Abbildung 7.1: Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Vorwissenstest der Fachgruppe

Am „schwersten“ ist den Versuchspersonen aus der Fachgruppe eine fachliche Frage (Item VW5, siehe auch Anhang 2) gefallen. Nur eine Versuchsperson hat diese Frage richtig beantwortet. Dort wird nach Wirkung der Wasserstoffbrückenbindungen gefragt (siehe Anhang 2). Angemerkt sei, dass diese Frage sich von anderen Fragen des Tests dadurch unterscheidet, dass nur bei dieser Frage mehrere Antwortmöglichkeiten richtig sind.

Am „leichtesten“ fällt den Versuchspersonen eine kontextbezogene Frage (Item VW1). Hier wird nach Eigenschaften von Eis gefragt (siehe Anhang 2). Dies haben 41 Versuchspersonen (77,4%) richtig beantwortet.

Nach dem Bearbeiten der Lerneinheit wurde das Wissen der Versuchspersonen mit dem Wissenstest (siehe 6.3.3) erhoben. Insgesamt umfasste dieser Test elf Items, davon waren drei allgemein, vier fach- und vier kontextbezogen. Letztere acht Items werden im Folgenden ausgewertet. Die Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten kann man Abbildung 7.2 nehmen. Immerhin 15 Versuchspersonen (28,3 %) haben die maximale Anzahl (8) richtiger Antworten erreicht. Das Maximum der Verteilung liegt bei sieben richtigen Antworten.

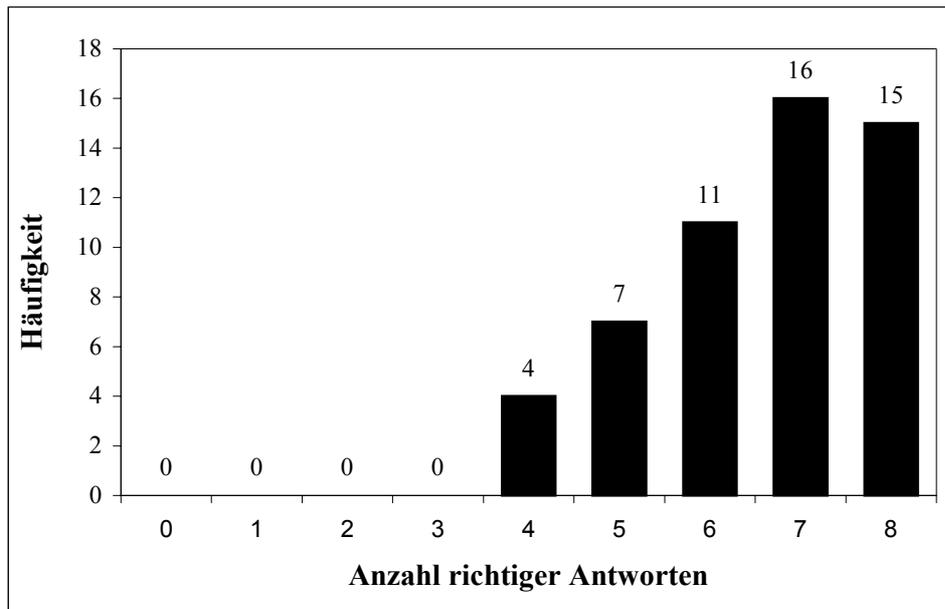


Abbildung 7.2: Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Nachttest der Fachgruppe

Unterscheidet man zwischen Fach- und Kontextfragen innerhalb des Wissenstests, so zeigt sich, dass immerhin 40 der 53 Versuchspersonen der Fachgruppe (75,5 %) alle Fachfragen richtig beantworten konnten (siehe Abb. 7.3), während keine Versuchsperson alle Fachfragen falsch beantwortet hat. Demgegenüber haben nur 16 Versuchspersonen (30,2 %) alle Kontextfragen richtig beantwortet; alle Kontextfragen falsch beantwortet hat nur eine Person.

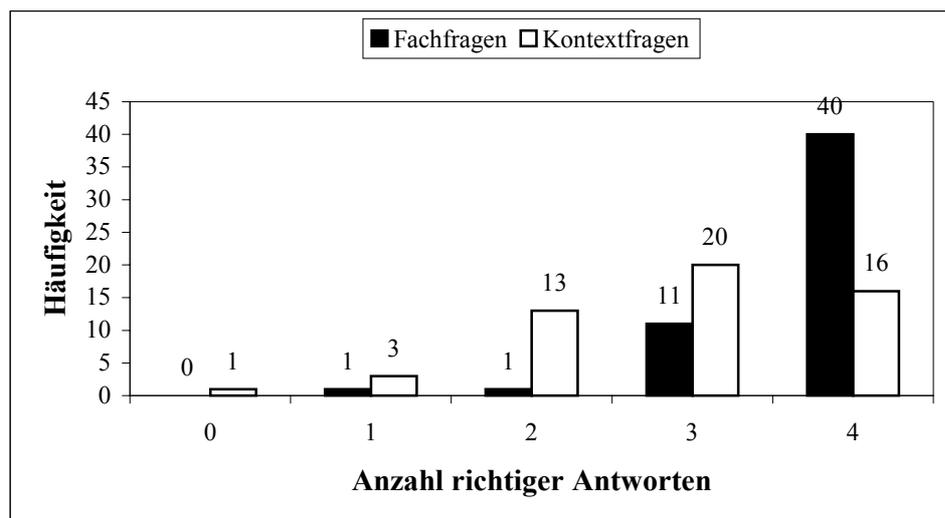


Abbildung 7.3: Häufigkeitsverteilung richtig beantworteter fachbezogener und kontextbezogener Fragen im Nachttest der Fachgruppe

Am „schwersten“ war eine kontextbezogene Frage (Item W11). Sie wurden von lediglich 30 Versuchspersonen (56,6 %) richtig beantwortet. Am „leichtesten“ sind die fachbezogenen Fragen. So haben fast alle Versuchspersonen die Items 3 (98,1 %), 8 (96,2 %) und 5 (94,3 %) richtig beantwortet (siehe auch Anhang 3).

7.1.2 Kontextgruppe

Das Kapitel *Wasser* in der kontext-orientierten Version der Lernumgebung haben 57 Versuchspersonen bearbeitet. Davon waren 28 männlich und 29 weiblich. Die Versuchspersonen waren 16 bis 20 Jahre alt; das Durchschnittsalter beträgt $17,4 \pm 0,86$ Jahre. Insgesamt haben sich die Versuchspersonen der Kontextgruppe durchschnittlich 41,1 Minuten mit der Lerneinheit *Wasser* auseinandergesetzt. Die individuellen Unterschiede sind recht groß. So beträgt die Abweichung in der Bearbeitungszeit 43,0 Minuten ($T_{\min} = 19,5$ min und $T_{\max} = 62,5$ min). Innerhalb dieser Bearbeitungszeit wurden im Mittel 35,4 Seiten aufgerufen. Auch hier sind die individuellen Unterschiede sehr groß. So beträgt die geringste Anzahl der aufgerufenen Seiten 9 und die größte Anzahl 76.

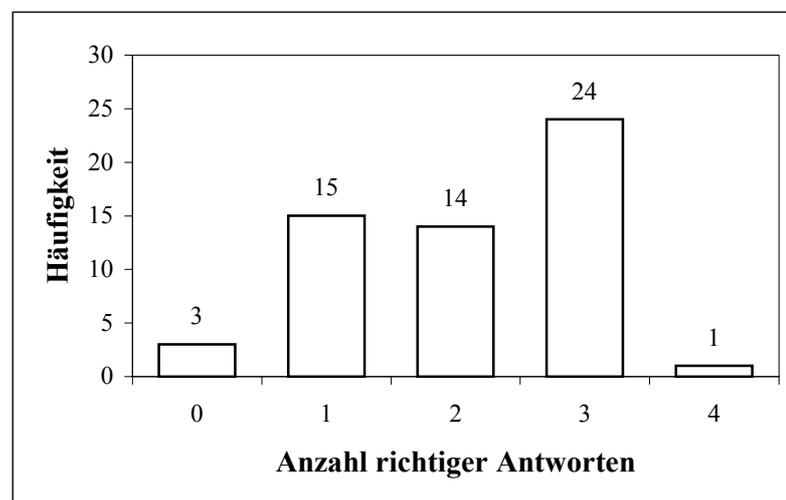


Abbildung 7.4: Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Vorwissenstest der Kontextgruppe

Wie man anhand der Abbildung 7.4 sehen kann, hat im Vorwissenstest nur eine einzige Person der Kontextgruppe alle Fragen richtig beantwortet. Keine Fragen konnten drei

Personen beantworten. Die Mehrzahl der Kontextgruppe (42,1 %) hat drei Fragen richtig beantwortet.

Unterscheidet man zwischen den zwei fachbezogenen und den zwei kontextbezogenen Fragen des Vorwissenstests, so zeigt sich, dass die Personen der Kontextgruppe entweder gar keine (35,1 %) oder nur eine einzige Fachfrage (63,2 %) richtig beantworten konnten. Dagegen beantworteten 35 Versuchspersonen (61,4 %) beide Kontextfragen richtig und nur elf Versuchspersonen (19,3 %) haben alle Kontextfragen falsch beantwortet.

Wie bei der Fachgruppe fällt den Versuchspersonen aus der Kontextgruppe eine fachbezogene Frage (Item WV5) am „schwersten“. Nur zwei Versuchspersonen konnten diese Frage richtig beantworten. Am „leichtesten“ war eine kontextbezogene (WV1) Frage. Bei dieser Frage geht es um die Eigenschaften von Eis (siehe Anhang 2) und wurde von 44 Versuchspersonen (77,2 %) richtig beantwortet.

Im Wissensteil des Nachtests haben acht Versuchspersonen alle Fragen richtig beantwortet (14,0 %). Meistens wurden sechs (26,3 %) oder sieben (28,1 %) richtige Antworten angegeben, wie der Abbildung 7.5 zu entnehmen ist. Alle Versuchspersonen konnten mindestens drei Fragen richtig beantworten.

Im Nachtest haben die Versuchspersonen der Kontextgruppe meistens drei der vier Fachfragen richtig beantwortet (38,6 %). Immerhin elf Personen (19,3 %) der Kontextgruppe konnten alle Fachfragen richtig beantworten und nur zwei Personen haben alle Fachfragen falsch beantwortet (3,5 %). Demgegenüber haben mehr als die Hälfte der Kontextgruppe alle vier Kontextfragen richtig beantwortet (59,6 %). Die übrigen Personen haben drei (33,3 %) oder zwei (7,0 %) Kontextfragen richtig beantwortet, d. h. alle Versuchspersonen haben mindestens zwei Kontextfragen richtig beantwortet (siehe auch Abb. 7.6).

Im Gegensatz zur Fachgruppe sind hier also die fachbezogenen Items am schwersten und die „leichtesten“ Items sind die kontextbezogenen Fragen. So haben fast alle Versuchspersonen das Item 7 (94,7 %), das Item 2 (91,2 %) und das Item 10 (87,7 %) richtig beantwortet (siehe auch Anhang 3).

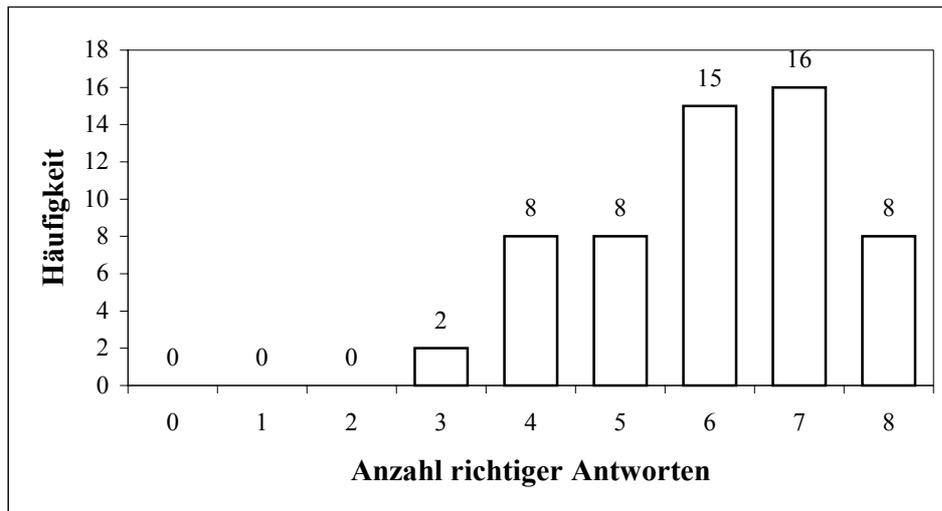


Abbildung 7.5: Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Nachtest der Kontextgruppe

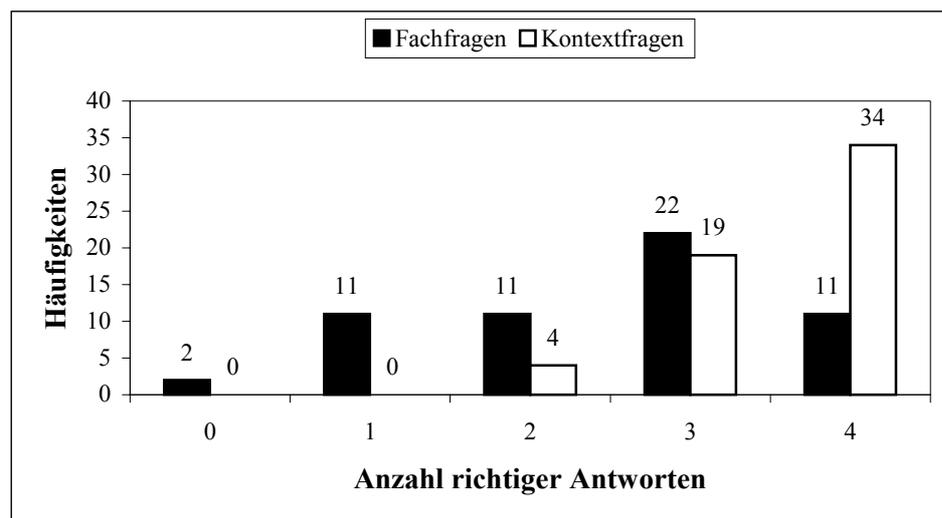


Abbildung 7.6: Anzahl richtig beantworteter fachbezogener und kontextbezogener Fragen im Nachtest der Kontextgruppe

7.1.3 Vergleich zwischen der Fach- und der Kontextgruppe

Die Versuchspersonen wurden nach dem Zufallsprinzip einer der beiden Gruppen, Fach- und Kontextgruppe, zugeordnet (siehe Abschnitt 6.2). Bezüglich der Anzahl (53 bzw. 57), des Geschlechterverhältnisses (29 m : 24 w bzw. 28 m : 29 w) und des mittleren Alters ($17,34 \pm 0,68$ bzw. $17,39 \pm 0,86$) sind beide Gruppe vergleichbar.

Die mittlere Lernzeit (Bearbeitungszeit der Arbeitsblätter) der Fach- und der Kontextgruppe betrug 40,3 bzw. 41,1 Minuten. Beide Gruppen haben sich also etwa die gleiche Zeit mit der Lerneinheit *Wasser* auseinandergesetzt.

Ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Versuchspersonengruppen findet sich in der Anzahl der besuchten Seiten. Während die Fachgruppe im Mittel 17,4 unterschiedliche Seiten des Kapitels *Wasser* in CHEMnet aufgerufen hat, besuchte die Kontextgruppe im Mittel etwa doppelt so viele (35,4) Seiten. D. h., die Fachgruppe hat im Durchschnitt jede aufgerufene Seite doppelt so lange (intensiv) studiert wie die Kontextgruppe. Tabelle 7.1 fasst einige deskriptive Ergebnisse zur Nutzung des Kapitels *Wasser* zusammen. Dabei ist anzumerken, dass sich die Auswertung der Seitennutzung nur auf den Teil der Stichprobe bezieht, für den Verlaufsprotokolle (siehe Abschnitt 6.4) vorliegen. Dies war aus technischen Gründen für 82 der 110 Versuchspersonen der Fall.

Gruppe	Zahl der Vpn	Mittlere Dauer (Min)			Zahl der Seiten			Mittlere Dauer pro Seite
		Insgesamt	Max.	Min.	Insgesamt	Max.	Min.	
Fachgruppe	40	40,3	72,6	13	17,4	56	4	2,3
Kontextgruppe	42	41,1	62,5	19,5	35,4	76	9	1,2

Tabelle 7.1: Vergleich von Fach- und Kontextgruppe bzgl. der Nutzung des Kapitels *Wasser*

Unterschiede im Vorwissen hinsichtlich der zentralen Tendenz („Mittelwert“) wurden aufgrund des hier vorliegenden Datenmaterials, d. h. des Skalenniveaus, mit dem t-Test äquivalenten non-parametrischen Mann-Whitney U-Test auf Signifikanz überprüft.

Es zeigte sich, dass im Vorwissenstest beide Gruppen ähnlich leistungsstark sind (siehe Tabelle 7.2), was durch die Anlage der Untersuchung auch erwünscht war. Sowohl was die Gesamtanzahl richtiger Antworten als auch was die Anzahl richtiger Antworten bei Kontext- oder Fachantworten angeht, gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede wie Mann-Whitney-U-Tests zeigen.

Beide Gruppen haben also nach diesem Test also die gleichen Lernvoraussetzungen und es ist daher möglich, die Wissenstestergebnisse nach dem Lernen mit dem Kapitel *Wasser* bzw. ein aus Vor- und Wissenstest abgeleitetes Lernerfolgsmaß (siehe unten) der beiden Gruppen miteinander zu vergleichen. Auch auf Item-Ebene sind die Gruppen vergleichbar.

Gruppe	Insgesamt	Fachfragen	Kontextfragen
Fachgruppe	1,81	0,57	1,25
Kontextgruppe	2,09	0,67	1,42

Tabelle 7.2: Mittlere Anzahl richtiger Antworten im Vorwissenstest

Ein Vergleich der Wissenstestergebnisse der beiden Gruppen zeigt in allen drei Variablen (Gesamtanzahl richtiger Antworten, Anzahl richtiger Fachantworten und Anzahl richtiger Kontextantworten), statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0,05$ Mann-Whitney-U-Tests). Die Fachgruppe zeigt die besseren Leistungen was die Beantwortung der Fachfragen angeht und analog zeigt die Kontextgruppe die besseren Leistungen bei den Kontextfragen. In der Summe dominiert der Unterschied bezüglich der Fachfragen, d. h. bzgl. der Gesamtanzahl ist die Fachgruppe signifikant besser als die Kontextgruppe. Ein deutlicher, inhaltlicher Effekt ist dieser Unterschied wohl kaum, da der Mittelwertsunterschied gerade etwas mehr als eine „halbe Antwort“ ($\Delta M = 0,55$) beträgt.

Gruppe	Insgesamt	Fachfragen	Kontextfragen
Fachgruppe	6,58	3,7	2,89
Kontextgruppe	6,04	2,51	3,53

Tabelle 7.3: Mittlere Anzahl richtiger Antworten im Wissenstest

Auf der Grundlage der Vortest- und der Wissenstestergebnisse lassen sich einfache Maße für den während der Bearbeitung des Kapitels *Wasser* erzielten individuellen Lernerfolg berechnen. Unterscheidet man noch zwischen Fach- und Kontextfragen in beiden Tests, so gehen folgende vier Variablen in die Berechnung dieser Maße ein:

V_f – Anzahl der im Vortest richtig beantworteten fachlichen Fragen,

V_k – Anzahl der im Vortest richtig beantworteten kontextbezogenen Fragen,

N_f – Anzahl der im Nachtest (Wissenstest) richtig beantworteten fachlichen Fragen,

N_k – Anzahl der im Nachtest (Wissenstest) richtig beantworteten kontextbezogene Fragen.

Die drei Lernerfolgsmaße, Gesamtlernerfolg und den Lernerfolg bzgl. Fach- bzw. Kontextfragen, sind dann folgendermaßen definiert:

Gesamter Lernerfolg: $L = (N_f + N_k) - (V_f + V_k)$

Fachlicher Lernerfolg: $L_f = N_f - V_f$

Kontextbezogener Lernerfolg: $L_k = N_k - V_k$

Aus der Abbildung 7.7 lassen sich die Verteilungen des Gesamtlernerfolgs der Fach- bzw. der Kontextgruppe entnehmen. Man sieht an den beiden Maxima der Verteilungen, dass für beide Gruppen deutliche Lernzuwächse zu verzeichnen sind. Der maximale Wert (8) des Gesamtlernerfolgs wurde jedoch von keiner der Versuchspersonen dieser Untersuchung erreicht. Andererseits hat jede Versuchsperson einen positiven Wert für den Lernerfolg, das heißt die Person war nach dem Bearbeiten des Kapitels *Wasser* in der Lage, mehr Fragen im Wissenstest richtig zu beantworten als im Vortest, wobei – zur Erinnerung – die Fragen des Wissenstest andere waren als im Vortest (siehe auch Anhang 2 und 4).

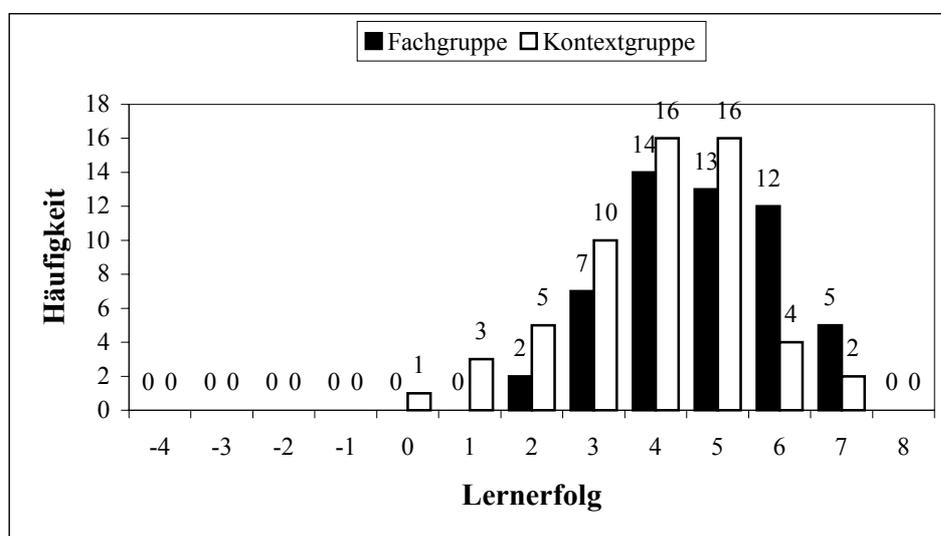


Abbildung 7.7: Gesamtlernerfolg von Fach- und Kontextgruppe

Der Unterschied zwischen Fach- und Kontextgruppe im Gesamtlernerfolg ist, wie beim Wissenstest, statistisch signifikant ($p < 0,05$, Mann-Whitney-U-Test). Jedoch auch hier handelt es sich wohl kaum um einen deutlichen inhaltlichen Unterschied, da die mittlere Differenz lediglich $\Delta M = 0,8$ beträgt.

Eine differenzierte Analyse nach dem Lernerfolg bzgl. der Fach- bzw. Kontextfragen führt zu ähnlichen Ergebnissen wie beim Wissenstest: Der fachliche Lernerfolg ist erwartungsgemäß bei der Fachgruppe höher als bei der Kontextgruppe und umgekehrt hat die Kontextgruppe höhere Lernerfolgswerte als die Fachgruppe. Beide Unterschiede sind statistisch signifikant, der mittlere Unterschied ist aber auch hier nicht sehr groß ($\Delta M_{\text{fach}}=1,3$; $\Delta M_{\text{kontext}}=-0,5$).

