

Entwicklung und Erprobung des Didaktischen Systems Internetworking im Informatikunterricht

Vom Fachbereich 12 Elektrotechnik und Informatik
der Universität Siegen
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

genehmigte Dissertation
von
Diplom-Ingenieur Stefan Freischlad

Erste Gutachterin: Prof. Dr. Sigrid Schubert
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Torsten Brinda

Tag der mündlichen Prüfung: 29. September 2009

Kurzfassung

Internetbasierte Informatiksysteme beeinflussen in steigendem Maße Situationen in unterschiedlichen Lebensbereichen. Kompetenzen zur Verwendung von Internetanwendungen und -diensten müssen explizit erworben werden, weil damit ein notwendiger Einblick in nicht beobachtbare Abläufe und nicht offen sichtbare Strukturen verbunden ist. Bisher gibt es Vorschläge für die Gestaltung schulischer Lehr-Lernprozesse zu ausgewählten Teilaspekten des Internets. Es fehlt eine systematische Analyse des Bildungsbedarfs und ein daraus resultierendes Unterrichtsmodell.

In dieser Arbeit wird ein Gesamtkonzept für den Informatikunterricht in der Sekundarstufe II vorgestellt, das zu zielgerichteter und verantwortungsvoller Anwendung des Internets beiträgt. Die vorliegende Arbeit umfasst den Prozess von der Analyse erforderlicher Kompetenzen bis zur Realisierung von Lehr-Lernprozessen im Informatikunterricht in der Sekundarstufe II. Es werden der Beitrag der Informatik zu identifizierten Kompetenzen untersucht und Bildungsanforderungen bestimmt. Bildungsempfehlungen und Forschungsergebnisse zu erfolgreichen Unterrichtseinheiten werden im Hinblick auf die Bildungsziele analysiert. Der Informatikunterricht unterstützt die Kompetenzentwicklung zu internetbasierten digitalen Medien. Es wird die Entwicklung eines Unterrichtsmodells zu Internetworking beschrieben. Dazu wird der Ansatz der Didaktischen Systeme untersucht, weiter entwickelt und auf den Bereich Internetworking übertragen. Der theoretische Ansatz wird dazu in vier Unterrichtsprojekten zu Internetworking in der Praxis realisiert. Beziehungen zwischen Fachkonzepten zu Internetworking werden untersucht und durch Wissensstrukturen zur Planung von Unterrichtsprojekten eingesetzt und in der Praxis erprobt. Die Beschreibung von Lernaktivitäten erfolgt auf der Basis von Aufgabenklassen, die das notwendige Wissen zur Bearbeitung einer Aufgabenstellung repräsentieren. Auf der Grundlage des Ablaufs der Aufgabenbearbeitung werden Eigenschaften von Aufgaben beschrieben und zu deren Gestaltung nutzbar gemacht. Bisher nicht durchführbare Tätigkeiten im Unterricht werden durch die Entwicklung der Lernsoftware Filius ermöglicht. Die Reduktion der komplexen Wirklichkeit durch Simulation realer internetbasierter Informatiksysteme und die Auswahl geeigneter Sichten auf den Untersuchungsgegenstand werden mit Ergebnissen der Informatikdidaktik begründet. Unterrichtsprojekte zu den Zielen werden durchgeführt, um Lehr-Lernprozesse zu erkunden und das entwickelte Didaktische System zu erproben.

Ausgehend von der theoretischen Fundierung erfolgt die praktische Realisierung von Lehr-Lernprozessen. Zur Erprobung im Informatikunterricht der Sekundarstufe II in Nordrhein-Westfalen werden Minimalziele aufgrund der Lehrvorgaben bestimmt. Die methodische Gestaltung in der Erprobung erfolgt unter Berücksichtigung der Vorgaben für den Informatikunterricht und allgemeinen Anforderungen der Fachdidaktik. Handlungsorientierte Unterrichtsmittel werden ausgewählt und in der Praxis zur Untersuchung der Lehr-Lernprozesse verwendet. Im Unterricht identifizierte Lernschwierigkeiten führen zur Modifikation der Wissensstrukturen und werden im Entwicklungsprozess von Filius berücksichtigt. Die Erkenntnisse aus Unterrichtsprojekten werden genutzt, um zu bestimmen, zu welchen Aufgabenklassen weitere Aufgaben erforderlich sind und inwieweit das aus den identifizierten Merkmalen abgeleitete Vorgehen zur Entwicklung niveaubestimmender Aufgaben genutzt werden kann. Die Erprobungen bestätigen die Tragfähigkeit des Didaktischen Systems Internetworking und leisten mit der Implementierung in der Praxis einen Beitrag zur Untersuchung von Kompetenzentwicklung im Informatikunterricht. Mit dem Didaktischen System Internetworking wird ein theoretisch fundiertes und empirisch erprobtes Unterrichtsmodell zur Entwicklung von Kompetenzen zur Einrichtung und Anwendung internetbasierter Informatiksysteme beschrieben.

Abstract

Internet-based informatics systems increasingly influence real-life situations. Competencies for Internet applications and services have to be explicitly attained because not observable processes and invisible structures have to be considered. There are examples of successful learning processes for selected parts of the Internet. A systematic analysis of educational requirements and a derived didactic concept for general education is missing. An overall didactic concept for informatics in secondary education is presented in this work, which contributes to goal-oriented and responsible application of the Internet.

This work comprises the process from analysis of necessary competencies to realisation of learning processes in classes in secondary education. The contribution of informatics to identified competencies is examined and educational requirements are determined. Recommendations for informatics education and research results of successfully introduced classes are analysed with regard to the learning objectives. Informatics courses support the development of competencies related to Internet-based digital media. The development of a didactic concept concerning Internetworking is described. The approach of Didactic Systems is examined, elaborated, and transferred to Internetworking. The theory-based approach is realised in practice during four classroom projects. Relations between concepts about Internetworking are analysed, applied to plan classroom projects, and evaluated by means of knowledge networks. Learning activities are described on the basis of exercise classes, which represent the necessary knowledge to solve an exercise. Properties of exercises are described and utilised. Learning activities that were not realizable up to this point are facilitated by the developed learning software *Filius*. The reduction of complexity of real informatics systems by simulation and the selection of appropriate views of the object of examination are based on results of didactics of informatics. Classroom projects are performed to explore learning processes and to evaluate the Didactic System Internetworking.