Die Ergebnisse zu den Leistungsmaßen in Abhängigkeit von der Gruppenbedingung (Fach- vs. Kontextgruppe) lassen sich also wie folgt zusammenfassen: Im Vorwissen unterscheiden

sich die Fachgruppe und die Kontextgruppe nicht, was aufgrund der Anlage der Untersuchung erwünscht war und sich hier statistisch bestätigen ließ. Bezüglich der Ergebnisse im Wissenstest, d. h. der Leistungen nach dem Lernen mit dem Kapitel *Wasser*, ergab sich ein differenzierteres Bild: statistisch signifikant bessere Leistungen zeigte die Fachgruppe bei den fachbezogenen Fragen und die Kontextgruppe bei den Kontextfragen des Wissenstests. In der Summe, d. h. bezogen auf den gesamten Test, zeigt die Fachgruppe signifikant bessere Leistungen. Die Analyse bezüglich des aus Vorwissen und Nachwissen abgeleiteten Wissensmaßes „Lernerfolg“ führt zu anlogem Ergebnisse wie die Analyse des Wissenstests. Inwieweit die statistisch signifikanten Unterschiede und zwar insbesondere die bezüglich der Gesamtleistungsmaße einen praktisch inhaltlich bedeutsamen Effekt darstellen, kann bezweifelt werden.

7.2 Lernerfolg, Computernutzung und Interessen

Im Rahmen des Vortests wurde neben dem Vorwissen auch mittels eines Fragebogens das Interesse der Versuchspersonen an den naturwissenschaftlichen Fächern und am Computer und die Computervorerfahrung erhoben (siehe Abschnitt 6.3). In den nachfolgenden Absätzen a) und b) werden im Wesentlichen deskriptive Ergebnisse zu den entsprechenden Items dargestellt. In letzten Absatz c) wird der Zusammenhang zwischen Lernerfolg und Interesse bzw. Lernerfolg und Computervorerfahrung diskutiert.

a) zum Interesse

Der nachfolgenden Tabelle 7.4 kann man die deskriptiven Ergebnisse zum Interesse der Versuchspersonen an den Fächern Chemie, Biologie und Physik sowie zum Interesse am Computer entnehmen. Es wird deutlich, dass die Interessendaten für alle vier Items breit streuen. Im Durchschnitt ist das Interesse an Chemie und an Biologie sehr hoch (Mittelwerte 2,18 bzw. 2,35) und es ist auch wesentlich größer als das Interesse an Physik ($M = 2,73$). Dies ist erwartungsgemäß, da die Versuchspersonen in der Regel einen Chemie- oder Biologiekurs und selten einen Physikkurs gewählt haben (siehe Abschnitt 6.1). Das Interesse an Computern ist unter den vier vorgegebenen Interessengebieten in der ausgewählten Stichprobe jedoch am größten. Der Mittelwert liegt bei 1,98 und fast 41% geben sogar den maximal möglichen Interessewert (1: „trifft zu“) an.

Item	N	M	SD	Verteilung der Werte (%)			
				1	2	3	4
18. Ich interessiere mich für Chemie.	110	2,18	0,98	30,9	29,1	30,9	9,1
19. Ich interessiere mich für Biologie.	110	2,35	0,94	21,8	32,7	34,5	10,9
20. Ich interessiere mich für Physik.	108	2,73	1,19	21,3	17,6	27,8	33,3
21. Ich interessiere mich für Computer.	109	1,98	0,94	40,9	22,7	31,8	3,6

Tabelle 7.4: Deskriptive Ergebnisse zum Interesse.

[Item: Itemnummer im Fragebogen und Itemformulierung; N: Anzahl der Versuchspersonen für die Antwortdaten vorliegen, M und SD: Mittelwert und Standardabweichung der Antwortdaten, Verteilung der Werte in %: Häufigkeitsangabe in % der Antwortmöglichkeiten 1: „trifft zu“, 2: „trifft weitgehend zu“, 3: „trifft kaum zu“ und 4: „trifft nicht zu“.]

Mit Mann-Whitney-U-Tests wurde überprüft, ob es Unterschiede zwischen der Fach- und der Kontextgruppe bezüglich der Interessenvariablen gibt. Dafür wird wegen der Zufallszuordnung der Versuchspersonen von einer Gleichheit zwischen den beiden Gruppen

ausgegangen, d.h. man will Gleichheit und nicht Verschiedenheit belegen. In solchen Fällen sollten die U-Tests nicht nur nicht signifikant werden, die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) sollte sogar mindestens größer als 0,2 sein (Bortz & Lienert, 1998). Da sich in allen Fällen $p > 0,4$ ergab, führte die Zufallszuordnung der Versuchspersonen auf die beiden Gruppenbedingungen („Fach“ vs. „Kontext“) also wie auch beim Vorwissen zu einer sehr guten Parallelisierung der beiden Gruppen.

b) zur Computervorerfahrung

Im Vortest wurde eine Vielzahl von Fragen zur Computer- und Internetnutzung gestellt. In die statistische Auswertung der Computervorerfahrung sind jedoch nicht alle eingegangen. Insbesondere fehlen die Items „Für welche Tätigkeiten nutzen Sie den Computer?“ und „Wo nutzen Sie das Internet“, da bei diesen mehrere Antwortmöglichkeiten gleichzeitig angekreuzt werden konnten (siehe Anhang 2). Diese Items lieferten qualitative Ergebnisse zur Computer- bzw. Internetnutzung. Wie erwartet ist das Spektrum der Nutzung sehr groß und betrifft vor allem in der Freizeitaktivitäten, wie Spiele. In Tabelle 7.5 sind die deskriptiven Ergebnisse zu den quantitativen Variablen zur Computervorerfahrung dargestellt.

Insgesamt kann man auf der Grundlage der Ergebnisse die Computervorerfahrung der untersuchten Stichprobe als sehr hoch bezeichnen. Immerhin 96,4% der Versuchspersonen besitzen einen Computer zu Hause. Sie geben an, über gute Computerkenntnisse zu verfügen (Item 13, $M = 2,27$) und sie geben im Durchschnitt an, dass es ihnen Spass bringt, mit dem Computer zu arbeiten (Item 14, $M = 1,87$). Auch die Nutzungsintensität des Computers ist sehr hoch: allein 40,9% nutzen den Computer mehrere Male in der Woche und sogar 35,5% nutzen ihn täglich (Item 12, $M = 4,03$). Gleiches gilt im übrigen für die Nutzung des Internets (Item 16, $M = 4,80$): 40,0% gehen mehrere Male in der Woche und 26,4% gehen täglich ins Internet. Auch in der Schule hat der Großteil der Stichprobe bereits mit dem Computer gearbeitet (Item 10, $M = 1,11$). Allerdings wurde nur von einer sehr kleinen Zahl von Versuchspersonen (3,6 %) vor der Studie CHEMnet benutzt. Eine Verfälschung der Ergebnisse durch unterschiedliche Vorkenntnisse in der Bedienung von CHEMnet kann also ausgeschlossen werden.

Bezüglich der Computervorerfahrung gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Kontext- und der Fachgruppe, wie Mann-Whitney-U-Tests zeigten ($p > 0,28$).

Also waren auch bezüglich dieser Variablen die Ausgangsvoraussetzung vor dem Lernen mit dem Kapitel *Wasser* für beide Gruppen gleich.

Item		N	M	SD	Verteilung der Werte
10.	Haben Sie schon in der Schule am Computer gearbeitet?	108	1,11	0,32	„Ja“: 88,9%, „Nein“: 11,1%
11.	Haben Sie Zuhause einen Computer?	110	1,04	0,19	„Ja“: 96,4%, „Nein“: 3,6%
12.	Wie oft benutzen Sie den Computer?	110	4,03	0,93	„Noch nie“: 0,0%, „Selten“: 9,1%, „Mehrere Male im Monat“: 14,5, „Mehrere Male i. d. Woche“: 40,9%, „Täglich“: 35,5%
13.	Ich kenne mich mit dem Computer gut aus.	110	2,27	0,96	„trifft zu“: 25,5%, „trifft weitgehend zu“: 31,8%, „trifft teilweise zu“: 32,7%, „trifft nicht zu“: 10,0%
14.	Mir macht es Spaß, mit dem Computer zu arbeiten.	110	1,87	0,87	„trifft zu“: 43,6%, „trifft weitgehend zu“: 26,4%, „trifft teilweise zu“: 29,1%, „trifft nicht zu“: 0,9%
16.	Wie häufig haben Sie bisher das Internet genutzt?	110	4,80	1,00	„Noch nie“: 0,9%, „Einmalig“: 0,0%, „Selten“: 10,0%, „Mehrere Male im Monat“: 22,7%, „Mehrere Male i. d. Woche“: 40,0%, „Täglich“: 26,4%
18.	Haben Sie vorher schon einmal die Internet-Vorlesung CHEMnet besucht?	110	1,97	0,21	„Ja“: 3,6%, „Nein“: 95,5%, „Kann mich nicht erinnern“: 0,9%

Tabelle 7.5: Deskriptive Ergebnisse zur Computervorerfahrung.

[Item: Itemnummer im Fragebogen und Itemformulierung; N: Anzahl der Versuchspersonen für die Antwortdaten vorliegen, M und SD: Mittelwert und Standardabweichung der Antwortdaten, Verteilung der Werte: Häufigkeitsangabe in % der Antwortmöglichkeiten, in Klammern Auswahlantwort.]

c) zur Abhängigkeit des Lernerfolgs vom Interesse und der Computervorerfahrung

Wie in den Absätzen a) und b) gezeigt, gibt es keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Interessen und in der Computervorerfahrung zwischen der Fachgruppe und der Kontextgruppe. Somit ist von einer Vergleichbarkeit der beiden Gruppen hinsichtlich der für den Lernerfolg relevanten Variablen auszugehen. Das Personenmerkmal Computervorerfahrung könnte jedoch einen großen Einfluß auf die individuell erzielten Leistungen beim Lernen mit dem multimedial gestalteten Kapitel *Wasser* haben.

Zur Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen Lernerfolg und Interessen und eines Zusammenhangs zwischen Lernerfolg und Computererfahrung wurden daher zwischen der in Abschnitt 7.1 eingeführten Variablen „gesamter Lernerfolg“ und den in diesem Abschnitt in den Absätzen a) und b) eingeführten Variablen Korrelationstests durchgeführt. Aufgrund des vorliegenden Skalenniveaus der Variablen wurden Kendalls-Tau-b-Korrelationen berechnet, die das non-parametrische Äquivalent zu Pearson-Korrelationen bei Vorliegen von rangskalierten Variablen sind.

Es zeigten sich keinerlei statistisch signifikanten Korrelationen. Das Signifikanzniveau p war in allen untersuchten Fällen größer als 0,098 und lag in der Regel um 0,35. Da bis auf die Items 10, 11 und 18 die Varianz der betrachteten Variablen gemessen an den jeweiligen Skalenteilung relativ groß sind, können diese Nullkorrelation nicht auf fehlende Varianz der Variablen zurückgeführt werden. D.h., es konnten keine Anzeichen dafür gefunden werden dass ein größeres Interesse an einem naturwissenschaftlichen Fach oder ein größeres Interesse an Computern oder aber umfangreichere Computerkenntnisse mit dem erzielten Lernerfolg zusammenhängen.

7.3 Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser*

Von den Versuchspersonen wurde mittels eines Fragebogens ihre Meinung über die Lernumgebung *Wasser* eingeholt (siehe auch Abschnitte 5.3, 6.3 und Anhang 5). Damit wurde das Ziel verfolgt, Informationen zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Lernumgebung CHEMnet und auch des Kapitels *Wasser* zu erhalten. Die Auswertung dieser Daten befindet sich im Abschnitt 7.3.1. Ob die Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser*, die nach dem Lernen mit der entwickelten Lernumgebung erfragt wurde, von der Gruppenbedingung, unter der gelernt werden sollte (Fach- und Kontextgruppe) oder eventuell von der Leistung einer Versuchsperson abhängt (siehe auch Abschnitt 5.3), waren weitere Ziele dieser Befragung. Die Ergebnisse dieser Analysen sind im Abschnitt 7.3.2 dargestellt.

7.3.1 Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* für die Gesamtstichprobe

Die Fragebogendaten zur Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* sollen in diesem Abschnitt für die Gesamtstichprobe, d. h. zum Beispiel unabhängig von der Gruppenbedingung unter der die Versuchspersonen mit der Lernumgebung gearbeitet haben, analysiert werden.

Die Items des Fragebogens zur Bewertung und Akzeptanz könnten nach inhaltlichen Gesichtspunkten in drei Gruppen geteilt werden:

- Items die auf fachliche Aspekte des Kapitels *Wasser* abzielen,
- Items, die die Anlage der Lernumgebung (also z. B. Gestaltung, Strukturierung, Navigation) betreffen und
- Items, die eine allgemeine Bewertung von CHEMnet oder des Kapitels und des Themas *Wasser* betreffen.

Zu fachlichen Aspekten des Kapitels *Wasser* wurden insgesamt 17 Fragen gestellt. Die Itemformulierungen und die deskriptiven Ergebnisse zu diesen Items sind in der Tabelle 7.6 aufgeführt. Fast alle Versuchspersonen haben die Items beantwortet; lediglich 1-2 Vpn. je Items haben gar keine Antwort gegeben. Der Grund warum in Tabelle 7.6 die Anzahl der Versuchspersonen N zum Teil deutlich unter 110, dem Umfang der Gesamtstichprobe, liegt,

ist durch die Antwortmöglichkeit 5: „habe die Seite nicht besucht“ für einige der Items bedingt (siehe Anhang 5). Beispielsweise haben insgesamt 89 der 110 Versuchspersonen während des Lernens mit dem Kapitel *Wasser* niemals die unter der „Eselbrücke“ gegebenen Informationen genutzt.

Das Kapitel *Wasser* hat die Versuchspersonen offensichtlich weder überfordert noch unterfordert. Die entsprechenden Items 6, 20, 21 und 22 wurden relativ eindeutig bewertet und zwar derart, dass das Kapitel *Wasser inhaltlich zu leicht* sei, trifft kaum zu (Mittelwert 3,3) und dass die biologischen, chemischen oder physikalischen Inhalte *zu schwer* gewesen seien, trifft ebenfalls kaum zu (siehe Tabelle 7.6). Obwohl CHEMnet und damit auch das Kapitel *Wasser* für den Hochschulbereich entwickelt wurde, scheint – zumindest letzteres – nach den subjektiven Bekundungen der Nutzer aus der gymnasialen Oberstufe auch in der Schule einsetzbar zu sein. Die objektiveren Leistungsmaße, die in Abschnitt 7.1 diskutiert wurden, bestätigen dies, da ein deutlicher Lernerfolg für fast alle Versuchspersonen gezeigt werden konnte.

Das Kapitel *Wasser*, wie das gesamte CHEMnet, beinhaltet eine Vielzahl zusätzlicher Angebote, wie Zusatzinformation, Eselsbrücke, Frage-Antwort, Vertiefungen in Chemie, Physik und Biologie (siehe auch Kapitel 4). Insgesamt haben die Versuchspersonen dieser Studie diese Zusatzangebote selten genutzt, in der Regel weniger als die Hälfte der Gesamtstichprobe. Zum Großteil lässt sich dies sicherlich durch die spezifische Gestaltung der Arbeitsblätter begründen, für die die Nutzung vor allem der Haupt- und Nebenseiten erforderlich und oft auch ausreichend ist. Versuchspersonen, die die Zusatzangebote genutzt haben, bewerten die dort gebotenen Inhalte sehr positiv. So finden sie die unter Frage-Antwort Seiten gegebenen Informationen interessant (Item 14, Mittelwert 1,6). Die zusätzlichen Informationen aus den Bereichen Biologie, Physik und Chemie halten die Besucher dieser Seiten jeweils für wichtig (Items 17, 18, 19, Mittelwert zwischen 3,45 und 3,74)

Das Kapitel *Wasser* entspricht den Erwartungen von Versuchspersonen. Sie haben allgemein nicht mehr Information aus den Bereichen Chemie, Physik oder Biologie erwartet, als in der Lernumgebung bereitgestellt wird (Items 7, 8, 9). Auch die spezifischer fragenden Items 10 und 11 nach dem Bedarf nach mehr alltäglichen oder aktuellen Informationen über das Thema Wasser wird deutlich verneint, d. h. die Lernumgebung stellt auch diesbezüglich ausreichende

Informationen zur Verfügung. Andererseits werden die Versuchspersonen nach ihren Angaben nicht mit überflüssigen Informationen konfrontiert (Item 12, Mittelwert 3,5).

Item		N	M	SD	Verteilung der Werte (%)			
					1	2	3	4
6.	Das Kapitel <i>Wasser</i> ist für mich inhaltlich zu leicht	110	3,25	0,79	2,7	13,6	40,0	43,6
7.	Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich der Chemie erwartet	110	3,48	0,86	6,4	5,5	21,8	66,4
8.	Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich der Biologie erwartet	110	3,63	0,75	3,6	5,5	15,5	75,5
9.	Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich der Physik erwartet	108	3,68	0,72	2,7	6,4	10,9	78,2
10.	Das Kapitel <i>Wasser</i> bietet zu wenig Bezüge zu aktuellen Fragestellungen	109	3,53	0,65	1,8	2,7	35,5	59,1
11.	Das Kapitel <i>Wasser</i> bietet zu wenig Bezüge zu alltäglichen Fragestellungen	110	3,50	0,79	4,5	4,5	27,3	63,6
12.	Viele Information halte ich für überflüssig	110	3,62	0,68	2,7	2,7	24,5	70,0
13.	Die Zusatzinformationen im Kapitel <i>Wasser</i> halte ich für überflüssig	45	3,51	0,84	2,7	0,9	10,0	27,3
14.	Ich finde die unter Frage-Antwort gegebenen Informationen interessant	68	1,60	0,79	35,5	16,4	9,1	0,9
15.	Ich finde die unter Eselsbrücke gegebenen Informationen hilfreich	21	2,24	0,77	3,6	7,3	8,2	80,9
16.	Ich finde die unter Schon gelesen gegebenen Information für überflüssig	54	3,41	0,88	2,7	4,5	11,8	30,0
17.	Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Biologie für verzichtbar	45	3,49	0,82	2,7	12,7	25,5	59,1
18.	Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Chemie für verzichtbar	53	3,74	0,52	1,8	9,1	37,3	51,8
19.	Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Physik für verzichtbar	47	3,45	0,69	0,9	1,8	17,3	22,7
20.	Die chemischen Inhalte sind für mich zu schwer	110	3,52	0,66	1,8	3,6	35,5	59,1
21.	Die biologischen Inhalte sind für mich zu schwer	77	3,58	0,69	1,8	2,7	18,2	47,3
22.	Die physikalischen Inhalte sind für mich zu schwer	83	3,48	0,70	1,8	3,6	26,4	43,6

Tabelle 7.6: Deskriptive Ergebnisse zu fachlichen Aspekten des Kapitels *Wasser*.

[Item: Itemnummer im Fragebogen und Itemformulierung; N: Anzahl der Versuchspersonen für die Antwortdaten vorliegen, M und SD: Mittelwert und Standardabweichung der Antwortdaten, Verteilung der Werte in %: Häufigkeitsangabe in % der Antwortmöglichkeiten 1: „trifft zu“, 2: „trifft weitgehend zu“, 3: „trifft teilweise zu“ und 4: „trifft nicht zu“.]

Der Itemkomplex zur Anlage des Kapitels *Wasser* besteht aus insgesamt 13 Fragen, die die Strukturierung, die Gestaltung und die Navigation betreffen (siehe Tabelle 7.7).

Item		N	M	SD	Verteilung der Werte (%)			
					1	2	3	4
1.	Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt	110	3,72	0,58	0,9	3,6	18,2	77,3
3.	Ich finde in dem Kapitel <i>Wasser</i> die gesuchte Information	110	1,21	0,45	80,9	17,3	1,8	0,0
23.	Die Abbildungen im Kapitel <i>Wasser</i> helfen die fachlichen Inhalte zu verstehen	109	1,49	0,70	62,7	24,5	11,8	0,0
24.	Die Photos im Kapitel <i>Wasser</i> sind hilfreich, um die fachlichen Inhalte zu verstehen	106	1,73	0,82	47,3	31,1	17,9	1,9
25.	Es sind zu viele Abbildungen im Kapitel <i>Wasser</i>	109	3,92	0,31	0,9	6,4	91,7	0,9
26.	Es sind zu viele Photos im Kapitel <i>Wasser</i>	108	3,92	0,36	0,9	5,5	92,7	0,9
31.	Die Bildschirmaufteilung im Kapitel <i>Wasser</i> ist übersichtlich	110	1,33	0,66	75,0	18,5	4,6	1,9
32.	Die Struktur des Kapitels <i>Wasser</i> ist übersichtlich	108	1,22	0,46	78,9	18,3	1,8	0,0
34.	Inhaltsverzeichnis ist sehr hilfreich	99	1,30	0,56	67,3	18,2	4,5	10,0
35.	Index ist sehr hilfreich	75	1,43	0,72	47,3	13,6	6,4	0,9
36.	Kapitel-Übersicht ist sehr hilfreich	100	1,27	0,57	71,6	16,5	2,8	0,9
37.	Volltextsuche ist sehr hilfreich	38	1,55	0,83	21,8	7,3	4,5	0,9
38.	Hilfe ist sehr hilfreich	25	1,72	1,06	13,8	4,6	1,8	2,8

Tabelle 7.7: Deskriptive Ergebnisse zu der Anlage der Lernumgebung Kapitel *Wasser*.

[Item: Itemnummer im Fragebogen und Itemformulierung; N: Anzahl der Versuchspersonen für die Antwortdaten vorliegen, M und SD: Mittelwert und Standardabweichung der Antwortdaten, Verteilung der Werte in %: Häufigkeitsangabe in % der Antwortmöglichkeiten 1: „trifft zu“, 2: „trifft weitgehend zu“, 3: „trifft teilweise zu“ und 4: „trifft nicht zu“.]

Die Versuchspersonen sind offenbar mit der Bedienung der Lernumgebung sehr gut zurecht gekommen. Sie haben kaum Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt (Item 1, Mittelwert 3,72) und finden die gesuchten Information (Item 3, Mittelwert 1,21). Die Struktur des Kapitels wird als sehr übersichtlich empfunden (Item 32, Mittelwert 1,22).

Die Gestaltung des Kapitels ist auch recht gut angekommen. Kritische Stimmen finden sich nur vereinzelt. Die Bildschirmaufteilung ist offenbar übersichtlich (Item 31) es sind nicht zu viele – und dann unter Umständen störende – Abbildungen und Photos im Kapitel *Wasser*

vorhanden (Items 25, 26) und die Abbildungen und Photos, die in der Lernumgebung enthalten sind, werden als hilfreich beim Verstehen der fachlichen Inhalte angesehen (Items 23, 24). Allgemeine Navigationselemente, die nicht spezifisch für das Kapitel *Wasser* sind, sondern für das gesamte CHEMnet gelten, wie Inhaltsverzeichnis, Index, Kapitelübersicht u. a. erweisen sich nach Meinung der Versuchspersonen als sehr hilfreich beim Lernen mit dem Hypermedium (Items 34, 35, 36, 37, 38, Mittelwerte zwischen 1,30 und 1,72).

Item		N	M	SD	Verteilung der Werte (%)			
					1	2	3	4
39.	Ich halte das Kapitel <i>Wasser</i> für die Schule für wichtig	109	1,66	0,72	47,3	39,1	11,8	0,9
40.	Ich werde auch außerhalb der Schulzeit die Internetvorlesung CHEMnet besuchen	110	2,63	1,07	21,8	17,3	37,3	23,6
41.	Ich will auch ein anderes Mal mit dem Computer im Chemieunterricht arbeiten	108	1,42	0,86	75,5	10,0	7,3	5,5
42.	Es hat mir gefallen, mit dem Kapitel <i>Wasser</i> zu arbeiten	110	1,45	0,63	62,7	30,0	7,3	0,0
43.	Ich will mehr über das Thema Wasser erfahren	110	2,96	0,84	9,1	28,2	47,3	15,5

Tabelle 7.8: Deskriptive Ergebnisse zur generellen Aspekten des Kapitels Wasser.

[Item: Itemnummer im Fragebogen und Itemformulierung; N: Anzahl der Versuchspersonen für die Antwortdaten vorliegen, M und SD: Mittelwert und Standardabweichung der Antwortdaten, Verteilung der Werte in %: Häufigkeitsangabe in % der Antwortmöglichkeiten 1: „trifft zu“, 2: „trifft weitgehend zu“, 3: „trifft teilweise zu“ und 4: „trifft nicht zu“.]

Zu allgemeinen Bewertung des Kapitels Wasser wurden fünf Fragen gestellt (siehe Tabelle 7.8). Die Ergebnisse sind sehr positiv ausgefallen. Das Arbeiten mit dem Computer im Unterricht und eine multimediale Internetvorlesung als Lernmedium wurde von Versuchspersonen offenbar begrüßt: 85,5 % der Versuchspersonen wollen auch ein anderes Mal im Chemieunterricht mit dem Computer arbeiten (Item 41, Mittelwert 1,42) und 92,7 % der Versuchspersonen hat speziell das Arbeiten mit dem Kapitel *Wasser* gefallen (Item 42, Mittelwert 1,45) und 86,4 % der Versuchspersonen hält das Thema Wasser für die Schule für wichtig (Item 39, Mittelwert 1,66). Trotz dieser positiven Rückmeldungen sind sich die Versuchspersonen uneinig, was einen erneuten Besuch von CHEMnet ausserhalb der Schulzeit angeht (Item 40): Jeweils etwa ein Fünftel antwortet auf diese Item mit „Trifft zu“ oder „Trifft nicht zu“ und insgesamt wird wohl in der Tendenz nicht in der Freizeit oder zum Lernen zu Hause auf die CHEMnet Seiten „gesurft“.

Die Ergebnisse müssen sicherlich mit Bedacht interpretiert werden. Mehrere Effekte können verzerrende Einflüsse haben. Dazu gehört, dass Versuchspersonen auch nach Zusicherung der Anonymität sozial erwünscht antworten können. Auch kann eine negative Antwort zu dem zuletzt diskutierten Item nach einem erneuten Besuch CHEMnets durch eine Vielzahl von guten Gründen bedingt sein, die überhaupt nichts mit CHEMnet selbst zu tun haben. So zum Beispiel ein fehlender Computer zu Hause oder ein zu teurer Internetanschluß.

7.3.2 Zur Abhängigkeit der Bewertung und der Akzeptanz des Kapitels *Wasser* von der Gruppenbedingung, der Computervorerfahrung und dem Lernerfolg

In diesem Abschnitt soll differenzierter als im vorangegangenen die Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* untersucht werden, d. h. statt der Gesamtstichprobe werden die Fach- und die Kontextgruppe separat untersucht. Außerdem wird diskutiert, ob es einen Zusammenhang zwischen der Bewertung und dem Lernerfolg sowie der Bewertung und der Computervorerfahrung gibt. Da die Varianzen in den einzelnen Items zur Bewertung und Akzeptanz für die Gesamtstichprobe sich als relativ klein erwiesen haben (siehe Abschnitt 7.3.1), werden die nachfolgenden Analysen auch nur geringe Effekte zeigen können.

a) zur Gruppenbedingung

Es wurden in dieser Arbeit zwei unterschiedliche Lernumgebungen realisiert, die verschiedene Wege der Bearbeitung des Kapitels *Wasser* bedingen (siehe Kapitel 4). Damit ist auch zu erwarten, dass Unterschiede in der Bewertung und Akzeptanz in Abhängigkeit von der Fach- und der Kontextgruppe vorkommen.

Mann-Whitney-U-Tests zeigen unter den insgesamt 44 Bewertungs- und Akzeptanzitems lediglich bei sieben Items signifikante Unterschiede an. Die betreffenden Items sind zusammen mit der Signifikanzwahrscheinlichkeit und den Mittelwerten der Fach- und der Kontextgruppe in Tabelle 7.9 dargestellt.

Die größten, signifikanten Unterschiede betreffen Items zur Navigation (Items 1, 3, 32, 34). Zwar kommen fast alle unabhängig von der Gruppenbedingung mit der Navigation zurecht, doch scheinen – auf einem hohen Niveau – die Personen der Fachgruppe etwas weniger

Schwierigkeiten gehabt zu haben als die Kontextgruppe. Personen der Kontextgruppe äußern sich etwas kritischer als Personen der Fachgruppe zu den Items *Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt* (Item 1), *Ich finde in dem Kapitel Wasser die gesuchte Information* (Item 3), *Die Struktur des Kapitels Wasser ist übersichtlich* (Item 32) und *Inhaltsverzeichnis* (Item 34). Die Unterschiede sind zwar signifikant, aber nicht besonders groß. Der größte betrifft das Item 1 und beträgt $\Delta M = 0,43$. Möglicherweise lassen sich diese Resultate allein dadurch erklären, dass der Fachgruppe eine Lernumgebung bereitgestellt wurde, die einer ihrer üblichen Lernumgebungen, dem Lernen aus einem Buch, sehr nahe kam und ihre Aufgabe darin bestand, bestimmte Fachinformationen zu suchen. Die Kontextgruppe stand hingegen vor einer ungewohnten, vernetzten Struktur, in der gezielt Informationen zu mehreren Problemen gesucht werden sollten.

Item		Fach- gruppe (M)	Kontext- -gruppe (M)	Mann-Whitney- U-Test (Signifikanz p)
1.	Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt	3,94	3,51	0,000
3.	Ich finde in dem Kapitel <i>Wasser</i> die gesuchte Information	1,06	1,35	0,001
16.	Ich finde die unter „Schon gelesen“ gegebenen Information für überflüssig	3,63	3,13	0,029
22.	Die physikalischen Inhalte sind für mich zu schwer	3,63	3,38	0,043
32.	Die Struktur des Kapitels <i>Wasser</i> ist übersichtlich	1,11	1,33	0,020
34.	Inhaltsverzeichnis	1,18	1,43	0,012
39.	Ich halte das Kapitel <i>Wasser</i> für die Schule für wichtig	1,83	1,51	0,030

Tabelle 7.9: Unterschiede in der Bewertung und Akzeptanz in Abhängigkeit von der Gruppenbedingung (Fach- und Kontextgruppe).

Die übrigen drei Items, bei denen zwischen Fach- und Kontextgruppe signifikante Unterschiede auftreten, betreffen fachliche Aspekte und einen generellen Aspekt. So findet die Kontextgruppe die physikalischen Inhalte schwerer (Item 22) und hält die unter „Schon gelesen“ gegebenen Information für weniger wichtig (Item 16) als die Fachgruppe. Auch findet die Kontextgruppe das Kapitel *Wasser* für die Schule wichtiger als die Fachgruppe (Item 39). Bei diesen Items gilt wie bei den anderen vier signifikanten, dass die Unterschiede sehr klein sind und schwerlich als inhaltliche Effekte interpretierbar erscheinen.

b) zur Computervorerfahrung und zum Lernerfolg

Abhängig davon, wie umfangreich die Erfahrung einer Versuchsperson mit Computern oder Internet ist, können sich beispielsweise Schwierigkeiten in der Navigation innerhalb der Lernumgebung einstellen und sich damit schlechtere Bewertungen beziehungsweise eine geringere Akzeptanz des Kapitels Wasser ergeben. Auch könnte der Erfolg in den Leistungstests zu unterschiedlichen Bewertungen führen und dies auch dann, wenn - wie in dieser Studie- den Versuchspersonen die Testergebnisse vor Beendigung der gesamten Studie nicht bekannt gegeben werden.

Für die Überprüfung eventueller Zusammenhänge wurden zunächst Korrelationstests durchgeführt. Dazu wurden nicht alle Items der Bewertungs-/Akzeptanzskala herangezogen, sondern nur einige, besonders aussagekräftige und zwar:

1: *Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt*

3: *Ich finde in dem Kapitel Wasser die gesuchte Information*

41: *Ich will auch ein anderes Mal mit dem Computer im Chemieunterricht arbeiten*

42: *Es hat mir gefallen, mit dem Kapitel Wasser zu arbeiten*

Weiterhin wurden sämtliche in Abschnitt 7.1 eingeführten globalen Leistungsmaße *gesamte Punktzahl im Vorwissenstest*, *gesamte Punktzahl im Wissenstest* und *gesamter Lernerfolg* bezogen auf die Summe der richtig beantworteten Fach- und Kontextfragen verwendet und drei Variablen zu Computer- und Interneterfahrungen (siehe auch Abschnitt 7.2):

9: *Wie oft benutzen Sie den Computer*

10: *Ich kenne mich mit dem Computer gut aus*

11: *Mir macht es Spaß, mit dem Computer zu arbeiten*

Zur Überprüfung eines korrelativen Zusammenhangs wurden aufgrund des vorliegenden Skalenniveaus der Variablen Kendalls-Tau-b-Korrelation berechnet.

Es zeigten sich nur vereinzelt statistisch signifikante Korrelationen zwischen Items der Bewertungs- und Akzeptanzskala und den Leistungsvariablen bzw. den Variablen zur Computernutzung. Die Höhe dieser signifikanten Korrelation ist allerdings so klein ($r_{\min} = 0,166$ und $r_{\max} = -0,283$), dass sie als unbedeutend angesehen werden können (Bortz & Lienert, 1998). Inhaltlich kennzeichnen die signifikanten Korrelationen erwartungsgemäße Zusammenhänge der Art „Je umfangreicher die Computerkenntnisse, desto weniger Schwierigkeiten mit der Navigation traten auf ($r = 0,231$).“.

Es wurden weiterhin Unterschiede in der zentralen Tendenz („Mittelwertsunterschiede“) in den Leistungsvariablen und den Variablen zur Computervorerfahrung in Abhängigkeit von der Bewertung des Kapitels *Wasser* untersucht. Dazu wurde die Gesamtstichprobe in zwei Gruppen unterteilt. Der einen Gruppe hat das Kapitel *Wasser* gefallen (Antwort „trifft zu“, $N = 69$) und die andere Gruppe besteht aus Personen, die nicht den maximalen Zustimmungswert zu dem Item 42 gegeben hat ($N = 41$). Auch diese Analyse führte in keinem Fall zu einem signifikanten Ergebnis (Mann-Whitney-U-Tests, $p > 0,07$).

Weder ein starker Zusammenhang zwischen der Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* und Leistungsmaßen noch ein Zusammenhang zwischen der Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* und der Computervorerfahrung konnte in dieser empirischen Untersuchung gefunden werden.

7.4 Verlaufsprotokolle

In diesem Abschnitt werden die Verlaufsprotokolle der Versuchspersonen ausgewertet (siehe auch Abschnitt 5.4 und 6.4). Aufgrund technischer Schwierigkeiten konnten die Verlaufsprotokolle von 82 Versuchspersonen (74,5 % der Stichprobe) verwendet werden. Insgesamt wurden die Verlaufsprotokolle von 40 Versuchspersonen der Fachgruppe und 42 der Kontextgruppe analysiert.

Aus Gründen, die in Abschnitt 6.4 näher erläutert wurden, wird bei der Auswertung von Verlaufsprotokollen eine Auswahl getroffen. Es werden die Verlaufsprotokolle von Versuchspersonen mit:

- hohen und niedrigen Punktzahlen im Wissenstest,
- hohen und niedrigen Computer- und Interneterfahrungen,
- mit „auffälligen“ Verlaufsprotokollen,

analysiert.

Das Kapitel *Wasser* hat eine bestimmte Struktur, so dass es möglich ist, fachbezogene und kontextbezogene Inhalte zu unterscheiden (siehe Abschnitt 4.3). Für die folgenden Auswertungen wurde jeder Seite des Kapitels *Wasser* eine Codenummer gegeben. Die Seiten mit fachbezogenen Inhalten haben eine Codenummern zwischen 1 und 29 und die Seiten mit kontextbezogenen Inhalten eine Nummer zwischen 30 und 128.

In der Regel werden im folgenden Verlaufsprotokolle graphisch als Seite-Zeit Diagramme dargestellt, wobei die Zeitachse aus technischen Gründen keine äquidistanten Zeitabstände aufweist.

7.4.1 Verlaufsprotokolle von erfolgreichen und weniger erfolgreichen Versuchspersonen

Für die Analyse der Verlaufsprotokolle erfolgreicher und weniger erfolgreicher Versuchspersonen wurden fünf Versuchspersonen mit einer hohen Punktzahl und fünf mit einer niedrigen Punktzahl im Wissenstest jeweils pro Gruppe (Fach- bzw. Kontextgruppe)

ausgewählt. Dies sind ca. 24 % der gesamten Population von Versuchspersonen für die Verlaufsprotokollen vorliegen.

a) Analyse der Fachgruppe

Die fünf Versuchspersonen der Fachgruppe mit den höchsten Punktzahlen im Wissenstest haben nach der Bearbeitung des Kapitels *Wasser* alle Fragen des Wissenstest (siehe auch Abschnitt 6.3.3 und Anhang 5) richtig beantwortet. Die durchschnittliche Punktzahl im Wissenstest dieser Gruppe beträgt damit 8,0. Der mittlere Lernerfolg ist 4,2. Zum Vergleich: die mittlere Punktzahl im Wissenstest der Fachgruppe beträgt 6,6 und der mittlere Lernerfolg 4,8. D.h., die ausgewählten Personen verfügen bereits über sehr gutes Vorwissen zum Thema Wasser. Die Versuchsperson der ausgewählten 5er-Gruppe besuchen entweder einen Leistungskurs Chemie (2 Versuchspersonen) oder einen Grundkurs Chemie (3 Versuchspersonen). Sie interessieren sich für Chemie. So beträgt der Mittelwert in Item V18: *Ich interessiere mich für Chemie* 1,6. Auch benutzen sie fast täglich den Computer (Mittelwert 4,4) und täglich das Internet (Mittelwert 4,8). Damit liegen sie im Vergleich zur gesamten Fachgruppe bzgl. dieser drei Variablen über dem Durchschnitt.

Die erfolgreichen Versuchspersonen der Fachgruppe haben insgesamt 138 Seiten „aufgerufen“, im Durchschnitt pro Person 15,4 unterschiedliche Seiten gelesen und für jede Seite durchschnittlich 3,4 Minuten verwendet. Sie haben durchschnittlich 11,0 fachbezogene Seiten und 4,4 kontextbezogene Seiten (Vertiefungen, Zusatzangebote und fächerübergreifende Inhalte) „aufgerufen“.

Als Beispiel für einen typischen Vertreter dieser Gruppe ist das grafische Verlaufsprotokoll von Versuchsperson 127 in der Abbildung 7.8 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass diese Versuchsperson regelmässig von fachbezogenen Seiten (Codenummer 1-29) über Hyperlinks auf kontextbezogene Seiten (Codenummer 30-128) „springt“. So besucht er beispielsweise erst die fachbezogene Seite 10: *Dichte* und geht danach zu den kontextbezogenen Seiten 43: *Dichteanomalie*, 44: *Was hat diese Anomalie mit Fischen und Fröschen zu tun?* über.

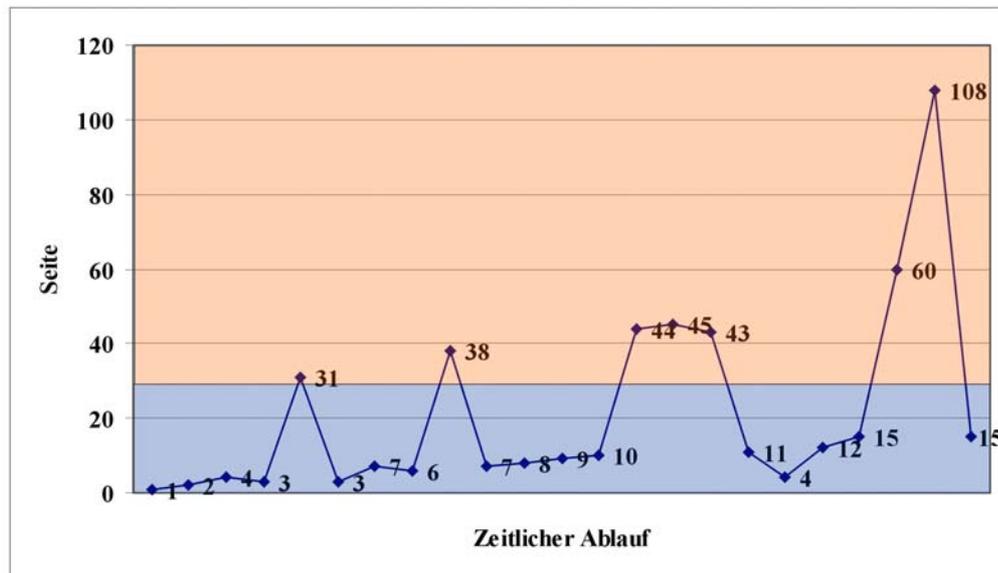


Abbildung 7.8: Nutzerprotokoll von Versuchsperson 127 aus der Fachgruppe mit einer hohen Punktzahl im Wissenstest. (dunkel: fachbezogene Seiten; hell: kontextbezogene Seiten)

Die fünf Versuchspersonen aus der Fachgruppe mit den niedrigsten Punktzahlen im Wissenstest haben darin Werte zwischen 4,0 und 5,0 erreicht. Der Mittelwert dieser Gruppe beträgt 4,4 (Mittelwert pro Fachgruppe 6,6) und der Lernerfolg ist ebenfalls niedrig und liegt mit 3,2 unter dem mittleren Lernerfolg (4,8) der gesamten Fachgruppe.

Versuchspersonen dieser Gruppe zeichnen sich innerhalb der Fachgruppe dadurch aus, dass sie keinen Leistungskurs, sondern einen Grundkurs in Chemie besuchen. Sie interessieren sich nach eigenen Angaben eher nicht für Chemie (Mittelwert 3,0 bei Item V18: *Ich interessiere mich für Chemie*). Die weniger erfolgreichen Versuchspersonen aus der Fachgruppe benutzen mehrere Male pro Woche den Computer (Mittelwert 3,6) und das Internet (Mittelwert 4,2).

Die am wenigsten erfolgreichen Versuchspersonen haben insgesamt 81 Seiten „aufgerufen“, im Durchschnitt 11,8 verschiedene Seiten gelesen und für jede Seite durchschnittlich 3,7 Minuten verwendet. Diese Versuchspersonen haben durchschnittlich 10,4 fachbezogene Seiten gelesen. Insgesamt haben die Versuchspersonen dieser Gruppe kaum kontextbezogene Inhalte genutzt. Nur durchschnittlich 2,1 solcher Seiten wurden aufgerufen. Abbildung 7.9 zeigt das Verlaufsprotokoll von Versuchsperson 85 als Vertreter der Fachgruppe mit niedrigen Punktzahlen im Wissenstest. Diese Versuchsperson hat das Kapitel *Wasser* systematisch durchgearbeitet. Es wurden jedoch nur Seiten aufgerufen, die für die Arbeit mit

dem fachbezogenen Arbeitsblatt am relevantesten waren. Vertiefungen, Seiten mit Codenummern grösser als 29, wurden überhaupt nicht besucht.

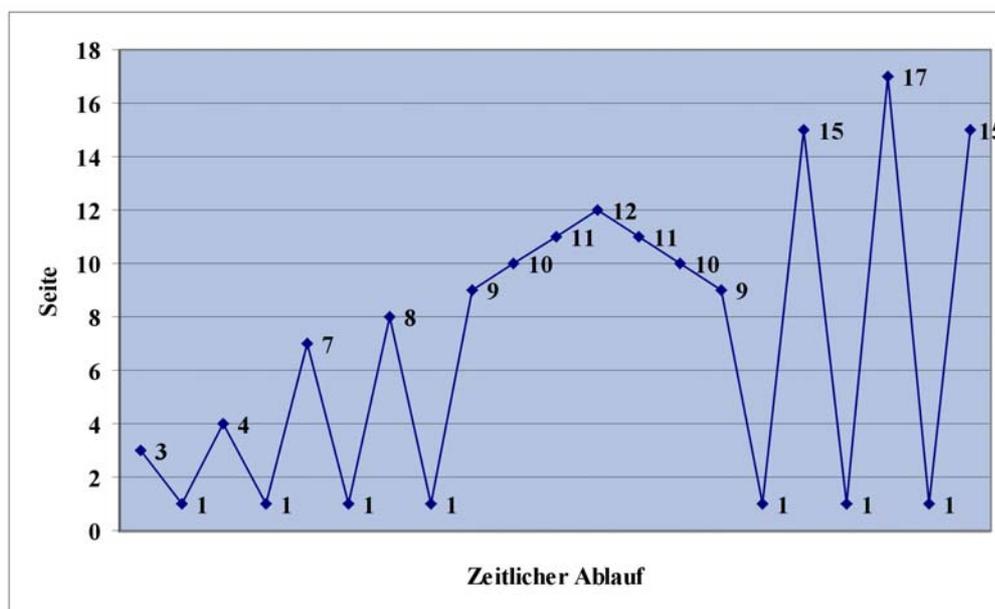


Abbildung 7.9: Nutzerprotokoll von Versuchsperson 85 aus der Fachgruppe mit einer niedrigen Punktzahl im Wissenstest

Innerhalb der Fachgruppe treten deutliche Unterschiede in den Verlaufsprotokollen und auch hinsichtlich der Nutzermerkmale zwischen Versuchspersonen mit niedrigen und mit hohen Punktzahlen im Wissenstest auf. Erfolgreiche wie weniger erfolgreiche Versuchspersonen haben im Durchschnitt zwar ungefähr gleich viele Seiten gelesen und dies auch in vergleichbarer Intensität (Zeit pro Seite). Die erfolgreicheren Versuchspersonen haben jedoch neben fachlichen Inhalten auch kontextbezogene Inhalte nachgeschlagen, während dies die weniger erfolgreichen kaum getan haben (siehe Tabelle 7.8). Ein Grund dafür könnte sein, dass sich die Versuchspersonen mit hohen Punktzahlen im Wissenstest mehr für Chemie interessieren, als die Versuchspersonen mit niedrigen Punktzahlen und auch etwas intensiver den Computer nutzen.

b) Analyse der Kontextgruppe

In der Kontextgruppe haben drei Versuchsperson nach der Bearbeitung des Kapitels *Wassers* die maximale Punktzahl 8,0 im Wissenstest und acht Versuchspersonen den Wert 7,0 erreicht. Für die Gruppe der 5 erfolgreichsten Versuchspersonen der Kontextgruppe wurden die Versuchsperson mit 8,0 Punkten und zufällig zwei der acht Versuchspersonen mit 7,0 Punkten für die Analyse der Verlaufsprotokollen ausgewählt. Diese Versuchspersonen haben

in der Regel auch einen hohen Lernerfolg und zwar im Mittel von 4,6. Der mittlere Lernerfolg der gesamten Kontextgruppe beträgt 4,0 (siehe auch Abschnitt 7.1).

Eine Versuchsperson hat einen Chemieleistungskurs und die vier anderen einen Chemiegrundkurs besucht. Die Versuchspersonen aus dieser Gruppe interessieren sich für Chemie (Mittelwert 1,6 bei Item V18: *Ich interessiere mich für Chemie*) und nutzen mehrere Male im Monat den Computer (Mittelwert 3,4) und das Internet (Mittelwert 4,6).

Die erfolgreichen Versuchspersonen der Kontextgruppe haben insgesamt 175 Seiten „aufgerufen“, durchschnittlich 19,0 Seiten gelesen und durchschnittlich 2,0 Minuten für eine Seite verwendet. Sie beginnen die Bearbeitung des Kapitels *Wasser* mit der ersten Seite und „klicken“ in der Regel dort die mit Hyperlinks verbundenen kontextbezogenen Inhalte an, die für die Bearbeitung der Arbeitsblätter der Kontextgruppe am relevantesten sind. Dabei wird fast bei jeder kontextbezogenen Seite noch zusätzlich eine Seite mit fachlichen Inhalten nachgelesen. Die Versuchspersonen aus dieser Gruppe haben durchschnittlich 12,2 verschiedene Seiten mit fachlichen Inhalten und 6,8 Seiten mit kontextbezogenen Inhalten gelesen. Ein beispielhaftes Verlaufsprotokoll ist in Abbildung 7.10 dargestellt. Die Versuchsperson 58 liest erst die kontextbezogenen Inhalte und schlägt dann die damit verbundenen fachbezogenen Information nach. So hat sie z. B. nach dem Lesen der kontextbezogenen Seite mit Codenummer 41: *Warum beginnen viele Lebewesen (auch die Menschen) bei grosse Hitze zu schwitzen?* die Seite 8: *Verdampfungsenthalpie, Schmelzenthalpie, Erstarrungsenthalpie* mit fachbezogenem Inhalt aufgeschlagen.

Die fünf Versuchspersonen aus der Kontextgruppe mit den niedrigen Punktzahlen im Wissenstest haben darin Werte zwischen 3,0 und 5,0 erreicht. Der Mittelwert liegt bei 4,0. Der mittlere Lernerfolg bei Versuchspersonen mit niedrigen Punktzahlen im Wissenstest beträgt 1,3 (vgl. Mittelwert für die gesamte Kontextgruppe 4,0).