Learning processes are put into practice based on the theoretic approach. Minimal objectives for the classroom projects are determined from educational guidelines of informatics in secondary education at North Rhine-Westfalia. The methodical design of the learning processes is based on the guidelines and general requirements of didactics of informatics. Activity-oriented learning material is selected and introduced into practice to examine learning processes. Identified learning difficulties result in modification of the knowledge structures and are considered during the development of *Filius*. Further findings allow conclusions regarding the necessity of exercises of identified exercise classes and regarding the applicability of determined exercise properties to design assignments to define the outcome of learning processes. The classroom projects confirm the viability of the Didactic System Internetworking and contribute to further analysis of the development of competencies in informatics education. The Didactic System Internetworking provides a theory-based empirically approved didactic concept for the development of competencies to establish and to use Internet-based informatics systems.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl „Didaktik der Informatik und E-Learning“ der Universität Siegen entstanden. Eine ganze Reihe von Personen, die ich hier nicht alle namentlich nennen kann, haben während dieser Zeit dazu beigetragen, dass ich die Arbeit erfolgreich abschließen konnte.

Besonderer Dank geht an Prof. Sigrid Schubert, die mir immer wieder Rückmeldungen zu meiner Forschungsarbeit gegeben und das Forschungsprojekt über vier Jahre begleitet hat. Außerdem danke ich Prof. Torsten Brinda, der mit seiner Forschung und mit Fragen und Anmerkungen zu meinem Projekt vielfältige Anstöße zu dieser Arbeit gegeben hat.

Für die rege Diskussion fachdidaktischer Fragestellungen möchte ich meinen Kollegen Christian Eibl, Christian Kollee, Peer Stechert und meiner Kollegin Kirstin Schwidrowski danken. Sie waren nicht nur immer wieder bereit, Fragen zu diskutieren, sondern haben darüber hinaus auch Anregungen zur Weiterarbeit gegeben. Daneben möchte ich auch Gerd Müller und Karin Ofterdinger für die Unterstützung am Lehrstuhl danken.

Außerdem danke ich den Studierenden, die mit der Entwicklung der Lernsoftware Filius einen wichtigen Beitrag zur Realisierung des Unterrichtskonzepts in der Praxis geleistet haben, sowie den Lehramtsstudierenden, die sich engagiert darauf eingelassen haben, das Thema Internetworking im Unterricht umzusetzen, und denen, die in ihren studentischen Arbeiten Teilaspekte zu unterschiedlichen Fragestellungen untersucht haben.

Ich danke den Informatiklehrern des Gymnasiums „Auf der Morgenröthe“ und des „Fürst-Johann-Moritz“-Gymnasiums. Namentlich bedanke ich mich bei Wolfgang Kempf, der maßgeblich dazu beigetragen hat, dass eine kontinuierliche Erprobung in der Unterrichtspraxis erfolgen konnte und der zugleich immer wieder Rückmeldungen aus der Schulperspektive gegeben hat.

Schließlich danke ich meiner Familie und im Besonderen Désirée Freischlad für die ausdauernde Unterstützung in den zurückliegenden Jahren.

Griesheim, im Oktober 2009
Stefan Freischlad

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Begriffsklärung	2
1.3 Forschungsziel	3
1.4 Forschungsmethodik und Methodenkritik	4
1.5 Gliederung der Arbeit	8
2 Internetworking in der informatischen Bildung	11
2.1 Informatikdidaktische Ansätze und Anforderungen an den Informatikunterricht	11
2.1.1 Orientierung des Unterrichts an fundamentalen Ideen der Informatik	11
2.1.2 Inhaltsauswahl nach dem informationszentrierten Ansatz	13
2.1.3 Alltagsbezüge im Unterricht nach dem systemorientierten Ansatz	14
2.1.4 Fazit	15
2.2 Bildungsziele des Informatikunterrichts	16
2.2.1 Der Kompetenzbegriff	17
2.2.2 Beitrag der informatischen Bildung zur Medienerziehung	19
2.2.3 Vorgehen zur Auswahl von Inhalten	22
2.2.4 Auswahl von Fachkonzepten zu Internetworking	24
2.2.5 Bildungsempfehlungen für den Informatikunterricht	27
2.2.6 Fazit	29
2.3 Planung, Analyse und Durchführung von Lehr-Lernprozessen	31
2.3.1 Informatiksystemverständnis	31
2.3.2 Unterricht zu Internetworking	32
2.3.3 Kompetenzorientierter Informatikunterricht	34
2.3.4 Didaktische Systeme	37
2.3.5 Fazit	39
2.4 Zusammenfassung und Forschungsfragen	39
3 Didaktisches System Internetworking	41
3.1 Wissensstrukturen: Aufbau von Lehr-Lernprozessen	41
3.1.1 Anforderungen an die graphische Darstellung	42
3.1.2 Beziehungen zwischen Wissens-elementen als mögliche Lernschritte	44
3.1.3 Verfeinerung der Wissens-elemente durch Lernzielbeschreibungen	49
3.1.4 Lernpfadvarianten in der Unterrichtspraxis	52
3.1.5 Fazit	54
3.2 Aufgabenklassen: Aktivitäten der Lernenden	55
3.2.1 Anforderungen an die Beschreibung von Aufgabenklassen	55
3.2.2 Aufgaben und Aufgabenklassen	56
3.2.3 Inhaltsbezogene Strukturierung von Aufgabenklassen	60
3.2.4 Merkmale zur Konstruktion und Analyse von Aufgaben	68
3.2.5 Konstruieren und Modifizieren von Aufgaben mit Aufgabenklassen	73
3.2.6 Fazit	77
3.3 Lernsoftware: Unterstützung entdeckenden Lernens	78