Diese Versuchspersonen haben einen Chemiegrundkurs besucht. Sie interessieren sich nicht sehr für das Fach Chemie. Der Mittelwert bei Item V18: *Ich interessiere mich für Chemie* beträgt 3,2. Die Versuchspersonen benutzen den Computer mehrere Male in der Woche (Mittelwert 3,8) und das Internet mehrere Male pro Monat (Mittelwert 4,4).

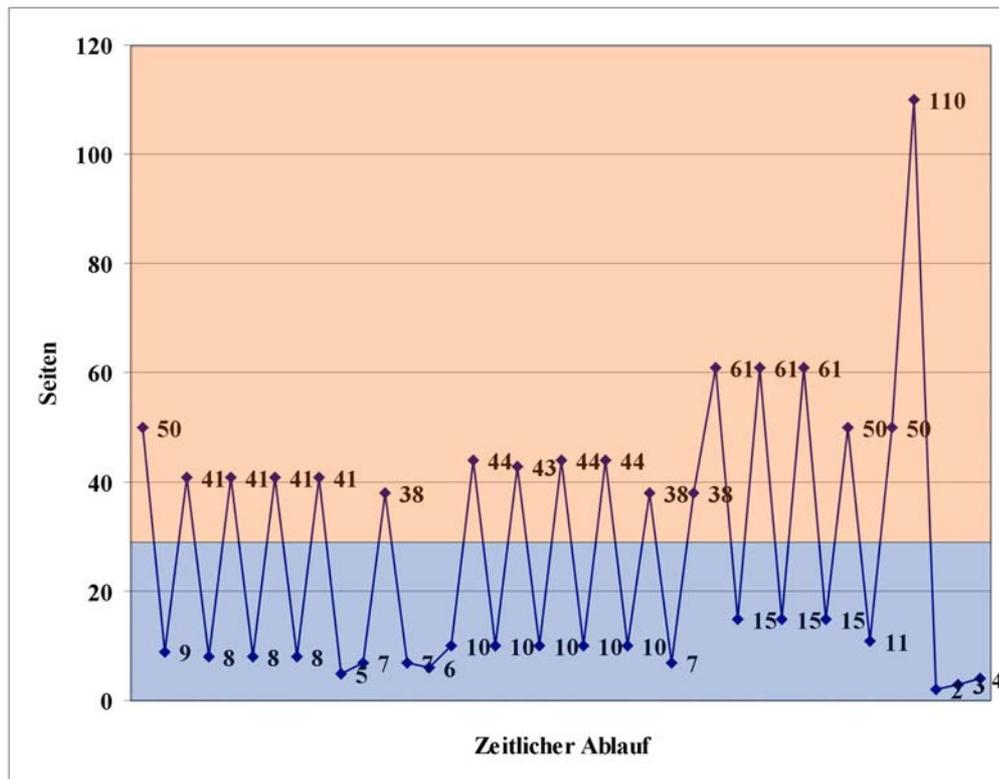


Abbildung 7.10: Nutzerprotokoll von Versuchsperson 58 aus der Kontextgruppe mit einer hohen Punktzahl im Wissenstest. (Startseite mit Kennzeichen 1 ist nicht abgebildet.)

Die weniger erfolgreichen Versuchspersonen haben insgesamt 129 Seiten besucht, durchschnittlich pro Person 14,2 verschiedene Seiten und für jede Seite 2,4 Minuten verwendet. Sie besuchen am Anfang der Bearbeitung des Kapitels Wasser nicht die Seiten mit kontextbezogenen Inhalten, sondern die für die Bearbeitung des kontextbezogenen Arbeitsblattes wenig relevanten Seiten mit fachlichen Inhalten. So haben die Versuchspersonen durchschnittlich 7,6 Seiten mit fachlichen und 6,6 mit kontextbezogenen Inhalten aufgerufen.

Ein für diese Gruppe beispielhaftes Verlaufsprotokoll ist in Abbildung 7.11 dargestellt. Die Versuchsperson 80 besucht am Anfang nur Seiten mit fachbezogenen Inhalten und am Ende der Bearbeitungszeit Seiten mit kontextbezogenen Inhalten.

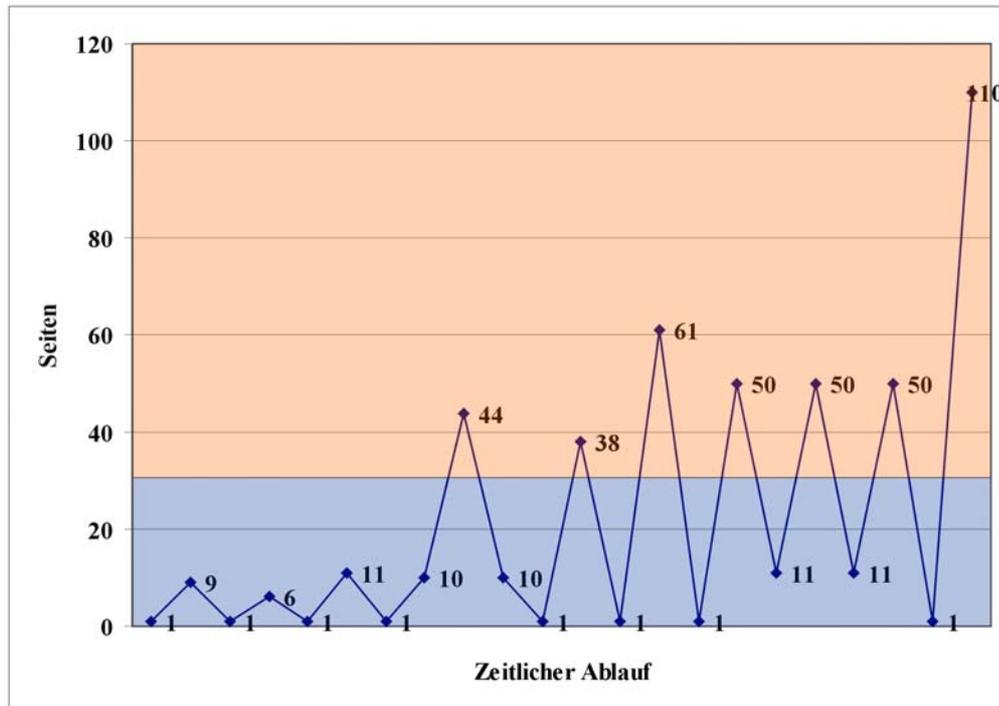


Abbildung 7.11: Nutzerprotokoll von Versuchsperson 80 aus der Kontextgruppe mit einer niedrigen Punktzahl im Wissenstest.

Legt man die Analyse der Verlaufsprotokolle zu Grunde, haben die weniger erfolgreichen Versuchspersonen der Kontextgruppe Schwierigkeiten mit der Navigation innerhalb der Lernumgebung gehabt. Dies ist aber nicht aus dem Fragebogen zur Lernumgebung ersichtlich. So beträgt der Mittelwert bei Item N1: *Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt* 3,8 und Item N3: *Ich finde in dem Kapitel Wasser die gesuchte Information* 1,2, d. h. nach eigenen Einschätzungen sind die Versuchspersonen gut mit Lernumgebung CHEMnet und dem Kapitel *Wasser* klar gekommen.

In der Kontextgruppe zeigt die Analyse der Verlaufsprotokollen deutliche Unterschiede hinsichtlich der Struktur der Verlaufsprotokolle und Nutzermerkmale zwischen Versuchspersonen mit niedrigen und mit hohen Punktzahlen im Wissenstest. Erfolgreiche Versuchspersonen haben insgesamt mehr Seiten gelesen und weniger Zeit pro Seite verwendet als weniger erfolgreiche Versuchspersonen (siehe Tabelle 7.8). Dabei haben sie fast gleich viele kontextbezogene Seiten gelesen. Unterschiede machen sich in der Zahl der gelesenen fachbezogenen Seiten bemerkbar. So haben die erfolgreichereren in Durchschnitt 4,6 Seiten mehr gelesen als weniger erfolgreichen.

Die Analyse der Verlaufsprotokolle hat jedoch gezeigt, dass die weniger erfolgreichen Versuchspersonen am Anfang der Bearbeitung des Kapitels *Wasser* die gesuchte Information nicht finden, obwohl sie über fast gleich viel Erfahrungen mit Computer und Internet verfügen wie erfolgreiche Versuchspersonen. Deutliche Unterschiede sind auch bei den Interessen der Versuchspersonen zu erkennen. So interessieren sich die erfolgreichen Versuchspersonen mehr für Chemie als die weniger erfolgreichen.

c) Vergleich der erfolgreichen und weniger erfolgreichen Versuchspersonen aus der Fach- und der Kontextgruppe

Bei der Analyse bezüglich der Teilpopulationen der Stichprobe, die im Wissenstest besonders erfolgreich und besonders wenig erfolgreich waren, muss berücksichtigt werden, dass die Versuchspersonenanzahl mit jeweils fünf, sehr klein ist. Daher ist die Interpretation der Ergebnisse auch nicht überzubewerten, sondern als Tendenzaussage zu verstehen. Wie in Abschnitt 6.3.4 dargelegt, handelt es sich insgesamt um eine explorative Analyse der Verlaufsprotokolldaten.

Das auffälligste Merkmal „erfolgreiche“ Versuchspersonen der Fach- und Kontextgruppe ist, dass sie während der Arbeit mit dem Kapitel *Wasser* auch Inhalte angeschaut haben, die für die Bearbeitung des Arbeitsblatts nicht die höchste Relevanz haben. Die „erfolgreichen“ Versuchspersonen aus der Fachgruppe haben auch kontextbezogene Inhalte gelesen und die „erfolgreichen“ Versuchspersonen aus der Kontextgruppe haben zusätzlich auch fachbezogene Inhalte nachgelesen (siehe Tabelle 7.10). Gemeinsam bzgl. der Nutzermerkmale für die „erfolgreichen“ Versuchspersonen ist zudem, dass sie sich mehr für das Fach Chemie interessieren als die wenig erfolgreichen und zwar unabhängig von der Gruppenbedingung „Fach“ oder „Kontext“.

Die „erfolglosen“ Versuchspersonen der Fach- und Kontextgruppe haben nicht so viel gemeinsam. Die wenig erfolgreichen Versuchspersonen der Kontextgruppe scheitern v. a. bei der Navigation der Lernumgebung. Die wenig erfolgreichen Versuchspersonen aus der Fachgruppe dagegen haben einfach schlicht die kontextbezogenen Inhalte nicht angeschaut und scheitern im Nachtest daher vor allem bei der Beantwortung der kontextbezogenen Fragen.

	Gelesene Seiten			Mittlere Zeit pro Seite	Punktzahl im Wissenstest	Interesse für Chemie
	insgesamt	fachbezogen	kontext- bezogen			
Fachgruppe:						
Weniger Erfolgreiche	11,80	10,40	2,10	3,7	5,4	3
Erfolgreiche	15,40	11,00	4,40	3,4	11	1,6
Kontextgruppe:						
Weniger Erfolgreiche	14,20	7,60	6,60	2,4	4,4	3,2
Erfolgreiche	19,00	12,20	6,80	1,96	10,2	1,6

Tabelle 7.10: Merkmale der Verlaufsprotokolle und Nutzerparameter für die Teilstichproben der im Wissenstest erfolgreichen und weniger erfolgreichen Versuchspersonen

7.4.2 Verlaufsprotokolle von Computerprofis und Computeramateuren

Die Verlaufsprotokolle von Versuchspersonen mit geringen und mit umfangreichen Computer- und Interneterfahrungen werden in diesem Abschnitt mit einander verglichen.

Es wurden für die angestrebte Analyse insgesamt 20 Versuchspersonen ausgewählt. Aus der Fachgruppe und aus der Kontextgruppe wurden jeweils fünf Versuchspersonen mit geringen und fünf Versuchspersonen mit umfangreichen Computer und Interneterfahrungen ausgewählt. Dies sind ca. 24 % der gesamten Population der Versuchspersonen für die Verlaufsprotokollen vorliegen.

Im Folgenden werden die Versuchspersonen mit umfangreichen Computer- und Interneterfahrungen als (Computer-)profis und die Versuchspersonen mit geringen Computer- und Interneterfahrungen als (Computer-)amateure bezeichnet.

a) Analyse der Fachgruppe

Aus der Fachgruppe wurden fünf Versuchspersonen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, die relativ selten, d. h. mehrere Male pro Monat, den Computer und das Internet nutzen. So ist der Mittelwert bei Item V9: *Wie oft benutzen Sie den Computer?* 2,4 und bei Item V13: *Wie häufig haben Sie bisher das Internet genutzt?* 3,2. Die Versuchspersonen interessieren sich kaum für das Fach Chemie (Mittelwert 2,4) und im Wissenstest haben sie eine

durchschnittliche Leistung erbracht (6,6 Punkte). Auch bezüglich des Lernerfolgs liegen die Computeramateure mit im 5,6 Punkten im Mittelfeld der Fachgruppe (vgl. Abschnitt 7.1).

Die Computeramateure aus der Fachgruppe haben insgesamt im Durchschnitt 14,6 unterschiedliche Seiten „aufgerufen“ und für jede Seite wurden durchschnittlich 3,5 Minuten aufgewendet. 11,4 der unterschiedlichen Seiten waren fachbezogen und 3,2 kontextbezogen (siehe Tabelle 7.11). Die Computeramateure sind nach eigener Einschätzung mit der Lernumgebung gut zurecht gekommen. Die Computeramateure zeichnen sich dadurch aus, dass sie alle für das fachbezogene Arbeitsblatt relevanten Inhalte nachlesen und zudem auch noch kontextbezogene Inhalte nachschlagen. Die Computeramateure „experimentieren“, d. h. probieren alle sich bietenden Möglichkeiten der Lernumgebung aus. Graphische Darstellungen der Verlaufsprotokolle der Computeramateure aus der Fachgruppe sind in der Abbildung 7.12 zu sehen. So fängt beispielsweise die Versuchsperson 69 mit dem Inhaltsverzeichnis (Seite 1) an und liest dann die erste für das Arbeitsblatt relevante Seite durch und geht anschließend zu der durch ein Hyperlink verbundenen kontextbezogenen Seite über. Danach kehrt sie nicht mehr auf die Startseite zurück, sondern benutzt die linke Navigationsleiste um sich im Kapitel *Wasser* fortzubewegen.

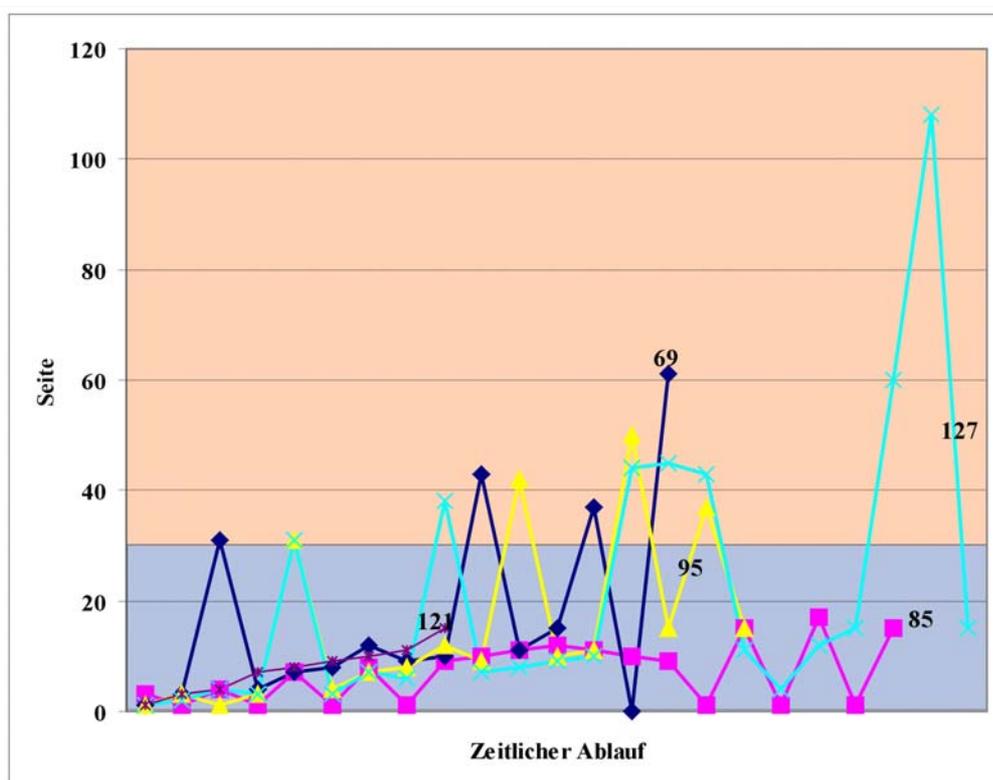


Abbildung 7.12: Verlaufsprotokolle der Computeramateure aus der Fachgruppe

	Gelesene unterschiedliche Seiten			Mittlere Zeit pro Seite	Mittlere Punktzahl im Wissenstest	Mittlerer Lernerfolg
	insgesamt	fach- bezogene	kontext- bezogene			
Computerprofis	10,0	9,8	0,2	3,7	5,8	3,8
Computeramateure	14,6	11,4	3,2	3,5	6,6	5,6

Tabelle 7.11: Merkmale der Verlaufsprotokolle der Computeramateure und Computerprofis aus der Fachgruppe

Die ausgewählten Computerprofis aus der Fachgruppe benutzen den Computer und das Internet täglich. Die Mittelwerte der entsprechenden Variablen betragen 5,0 und 6,0 (vgl. Abschnitt 7.2). Sie interessieren sich „weitgehend“ für das Fach Chemie (Mittelwert 2,0), haben im Wissenstest durchschnittlich 5,4 Punkte erreicht (Mittelwert der Fachgruppe 6,6), und der mittlere Lernerfolg beträgt 3,4 (Mittelwert der Fachgruppe 4,8).

Die Computerprofis haben durchschnittlich 10 unterschiedliche Seiten „aufgerufen“ und für jede Seite 3,7 Minuten verwendet. Von den besuchten unterschiedlichen Seiten sind durchschnittlich 9,8 fachbezogen und lediglich 0,2 kontextbezogen (siehe Tabelle 7.9). Für die Computerprofis ist charakteristisch, dass sie nach jeder aufgerufenen Seite wieder auf die erste Seite, d. h. auf das Inhaltsverzeichnis, zurückkehren. Die Computerprofis benutzen also kaum die linke Navigationsleiste (siehe auch Kapitel 4). Die graphischen Verlaufsprotokolle der Computerprofis aus der Fachgruppe sind in der Abbildung 7.13 dargestellt. Beispielhaft für die Profis ist die Versuchsperson 39, die in der Regel nach dem Lesen einer fachbezogenen Seite auf das Inhaltsverzeichnis zurückkehrt und dann von dort aus das nächste, für Bearbeitung des fachbezogenen Arbeitsblatts, relevante Thema aufruft, um schließlich wieder zum Inhaltsverzeichnis zurückzukehren.

Es ist auffällig, dass die Computeramateure der Fachgruppe sehr viel mehr innerhalb der Lernumgebung navigieren als die Computerprofis. Am allgemeinen Interesse für das Fach Chemie kann dies kaum liegen, da sich die Computeramateure für das Fach Chemie weniger interessieren als die Profis. Ein „beliebiges“, evt. lustloses, Navigieren der Amateure in der Lernumgebung scheint aufgrund der guten Ergebnisse im Wissenstest auch eher unwahrscheinlich. Neben dem quantitativen Unterschied heben sich die Amateure von den Profis auch qualitativ in ihrem Nutzerverhalten dadurch ab, dass sie sehr viel häufiger Seiten

mit kontextbezogenen Inhalten aufrufen (Verhältnis 3,2 zu 0,2, siehe Tabelle 7.11). Dabei verwenden die Computeramateure und –profis vergleichbare Zeiten pro Seite. Weil die Computeramateure auch kontextbezogene Inhalte lesen, erreichen sie auch bei Wissenstest bessere Ergebnisse.

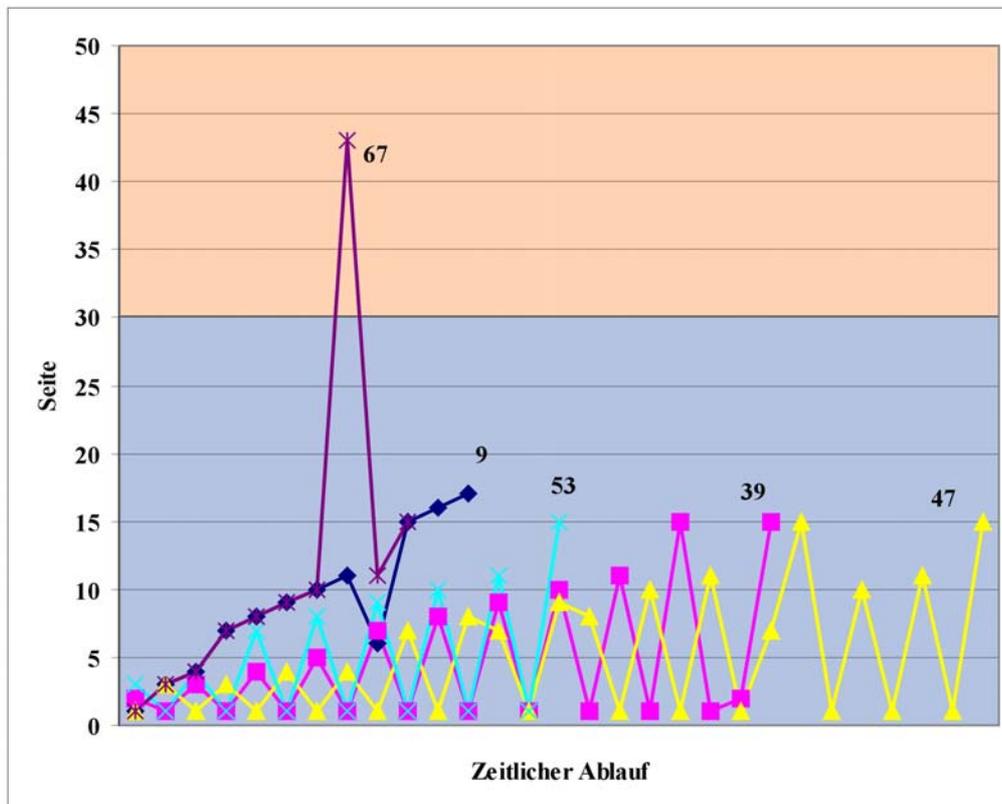


Abbildung 7.13: *Verlaufsprotokolle der Computerprofis der Fachgruppe*

b) Analyse der Kontextgruppe

Analog zu Teil a) wurden aus der Kontextgruppe zufällig jeweils fünf Versuchspersonen ausgewählt, die den Computer und das Internet selten, d. h. lediglich mehrere Male im Monat und fünf Versuchspersonen ausgesucht, die den Computer und das Internet häufig, d. h. fast täglich, nutzen. Die Mittelwerte der Amateure sind 2,6 (Computer) und 3,8 (Internet) und die der Profis betragen 5,0 bzw. 6,0.

Die ausgewählten Amateure der Kontextgruppe interessieren sich weitgehend für Chemie (Mittelwert 1,6), haben im Wissenstest durchschnittlich 6,8 Punkte (Mittelwert im Kontextgruppe 6,0) erreicht und ihr Lernerfolg ist mit 4,2 im Vergleich zur gesamten Kontextgruppe ebenfalls durchschnittlich (siehe Kapitel 7.1).

Die Computeramateure haben sich durchschnittlich 16,4 verschiedene Seiten angesehen und pro Seite durchschnittlich 2,4 Minuten verwendet. Von den unterschiedlichen Seiten waren 9,8 fachbezogene und 6,6 kontextbezogene (siehe Tabelle 7.12).

Anhand der graphischen Verlaufsprotokolle der Amateure (siehe Abb. 7.14) ist es nicht möglich, gemeinsame Charakteristika im Nutzerverhalten zu finden. Es sieht so aus, als ob jede Versuchsperson ihre individuelle Strategie für die Bearbeitung des Kapitels *Wasser* gehabt hat. Diese Vielfalt an unterschiedlichen Vorgehensweisen liegt - zumindest nach der eigenen Einschätzung - nicht an Schwierigkeiten mit der Navigation aufgrund z. B. der geringen Computerkenntnisse der Amateure. Sie geben beim Item N 1: *Ich habe Schwierigkeiten mit Navigation gehabt* an „trifft teilweise zu“ bis „trifft nicht zu“ (Mittelwert 3,4, siehe Abschnitt 7.3).

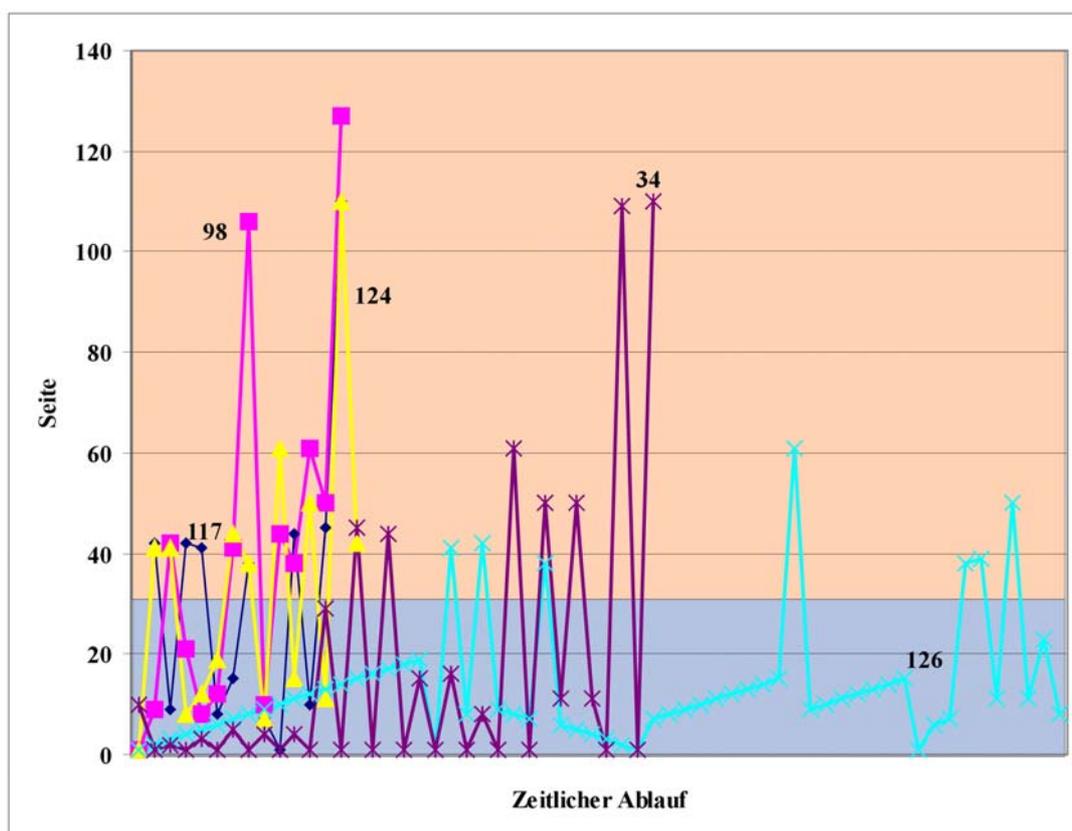


Abbildung 7.14: Verlaufsprotokolle der Computeramateure aus der Kontextgruppe

	Gelesene unterschiedliche Seiten			Mittlere Zeit pro Seite	Mittlere Punktzahl im Wissenstest	Mittlere Lernerfolg
	insgesamt	fach- bezogene	kontext- bezogene			
Computerprofis	20,0	10,6	9,4	1,9	6	4,4
Computeramateure	16,4	9,8	6,6	2,4	6,8	4,2

Tabelle 7.12: Merkmale der Verlaufsprotokolle der Computeramateure und Computerprofis aus der Kontextgruppe

Die Profis der Kontextgruppe interessieren sich „weitgehend“ für das Fach Chemie (Mittelwert 1,8). Sie haben im Wissenstest durchschnittlich 6,0 Punkte erreicht und ihr Lernerfolg beträgt 4,4. Damit liegen sie im Mittelfeld der Kontextgruppe (vgl. Abschnitt 7.1).

Die Computerprofis der Kontextgruppe haben durchschnittlich 20 verschiedene Seiten gelesen und pro Seite 1,9 Minuten verwendet. Sie haben durchschnittlich 10,6 fachbezogene und 9,4 fachbezogene Seiten gelesen (siehe Tabelle 7.12). Die graphischen Verlaufsprotokolle der Computerprofis sind in Abbildung 7.15 dargestellt. Aus den Verlaufsprotokollen der Computerprofis folgt, dass sie sehr oft zur ersten Seite, auf der das Inhaltsverzeichnis zu finden ist, zurückgekommen sind. Auch die Profis – und dies ist erwartungsgemäß – haben keine Schwierigkeiten mit der Navigation in der Lernumgebung gehabt. Sie geben beim Item N 1: *Ich habe Schwierigkeiten mit Navigation gehabt* an: trifft nicht zu (Mittelwert 3,8; siehe Abschnitt 7.3).

Die Profis der Kontextgruppe unterscheiden sich von den Amateuren dadurch, dass sie sich mehr „trauen“, d. h. mehr Seiten der Lernumgebung anschauen und dabei weniger Zeit pro Seite verwenden. In den Leistungen (Wissenstest, Lernerfolg) machen sich die Unterschiede nicht bemerkbar; sowohl Profis als auch Amateure sind durchschnittlich. Auffällig ist, dass die Computerprofis und auch Computeramateure sehr viele fachbezogene Seiten angeschaut haben, obwohl sie ein kontextbezogenes Arbeitsblatt zu bearbeiten hatten. Die Navigation fiel Profis und Amateuren leicht, so dass ihnen der Wechsel zwischen den kontext- und fachbezogenen Seiten keine Schwierigkeiten machte.

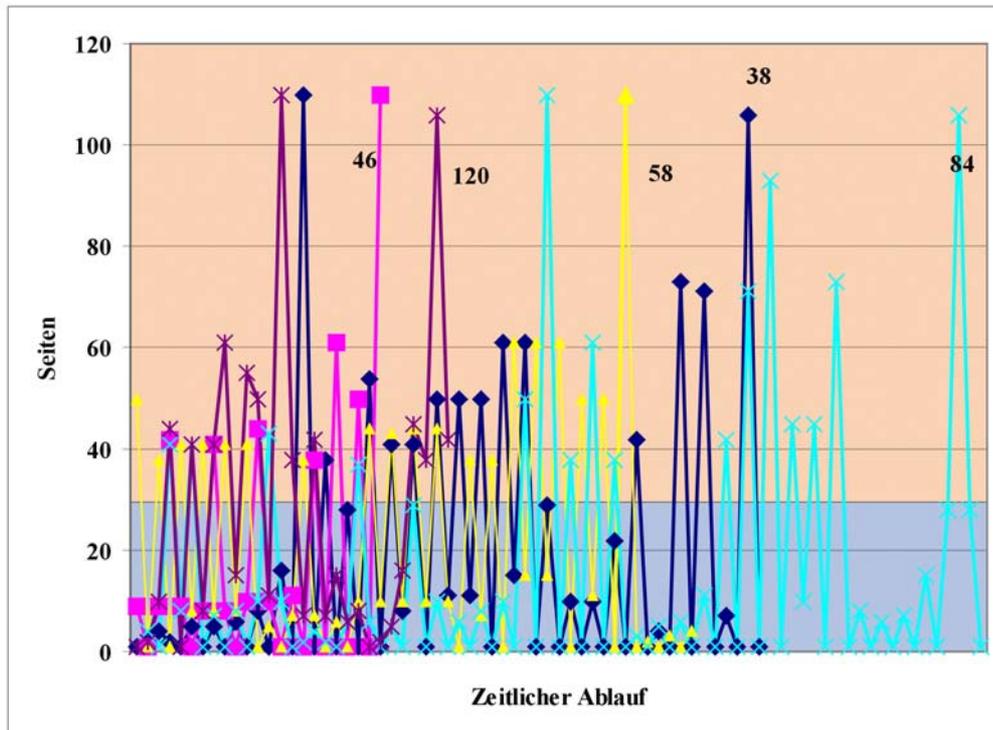


Abbildung 7.15: *Verlaufsprotokolle der Computerprofis aus der Kontextgruppe*

c) Vergleich von Fachgruppe und Kontextgruppe

Für Computeramateure aus der Fach- und der Kontextgruppe ist gemeinsam, dass sie sich auch Inhalte, die nicht für die Bearbeitung des Arbeitsblatts relevant sind, anschauen. So lesen die Computeramateure aus der Fachgruppe auch kontextbezogene Seiten und die aus der Kontextgruppe auch fachbezogene Inhalte. Die Computeramateure aus der Fach- und der Kontextgruppe haben etwas bessere Ergebnisse im Wissenstest erreicht als die Profis. Insgesamt könnten die Unterschiede zwischen den Amateuren und Profis mit einer unterschiedlichen Motivation oder Grundeinstellung zum Bewegen in einem Hypertextmedium begründet werden: So ist für die Computeramateure der Computer und das Internet sicherlich ein neuartigeres und spannenderes Erlebnis als für die Profis. Die Suche nach Informationen – ob nun dringend benötigt oder einfach „nebenbei“ gefunden – führt sie auf andere Seiten als die Profis. Letztere haben bereits so oft im Internet Informationen gesucht, dass die Motivation, sich mehr als das Nötigste anzuschauen, nicht besonders groß ist und sie aus Erfahrung wissen, wie man sich die gesuchten Informationen sicher und schnell beschafft. Mit anderen Worten: die Profis bewegen sich beim Lernen in der in dieser Arbeit untersuchten Lernumgebung so wie vermutlich auch im Alltag, ökonomisch, d. h. mit minimalem Aufwand, mit der Konsequenz, dass sie nicht alle Angebote der Lernumgebung ausnutzen, die unter Umständen doch für sie wichtig sein könnten.

7.4.3 Analyse von „auffälligen“ Verlaufsprotokolle

In diesem Abschnitt werden einige Beispiele zu „auffälligen“ Verlaufsprotokollen diskutiert. So haben einige Benutzer extrem viele oder extrem wenige Seiten angeschaut, einige haben offenkundig eine bestimmte „Strategie“ zur Bearbeitung des Kapitels *Wasser* benutzt und einige haben bestimmte Seiten angeschaut, die in Regel von den anderen Versuchspersonen kaum bzw. gar nicht angesehen wurden. Auch hier wird eine Auswahl getroffen und zwar werden vier charakteristische Verlaufsprotokolle beispielhaft dargestellt.

a) Versuchsperson 91 – „extrem“ hohe Anzahl besuchter Seiten

Die Versuchsperson 91 aus der Fachgruppe ist durch die Nutzung von extrem vielen Seiten aufgefallen. Diese Versuchsperson hat die höchste Seitenzahl in der Fachgruppe überhaupt. So hat sie 26 verschiedene Seiten gelesen und für jede Seite durchschnittlich 2,8 Minuten verwendet. Mittelwerte der Fachgruppe sind entsprechend 17,4 Seiten und 2,3 Minuten. Von den gelesenen 26 Seiten sind 19 fachbezogen und sieben kontextbezogen.

Die Versuchsperson 91 ist weiblich. Sie benutzt mehrere Male in der Woche den Computer und das Internet. Sie schätzt ihre Computerkenntnisse als „gut“ ein. Ihre Lieblingsfächer sind Deutsch, Geschichte, Latein und Kunst. Allerdings interessiert sich diese Versuchsperson auch sehr für Chemie, Biologie (bei beiden Wert 1) und auch für Physik (Wert 2). Sowohl im Vorwissenstest als auch im Wissenstest erreicht sie eine hohe Punktzahl: Sie hat 3,0 von maximal 4,0 Punkte in Vorwissenstest erreicht und im Wissenstest den Maximalwert 8,0. Damit gehört sie zu den erfolgreichsten Versuchspersonen der Fachgruppe.

In der graphischen Darstellung ihres Verlaufsprotokolls lässt sich erkennen, dass die Versuchsperson 91 das fachbezogene Arbeitsblatt systematisch durchgearbeitet hat und sich von den kontextbezogenen Inhalten nicht hat „ablenken“ lassen (siehe Abb. 7.16). Nur ein „Ausrutscher“: bei Seite *Dichte* (Codenummer 10) folgt sie dem Hyperlink zur Vertiefung aus der Chemie *Dichteanomalie* (Codenummer 43). Erst nach der Bearbeitung des Arbeitsblattes wurden auch die anderen fachbezogenen Inhalte, die für die Bearbeitung des fachbezogenen Arbeitsblattes nicht relevant sind (ab Codenummer 16) und die kontextbezogenen Inhalte (ab Codenummer 30) angeschaut. Offensichtlich handelt es sich hier um eine effizient arbeitende

Versuchsperson, die erst nach der geforderten Aufgabe ihren Neigungen (Interessen) nachgeht und sich weitere, für die Bearbeitung des Arbeitsblattes wenig relevante Seiten – anschaut.

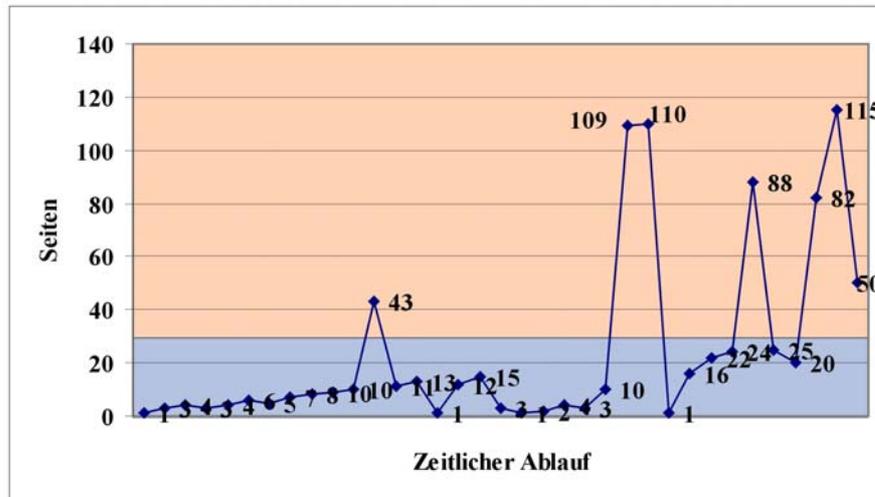


Abbildung 7.16: *Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 91*

b) Versuchsperson 40 – „eigenartiger“ Seitenbesuch

Als eine Versuchsperson mit „eigenartigem“ Seitenbesuch ist die Versuchsperson 40 aus der Kontextgruppe aufgefallen. Die Versuchsperson hat 39 verschiedene Seiten gelesen und durchschnittlich 1,4 Minuten dafür verwendet. Von gelesenen Seiten sind 29 fachbezogen und 10 kontextbezogen. Die Versuchsperson zeichnet sich dadurch aus, dass sie z. B. die Seiten, wie Seite 23: *Die Qualität von Wasser – Messung der Wasserhärte und Alkalität* und der Vertiefung in Chemie auf Seite 82: *Mehr über Hydratation* u. a. nachgeschlagen hat. Kaum jemand hat sonst diese Seiten besucht. Sie hat auch die höchste Seitenzahl in der Kontextgruppe. Im Vorwissenstest hat sie 3,0 Punkte (max. 4,0) erreicht und im Wissenstest das Maximum 8,0 Punkte.

Die Versuchsperson 40 ist männlich. Er interessiert sich sehr für Physik (Wert 1) und demgegenüber etwas weniger für Chemie (Wert 2). Die Versuchsperson benutzt täglich den Computer und das Internet. Seine Lieblingsfächer sind Physik und Englisch.

In graphischen Verlaufsprotokoll lässt sich erkennen, dass er am Anfang nur fachbezogene Seiten (1 bis 7) liest (siehe Abb. 7.17). Nur die kontextbezogenem Seiten sind für die Bearbeitung des Arbeitsblattes von Bedeutung. Seine „Strategie“ zur Bearbeitung des Arbeitsblattes ist für Versuchspersonen aus der Kontextgruppe ungewöhnlich. Es wird erwartet, dass die Versuchspersonen auf der ersten Seite die kontextbezogenen Inhalte anklicken und die kontextbezogene Inhalte lesen. Der Proband 40 bearbeitet das Kapitel *Wasser* ähnlich wie Versuchspersonen aus der Fachgruppe. Er liest die kontextbezogenen

Seiten erst nachdem die entsprechenden fachbezogenen Seiten gelesen wurden. Beispielsweise erst nachdem er die Seite *Zustandsdiagramm des Wasser* gelesen hat, ruft er die kontextbezogene Seite *Ist es möglich mit dem Zustandsdiagramm des Wassers das Schlittschuhlaufen zu erklären?* auf.

An mangelnden Computerkenntnissen kann es nicht liegen. Eine mögliche Interpretation ist, dass die Versuchsperson sich mit dem Thema Wasser nicht auskennt und deswegen die systematische Vorgehensweise bevorzugt. So bei V6: *Haben Sie das Thema Wasser im Chemieunterricht behandelt* wird die Antwort: *kann mich nicht erinnern* gegeben.

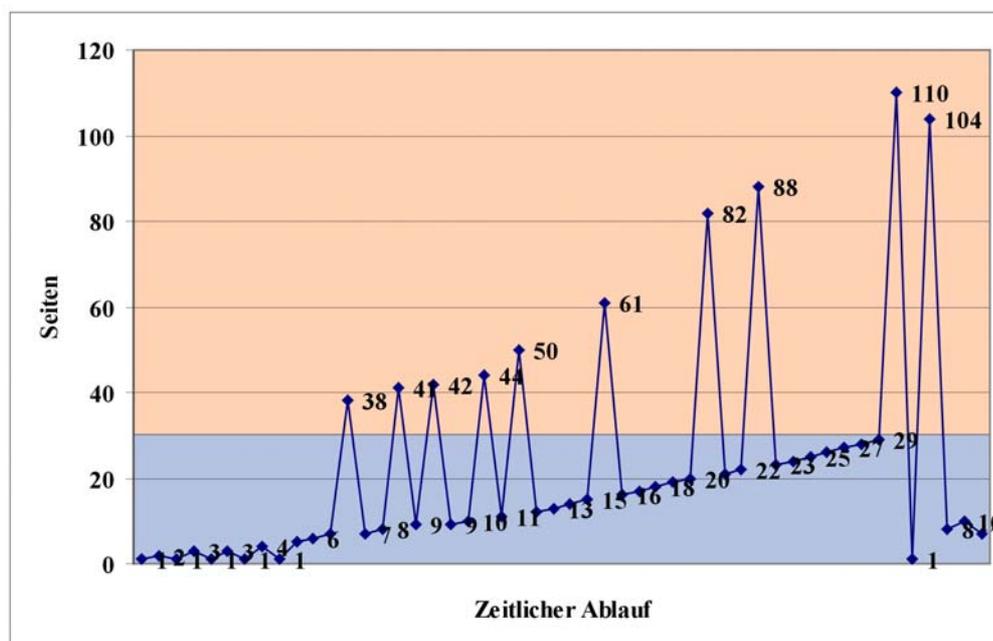


Abbildung 7.17: *Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 40.* (Aus Platzgründen sind nicht alle Codenummern abgebildet.)

c) Versuchsperson 44 – „extrem“ geringe Anzahl gelesener Seiten

Die Versuchsperson 44 aus der Kontextgruppe hat nur sechs Seiten angeschaut und pro Seite 3,3 Minuten verwendet. In der Kontextgruppe beträgt die mittlere Seitenzahl 35,4 und die mittlere Zeit pro Seite 1,2 Minuten. Alle von ihr angesehenen Seiten sind kontextbezogen.

Der Proband 44 ist männlich. Er interessiert sich kaum für Chemie, Physik (Wert 3 bei beiden Items) und interessiert sich mehr für Biologie (Wert 2). Seine Lieblingsfächer sind Englisch und Philosophie. Er benutzt mehrere Male pro Woche den Computer und das Internet. Im Vorwissenstest hat er schlecht „abgeschnitten“, der Punktzahl 1,0 liegt deutlich unter dem Durchschnitt der Kontextgruppe.

Im graphischen Verlaufsprotokoll kann man erkennen, dass er eine eigene „Strategie“ für die Bearbeitung des Arbeitsblattes hat (siehe Abb. 7.18). So fängt er auf der ersten Seite an und

schlägt nur die für das kontextbezogene Arbeitsblatt relevanten Inhalte nach. Beispielsweise liest Proband 44 die Seite 44: *Was hat diese Anomalie mit Fischen und Fröschen zu tun?*. Diese Seite ist nur für das kontextbezogene Arbeitsblatt relevant und entspricht der Frage (4): *Wie überleben eigentlich die Wassertiere und Wasserpflanzen im Winter?*. So hat der Proband insgesamt nur fünf Seiten gelesen, die für die entsprechenden Fragen auf dem Arbeitsblatt wichtig sind. Dabei hat sie zudem auch manche für das kontextbezogene Arbeitsblatt relevante Seiten nicht gelesen.

Es werden insbesondere keine fachbezogenen Inhalte nachgeschlagen, auch wenn es für das Verständnis der kontextbezogenen Inhalte erforderlich gewesen wäre. Beispielsweise ist es für den Inhalt auf Seite 38: *Ist es möglich mit dem Zustandsdiagramm des Wassers das Schlittschuhlaufen zu erklären?* erforderlich auch die Seite 7: *Zustandsdiagramme des Wassers* nachlesen.

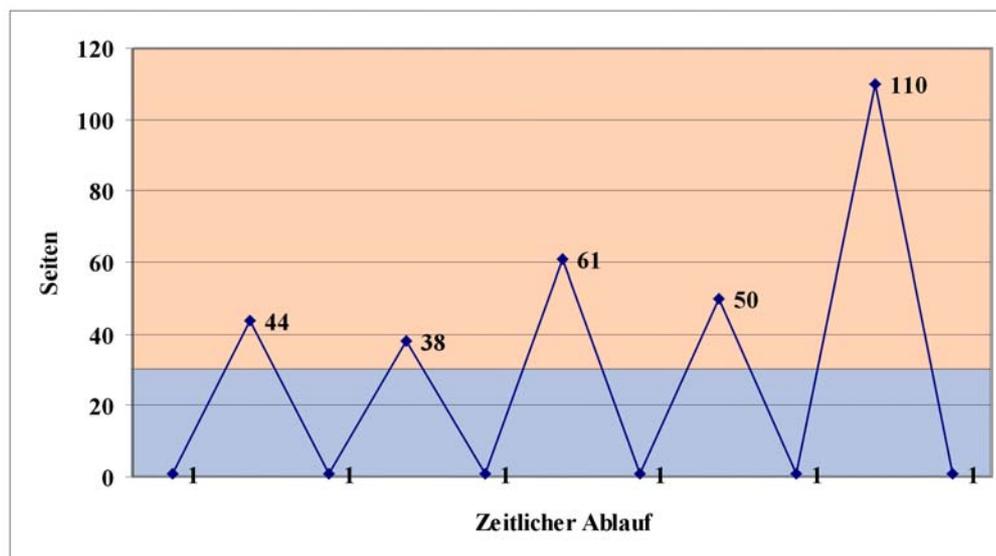


Abbildung 7.18: *Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 44*

Diese „Strategie“ hat die Konsequenzen im Hinblick auf die Lernergebnissen der Versuchsperson. So beträgt die Punktzahl im Wissenstest 5,0, was unter dem Durchschnitt der Kontextgruppe liegt. Der Proband beantwortet nur die kontextbezogenen Fragen richtig, die inhaltlich mit den gelesenen Seiten zusammenhängen. Die kontextbezogene Frage W2 über Wirkung des Weltmeeres auf das Klima, kann er nicht beantworten, weil er die Seite 42 nicht gelesen hat. Es gelingt ihm auch nur eine fachbezogene Frage richtig zu beantworten.

d) Versuchsperson 81 – „extrem“ geringe Seitenanzahl und gute Lernergebnisse

Auch die Versuchsperson 81 aus der Fachgruppe hat „extrem“ wenig Seiten angeschaut. So hat sie acht fachbezogene Seiten mit durchschnittlich 1,6 Minuten pro Seite angeschaut. Die Mittelwerte der Fachgruppe sind zum Vergleich 17,4 Seiten mit 2,3 Minuten.