3.3.1	Vorgehensweise zur Entwicklung der Lernsoftware	78
3.3.2	Entdeckende Zugänge zu Internetworking	80
3.3.3	Sichten auf reale Informatiksysteme	84
3.3.4	Simulation internetbasierter Informatiksysteme	87
3.3.5	Realisierung der Zugänge mit vier Sichten	90
3.3.6	Fazit	96
3.4	Zusammenfassung	98
4	Unterrichtskonzept für die praktische Erprobung	99
4.1	Das Unterrichtskonzept im Planungsprozess	99
4.1.1	Das Didaktische System Internetworking in der Sekundarstufe II	99
4.1.2	Vorgehen zur Unterrichtsplanung	100
4.2	Ziele des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II	101
4.2.1	Der Rahmenplan Informatik in Nordrhein-Westfalen	101
4.2.2	Die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung	103
4.2.3	Fazit	105
4.3	Fachdidaktische Analyse der Unterrichtsinhalte	107
4.3.1	Ikonische Modelle zur Darstellung der Inhalte	108
4.3.2	Lernpfade im Kontext von Anwendungsbereichen	116
4.3.3	Fazit	119
4.4	Methodische Gestaltung und Auswahl von Unterrichtsmitteln	120
4.4.1	Ablauf der Unterrichtseinheiten	120
4.4.2	Ansätze der Fachdidaktik	120
4.4.3	Lerntheoretische Grundlagen	122
4.4.4	Anforderungen an Handlungsmuster	123
4.4.5	Fazit	125
4.5	Auswahl geeigneter Unterrichtsmittel	126
4.6	Zusammenfassung	130
5	Praktische Erprobung durch Unterrichtsprojekte	131
5.1	Forschungsmethodik	131
5.1.1	Fallstudien in der praxisorientierten Fachdidaktik	131
5.1.2	Methoden der Evaluation und Instrumente zur Datenerhebung	133
5.1.3	Fazit	136
5.2	Unterrichtsprojekt 1: „Kommunikation und Schutz der Privatsphäre“	137
5.2.1	Untersuchungsgegenstand	138
5.2.2	Unterrichtsdurchführung	139
5.2.3	Auswertung der erhobenen Daten	141
5.2.4	Fazit	145
5.3	Unterrichtsprojekt 2: „Internetstrukturen“	145
5.3.1	Untersuchungsgegenstand	146
5.3.2	Unterrichtsdurchführung	146
5.3.3	Auswertung der erhobenen Daten	148
5.3.4	Fazit	151
5.4	Unterrichtsprojekt 3: „Funktionsweise und Anwendungen des Internets“	151
5.4.1	Untersuchungsgegenstand	152
5.4.2	Unterrichtsdurchführung	153
5.4.3	Auswertung der erhobenen Daten	156
5.4.4	Fazit	164
5.5	Unterrichtsprojekt 4: „Internetaufbau und Datenaustausch“	165
5.5.1	Untersuchungsgegenstand	165
5.5.2	Forschungsmethodik zur Erprobung der Lernsoftware	166

5.5.3	Unterrichtsdurchführung	167
5.5.4	Auswertung der erhobenen Daten	168
5.5.5	Fazit	172
5.6	Zusammenfassung	173
6	Zusammenfassung, Fazit und offene Fragen	175
6.1	Zusammenfassung	175
6.2	Fazit	177
6.3	Offene Fragen	178
	Literaturverzeichnis	181
	Abbildungsverzeichnis	192
	Tabellenverzeichnis	193
A	Lernerfolgskontrollen	195
A.1	Unterrichtsprojekt 1	195
A.2	Unterrichtsprojekt 2	196
A.2.1	Variante A	196
A.2.2	Variante B	198
A.3	Unterrichtsprojekt 3	200
B	Schriftliche Befragung	203
B.1	Unterrichtsprojekt 1	203
B.1.1	Fragebogen	203
B.1.2	Befragungsergebnisse	207
B.2	Unterrichtsprojekt 2	211
B.2.1	Fragebogen	211
B.2.2	Befragungsergebnisse	215
B.3	Unterrichtsprojekt 3	218
B.3.1	Fragebogen	218
B.3.2	Befragungsergebnisse	222
B.4	Unterrichtsprojekt 4	226
B.4.1	Fragebogen	226
B.4.2	Befragungsergebnisse	229
C	Fragen zum Lehrerinterview	233
C.1	Unterrichtsprojekt 1	233
C.2	Unterrichtsprojekt 2	234
C.3	Unterrichtsprojekt 3	235
C.4	Unterrichtsprojekt 4	236
D	Inhalt der Begleit-CD	239

Abkürzungsverzeichnis

ACM	Association for Computing Machinery
AK	Aufgabenklasse
ARP	Address Resolution Protocol
BLK	Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung
CSS	Cascading Style Sheets
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
ECDL	European Computer Driving License Syllabus
EPA	Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung
ESMTP	Extended Simple Mail Transfer Protocol
EVA	Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe
FNC	Federal Networking Council
GI	Gesellschaft für Informatik
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICT	Information and Communication Technology
IFIP	International Federation for Information Processing
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
IS	Informatiksystem
ISO	International Organization for Standardization
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
K	Kombinatorische Beziehung
KMK	Kultusministerkonferenz
LAN	Local Area Network
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MSC	Message Sequence Charts
NAT	Network Address Translation
NSP	National Service Provider
OSI	Open Systems Interconnection
PDU	Protocol Data Unit
PEM	Privacy Enhanced Mail
PGP	Pretty Good Privacy
PISA	Program for International Student Assessment
POP3	Post Office Protocol Version 3
RFC	Request for Comments
RSA	Rivest – Shamir – Adleman
S	Subsumtion
S/MIME	Secure/Multipurpose Internet Mail Extension
SET	Secure Electronic Transactions
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SSH	Secure Shell
SSL/TLS	Secure Socket Layer/Transport Layer Security

TAN	.....	Transaktionsnummer
TCP	.....	Transmission Control Protocol
TLD	.....	Top Level Domain
TTL	.....	Time To Live
UDP	.....	User Datagram Protocol
Ü	.....	Übergeordnete Beziehung
UML	.....	Unified Modelling Language
UNESCO	.....	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
URL	.....	Uniform Resource Locator
WAN	.....	Wide Area Network
WWW	.....	World Wide Web
Z	.....	Lernziel

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Vernetzung von Informatiksystemen¹ durch das Internet hat den Einsatz digitaler Medien in allen Lebenssituationen stark befördert und damit zugleich unsere Umgebung, in der wir agieren, nachhaltig verändert. Internetbasierte Informatiksysteme sind Teil unserer Lebenswirklichkeit geworden. Aufgabe von allgemein bildenden Schulen ist es, Schüler² darauf vorzubereiten. Die Begegnung mit Informatiksystemen als technische Systeme ist jedoch mit spezifischen Schwierigkeiten behaftet.

Das gilt nicht nur für das Internet. Mehrere Gründe zeigen jedoch die besondere Relevanz dieses Themenbereichs für den Informatikunterricht auf. Das Internet stellt mit der Vernetzung von Rechnern die Grundlage für zahlreiche weit verbreitete und vielfältig angewendete Informatiksysteme zur Verfügung. Darüber hinaus zeigt die Entwicklung in der Informatik die Bedeutung des Internets auf. Bereits 1969 lassen sich mit dem Vorgänger des Internets – dem Arpanet – die Anfänge datieren. Mit den vielleicht wichtigsten Anwendungen E-Mail, aus dem Jahr 1971, und dem World Wide Web (WWW), im Jahr 1989, kann das Internet trotz der schnellen Entwicklung im Bereich der Informationstechnologie als längerfristig relevant angesehen werden, zumal grundlegende Fachkonzepte sich seit den ersten Jahren des Arpanets als tragfähig erwiesen haben. Ein weiterer Grund, warum das Internet in besonderer Weise als relevant für Individuen gelten kann, ist, dass es in verschiedenen Lebensbereichen von Bedeutung ist. Das gilt für die persönliche Entwicklung durch den weltweiten Zugriff auf Dienste und Information, ebenso aber auch für den beruflichen Alltag, in dem heute zumeist nicht mehr auf internetbasierte Informatiksysteme verzichtet werden kann, und darüber hinaus auch für das Zusammenleben in der Gesellschaft, wobei das Internet die Grundlage für verschiedene Formen der Kommunikation bietet. Deshalb müssen die Lernenden Wissen und Können erwerben, dass sie zu einem verantwortungsvollen und zielgerichteten Einsatz des Internets befähigt.