Die Versuchsperson ist männlich. Er interessiert sich nicht für Chemie, Biologie (bei beiden Wert 4) und Physik (Wert 3). Sein Lieblingsfach ist Musik. Er benutzt mehrere Male pro Woche den Computer und das Internet. Trotz seiner Interessen und Einstellungen gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern, hat er im Vorwissenstest 3,0 Punkte (max. 4,0) und nach Bearbeitung des Kapitels *Wasser* im Wissenstest 7,0 Punkte (max. 8,0) erreicht.

Im graphischen Verlaufsprotokoll ist zu erkennen, dass er systematisch vorgegangen ist (siehe Abb. 7.19). So werden nur die Inhalte (Seiten mit Codenummer 3 bis 15), die für Bearbeitung des fachlichen Arbeitsblattes erforderlich sind, durchgelesen.

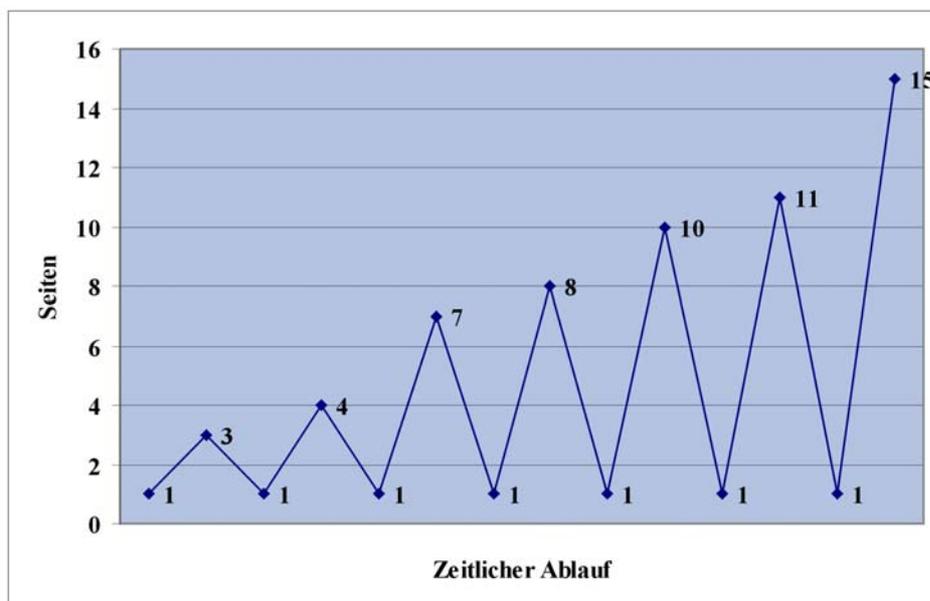


Abbildung 7.19: Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 81

Die Versuchsperson hat aber im Wissenstest alle kontextbezogenen Fragen richtig beantwortet. Er „scheitert“ nur bei einer fachbezogenen Frage über die Wärmekapazität des Wassers (Item W5). Diese Inhalt ist auf Seite 9 platziert und wurde nicht gelesen.

Eine mögliche Antwort auf die Frage, warum trotz seines Verhaltens in der Lernumgebung die Versuchsperson alle kontextbezogenen Fragen richtig beantwortet hat und trotz seines geringen Interesses für naturwissenschaftliche Fächer, könnte darin bestehen, dass dieser Proband bereits vor der Intervention über ein sehr hohes Vorwissen verfügt hat, wie auch die Vorwissenstestergebnisse zeigen. Es reichte also dieser Versuchsperson aus, sich nur die fachbezogenen Inhalte anzuschauen, wo sie noch mangelnde Kenntnisse gehabt hat.

e) Fazit

An Hand der vier „auffälligen“ Verlaufsprotokollen konnten untypische Versuchspersonen der Fach- und Kontextgruppe einzeln analysiert werden. Es hat sich ergeben, dass die „untypische“ Vorgehensweise sehr stark von Interessen beeinflusst wird. Die zwei Versuchspersonen aus Fach- und Kontextgruppe mit einer hohen Zahl an gelesenen Seiten, haben eine starkes Interesse für die Fächer Chemie und Physik. Sie besuchen auch viele Seiten, die für Bearbeitung des Arbeitsblattes nicht erforderlich sind. Dies lässt sich auch in Lernergebnissen wiedererkennen. Beide Versuchspersonen haben im Wissenstest sehr gute Ergebnisse erreicht.

Die zwei Versuchspersonen mit einer geringen Zahl an besuchten Seiten, interessieren sich nicht für Naturwissenschaften. Als eine Überraschung hat sich die Versuchsperson 81 erwiesen. So hat er trotz einer geringen Seitenzahl und trotz mangelnden Interesses an den Naturwissenschaften, sehr gute Ergebnisse in Wissenstest erreicht. Dies kann mit seinem hohen Vorwissen begründet werden. Vermutlich hat die Versuchsperson 81 die Inhalte nachgelesen, wo sie noch fehlende Kenntnisse gehabt hat.

8 Diskussion und Ausblick

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit waren zwei häufig angeführte Defizite beim Einsatz so genannter Neuer Medien im Bildungsbereich: Zum einen der Mangel an aus didaktischer Sicht geeigneter Software zum Lehren und Lernen und zwar insbesondere solcher, die in der Schule verwendet werden kann. So sind mittlerweile in nahezu allen allgemeinbildenden Schulen die technischen Voraussetzungen im Computerbereich vorhanden, aber es fehlt an geeigneten Lernprogrammen. Dies gilt für alle Fächer und auch trotz des schnell anwachsenden Marktes kommerzieller Angebote für diesen Bereich (für das Fach Chemie siehe z. B. Nick, Schanze & Lensment, 2000, 2000a, 2000b). Das andere Defizit betrifft die Lehr-Lern-Forschung zum Einsatz Neuer Medien und damit auf allgemeinsten Ebene die Klärung der Frage, wie Lernumgebungen zu gestalten sind, damit verständnisvolles Lernen (und verständnisförderndes Lehren) – unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Personenmerkmalen und unter verschiedenen Instruktionsbedingungen – möglich ist.

Ziel der Arbeit war es, einen Beitrag zur Beseitigung beider genannten Defizitbereiche auf dem Gebiet der Chemie und ihrer Didaktik zu leisten. Dies geschah zum einen durch die Entwicklung einer multimedialen Lernumgebung, dem Kapitel *Wasser*, im Rahmen des Projekts CHEMnet – eine interaktive Chemievorlesung und durch die Durchführung einer empirischen Studie zum Lernen in dieser Lernumgebung in Abhängigkeit von zwei unterschiedlich realisierten Instruktionsbedingungen und zum anderen in Abhängigkeit verschiedener Nutzermerkmale.

Auf beide Aspekte soll im Weiteren zusammenfassend eingegangen werden. Es wird zudem im Überblick die Einbettung der Arbeit in das umfassendere Projekt CHEMnet dargestellt. Weiterhin werden Ausblicke in Hinblick auf weitere, zum Teil bereits laufende Arbeiten im Umfeld dieser Arbeit und auf mögliche, zukünftige Erweiterungen gegeben.

Das entwickelte Kapitel *Wasser* ist eines von insgesamt 14 Kapiteln innerhalb der Internetvorlesung CHEMnet. Es zeichnet sich vor den anderen Kapiteln CHEMnets, zum Beispiel der „Komplexchemie“ oder von „Säuren und Basen“, dadurch aus, dass es sehr viele Querbezüge zu anderen Themen innerhalb der Allgemeinen und Anorganischen Chemie besitzt. Darüber hinaus weist das Thema Wasser eine besondere Eignung für

fachübergreifendes Arbeiten auf. Dieser Aspekt wurde von vornherein bei der Entwicklung des Kapitels *Wasser* berücksichtigt, so dass es darin vielfältige Bezüge zu Inhalten gibt, die vorzugsweise in der Biologie oder in der Physik behandelt werden.

CHEMnet und damit auch das Kapitel *Wasser* sind in der jetzigen Form seit Mitte Januar 2000 im Internet frei verfügbar und werden - obwohl wenig Werbung betrieben wird - regen genutzt. Beispielsweise betrug die Zahl der Seitenzugriffe („Pageviews“) auf CHEMnet im Zeitraum vom 15.01.2000 bis 30.05.2002 mehr als 211 000. Werden nur die Zugriffe von Nutzern berücksichtigt, die mindestens dreimal im System waren, so ergibt sich für diesen Zeitraum ein Wert von knapp 179 000 Seitenaufrufen. Hauptnutzer des Web-Angebotes sind Studierende (31,8 %), Schülerinnen und Schüler (23,0 %) sowie Lehrkräfte (16,7 %).

Das Kapitel *Wasser* soll über die hier vorgestellte Arbeit hinaus fester Bestandteil von CHEMnet sein. Im Kern wird das Kapitel *Wasser* keine Veränderungen erfahren, es gilt als ausgereift und insbesondere auch die empirische Studie, auf die hier noch näher eingegangen werden soll, ergab keine Anlasspunkte zu gravierenden Veränderungen. Kleinere Verbesserungen oder Erweiterungen werden natürlich im Laufe der Zeit vorgenommen werden, und es ist einer der technischen Vorteile eines internetbasierten Programms im Vergleich zu einem Fachbuch oder eines Lernprogrammes auf einem Datenträger (Diskette, CD), dass Änderungen für die Nutzer schnell und mit wenig Aufwand vorgenommen werden können.

Als die wesentlichen, zukünftigen Erweiterungen von CHEMnet und damit auch des Kapitels *Wasser* seien hier zwei aufgeführt: Zum einen wird momentan an einer Übersetzung von CHEMnet ins Englische gearbeitet, so dass die potentielle Nutzerpopulation auf ein Vielfaches steigen wird. Zum anderen wird zur Zeit eine Lernerfolgskontrolle implementiert. Diese ist in einer Testversion bereits verfügbar. Hier lassen sich Multiple Choice-Aufgaben zu den fachlichen Inhalten, auf Wunsch nur zu ausgewählten Themenbereichen, bearbeiten. Der Schwierigkeitsgrad der Übungsaufgaben passt sich dabei automatisch den sich verändernden Problemlösefähigkeiten der jeweiligen Nutzer an.

Die Inhalte des Kapitels *Wasser*, d. h. die einzelnen Hypertextseiten, wurden für die empirische Studie in zwei unterschiedlichen Versionen strukturiert: Die eine Lernumgebung war entsprechend der Systematik des Faches Chemie aufgebaut, ähnlich einem traditionellen Chemie-Lehrbuch. Die andere war problem-orientiert und kontext-bezogen angelegt, wobei die Problemstellungen eine große Alltagsnähe aufwiesen.

Im Mittelpunkt der Untersuchung stand die Frage nach dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern (N=110) in der jeweiligen Lernumgebung. Dazu wurde das Vorwissen und das Wissen nach dem Lernen mit dem Kapitel *Wasser* erhoben, wobei in beiden Tests fachbezogene und kontextbezogene Fragen gestellt wurden. Der mittlere Lernzuwachs kann unabhängig von der verwendeten Lernumgebung als recht hoch angesehen werden. Es zeigten sich weiterhin drei statistisch signifikante Ergebnisse: Die Versuchspersonen, die mit der kontextorientierten Lernumgebung arbeiteten (Kontextgruppe), zeigten im Nachtest signifikant bessere Leistungen bei der Beantwortung von Kontextfragen als Versuchspersonen, die mit der fachbezogenen Lernumgebung arbeiteten (Fachgruppe). Umgekehrte Verhältnisse lagen bei der Beantwortung der fachbezogenen Fragen vor, d. h. dort zeigte die Fachgruppe die statistisch signifikant besseren Leistungen im Nachtest. In der Summe (Kontext- plus Fachfragen), war die Fachgruppe statistisch signifikant besser als die Kontextgruppe. Dazu sei angemerkt, dass diese Ergebnisse auch gelten, wenn in der Analyse das Vorwissen der Versuchspersonen berücksichtigt (herausgerechnet) wird und dass der absolute Unterschied in den Leistungsmaßen, insbesondere im aggregierten, sehr klein ist. Ob es sich bei den statistisch signifikanten Unterschieden um tatsächlich inhaltlich bedeutsame handelt, kann hinterfragt werden. Aufschluss darüber könnte eine Untersuchung mit einer noch umfangreicheren Stichprobe geben und zudem sollte in einer Folgeuntersuchung die Lernzeit durch z. B. Hinzunahme weiterer Themenbereiche deutlich verlängert werden, um auftretende Unterschiede zuverlässig auf die Gestaltung der Lernumgebung (fachsystematisch vs. problemorientiert) zurückführen zu können.

Bezüglich der Bewertung und Akzeptanz des Kapitels *Wasser* hat sich erstens herausgestellt, dass das Lernen mit diesem multimedialen Programm sehr positiv aufgenommen wurde, zweitens, dass sich dies als weitgehend unabhängig von der verwendeten Lernumgebung (fach- bzw. kontextbezogen) und auch dem Lernerfolg herausstellte, und drittens, dass auch die Computervorerfahrung kaum mit der Art der Bewertung korrelierte. Damit konnten bezüglich der Entwicklung des Kapitels *Wasser* einige geforderten Eigenschaften empirisch abgesichert werden. Nicht unerwähnt bleiben soll aber auch, dass dieser Teilaspekt der Studie ebenfalls ergab, dass viele Angebote, die oft erst in einer multimedialen Lernumgebung und nicht so einfach in traditionellen Medien realisiert werden können, von den Versuchspersonen kaum genutzt wurden. So z. B. die Möglichkeit des Abrufs spezieller Zusatzinformationen (Gedächtnisstütze), des Glossars oder der Hilfefunktion. Eine Bewertung, in welchem Verhältnis der Aufwand, der zur

Bereitstellung dieser Angebote betrieben werden muss, und der Nutzen stehen, muss noch für das gesamte CHEMnet vorgenommen werden.

Die explorative Analyse der Verlaufsprotokolle, d. h. der zeitlichen Auflistung der aufgerufenen Seiten der Lernumgebung, führte auf einige charakteristische Verhaltensweisen in der Nutzung einer multimedialen Lernumgebung, über die in der Literatur insgesamt bislang wenig zu finden ist. Inwieweit sich die gefundenen Ergebnisse verallgemeinern lassen, müsste jedoch in einer spezifischen, auf diese Forschungsfrage angelegten, Folgestudie untersucht werden.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Studie stellt einen „Baustein“ in einer Verknüpfung verschiedenartiger Forschungsprojekte im Zusammenhang von CHEMnet dar. Eine weitere, bereits abgeschlossene Arbeit betraf beispielsweise die Untersuchung zum Lernen in linearen und vernetzten Hypertexten (Schanze, 2001). Momentan wird an einer Untersuchung zur Eignung von Concept-Maps als Messinstrument für den Lernerfolg (I. Stracke: Concept Mapping in der Chemie - Ein computerbasiertes Werkzeug zur Repräsentation und Diagnose chemischen Wissens) und an einer Untersuchung zum Nutzen von dreidimensionalen Animationen zur Visualisierung von Kristallstrukturen (S. Nick & D. Urhahne in Vorbereitung) gearbeitet. Gerade die beiden zuletzt genannten Projekte mit dem Potential der Generalisierbarkeit der Ergebnisse weit über den Rahmen von CHEMnet hinaus machen deutlich, dass die in Zusammenhang mit einem umfangreichen Entwicklungsprojekt begleitende Forschung ein vielversprechender Weg in dem Feld der Chemie und ihrer Didaktik sein kann.

Abbildungsverzeichnis

- 2.1 Struktur von Hypermedia-Systemen
- 3.1 Lernen als Nürnberger-Trichter
- 3.2 Konzept des problemorientierten Lernens (verändert nach Hense, Mandl & Gräsel, 2001)
- 4.1 Wasseranteil im menschlichen Körper, auf der Erde und in Pflanzen (aus Kapitel *Wasser* in CHEMnet [W3])
- 4.2 Photosynthese und Atmung (aus Kapitel *Wasser* in CHEMnet [W3])
- 4.3 Mit dem Thema Wasser verbundene Schulfächer
- 4.4 Aufbau der Lernumgebung CHEMnet
- 4.5 Eine Beispielseite aus CHEMnet [W3], die Piktogramme, sowie obere und linke Navigationsleiste
- 4.6 Aufbau des Inhaltsverzeichnisses in Kapitel *Wasser*
- 4.7 Beispiel von Unterkapitel 15: Gefrierpunktniedrigung (Kryoskopie) und Siedepunkterhöhung (Ebullioskopie)
- 4.8 Struktur der fachbezogenen Lernumgebung
- 4.9 Struktur der kontextbezogenen Lernumgebung
- 6.1 Untersuchungsdesign
- 6.2 Verlaufsprotokoll eines Benutzers von CHEMnet
- 7.1 Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Vorwissenstest der Fachgruppe
- 7.2 Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Nachtest der Fachgruppe
- 7.3 Häufigkeitsverteilung richtig beantworteter fachbezogener und kontextbezogener Fragen im Nachtest der Fachgruppe
- 7.4 Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Vorwissenstest der Kontextgruppe
- 7.5 Häufigkeitsverteilung der Anzahl richtiger Antworten im Nachtest der Kontextgruppe
- 7.6 Anzahl richtig beantworteter fachbezogener und kontext-bezogener Fragen im Nachtest der Kontextgruppe
- 7.7 Gesamtlernerfolg von Fach- und Kontextgruppe
- 7.8 Nutzerprotokoll von Versuchsperson 127 aus der Fachgruppe mit einer hohen Punktzahl im Wissenstest
- 7.9 Nutzerprotokoll von Versuchsperson 85 aus der Fachgruppe mit einer niedrigen Punktzahl im Wissenstest
- 7.10 Nutzerprotokoll von Versuchsperson 58 aus der Kontextgruppe mit einer hohen Punktzahl im Wissenstest
- 7.11 Nutzerprotokoll von Versuchsperson 80 aus der Kontextgruppe mit einer niedrigen

Punktzahl im Wissenstest

- 7.12 Verlaufsprotokolle der Computeramateure aus der Fachgruppe
- 7.13 Verlaufsprotokolle der Computerprofis der Fachgruppe
- 7.14 Verlaufsprotokolle der Computeramateure aus der Kontextgruppe
- 7.15 Verlaufsprotokolle der Computerprofis aus der Kontextgruppe
- 7.16 Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 91
- 7.17 Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 40
- 7.18 Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 44
- 7.19 Verlaufsprotokoll der Versuchsperson 81

Tabellenverzeichnis

- 2.1 Eignung von Interaktionsmöglichkeiten in Multimedia-Systemen für verschiedene Lernende (nach Kerres, 1999)
- 2.2 Chemielernprogramme nach traditionell-systematischen und problemorientierten Ansätzen
- 4.1 Unterrichtsthemen in den Lehrplänen für die Grundschule und das Gymnasium mit Bezug zum übergeordneten Thema Wasser
- 4.2 Die Kapitel der Lernumgebung CHEMnet
- 4.3 Beschreibung der Piktogramme
- 4.4 Beschreibung der Vertiefungen im Kapitel *Wasser*
- 6.1 Teilnehmende Schulen, Datum der Durchführung der empirischen Studie und Anzahl der teilnehmenden Versuchspersonen
- 6.2 Variablenliste (etwas gekürzt)
- 7.1 Vergleich von Fach- und Kontextgruppe bzgl. der Nutzung des Kapitels *Wasser*
- 7.2 Mittlere Anzahl richtiger Antworten im Vorwissenstest
- 7.3 Mittlere Anzahl richtiger Antworten im Wissenstest
- 7.4 Deskriptive Ergebnisse zum Interesse.
- 7.5 Deskriptive Ergebnisse zur Computervorerfahrung.
- 7.6 Deskriptive Ergebnisse zu fachlichen Aspekten des Kapitels *Wasser*
- 7.7 Deskriptive Ergebnisse zu der Anlage der Lernumgebung des Kapitels *Wasser*.
- 7.8 Deskriptive Ergebnisse zu generellen Aspekten des Kapitels *Wasser*
- 7.9 Unterschiede in der Bewertung und Akzeptanz in Abhängigkeit von der Gruppenbedingung (Fach- / Kontextgruppe)
- 7.10 Merkmale der Verlaufsprotokolle und Nutzerparameter für die Teilstichproben der im Wissenstest erfolgreichen und weniger erfolgreichen Versuchspersonen
- 7.11 Merkmale der Verlaufsprotokolle für Computeramateure und Computerprofis aus der Fachgruppe
- 7.12 Merkmale der Verlaufsprotokolle für Computeramateure und Computerprofis aus der Kontextgruppe

Literatur

- Arzt, Th.** (1963). Die Wasseraufnahme und die Wasserleitung bei den höheren Pflanzen und ihre Beziehungen zu Physik und Chemie. *Zeitschrift für Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen*, 67, 341 – 345; 385 – 391.
- Atkins, P. & Beran, J. A.** (1996). *Chemie: einfach alles*. Weinheim; NY; Basel; Cambridge; Tokyo: VCH, 2. Auflage.
- Baars, G. & Christen, H. R.** (1997): *Allgemeine Chemie: Theorie und Praxis*. 2. Auflage. Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg: Diesterweg-Sauerländer.
- Bauer, W.** (1997). Multimedia in der Schule?. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 376 – 399.
- Baumgartner, P.** (1997). Didaktische Anforderungen an (multimediale) Lernsoftware. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 241 - 252.
- Baumgartner, P. & Payer, S.** (1994). *Lernen mit Software*. Innsbruck. Österreichischer Studien Verlag.
- Blume, R. & Wiechoczek, D.** (1992). *Chemie der Gewässer, des Bodens und der Luft*. Universität Bielefeld. Studienmaterialien des Weiterbildenden Studiums Umweltberatung, C-05.
- Bodendorf, F.** (1990). *Computer in der fachlichen und universitären Ausbildung*. München/ Wien: Oldenburg Verlag.
- Booz, Allen & Hamilton** (Ed.). (1995). *Zukunft Multimedia: Grundlagen, Märkte und Perspektiven in Deutschland*. Frankfurt am Main: Institut für Medienentwicklung und Design.
- Bortz, W. & Lienert, G.** (1998). *Kurzgefaßte Statistik für die klinische Forschung*. Berlin: Springer.
- Bulmahn, H.** (2000). *Bundesministerium für Bildung und Forschung. Pressemitteilung 22.02.2000*. Bundesministerin Bulmahn begrüßt Initiative von AOL Europe.

-
- Bulmahn, H.** (2001). *Bundesministerium für Bildung und Forschung. Pressemitteilung 15.10.2001. Alle Schulen in Deutschland am Netz.*
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt** (1991). *Technology and the design of generative learning environments.* *Educational Technology*, 31(5), 34 – 40.
- Conklin, J.** (1987). Hypertext – An introduction and survey. *IEEE Computer*, 20(9), 17-41.
- Demuth, R.** (1999). Fächerübergreifender/ fächerverbindender Chemieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie*, 2, 48.
- Dillon, A. & Gabbard, R.** (1998). Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control and style. *Review of Educational Research*, 68, 322-349.
- Ehrlich-Lingens, E. M. & Gärtner, H. J.** (1997). Acid rain over Europe – Erfahrungen mit dem Science-across-Europe-Projekt. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 45(40), 24 - 31.
- Eiwan, B.** (1998). *Lehren und Lernen mit dem Computer. Eine experimentelle Studie zum Einfluß von Lerner- und Programmmerkmalen auf Lernprozeß und Lernergebnis.* Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät II (Psychologie und Pädagogik) der Universität der Regensburg. Regensburg.
- Ewert O. & Thomas J.** (1996). Das Verhältnis von Theorie und Praxis in der Instruktionspsychologie. In Franz E. Weinert (Ed.) *Psychologie des Lernens und der Instruktion*, Hogrefe, 89 – 114.
- Feldman, T.** (1994). *Multimedia.* London, Glasgow, Blueprint.
- Fischer P. M. & Mandl H.** (1990). Introduction: Toward a psychophysics of hypermedia. In D. H. Jonassen & H. Mandl (Ed.), *Designing hypermedia for learning.* Heidelberg: Springer Verlag.
- Frey, K. & Blänsdorf, K. (Ed.)** (1974). Integriertes Curriculum Naturwissenschaft der Sekundarstufe I: Projekte und Innovationsstrategien. *Bericht das 5. IPN-Symposium.* Beltz Verlag – Weinheim und Basel.
- Fricke, R.** (1991). Zur Effektivität computer- und videounterstützter Lernprogramme. *Empirische Pädagogik*, 5(2), 167 – 204.