Mit dem Bestreben in der Softwareentwicklung, bei der Gestaltung der graphischen Benutzungsschnittstellen möglichst bekannte Vorgänge und deren Struktur nachzubilden, wird die mit Methoden der Informatik erstellte Struktur des Informatiksystems in vielen Fällen verborgen (Nievergelt, 1999). Der Vorteil liegt offensichtlich darin, dass Benutzern ein intuitiver Zugang zu einer Anwendung ohne besondere Vorkenntnisse ermöglicht wird. Allerdings bleiben Nebeneffekte, die durch das Systemverhalten auftreten, Anwendern verborgen, wenn diese nicht explizit dargestellt werden. Für internetbasierte Informatiksysteme als vernetzte Systeme sind die Nebeneffekte von besonderer Bedeutung, weil diese auch in Bereichen auftreten, auf die Benutzer keinen weiteren Einfluss mehr ausüben können. Das nach außen sichtbare Verhalten reicht daher häufig nicht aus, um das Verhalten in besonderen Fällen wie z. B. Fehlersituationen zu erklären. Es besteht also ein Bildungsbedarf im Hinblick auf das Internet, zu dem die informatische Bildung einen unverzichtbaren Beitrag leisten muss.

Das Internet weist durch die Vielzahl der verschiedenen Anwendungen Bezüge zu einem großen

¹„Als Informatiksystem bezeichnet man die spezifische Zusammenstellung von Hardware, Software und Netzverbindungen zur Lösung eines Anwendungsproblems“ (Claus und Schwill, 2006, S. 314).

²Soweit möglich und sinnvoll werden in dieser Arbeit geschlechtsneutrale Bezeichnungen verwendet. Wo dies nicht möglich oder nicht sinnvoll erscheint, wird das generische Maskulinum für Personen beider Geschlechter verwendet, ohne damit eine Wertung zu verbinden.

Bereich der Informatik auf und ist daher schwer einzugrenzen. Es gibt kaum einen Themenbereich, der sich nicht mit Bezug zum Internet im Unterricht behandeln lässt. Softwareentwicklung (z. B. Tusche, 1999), endliche Automaten (z. B. Jonietz, 2003) und Informatik und Gesellschaft (z. B. Koubek und Kurz, 2007) sind nur einige Beispiele dafür. Obwohl diese Themen jeweils einen spezifischen Bezug zum Internet aufweisen, können ihnen jeweils ganz unterschiedliche Bildungsziele zugrunde liegen. Mit dem Begriff Internetworking, der in dieser Arbeit verwendet wird, erfolgt daher eine begriffliche Eingrenzung auf Wirkprinzipien internetbasierter Informatiksysteme.

1.2 Begriffsklärung

Der Begriff Internetworking erfordert zunächst eine inhaltliche Abgrenzung, insbesondere zum Thema Rechnernetze. Er ist zusammengesetzt aus den Begriffen Internetwork bzw. Internet und Networking. Ausgangspunkt ist dann die folgende Definition des Federal Networking Council (FNC) für den Begriff „Internet“:

„Internet‘ refers to the global information system that –

- (i) is logically linked together by a globally unique address space based on the Internet Protocol (IP) or its subsequent extensions/follow-ons;
- (ii) is able to support communications using the Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) suite or its subsequent extensions/follow-ons, and/or other IP-compatible protocols; and
- (iii) provides, uses or makes accessible, either publicly or privately, high level services layered on the communications and related infrastructure described herein“ (Federal Networking Council, 1995).

In dieser Definition wird die Beziehung des Internets zu physischen Rechnernetzen nicht berücksichtigt. In der Fachliteratur wird neben dem Internet der allgemeinere Begriff Internetwork in dem Sinne verwendet, dass ein Internetwork ein durch Vermittlungsrechner realisierter Verbund von paketvermittelnden Rechnernetzen ist (Peterson und Davie, 2004; Tanenbaum, 2005). Es wird daher eine Erweiterung um das Merkmal der physischen Struktur vorgenommen.

Nach dem Request for Comments 1122 (RFC1122, 1989) wird in dieser Arbeit das vierschichtige Internetschichtenmodell mit der Netzzugangs-, der Vermittlungs-, der Transport- und der Anwendungsschicht verwendet (siehe Abschnitt 4.3.1). Gemäß der Begriffsdefinition stehen dabei die drei oberen Schichten im Vordergrund. Die Netzzugangsschicht wird nur insoweit einbezogen, wie sie für das Verständnis der darüber liegenden Schichten notwendig ist.

Eine weitere Eingrenzung erfolgt im Hinblick auf die internetbezogenen Tätigkeiten. Unter „Networking“ ist die Einsetzung bzw. Einrichtung oder die Nutzung von Rechnernetzen zu verstehen³. Demzufolge wird der Begriff „Internetworking“ in der weiteren Arbeit gemäß folgender Definition verwendet:

Internetworking umfasst die Einrichtung und die Anwendung des Internets. Wobei das Internet durch folgende Eigenschaften charakterisiert ist:

- durch Vermittlungsrechner verbundene Rechnernetze,
- den global eindeutigen Adressraum basierend auf dem Internet Protocol (IP),
- die Möglichkeit des Datenaustauschs auf der Grundlage des Internetprotokollstapels,
- die Bereitstellung öffentlicher und privater Dienste höherer Schichten auf der Basis der beschriebenen Infrastruktur.

Ausgehend von diesem Begriffsverständnis ist es möglich den Forschungsbedarf und den Beitrag der Arbeit zur Didaktik der Informatik zu beschreiben.

³Vgl. <http://www.webster.com/dictionary/networking> (URL geprüft: 05/2009).

1.3 Forschungsziel

Die informatikdidaktische Diskussion von Internetworking im Informatikunterricht muss die theoretische Fundierung und die empirische Erprobung eines fachdidaktischen Konzepts umfassen.

Wissen über die Wirkprinzipien des Internets wird als Voraussetzung für das verantwortungsvolle und zielgerichtete Handeln beurteilt. Neupert und Friedrich (1997) begründen anhand von möglichen Fehlersituationen wie das Wissen über Wirkprinzipien, die internetbasierten Informatiksystemen zugrunde liegen, zu verantwortlichem und zielgerichtetem Handeln beiträgt. Die Gesellschaft für Informatik (GI) hat eine Empfehlung herausgegeben, in der dargestellt wird, welchen Beitrag die informatische Bildung zur Medienerziehung leistet (GI, 1999). Wichtiger Bestandteil der informatischen Bildung ist dabei der Informatikunterricht in der Sekundarstufe I und II. Medienentwicklung und Mediennutzung werden stark durch die Informations- und Kommunikationstechnologien beeinflusst. Technische, inhaltliche und funktionale Aspekte von Medien bedingen sich gegenseitig und leisten daher unverzichtbare Beiträge zu einem angemessenen Umgang mit Medien. Die Aufgabe der informatischen Bildung ist dabei, das Verstehen „computerbasierter Medien“ zu fördern. Denn andere medienerzieherische Aspekte können nur dann sachangemessen bearbeitet werden, wenn die informatische Bildung entsprechende Inhalte beisteuert. Die informatischen Inhalte werden gerade durch ihren realen medienbezogenen Anwendungskontext für einen allgemein bildenden Unterricht relevant. Daraus wird zum einen abgeleitet, dass die Bearbeitung von Inhalten mit Medienbezug Kompetenzen aus der Informatik voraussetzt, und zum anderen, dass informatische Lernziele durch den Einsatz von Medien begründet und motiviert werden. Die informatische Bildung ermöglicht ein Verständnis von Informatiksystemen, indem informatische Methoden und Sichtweisen bereit gestellt werden, und leistet damit einen unverzichtbaren Beitrag zur Medienerziehung. Teil der Empfehlung sind Beispiele für die Umsetzung ausgewählter Inhalte im Unterricht. Die systematische Auswertung im Hinblick auf Internetworking und eine wissenschaftlich begleitete Realisierung in der Unterrichtspraxis fehlen bisher.

Zur Realisierung in der Unterrichtspraxis werden zu ausgewählten Teilbereichen Vorschläge beschrieben. In Beiträgen zur Zeitschrift LOG IN werden Problemstellungen vorgestellt, die einen Zugang zu Wirkprinzipien auf der Anwendungsschicht und zur Informationssicherheit in vernetzten Informatiksystemen ermöglichen. Koubek (2005) stellt eines der wenigen Beispiele vor, in dem Alltagssituationen der Lernenden und zugrunde liegende Wirkprinzipien des Internets verknüpft werden. Beiträge zu internationalen Fachtagungen mit Bezug zum Internet untersuchen Einsatzmöglichkeiten des Internets als Werkzeug in der Allgemeinbildung (Samways, 2005). Forschungen zu Lehr-Lernprozessen über Wirkprinzipien, die nicht der Anwendungsschicht zugeordnet werden, sind auf den Hochschulbereich beschränkt (Goldwasser und Letscher, 2007; Tjaden und Tjaden, 2006; Werner, 2004; Yue und Ding, 2004). Die Schlussfolgerung daraus ist, dass bisher Lehr-Lernprozesse zu Internetworking für allgemein bildende Schulen fehlen.

Internetworking ist also wichtiger Bestandteil des Informatikunterrichts. Es gibt aber bisher kein Gesamtkonzept, dass die Realisierung in der Unterrichtspraxis unterstützt. Außerdem fehlen geeignete Unterrichtsmittel⁴, die Zugänge zu allen Bereichen von Internetworking ermöglichen. Ziel dieser Arbeit ist es daher, ausgehend von den Bildungsanforderungen ein Unterrichtsmodell zu entwickeln, in der Praxis zu erproben und in den Informatikunterricht zu integrieren. Der Beitrag dieser Arbeit liegt dann in zwei wesentlichen Aufgabenbereichen.

Der erste Aufgabenbereich erfordert einen theoretischen Beitrag zur Fundierung von Lehr-Lernprozessen zu Internetworking. Brinda und Schubert (2002) beschreiben mit dem Rahmenkonzept des Didaktischen Systems einen Ansatz zur Gestaltung eines Unterrichtsmodells zu einem

⁴Mit Bezug auf Schubert und Schwill (2004) wird hier der Begriff Unterrichtsmittel verwendet, weil der Medienbegriff unterschiedlich gebraucht wird (vgl. Meyer, 2003, S. 148ff).

Themenbereich, das flexibel genug ist, um unterschiedliche Voraussetzungen der Lernenden zu berücksichtigen. Sie unterscheiden Wissensstrukturen zur Strukturierung der Fachkonzepte für Lehr-Lernprozesse, Aufgabenklassen zur Gestaltung von Aufgaben in verschiedenen Phasen des Lehr-Lernprozesses und Explorationsmodule als aktivierende Unterrichtsmittel für entdeckendes Lernen. Brinda (2004) begründet die fachdidaktischen Funktionen der Komponenten als Gestaltungsmittel für Lehr-Lernprozesse, zur Anwendung in Lehr-Lernprozessen und zur fachdidaktischen Diskussion. Darüber hinaus beschreibt er den Entwicklungsprozess für die Komponenten zur objektorientierten Modellierung, setzt sie in der Lehrerfortbildung und im Informatikunterricht ein und evaluiert den Einsatz exemplarisch. Mit dem Rahmenkonzept Didaktisches System steht ein erfolgreich erprobter Ansatz für die Beschreibung von als unverzichtbar identifizierten Bestandteilen eines Unterrichtsmodells zur Verfügung. Allerdings wurde dieser Ansatz bisher ausschließlich im Bereich der objektorientierten Modellierung eingesetzt. Zu erwarten ist, dass die Vorgehensweise zur Entwicklung der Komponenten angepasst und deren theoretische Fundierung verfeinert werden muss.

Im zweiten Aufgabenbereich ist es erforderlich, das theoretisch begründete Unterrichtsmodell in der Unterrichtspraxis zu realisieren. Dazu müssen geeignete informatische Repräsentationen der Inhalte entwickelt oder ausgewählt werden. Aufbauend auf die theoretische Fundierung des Unterrichts ist eine zielgruppenspezifische Konkretisierung notwendig. Für den Unterricht zu Internetworking werden neben den konkreten Anforderungen in Form von ausgewählten Lernzielen und Unterrichtsmitteln geeignete Unterrichtsmethoden ausgewählt und begründet. Die Lücke zwischen Didaktischem System und konkretem Unterricht wird damit geschlossen.