-
- Fricke, R.** (1997) Evaluation von Multimedia. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 400 – 413.
- Galbreath, J.** (1992). The Educational Buzzword of the 1990's: Multimedia, or is it Hypermedia, or Interactive Multimedia, or ...?. *Educational Technology*. 4(32), 15-19.
- Gerdes, H.** (1997). *Lernen mit Text und Hypertext*. Langerich: Pabst.
- Gerdes, H.** (2000). Hypertext. In Bernad Batinic (Ed.) *Internet für Psychologen*. 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage. Hogrefe.
- Glowalla, U. & Häfele, G.** (1997). Einsatz elektronischen Medien: Befunde, Probleme und Perspektiven. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 376 – 399.
- Glowalla, U. & Schoop, E. (Ed.)** (1992). *Hypertext und Multimedia: Neue Wege in der computerunterstützte Aus- und Weiterbildung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Gräber, W.** (1992). Untersuchung zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht. *Chemie in der Schule*. 39(7/8), 270 – 273.
- Gräsel, C.** (1997). *Problemorientiertes Lernen: Strategieranwendung und Gestaltungsmöglichkeiten*. Göttingen; Bern; Toronto; Seattle: Hogrefe, Verl. für Psychologie.
- Greenwood N. N. & Earnshaw A.** (1990). *Chemie der Elemente*. Weinheim; Basel; Cambridge; New York: VCH.
- Greiner, W. & Lichtenberg, W.** (1997). Landesschulversuch „ProSek“ in Sachsen-Anhalt. Beispiele aus dem Naturwissenschaftlichen Lernbereich. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 8(40), 39 – 41.
- Grimes, J. & Potel, M.** (1991). What is Multimedia? *IEEE Computer Graphics & Applications*. 1(11), 49-52.
- Gruber, H., Mandl, H., Renkl, A., Schreiber, W. H. & Weidenmann, B.** (1992). Lehr- und Lernforschung: Neue Unterrichtstechnologien. In K. Ingenkamp, R. S. Jäger, H. Petillon, B. Wolf (Ed.) *Empirische Pädagogik 1970-1990*, Weinheim: Deutscher Studien Verlag, Band II, 471-514.

-
- Gutmann, V. & Hengge, E.** (1990). *Anorganische Chemie: eine Einführung*. 4. Auflage, Weinheim ; Basel ; Cambridge ; New York: VCH.
- Haack, J.** (1997). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. Information und Lernen mit Multimedia. In L. J. Issing & P. Klimsa *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage, Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 151 – 164.
- Häußler, P.** (1973). Bisherige Ansätze zu disziplinübergreifenden naturwissenschaftlichen Curricula – eine Übersicht. In: K. Frey & P. Häußler (Ed.) *Integriertes Curriculum Naturwissenschaft; Theoretische Grundlagen und Ansätze*. Weinheim und Basel: Beltz, 31-69
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J.** (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für Unterrichtspraxis*. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Kiel:IPN.
- Hellenthal, W.** (1984). *Physik und ihre Anwendung in der Praxis für Pharmazeuten, Mediziner und Biologen*. 3., überarbeitete Auflage. Stuttgart; New York: Thime.
- Hense, J., Mandl, H. & Gräsel, C.** (2001). Problemorientiertes Lernen mit neuen Medien. *Computer und Unterricht*, 44, 6-12.
- Holleman, A. Fr. & Wiberg, E.** (1995). *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*. 101., Auflage, Berlin: de Gruyter.
- Holzinger, A.** (2000). *Basiswissen Multimedia Band 2: Lernen. Kognitive Grundlagen multimedialer Informationssysteme*. Würzburg: Vogel.
- Hornung, Ch., Borgmeier, E., & Beyer, M.** (1994). *Distributed Learning on heterogeneous Environments*. Online Educa, Berlin.
- Huber, L. & Effe-Stumpf, G.** (1994) Der fächerübergreifende Unterricht am Oberstufen-Kolleg. In: U. Krause-Isermann, J. Kupsch & M. Schumacher (Ed.) *Perspektivenwechsel, Beiträge zum fächerübergreifenden Unterricht für junge Erwachsene*. Ambos 38, Bielefeld: Oberstufenkatalog.
- Issing, L. J. & Klimsa P. (Ed.)** (1997). *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim.

-
- Issing L. J.** (1997). Instruktionsdesign für Multimedia. In L. J. Issing & P. Klimsa *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 194-220.
- Jantsch** (1972). Zitiert nach T. Mies und M. Otte (1978). Interdisziplinrarity der wissenschaftlichen Arbeit und Didaktik. In P. Plath und H.-J. Sandkühler (Ed.) *Theorie und Labor*. Köln, 192-208.
- Kerres, M.** (1997). Technische Aspekte multimedialer Lehr-Lernmedien. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 25 – 44.
- Kerres, M.** (1999). Konzeption multi- und telemedialer Lernumgebungen. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 36(1), 9-21.
- Klauer K. J.** (2001). Situiertes Lernen. In D. H. Rost (Ed.) *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 635-641.
- Kratz, M.** (1997). Naturwissenschaften in der schönen Literatur – Anregung für eine erzählende Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*. 45(40), 32 - 35.
- Kulik, C. C. & Kulik, J. A.** (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75 – 94.
- Lehrplan für die Grundschule.** Heimat- und Sachunterricht. Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein. In Kraft seit dem Schuljahr 1997/98.
- Lehrplan für die Sekundarstufe I** der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen Hauptschule, Realschule, Gymnasium. Chemie. Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein. In Kraft seit dem Schuljahr 1997/98.
- Lehrplan für die Gymnasium.** Chemie Oberstufe. Erprobungsfassung (1982). Kultusministerium des Landes Schleswig-Holstein.
- Leutner, D.** (2001). Instruktionspsychologie. In D. H. Rost (Ed.) *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 267-277.

-
- Lybeck, L.** (1973). Konzepte zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. *IPN-Arbeitsberichte 3*. Kiel: IPN.
- Mandl, H. & Gräsel, C.** (1997). Gestaltung konstruktivistischer Lernumgebungen in der Medizin. Lernen für die Zukunft. Lernen in der Zukunft. In S. Höfling & H. Mandl (Ed.) *Wissensmanagement in der Bildung. Berichte und Studien der Hanns-Seidel-Stiftung München*, Band 74.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A.** (1997). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia. 2., überarbeitete Auflage*. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 166 – 178.
- Mayer, R. E.** (1992). Cognition und instruction: their historic meeting within educational psychology. *Journal of Educational Psychology*, 84, 405 - 412.
- Mikelskis, H.** (1999). Physik lernen mit interaktiver Hypermedia: Eine empirische Pilotstudie. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 63-74.
- Mortimer, C. E.** (1996). *Chemie: Das Basiswissen der Chemie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Möller, J. & Müller-Kalthoff T.** (2000). Lernen mit Hypertext: Effekte von Navigationshilfen und Vorwissen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14 (2/3), 116-123.
- Negroponte, N.** (1995). *Being digital*. London: Hodder Stoughton.
- Nick, S. & Andresen, J.** (2001) CHEMnet - Ein Hypermedia-Framework. *Pädagogik der Naturwissenschaften - Chemie*, 50(7), 5.
- Nick, S., Schanze, S. & Lensment, L.** (2000). Chemische Lehr- und Lernprogramme. Eine kritische Bestandsaufnahme. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 49(5), 25-27.
- Nick, S., Schanze, S. & Lensment, L.** (2000a). Chemische Lehr- und Lernprogramme. Eine kritische Bestandsaufnahme. Teil a. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 49(6), 44-47.
- Nick, S., Schanze, S. & Lensment, L.** (2000b). Chemische Lehr- und Lernprogramme. Eine kritische Bestandsaufnahme. Teil b. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 49(7), 39-44.

-
- Obst, H.** (1997). „Fächerübergreifender“ Unterricht – Chemieunterricht fachübergreifend und Chemie im fächerverbindenden Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 45(40), 4 – 8.
- Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A. & Huntemann, H.** (2001). Chemie im Kontext – Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*. 1(50), 2 – 7.
- PING** (1996). Was ist PING? Information zu Status-Konzeption-Entwicklung.
- Recker, M. M. & Pirolli, P.** (1995). Modeling individual differences in students' learning strategies. *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 1 – 38.
- Reinhold, P. & Bündler, W.** (2001). Stichwort: Fächerübergreifender Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 3(4), 333-359.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H.** (1997). Problemorientiertes Lernen mit Multimedia. In K. A. Geißler, G. Landsberg, M. Reinartz (Ed.) *Handbuch Personalentwicklung und Training. Ein Leitfaden für die Praxis*. Köln: Verlagsgruppe Deutscher Wirtschaftsdienst, 2-20.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H.** (1998). *Wenn kreative Ansätze versanden: Implementation als verkannte Aufgabe*. Forschungsbericht Nr. 87. München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H.** (1999). *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. Forschungsbericht Nr. 60. München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H.** (1999a). Instruktion. In Ch. Perleth und A. Ziegler (Ed.) *Pädagogische Psychologie. Grundlagen und Anwendungsfelder*. Verlag Hans Huber, 217 – 226.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H.** (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidemann (Ed.) *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 601 – 644.
- Renkl, A.** (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Möller & O. Köller (Ed.) *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung*. Beltz: Weinheim, 175-190.

-
- Renkel, A.** (2001). Träges Wissen. In D. H. Rost (Ed.) *Handwörterbuch pädagogische Psychologie*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 514 – 516.
- Riedel, E.** (1994). *Allgemeine und Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch für Studenten mit Nebenfach Chemie*. 6., Auflage, Berlin: de Gruyter.
- Sacher, W.** (1998). Multimedia und Computersimulationen im Unterricht. *Mathematik Naturwissenschaftliche Unterricht*, 51(8), 452 – 458.
- Schanze, S.** (2001). *Wissenserwerb mithilfe der internetbasierten Lernumgebung ChemNet*. Eine empirische Untersuchung zum Lernen mit Linearen und vernetzten Texten. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2002.
- Schmidkunz, H.** (1986). Das Wasser im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie*, 34(9), 19, 10 – 13.
- Schnotz, W., Zink T.** (1997). Informationssuche und Kohärenzbildung bei Wissensbewerben mit Hypertext. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 11(2), 95 – 108.
- Schott F., Kemter S. & Seidl P.** (1997). Instruktionstheoretische Aspekte zur Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 178-192.
- Siegrist, Ch., Claus, U., Haefeli, B. & Vernier, J.** (1990). *Stofflehre: Chemie im Alltag*. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser.
- Steiner, D.** (1997). Computeranwendungen im Chemieunterricht. In P. Pfeifer, K. Häusler und B. Lutz (Ed.) *Konkrete Fachdidaktik Chemie*, 320-337.
- Steinmetz, R.** (1993). *Multimedia-Technologie: Einführung und Grundlagen*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Strzebkowski, R.** (1997). Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 269 – 302.

-
- Stumpf, K.** (1979). Das Lernen mit Medien. *Der Chemieunterricht CU*, 10, 3 – 12.
- Schulmeister, R.** (1997). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme*. Oldenburg Verlag München Wien. 2., aktualisierte Auflage.
- Tabbutt, F. D.** (2000). Water: A powerful theme for an interdisciplinary course. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1594 – 1601.
- Tergan, O.-S.** (1997). Hypertext und Hypermedia: Konzeptionen, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 123 – 136.
- Tergan, S.-O.** (2000). Vergleichende Bewertung von Methoden zur Beurteilung der Qualität von Lern- und Informationssystemen. Fazit eines Methodenvergleichs In P. Schenkel, S.-O. Tergan & A. Lottmann (Ed.). *Qualitätsbeurteilung multimedialer Lern- und Informationssysteme. Evaluationsmethoden auf dem Prüfstand*. Nürnberg: BW Bildung und Wissen. Verlag und Software GmbH, 329-347.
- Tölgyessy, J. & Milan, P.** (1990). *Wasser*. Berlin: Verl. die Wirtschaft.
- Urhahne, D., Prenzel, M., von Davier, M., Senkbeil, M. & Bleschke, M.** (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 157 – 186.
- Weidemann, B.** (1997). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L. J. Issing & P. Klimsa (Ed.) *Information und Lernen mit Multimedia*. 2., überarbeitete Auflage. Beltz Psychologie Verlags Union: Weinheim, 65 – 81.
- Weinert, F.** (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F. E. Weinert (Ed.) *Psychologie des Lernens und der Instruktion. Pädagogische Psychologie*. Band 2. Göttingen: Hogrefe, 1-48.

Internetadressen

[W1] <http://ac16.uni-paderborn.de/studienarbeiten/seidel/ann/index.html>

Internet und Lernprogramme als Medium für den Chemieunterricht von Ann Seidel, Stand: 21. April 2002.

[W2] <http://chemie.de/>

1997-2002 Chemie.DE Information Service GmbH. Stand: 18. April 2002.

[W3] <http://www.chemievorlesung.ipn.uni-kiel.de/>

Internetvorlesung *CHEMnet*, Stand: 21. April 2002.

[W4] <http://www.kapili.com/>

kapili.com, Stand: 21. April 2002.

[W5] <http://deix.ethz.ch/>

Creative Chemistry on the Internet. Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich, Stand: 29. April 2002.

[W6] http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/blk_prog/blkstefr.htm

BLK-Modellversuchsprogramm "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts" - SINUS, Stand: 17. Mai 2002.

[W7] <http://www.mpfs.de/projekte/jim2001.html>

JIM-Studie 2001: Deutlich mehr Handys als Computer im Besitz Jugendlicher, Stand 25.05.2002.

[W8] http://planet.ipn.uni-kiel.de/_planet_neu/

Didaktisch optimierter Einsatz neuer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht, Stand: 28.05.2002.

Lernprogramme

- [L1] **Microsoft PowerPoint.** 2002 Microsoft Corporation.
- [L2] **CompuChem Ultramol 2000.** CompuChem <http://www.compuchem.com/ultra1.htm>
Stand 18. April 2002.
- [L3] **C-Design.** Zeichenprogramm für Formeln und Laborgeräte. Entwickelt von Dr. Johannes Bauer und Dr. Eric Fontain. <http://webserver.fak-cbg.tu-muenchen.de/oc1/EFontain/C-Design/> Stand: 27.05.2002.
- [L4] **Corel ChemLab.** A Realistic, Interaktive, Chemistry Lab on CD-ROM. Corel Corporation, 1996.
- [L5] **Dynamische Biochemie.** Lernen und Übungssoftware. H. Schmidkunz, Cyber Media Team, Wetter, 1997
Friedr. Vieweg & Sohn VerlagsgesellschaftmbH, Braunschweig/ Wiesbaden, 1997.
- [L6] **Chemistry Game.** Fragen und Antworten zum Chemie-Lehrstoff der 8.-12. Schulstufe. E. Kulnigg. Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Wien, 1998.
- [L7] **Chemie – Box.** Ein Einstieg in die Chemie. W. Kiefer, Kolibri Verlag, 1997.
- [L8] **Franzis Baukasten Chemie.** Interaktives Chemie-Labor mit spannenden Versuchen. N. Weig. Franzis'-Verlag, 1998.
- [L9] **Macromedia Flasch 5.** 1995-2002 Macromedia.
- [L10] **Fette in der Ernährung.** Ein interaktives Lernprogramm. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e. V., 1994.
- [L11] **Recycling am Beispiel Getränkeverpackungen.** Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht, 1998.
- [L12] **WinFunktion Chemie und Biologie 9.0.** Das Komplettpaket für Schule, Studium und Beruf. bhv Verlag, 1999.
- [L13] **Grundlagen der Chemie-interaktiv für Mediziner, Biologen und Pharmazeuten.** G. Reibenegger, Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 1999.
- [L14] **Römpp Chemielexikon.** M. Regitz, J. Falbe, Georg Thieme Verlag, 1999.

-
- [L15] **Gibbs Energetik**. CompuChem. <http://www.compuchem.com/gibbsen.htm>. Stand: 18. April 2002.
- [L16] **pHGraph** Windows. CompuChem. <http://www.compuchem.com/ph.htm>. Stand 18. April 2002.
- [L17] Brainschool Chemie in Labor, Umwelt & Alltag. Win Lernen. bhv Verlags GmbH

A Mit dem Thema Wasser verbundene Inhalte aus Chemie Lehrplan Schleswig-Holstein

Thema	Hinweise zum Unterricht		Fächerübergreifendes Arbeiten
	Inhalte	Fachspezifische Hinweise	
Hauptschule			
Lebensgrundlage Wasser (7. Klassenstufe, 15 Stunden)	Vorkommen von Wasser und Wasser als Gebrauchsstoff	- Wassernutzung im Haushalt, Gewerbe und Industrie	<u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u> - <u>Biologie:</u> die Zelle als Grundeinheit des Lebens; Lebensräume und Lebensgemeinschaften: Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz - <u>Erdkunde:</u> der Orient: Machfaktoren Wasser und Erdöl; Trockenräume und Bewässerung: Lebenselement Wasser
	Wassergewinnung, Brauchwasser, Abwasserreinigung, belastetes Wasser	- Wasserkreislauf, Stoffe im Wasser - Exkursionen zum Wasserwerk bzw. zur Kläranlage	
	Wasser als Lösungsmittel	- Gemische mit Wasser (Lösungen, Suspension, Emulsion) und Trennverfahren	
	Eigenschaften des Wassers	- Erstarrungs- und Siedetemperatur, Elektrische Leitfähigkeit, Anomalie	
Realschule			
Lebensgrundlage Wasser (8. Klassenstufe, 12 Stunden)	Vorkommen von Wasser und Verwendung von Wasser als Rohstoff für neue Stoffe sowie als Transportmittel für Stoffe und Wärmeenergie	- Je ein Beispiel aus der Industrie und dem Haushalt auswählen	<u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u> - <u>Biologie:</u> die Zelle als Grundeinheit des Lebens; Lebensräume und Lebensgemeinschaften: Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz - <u>Erdkunde:</u> der Orient: Machfaktoren Wasser und Erdöl; Trockenräume und Bewässerung: Lebenselement Wasser (Kl.7)
	Eigenschaften von Wasser	- Reinstoff und Stoffgemisch - Schmelztemperatur, Siedetemperatur - Lösungsfähigkeit und Löslichkeitsgrenzen - Heterogene Gemische, z.B. Nebel, Emulsion, Suspension	

	Trennverfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Fest - flüssig: Sedimentieren, Filtrieren, Eindampfen, evtl. auch Flotation - Flüssig - flüssig: Ausschütteln, Chromatografieren, Destillieren, evtl. auch Gefriertrocknung - Gasig - flüssig: Austreiben durch Temperaturerhöhung 	
	Gewinnung von Brauchwasser und Abwasseraufbereitung	- Betriebserkundung: Trinkwasseraufbereitungsanlage oder Klärwerk (in der näheren Umgebung oder am Schulort)	
Salz – nicht nur zum Kochen (9. Klassenstufe, 24 Stunden)	Salze	- löslich in Wasser	
Vorsicht – ätzend (9. Klassenstufe, 20 Stunden)	*	<ul style="list-style-type: none"> - Entstehung von saurem Regen (Abgase als Säurebildner, Säure - Base - Theorie nach Brönstedt, Entstehung von $[H_3O]^+$ durch Protolyse) - Hydroxide (Freisetzung von Hydroxidionen durch Dissoziation, Entstehung von $[OH]^-$ durch Protolyse, z. B. bei der Reaktion von Ammoniak und Wasser, Ätzende Wirkung auf Stoffe, Technische Herstellung von Ammoniak nach dem Haber-Bosch-Verfahren (fakultativ)) - Neutralisation (Protolyse zwischen $[H_3O]^+$ und $[OH]^-$, Titration Anwendung, z. B. „Abgasreinigung“), - pH-Wert (Definition pH-Wert - Bestimmungen) 	<p><u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Biologie:</u> Richtige Ernährung – eine Voraussetzung für die Gesundheit der Menschen - <u>Deutsch:</u> Stellungnahme erwünscht - Ereignisse, Sachverhalte, Bücher, Filme fordern uns heraus - <u>Haushaltslehre:</u> Umgang mit Putzmitteln <p><u>Projektorientierten Bearbeitung:</u> Smog und Saurer Regen; Abgasreinigung bei industriellen Betrieben</p>
Gymnasium			
Luft und Klimaänderung (9. Klassenstufe, 8 Stunden)			<p><u>Ähnliche Themen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Erdkunde:</u> Ökosystem Weltmeer (mit Inhalt: Bedeutung der Meere für das Klima); Pazifikraum: Motor der Weltwirtschaft. - <u>Physik:</u> Wärme und Klima; Temperatur,

			Wärme, Klimaänderung
Lebensgrundlage Wasser (9. Klassenstufe, 8 Stunden)	Qualitative Analyse und Synthese von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion von Wasser durch unedle Metalle - Entdeckung von Wasserstoff - Wasser als Wasserstoffoxid 	<u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Erdkunde:</u> Ökosystem Weltmeer - <u>Biologie:</u> Richtige Ernährung - eine Voraussetzung für die Gesundheit der Menschen, Lebensräume und Lebensgemeinschaften: Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz - <u>Deutsch:</u> Reportagen aus aller Welt
	Eigenschaften von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> - Siede- und Schmelztemperatur von Wasser - Wassernachweis 	
	Eigenschaften und Nachweismöglichkeiten von Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaften, Nachweis und Verwendung von Wasserstoff - Wasserstoff als Reduktionsmittel 	
	Wasser als Gebrauchsstoff	<ul style="list-style-type: none"> - Wassernutzung, Trinkwassergewinnung - Abwasser und seine Reinigung - Exkursionen zum Wasserwerk und/oder zur Kläranlage 	
Kochsalz und andere Salze (10. Klassenstufe, 10 Stunden)	Abhängigkeit der Gefriertemperatur von der Konzentration einer Lösung	<ul style="list-style-type: none"> - die Abhängigkeit der Gefriertemperatur von der Konzentration einer Lösung (die Abhängigkeit der Gefriertemperatur von der Konzentration einer Lösung (z. B. Verwendung von Kochsalz als Streumittel im Winter; Frostschutzmittel im Autokühler) 	<u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Biologie:</u> Richtige Ernährung – eine Voraussetzung für die Gesundheit der Menschen
	Kochsalzgewinnung	<ul style="list-style-type: none"> - Kochsalzgewinnung (Gewinnung aus Meerwasser, Salzlagern und Solequellen) 	
Atombau und Periodensystem (10. Klassenstufe, 7 Stunden)	<ul style="list-style-type: none"> – Entwicklung folgender Vorstellungen: – Salze sind aus elektrisch geladenen Teilchen, den Ionen, aufgebaut (Kristallgitter). – Metallionen sind elektrisch positiv geladen. – Nichtmetallionen sind elektrisch negativ geladen. - Ionen können unterschiedliche Vielfache kleinster Ladungen (Elementarladungen) tragen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Versuche zur Gefrierpunktniedrigung, zur Ionenwanderung und zur Elektrolyse durchführen die zu der Annahme führen, dass Elementargruppen von Salzen in wäßriger Lösung in Einzelteilchen (Ionen) zerfallen sind und dass die Ionen elektrisch geladen sind und Elementargruppen anderer Stoffe, z. B. von Alkohol und Zucker dieses Verhalten nicht zeigen 	
Moleküle und Elektronenpaarbildung (10. Klassenstufe, 12 Stunden)	Dipolmoleküle	<ul style="list-style-type: none"> - Anlass zur Diskussion des Dipolcharakters der Wassermoleküle können die Struktur des Eises und die Dichteanomalie des Wassers (größte Dichte bei 4° C) sein. Die 	

		lebenswichtigen Auswirkungen dieser Anomalie für die Biosphäre sollten deutlich werden.	
	Wasserstoffbrückenbindung	- Die Deutung der Ablenkung eines Wasserstrahls im inhomogenen elektrischen Feld eines geriebenen Hartgummi- oder Plexiglasstabes kann auf den Dipolcharakter der Wassermoleküle hinweisen.	
Säuren und Basen (10. Klassenstufe, 9 Stunden)	Protonendonatoren nennt man Säuren.	- Reaktion von Chlorwasserstoff mit Wasser: Anstiege von Temperatur und Leitfähigkeit weisen auf eine Reaktion der beiden Stoffe hin, bei der Ionen entstanden sind.	
	Protonenakzeptoren nennt man Basen.	- Reaktion von Ammoniak mit Wasser	
Säurenbildende Oxide in der Luft Smog, Saurer Regen und die Folgen (10 Klassenstufe, 10 Stunden)	*	<ul style="list-style-type: none"> - Reaktionen von Schwefeldioxid mit Wasser - Reaktion von Schwefeltrioxid mit Wasser zu Schwefelsäure - Reaktion von Schwefelsäure und Wasser - Einleiten von Stickstoffoxidgemischen in Wasser führt zu einer sauren Lösung, die Bildung der Salpetersäure wird am einfachsten als Reaktion von Distickstoffpentoxid mit Wasser formuliert 	<u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Biologie</u>: Organe des Menschen und deren Gesunderhaltung - <u>Erdkunde</u>: Energie - Krise aus Mangel oder Überfluß? (Kl.9); Der Mensch beeinflusst seinen Lebensraum