1.4 Forschungsmethodik und Methodenkritik

Ziel der Forschung ist es also, Konzepte für den Informatikunterricht zu entwickeln, deren Stärken und Schwächen im Rahmen empirischer Studien aufgedeckt werden sollen. Wellenreuther (1982) spricht in diesem Fall von Entwicklungsforschung. Dabei geht es darum, aufeinander abgestimmte Maßnahmen zu dem identifizierten Bildungsbedarf zu entwickeln. Die zentrale Rolle zur Konsistenz nimmt dabei das Didaktische System ein, indem damit ein schlüssiges Rahmenkonzept als Ausgangspunkt beschrieben wird. Es werden dazu Erkenntnisse aus der Informatik mit der zugehörigen Fachdidaktik, der Lernforschung und der Erziehungswissenschaft genutzt. Daraus resultiert ein hoher Komplexitätsgrad der wissenschaftlichen Fundierung. Wegen der Komplexität liegt der Fokus auf der Identifikation der beeinflussenden Erfolgsfaktoren statt auf einer abschließenden Beurteilung (vgl. Wellenreuther, 1982, S. 122). Denn um die Wirksamkeit der Maßnahmen in einer Vergleichsstudie zu beurteilen, ist es notwendig, dass die Maßnahmen bereits ausgereift sind. Damit erfolgt zugleich eine Abgrenzung zur hypothesenprüfenden Forschung, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der größere Teil der Forschungsarbeit auf die Kontrolle der Effektivität ausgerichtet ist. Der Schwerpunkt dieses Forschungsprojekts liegt daher auf der Entwicklungsarbeit.

In Abbildung 1.1 werden die Phasen des Forschungsprozesses dargestellt. Der Zyklus aus den Phasen B, C und D beschreibt das Vorgehen mit theoretischen Vorarbeiten, empirischer Studie, Auswertung der Studie und Weiterentwicklung und Verfeinerung der Theorie. Die abschließende Publikation der Forschungsergebnisse erfolgt durch diese Arbeit. Im Folgenden werden die wichtigsten Phasen näher erläutert.

Phase A: Quellenanalyse und Kompetenzauswahl. In der ersten Phase werden der fachdidaktische Forschungsstand untersucht und Bildungsanforderungen zu Internetworking bestimmt. Zur Analyse der Bildungsanforderungen werden nationale bzw. regionale Empfehlungen (GI, 1999, 2000) und Curricula (ACM, 2003; UNESCO/IFIP, 2002), die internationale Beachtung finden, auf Inhalte und Ziele zu Internetworking untersucht. Weitere, erst zu einem späteren

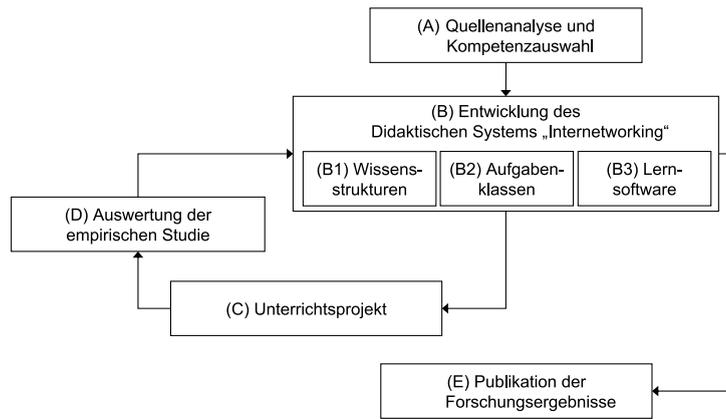


Abbildung 1.1: Phasen im Forschungsprozess

Zeitpunkt publizierte Empfehlungen, werden im späteren Verlauf des Projekts berücksichtigt (GI, 2006, 2008). Im Rahmen einer durch den Autor betreuten Diplomarbeit werden in der ersten Phase zudem exemplarisch Phänomene aus fachwissenschaftlicher Perspektive hinsichtlich der damit verbundenen Kompetenzen analysiert und diese in Form von Testaufgaben operationalisiert (Khalil, 2006).

Phase B: Entwicklung des Didaktischen Systems „Internetworking“. In dieser Phase geht es darum, die Grundlage für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen im Informatikunterricht zu Internetworking zu entwickeln. Dazu wird der Ansatz der Didaktischen Systeme verwendet. Wissensstrukturen, Aufgabenklassen und Lernsoftware werden aufbauend auf den Erkenntnissen von Brinda (2004), die er bei der Entwicklung des Didaktischen Systems zur objektorientierten Modellierung dokumentiert hat, auf den Themenbereich Internetworking übertragen. Dazu werden Ergebnisse zur Strukturierung des Themenbereichs aus der Fachwissenschaft genutzt und Methoden der Fachdidaktik zur Entwicklung der Komponenten des Didaktischen Systems eingesetzt. Mit den Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt und Ergebnissen aus der Fachdidaktik und Erziehungswissenschaft sowie auf der Basis von Lerntheorien wird die zugrunde liegende theoretische Fundierung weiter entwickelt und verfeinert.

Phase C: Unterrichtsprojekte. In der dritten Phase wird Informatikunterricht auf der Grundlage des Didaktischen Systems Internetworking geplant und durchgeführt. Mit der Durchführung der Unterrichtsprojekte werden drei Ziele verbunden: Die Ansätze für die Komponenten des Didaktischen Systems werden durch deren Anwendung evaluiert. Neue, bisher unberücksichtigte Aspekte zu den Komponenten werden durch die Begleitung der Unterrichtsprojekte von der Planung bis zur Durchführung erkannt. Und drittens wird die Machbarkeit der Unterrichtskonzeption aufgezeigt. Es werden insgesamt vier Unterrichtsprojekte mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten durchgeführt. Die Erprobungen erfolgen in Kooperation mit zwei Gymnasien. Im ersten und dritten Unterrichtsprojekt betreut der Autor Lehramtsstudierende, die den Unterricht durchführen. Im zweiten Projekt führt er den Unterricht selbst und im vierten Projekt führen die Lehrer der Schule den Unterricht durch. In allen Projekten begleiten die Kurslehrer den Unterricht durch vorherige Diskussion der Planung, Beobachtung der Unterrichtsstunden und anschließende Reflexion.

Phase D: Auswertung der empirischen Studien. Um Schlussfolgerungen zur Bewertung der Konzeption und um Erkenntnisse zur Weiterentwicklung und zur Machbarkeit zu erhalten, wer-

den Lernerfolg, Lernschwierigkeiten, Motivation und Akzeptanz der Lernenden und bisher nicht berücksichtigte Aspekte bestimmt. Dazu werden im ersten, dritten und vierten Unterrichtsprojekt Lehr-Lernprozesse beobachtet und Hospitationsprotokolle erstellt. Zu allen Projekten werden der jeweilige Kurslehrer in einem abschließenden Interview und die Lernenden schriftlich befragt, um verschiedene Perspektiven in die Auswertung einzubeziehen. In den ersten drei Projekten werden zudem ein Abschlusstest durchgeführt und im letzten Projekt die Schülerlösungen zu Aufgaben, die mit Hilfe der Lernsoftware bearbeitet werden, zur Auswertung gespeichert, um Rückmeldung zu Lernschwierigkeiten und Lernerfolg zu erhalten.

Meilensteine	2005	2006	2007	2008	2009	Veröffentlichungen
Bildungsanforderungen						
Beschreibung von Aufgabenbeispielen zur Kompetenzmessung		■				(Freischlad und Schubert, 2006; Khalil, 2006)
Analyse von Bildungsempfehlungen		■				(Freischlad, 2006b)
Unterrichtskonzeption						
Entwicklung Wissensstruktur		■				(Freischlad, 2006a)
Spezifikation Lernsoftware Filius		■	■			(Freischlad, 2007b; Asschoff u. a., 2007; Freischlad und Stechert, 2008)
Entwicklung Aufgabenklassen			■			(Freischlad und Schubert, 2007; Asschoff, 2009)
Theorie Didaktisches System						
Beitrag zu Wissensstrukturen				■		(Freischlad, 2008b)
Beitrag zu Aufgabenklassen				■		(Freischlad, 2008c,d)
Unterrichtsprojekte						
P ₁ : „Kommunikation und Schutz der Privatsphäre“		■				
P ₂ : „Internetstrukturen“			■			(Freischlad, 2007a)
P ₃ : „Funktionsweise und Anwendungen“			■			(Schubert u. a., 2007)
P ₄ : „Internetaufbau und Datenaustausch“				■		
Eingeladene Vorträge						
MNU-Jahrestagung: „Filius – eine explorative Lernsoftware zum Thema ‚Internetworking‘“				■		18.03.2008, TU Kaiserslautern
Workshop: „Exploratory Learning about Informatics Systems – Learning Software Filius“					■	23.01.2009, Universität Groningen

Tabelle 1.1: Forschungstätigkeiten im Verlauf des Forschungsprojekts

In Tabelle 1.1 wird der zeitliche Ablauf dargestellt und die jeweiligen Veröffentlichungen genannt. Dabei ist zu allen Tätigkeiten jeweils der Zeitraum angegeben, in dem diese Tätigkeiten den Schwerpunkt der Forschung gebildet haben. Das heißt für die Komponenten des Didaktischen Systems, dass dort jeweils der Zeitpunkt angegeben ist, zu dem die Übertragung in den Themenbereich Internetworking erfolgte. In weiteren Zyklen wurden die Komponenten jeweils überarbeitet.

Die Unterrichtsprojekte werden im Sinne qualitativer empirischer Studien zur Exploration und zur Evaluation der Unterrichtskonzeption herangezogen. Die zuvor begründeten theoretischen Ansätze und die gemachten Annahmen zu Zielvorstellungen hinsichtlich des Lehr-Lernprozesses und der Lernvoraussetzungen werden auf ihre Tragfähigkeit hin untersucht. Außerdem werden die Unterrichtsprojekte auch als explorative Studien durchgeführt, um unerwartete Schwierigkeiten im Lehr-Lernprozess aufzudecken. Der Forschungsprozess ist damit offen. Die Forschungsfragen zu den empirischen Studien sind nicht vorab unveränderlich gegeben (vgl. Gudjons, 2006, S. 67). Ein vergleichendes Experiment mit Versuchs- und Kontrollgruppe wurde deshalb nicht durchgeführt.

Ein Aspekt, der kritischer Reflexion bedarf, ist, dass Entwicklung und Evaluation des Unterrichtskonzepts aus einer Hand kommen. Unterrichtsintervention und Abschlusstest können daher so aufeinander abgestimmt sein, dass ein Erfolg sehr sicher ist. Es ist nicht Ziel des Forschungsprojekts, nachzuweisen, dass mit diesem Unterrichtskonzept ein besserer Lernerfolg als durch andere Ansätze erzielt werden kann. Die Fehler der Lernenden werden vielmehr im Hinblick auf mögliche Fehlvorstellungen analysiert. Wichtig ist daher, dass die Abschlusstests einem angemessenen Schwierigkeitsgrad entsprechen. Die Machbarkeit und Akzeptanz werden durch die Befragung von Kurslehrer und Lernenden aufgezeigt. Die Versuchsgruppen sind zudem mit 16, 19, 24 und 15 Teilnehmern klein. Daher kann für die erhaltenen Ergebnisse auch kein Anspruch auf Allgemeingültigkeit erhoben werden. Vielmehr müssen dazu die Erkenntnisse in entsprechenden weiteren empirischen Studien überprüft werden.

Auch die intervenierende Unterrichtsforschung, in der ein Forscher als Akteur teilnimmt, erfordert eine kritische Reflexion. Atteslander (2003) beschreibt vier Problemkreise, die zur qualitativen teilnehmenden Forschung zu klären sind:

„[...] zum einen müssen die Teilnehmerrollen so offen und flexibel zu handhaben sein, dass der Forscher im Feld agieren und reagieren kann, zum Zweiten müssen die Rollen dem Feld entsprechen bzw. in diesem bereits angelegt sein, damit das Feld durch die Forschung nicht verändert wird, drittens muss überlegt werden, ob die Forscherrolle offen gelegt wird oder teilweise bzw. ganz verdeckt bleibt und viertens muss das Verhältnis zwischen Forscher- und Teilnehmerrolle (Distanz und Teilnahme) geklärt werden“ (Atteslander, 2003, S. 109f).

Im zweiten Unterrichtsprojekt unterrichtet der Autor selbst, obwohl er kein Informatiklehrer ist. Vorerfahrungen zum Unterrichten hat er zu diesem Zeitpunkt durch die Leitung von Übungsveranstaltungen an der Hochschule, die Betreuung studentischer Projektarbeiten und durch Unterrichtshospitation. Außerdem kann er Wissen aus der hochschuldidaktischen Fortbildung einbringen. Mit dem eigenen Unterrichten erhält der Autor wichtige Erfahrungen aus der Perspektive des Lehrers. Die Vorteile liegen darin, dass der Autor direkt mit den Lernenden interagieren kann und auch bei auftretenden Schwierigkeiten direkt angesprochen wird. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse zum erzielten Lernerfolg ist aber wegen der besonderen Umstände nur eingeschränkt möglich. Im ersten und dritten Unterrichtsprojekt führt ebenfalls nicht der Kurslehrer, sondern führen Lehramtsstudierende, die durch den Autor im Praktikum betreut werden, den Informatikunterricht durch. Lediglich im letzten Unterrichtsprojekt unterrichten zwei Informatiklehrer. Da der Themenbereich bisher kein fester Bestandteil des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II in Nordrhein-Westfalen ist, können in den ersten Projekten auch die Kurslehrer nicht auf Vorerfahrungen aus dem Unterricht zurück greifen. Erst im letzten Projekt werden Erfahrungen aus den vorangegangenen Jahren von den Lehrern genutzt und damit zugleich auch die Überführung in die Unterrichtspraxis abgeschlossen.