Stickstoffdünger und Stickstoffkreislauf (10. Klassenstunde, 10 Stunden)	Überdüngung	<ul style="list-style-type: none"> - Nitratengehalt quantitativer Bestimmungen von Nitratgehalten im Grundwasser 	<u>Querverweise auf vorhandene Themen:</u> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Biologie:</u> Richtige Ernährung - eine Voraussetzung für die Gesundheit der Menschen; Biologische Nutzung der Sonnenenergie; Lebensräume und Lebensgemeinschaften: Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz (Kl.9). - <u>Erdkunde:</u> Ökosystem Weltmeere (Kl.9); Deutschland: Räume verändern sich; Der Mensch beeinflusst seinen Lebensraum - <u>Deutsch:</u> Stellungnahme erwünscht - Ereignisse, Sachverhalte, Bücher, Filme fordern uns heraus; Reportagen aus aller Welt
			<u>Fächerübergreifendes Arbeiten empfohlen:</u> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Erdkunde:</u> Zusammenhänge zwischen Futtermittelexporten und Hunger in der Dritten Welt; Düngemittelverbrauch in unterschiedlichen Regionen; Süd-Nord-Konflikt
	Stationen des Stickstoffkreislaufes	<ul style="list-style-type: none"> - Quantitative Betrachtung der Stickstoffspeicher in Atmosphäre, Gesteinen und Böden, in Gewässern und Lebewesen 	
Fette, Seifen und Waschmitteln (12. Klassenstufe)	Reaktion von Alkaliseifen mit weichem, hartem und saurem Wasser kennen und erklären	<ul style="list-style-type: none"> - Reaktion von Alkaliseifen mit weichem, hartem und saurem Wasser; - Alkaliseifen, Kalkseifen; - Wasserhärte 	

	Wirkungsweise von Alkaliseifen beim Waschvorgang kennen und erklären	<ul style="list-style-type: none"> – Waschvorgang – Waschaktivität der Alkaliseifen 	
	Zusammensetzung und Wirkungsweise handelsüblicher Waschmittel kennen und die Funktion ihrer Bestandteile beschreiben	<ul style="list-style-type: none"> – Vollwaschmittel, Feinwaschmittel; – anionaktive, kationaktive und nichtionogene Tenside – Detergentien – Waschinhaltsstoffe und ihre Funktionen – Vergleich von Werbeaussagen über bestimmte Waschmittel mit Wirkungen einiger Waschmittelbestandteile 	
	Problematik der Umweltbelastung durch Waschmittel verstehen und diskutieren	<ul style="list-style-type: none"> – Biologische Abbaubarkeit der Waschmittel, Detergentengesetz, Eutrophierung der Gewässer – Aufgabe der dritten Stufe eines Klärwerks – Entwicklung neuer, umweltfreundlicher Rohstoffe – Wirtschaftliche Bedeutung der Waschmittelindustrie 	
Chemie und Umwelt (12. und 13. Klassenstufe)	Probleme der Wasserverschmutzung kennen und die Vorgänge in verschiedenen Arten von Kläranlagen vergleichen und Verfahren zur Trinkwassergewinnung kennen und verschiedene Wasseruntersuchungsmethoden durchführen		

* mehrere Inhalte

B Vortest und Vorwissenstest

VORTEST

Diese Fragebögen dienen der Bewertung des Kapitels *Wasser* der Internet-Vorlesung CHEMnet.

Diese Bewertung hat nicht zum Ziel, Sie in Ihrer Leistung zu beurteilen oder zu kontrollieren, sondern das Ziel, die Wirksamkeit und Qualität des Kapitels *Wasser* zu erfassen und ggf. zu verbessern.

Die Fragebögen bestehen aus 3 Teilen: einem Vortest, einer Erfassung des Vorwissens sowie einem Nachtest. Für die spätere Zuordnung der Tests ist ein Erkennungscode notwendig. Dadurch können Sie aber nicht identifiziert werden. Sie können sich sicher sein, daß alle Daten, die erfaßt werden, absolut vertraulich behandelt werden.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Die Erkennung**Allgemeiner Teil (Interessen, Erfahrungen mit Computer usw.)**

Bei den folgenden Fragen bitte das Kästchen ankreuzen, das auf Ihnen zutrifft!

Bei Fragen **10, 11** und **18-24** geben Sie bitte durch Ankreuzen der entsprechenden Werte auf der vorgegebenen Skala die Übereinstimmung dieser Aussagen mit Ihrer Meinung an.

1. Sie sind:	<input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> weiblich
2. Wie alt sind Sie? (Jahre)	<input type="text"/>
3. Haben, oder hatten, Sie einen Leistungskurs in Biologie	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
4. Haben, oder hatten, Sie einen Leistungskurs in Chemie	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
5. Haben, oder hatten, Sie einen Leistungskurs in Physik	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
6. Haben Sie das Thema Wasser im Chemieunterricht behandelt?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Kann mich nicht mehr erinnern
7. Haben Sie in der Schule am Computer gearbeitet?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
8. Haben Sie Zuhause einen Computer?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
9. Wie oft benutzen Sie den Computer?	<input type="radio"/> Noch nie <input type="radio"/> Selten <input type="radio"/> Mehrere Male im Monat <input type="radio"/> Mehrere Male in der Woche <input type="radio"/> Täglich
10. Ich kenne mich mit dem Computer gut aus.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
11. Mir macht es Spaß, mit dem Computer zu arbeiten?	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu

19. Ich interessiere mich für Biologie.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
20. Ich interessiere mich für Physik.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
21. Ich interessiere mich für Computer.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
22. Mir fällt der Chemieunterricht schwer.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
23. Mir fällt der Biologieunterricht schwer.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
24. Mir fällt der Physikunterricht schwer.	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu

VORWISSEN

Kreuzen Sie bitte die richtigen Antworten an!

1. Warum schwimmt Eis auf dem Wasser?	<input type="radio"/> Weil Feststoffe eine geringere Dichte haben als flüssige Stoffe. <input type="radio"/> Weil Eis eine Kristallstruktur mit großen Hohlräumen ausbildet und daher eine geringere Dichte aufweist. <input type="radio"/> Weil Eis aus leichteren Wassermolekülen besteht.
2. Warum gefrieren Seen nicht bei genau 0°C?	<input type="radio"/> Weil das Wasser erst bei -1°C gefriert. <input type="radio"/> Weil das Wasser bei 0° C am schwersten ist und nach unten sinkt und wärmeres Wasser an die Oberfläche „schwimmt“. <input type="radio"/> Weil das Wasser Salze enthält, die eine Gefrierpunktniedrigung verursachen
3. Was versteht man unter der Wärmekapazität?	<input type="radio"/> Die Wärmemenge, die pro Gramm Substanz für eine Temperaturänderung um 1 K nötig ist. <input type="radio"/> Die Wärmemenge, die pro Liter Wasser für eine Temperaturänderung um 1 K nötig ist. <input type="radio"/> Die Wärmemenge, die benötigt wird, um Liter Wasser zum Kochen zu bringen
4. Wasserstoffbrückenbindungen entstehen zwischen...	<input type="radio"/> in Wasser gelösten Wasserstoffmolekülen. <input type="radio"/> Wassermolekülen. <input type="radio"/> Wassermolekülen und Luftmolekülen
5. Aufgrund von Wasserstoffbrückenbindungen ... <i>/Hier können Sie mehrere Kästchen ankreuzen!/ </i>	<input type="radio"/> hat flüssiges Wasser eine teilweise geordnete Struktur. <input type="radio"/> hat das Wasser eine sehr hohe Wärmekapazität. <input type="radio"/> bildet sich Eis bei -1°C. <input type="radio"/> hat Wasser einen anomal hohen Siedepunkt und Schmelzpunkt.
6. Beim Lösen eines Stoffes in Wasser ...	<input type="radio"/> Erwärmt sich die Lösung. <input type="radio"/> Kühlt sich die Lösung ab. <input type="radio"/> ist es von gelösten Stoff abhängig, ob die Lösung sich erwärmt oder abkühlt.

Vielen Dank fürs Mitmachen! 🤖

C Fachbezogenes Arbeitsblatt

ARBEITSBLATT

-Schülerinnen/Schüler-

Erkennung

Arbeitsblatt für Gruppe A

1) Dipol

1.1) Was versteht man unter einem Dipol?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.2.) Wie sind Teilladungen im Wassermolekül lokalisiert? Zeichnen Sie sie in der Abbildung 1 ein.

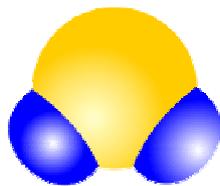


Abbildung 1. Wassermolekül

2) Wasserstoffbrückenbindung

2.1.) Wie bilden sich die Wasserstoffbrückenbindungen im flüssigen Wasser?

.....

.....

.....

.....

.....

2.2.) Welches der 3 Netze auf der Abbildung 2 ist richtig?.....

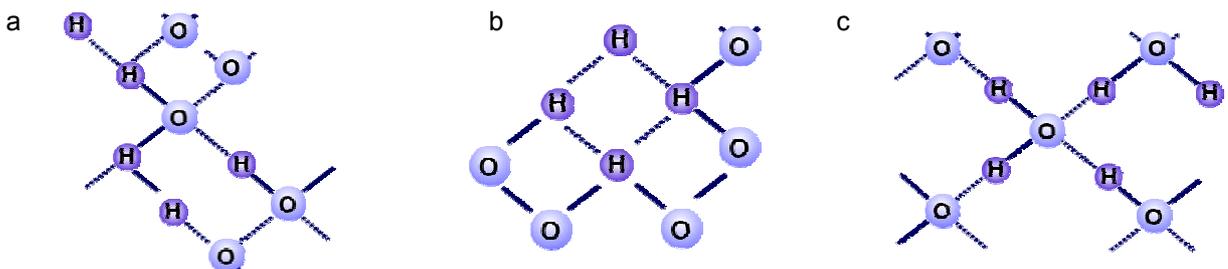


Abbildung 2. Molekülnetz von Wasser

3) Zustandsdiagramm

3.1.) Was zeigt das Zustandsdiagramm von Wasser an?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3.2.) Kann es sein, daß Wasser bei 110 °C flüssig ist?

.....
.....
.....
.....

4) Verdampfungsenthalpie, Schmelzenthalpie und Erstarrungsenthalpie

Was ist Unterschied zwischen Verdampfungsenthalpie, Schmelzenthalpie und Erstarrungsenthalpie?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5) Wärmekapazität

Warum ist die Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu anderen Stoffen groß?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

6) Dichte

Wie wird die Dichte von Wasser durch Wasserstoffbrückenbindungen beeinflusst?

.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
7) Oberflächenspannung

Wie kommt die Oberflächenspannung zustande?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

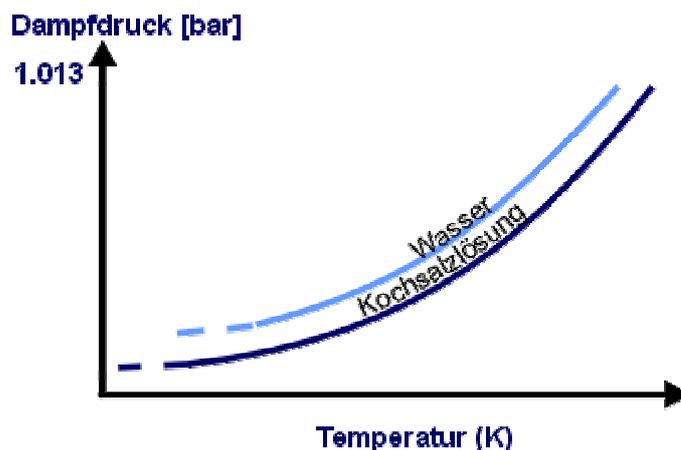
.....
8) Gefrierpunktserniedrigung und Siedepunktserhöhung

8.1.) Welche Art Stoff (mit höherem oder niedrigerem Dampfdruck als Wasser) sollte man in Wasser lösen um eine Dampfdruckerniedrigung zu erreichen?

.....
.....
.....
.....
.....

8.2.) Hat Kochsalz einen niedrigen oder höheren Dampfdruck als Wasser (Abbildung 3)?

.....
.....
.....
.....



.....
Abbildung 3. Dampfdruck

Vielen Dank fürs Mitmachen!

Die Einwohner von Rovaniemi gehen mindestens einmal in der Woche in die Sauna. Die Temperatur in der Sauna kann bis zu 80 °C betragen. Die Finnen schwitzen zuerst in der Sauna und springen anschließend in den Schnee oder schlagen ein Loch in die Eisdecke eines Sees und nehmen dann ein „Eisbad“!

Dort haben alle Gewässern eine Eisdecke. Im Winter sind alle Wasservögel in den Süden geflogen, und deshalb sieht man keine Enten oder Schwäne. Die Fische sind zwar noch da, aber die kann man durch die dicke Eisschicht nicht erkennen.

Viele Menschen laufen auf den zugefrorenen Teichen und Seen Schlittschuh. Dies ist neben dem Saunabesuch die beliebteste Freizeitbeschäftigung. Die populärste Sportart in Finnland ist Eishockey! Sie ist genau so beliebt wie hier in Deutschland der Fußball.

Erstaunlich ist, daß es trotz des vielen Schnees kein Verkehrschaos gibt. Der Schnee wird von einem Heer an Schneepflügen beiseite geschoben und wegtransportiert. Außerdem wird viel Salz auf die Straßen gestreut.

Es waren eine zwei richtig schöne Wochen mit viel Schnee und auch vielen Abenteuern! In Hamburg wurden wir gleich mit dem bekannten norddeutschen Regenwetter empfangen. Die kugelförmigen Wassertropfen perlten am Flugzeugfenster ab, als wir am Terminal ankamen.

Weißer Weihnachten kann man sich in Kiel in den meisten Jahren leider nur erträumen. Es sei denn, der Kieler Bürgermeister kauft eine Maschine zur Herstellung von künstlichem Schnee!

Solange er das nicht tut, müssen wir wohl noch häufiger zum Eisbaden und für eine zünftige Schneeballschlacht nach Rovaniemi in Finnland reisen.

Klasse 8c, KKK-Gymnasium

2) Warum schwitzen die Menschen in der Sauna?

3) Warum schwimmt Eis auf dem Wasser?

4) Wie überleben eigentlich die Wassertiere und Wasserpflanzen im Winter, wenn die Gewässer zugefroren sind?

5) Warum kann man auf dem Eis Schlittschuh laufen?

6) Warum wird Salz auf Straßen gestreut? Was bewirkt das Salz?

7) Warum sind die Regentropfen kugelförmig?

8) Ist es überhaupt möglich künstlich Schnee herstellen? Was ist eigentlich Kunstschnee?

Vielen Dank fürs Mitmachen!

E Nachtest und Wissenstest

NACHTEST

-Schülerinnen/Schüler-

Erkennung

Teil 1: Allgemeiner Teil

Bitte geben Sie durch Ankreuzen der entsprechenden Werte auf der vorgegebenen Skala (+ trifft zu, +- trifft weitgehend zu, -+ trifft teilweise zu, - trifft nicht zu) die Übereinstimmung dieser Aussagen mit Ihrer Meinung an.

1.	Ich habe Schwierigkeiten mit der Navigation gehabt	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
2.	Ich habe die Bedienungsanleitung für CHEMnet benutzt	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
3.	Ich finde in dem Kapitel <i>Wasser</i> die gesuchte Information	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
4.	Das Eingehen auf die Vorkenntnisse der Benutzer ist für mich ausreichend	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
5.	Ich habe in dem Kapitel viel neues über Wasser gelernt	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
6.	Das Kapitel <i>Wasser</i> ist für mich inhaltlich zu leicht	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
7.	Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich der Chemie erwartet	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
8.	Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich der Biologie erwartet	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
9.	Ich habe mehr fachliche Information aus dem Bereich der Physik erwartet	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
10.	Das Kapitel <i>Wasser</i> bietet zu wenig Bezüge zu aktuellen Fragestellungen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
11.	Das Kapitel <i>Wasser</i> bietet zu wenig Bezüge zu alltäglichen Fragestellungen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
12.	Viele Information halte ich für überflüssig	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu

		<input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
13.	Die Zusatzinformationen  im Kapitel Wasser halte ich für überflüssig	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
14.	Ich finde die unter Frage-Antwort  gegebenen Informationen interessant	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
15.	Ich finde die unter Eselsbrücke  gegebenen Informationen hilfreich	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
16.	Ich finde die unter Schon gelesen  gegebenen Information für überflüssig	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
17.	Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Biologie  für verzichtbar	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
18.	Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Chemie  für verzichtbar	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
19.	Ich halte die zusätzlichen Informationen aus dem Bereich Physik  für verzichtbar	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich war auf keiner Seite mit diesem Symbol
20.	Die chemischen Inhalte sind für mich zu schwer	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
21.	Die biologischen Inhalte sind für mich zu schwer	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu

		<input type="radio"/> ich habe keine Seiten mit biologischen Inhalten gelesen
22.	Die physikalischen Inhalte sind für mich zu schwer	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich habe keine Seiten mit physikalischen Inhalten gelesen
23.	Die Abbildungen im Kapitel <i>Wasser</i> helfen die fachlichen Inhalte zu verstehen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
24.	Die Photos im Kapitel <i>Wasser</i> sind hilfreich, um die fachlichen Inhalte zu verstehen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
25.	Es sind zu viele Abbildungen im Kapitel <i>Wasser</i>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
26.	Es sind zu viele Photos im Kapitel <i>Wasser</i>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
27.	Ich habe mir die Experiment-Videos  angeschaut	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
28.	Die Videos im Kapitel <i>Wasser</i> sind hilfreich, um die fachlichen Inhalte zu verstehen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
29.	Es ist spannend die Videos mit den Experimenten anzuschauen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
30.	Die fachlichen Texte im Kapitel <i>Wasser</i> sind schwer zu verstehen	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
31.	Die Bildschirmaufteilung im Kapitel <i>Wasser</i> ist übersichtlich	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
32.	Die Struktur des Kapitels <i>Wasser</i> ist übersichtlich	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu

<p>33. Manche mich interessierende Themen werden bei dem Kapitel <i>Wasser</i> nicht oder nicht ausreichend behandelt</p> <p>Zum Beispiel: </p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
<p>34. Die für jede Seite angegebenen, allgemeinen Informationsangebote sind sehr hilfreich:</p>	
<p>45.1 Inhaltsverzeichnis</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich habe es nicht benutzt
<p>45.2 Index</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich habe ihn nicht benutzt
<p>45.3 Kapitel-Übersicht</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich habe sie nicht benutzt
<p>45.4 Volltextsuche</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich habe sie nicht benutzt
<p>45.5 Hilfe</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu <input type="radio"/> ich habe sie nicht benutzt
<p>35. Ich halte das Kapitel <i>Wasser</i> für die Schule für wichtig</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
<p>36. Ich werde auch außerhalb der Schulzeit die Internetvorlesung CHEMnet besuchen</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
<p>37. Ich will auch ein anderes Mal mit dem Computer im Chemieunterricht arbeiten</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
<p>38. Es hat mir gefallen, mit dem Kapitel <i>Wasser</i> zu arbeiten</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu
<p>39. Ich will mehr über das Thema <i>Wasser</i> erfahren</p>	<input type="radio"/> + trifft zu <input type="radio"/> +- trifft weitgehend zu <input type="radio"/> -+ trifft teilweise zu <input type="radio"/> - trifft nicht zu

5. Warum ist die Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu anderen Stoffen groß?	<input type="radio"/> - Weil flüssiges Wasser eine Struktur besitzt, die die Wärmestrahlung zurückhält. <input type="radio"/> - Weil Wasser aufgrund von Wasserstoffbrückenbindungen eine große Verdampfungsenthalpie hat. <input type="radio"/> - Weil nur ein Teil der zugeführten Wärme zur Erhöhung der Temperatur beiträgt. Der größte Teil der Energie wird für die Zerstörung der Wasserstoffbrückenbindungen aufgebraucht.
6. Um eine Gefrierpunktniedrigung des Wassers zu erreichen muss man einen Stoff hinzufügen, der	<input type="radio"/> - einen niedrigeren Dampfdruck als Wasser hat. <input type="radio"/> - einen höheren Dampfdruck als Wasser hat. <input type="radio"/> - den gleichen Dampfdruck wie das Wasser hat, aber eine größere molare Masse besitzt.
7. Warum schwitzen Menschen in der Sauna?	<input type="radio"/> - Die Luftfeuchtigkeit in der Sauna ist sehr niedrig, weshalb der Körper zusätzliche Wassermengen abgibt. <input type="radio"/> - Beim Verdunsten von Wasser wird Körperwärme verbraucht. Der Körper kühlt sich also ab, indem er Wasser (nämlich den Schweiß) in den Gaszustand überführt. <input type="radio"/> - Der Körper reguliert die Körpertemperatur indem Teile des Körperfetts bei hohen Temperaturen flüssig werden und als Schweiß aus der Haut austreten.
8. Warum ist das Wasser bei 4 °C am schwersten?	<input type="radio"/> - Weil die Wassermoleküle bei 4 °C über Wasserstoffbrückenbindungen mehrfach gebunden sind. <input type="radio"/> - Weil die Dipole sich bei diesen Temperatur sehr stark anziehen. <input type="radio"/> - Weil die Wassermoleküle bei 4 °C so über Wasserstoffbrückenbindungen gebunden sind, daß sie am wenigsten Platz benötigen.
9. Warum bilden sich im Wasser Molekülnetze aus?	<input type="radio"/> - Die Dipole des Wassers ziehen sich mit ihren entgegengesetzt geladenen Enden an und bilden so Wasserstoffbrückenbindungen so, daß ein Molekülnetz entsteht. <input type="radio"/> - Auf Grund der Brownschen Molekularbewegung ziehen sich die Wassermoleküle an und bilden so ein Molekülnetz. <input type="radio"/> - Die Dipole des Wassers ziehen sich mit ihren nicht geladenen Enden an und bilden Wasserstoffbrückenbindungen so, daß ein Molekülnetz entsteht.
10. Im Winter 1996 war es in Kiel so kalt, daß es möglich war, auf dem „Kleinen Kiel“ Schlittschuh zu laufen. Die Wasserorganismen haben trotzdem überlebt. Wie war es möglich?	<input type="radio"/> - Die Wasserorganismen können in einer sog. „Winterstarre“ im Eis Überleben, bis das Eis im Frühjahr wieder auftaut. <input type="radio"/> - Die Struktur von Eis weist größere Hohlräume auf als Wasser, weshalb Eis leichter ist als Wasser und daher darauf schwimmt. Die Eisdecke ist eine gute Wärmeisolation und verhindert so, daß das Wasser bis zum Teichboden gefriert. <input type="radio"/> - Die Wasserorganismen haben gegen frieren bestimmte Fähigkeit entwickelt. Die Wasserorganismen produzieren die Stoffe, die Gefrierpunkt des Wassers erniedrigen.
11. Warum werden die Straßen im Winter mit Salz gestreut?	<input type="radio"/> - Die Zugabe des Salzes erniedrigt den Dampfdruck des Wassers und so auch den Gefrierpunkt der Lösungen. <input type="radio"/> - Der Schnee vermischt sich mit dem Salz, so daß man nicht mehr so leicht ausrutscht. <input type="radio"/> - Die Zugabe des Salzes erhöht den Dampfdruck des Wassers und somit auch den Gefrierpunkt der Lösung.

Vielen Dank fürs Mitmachen! 🤖