In Abgrenzung zur quantitativen Untersuchung wird die Teilnahme durch den Forscher an der qualitativen Studie mit spezifischen Vorteilen verbunden, obwohl Kritik bezüglich der Repräsentativität und Wissenschaftlichkeit von Daten, die auf diese Weise gewonnen werden, geübt wird. Atteslander sagt dazu:

„Eine solche Kritik verkennt aber die genuinen Vorzüge dieser Methode, denn qualitativ-

teilnehmende Beobachtungen zeichnen sich gegenüber anderen Methoden ja gerade durch die Authentizität der gewonnenen Daten aus“ (Atteslander, 2003, S. 113).

Die Verbindung von Theorie und Praxis in diesem Forschungsprojekt ist ein wichtiger Beitrag zur Unterstützung der Übertragung des aus der Fachwissenschaft entwickelten Ansatzes in die Unterrichtspraxis.

1.5 Gliederung der Arbeit

Die Gliederung der Arbeit folgt der Argumentation zur Entwicklung der Unterrichtskonzeption ausgehend von der Konkretisierung der Bildungsanforderungen und dem aktuellen Stand der Forschung zur Begründung des Unterrichtsmodells bis zur Planung, Durchführung und Evaluation von Unterricht in der Praxis. Im folgenden Kapitel werden zunächst die Voraussetzungen zur Entwicklung eines Unterrichtskonzepts zu Internetworking sowohl im Hinblick auf die Bildungsanforderungen als auch auf umfassendere Ansätze der Fachdidaktik untersucht. Daran schließt sich das Kapitel an, in dem die Entwicklung des Didaktischen Systems „Internetworking“ und die Weiterentwicklung und Verfeinerung der theoretischen Fundierung des Rahmenkonzepts Didaktisches System dargestellt wird. Dann folgt die Beschreibung des Vorgehens vom Didaktischen System zum Unterrichtskonzept. Im anschließenden Kapitel wird die Durchführung und Auswertung der Unterrichtsprojekte dargestellt.

Die Gliederung beschreibt keinen chronologisch linearen Ablauf. Das ist wegen der zyklischen Vorgehensweise und der damit verbundenen Weiterentwicklung und Verfeinerung des Unterrichtskonzepts nicht sinnvoll. Es werden so schon im Kapitel zum Didaktischen System Erkenntnisse aus den Unterrichtsprojekten mit entsprechenden Verweisen berücksichtigt. Die zwei bereits genannten Aufgabenbereiche ziehen sich durch die Kapitel durch. Dennoch weisen die Kapitel jeweils einen besonderen Schwerpunkt dazu auf.

Zur Bearbeitung des ersten Aufgabenbereichs geht es zunächst darum, welchen spezifischen Beitrag zur Entwicklung von Medienkompetenz der Informatikunterricht leisten kann. Dabei müssen insbesondere auch allgemeine Anforderungen an Informatikunterricht berücksichtigt werden (Kapitel 2). Mit dem Didaktischen System liegt ein Ansatz zur Beschreibung eines Unterrichtsmodells vor. Die Möglichkeiten des Transfers und damit verbundene notwendige Modifikationen müssen untersucht werden. Dazu wird das Vorgehen zu den einzelnen Komponenten auf ihre Anwendbarkeit im Themenbereich Internetworking untersucht (Kapitel 3). Für Schwierigkeiten, die aus anderen Rahmenbedingungen des Themenbereichs resultieren, werden neue Lösungsansätze entwickelt und umgesetzt. Das resultierende Didaktische System Internetworking wird für die Planung, Durchführung und Analyse der Unterrichtsprojekte eingesetzt und ausgewertet. Aufgaben für den Lehr-Lernprozess zu Internetworking werden im Kontext des Didaktischen Systems untersucht. Mit Hilfe von Aufgabenklassen und Gestaltungskriterien für niveaubestimmende Aufgaben werden exemplarisch Testaufgaben beschrieben und im Unterricht eingesetzt.

Das Rahmenkonzept der Didaktischen Systeme stellt Hilfsmittel zur Planung und Durchführung und damit zur Implementierung in der Unterrichtspraxis zur Verfügung. Die Gestaltung zielgruppenspezifischer Lehr-Lernprozesse wird aber nicht vorgegeben. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen müssen die Entscheidungen zu Zielen, Inhalten, Methoden und Unterrichtsmitteln konkretisiert werden (Kapitel 4). Die Ziele des Informatikunterrichts stellen den Ausgangspunkt zur Unterrichtsplanung für die Sekundarstufe dar. Der Unterrichtspraxis zugrunde liegende didaktische Entscheidungen müssen transparent und nachvollziehbar erläutert werden (Kapitel 5). Erst damit ist eine Implementierung des Unterrichts zu Internetworking möglich. Aufgrund von allgemeinen Anforderungen an Unterricht, und im Speziellen an Informatikunterricht, sowie fachdidaktischem Wissen zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen, wie es in publizierten Unterrichtsbeispielen und Erfahrungsberichten sowie in Lehrbüchern zum Thema Internet beschrieben

ist, werden die Erkenntnisse zum Didaktischen System Internetworking in den Unterrichtsprojekten umgesetzt.

2 Internetworking in der informatischen Bildung

Der Bildungsbedarf zu Internetworking wurde begründet. Eine systematische Untersuchung der Bildungsanforderungen erfolgt mit Bezug zum Kompetenzbegriff. Fachdidaktische Ansätze für den Informatikunterricht stellen den Bezugsrahmen dar. Auf der Grundlage von Anforderungen, die aus Eigenschaften des Internets resultieren, werden Ziele des Informatikunterrichts bestimmt. Als Ausgangspunkt für das zu entwickelnde Unterrichtsmodell muss der Bezug zwischen Bildungszielen und Inhalten des Informatikunterrichts beschrieben werden.

Aufgezeigt wurde, dass ein wissenschaftlich fundiertes Gesamtkonzept zu Internetworking bisher fehlt. Unterrichtsbeispiele zu Internetworking zeigen Möglichkeiten für die Unterrichtspraxis auf. Allgemeinere Ansätze der Fachdidaktik und Erziehungswissenschaft beschreiben Anforderungen an das Unterrichtsmodell und an die Realisierung im Unterricht. Der Stand der Forschung zu Internetworking im Informatikunterricht muss diskutiert und hinsichtlich der Anwendbarkeit zur Entwicklung des Gesamtkonzepts untersucht werden.

2.1 Informatikdidaktische Ansätze und Anforderungen an den Informatikunterricht

2.1.1 Orientierung des Unterrichts an fundamentalen Ideen der Informatik

Schwill (1993) beschreibt einen Ansatz für den Informatikunterricht, der in der Fachdidaktik bereits intensiv diskutiert wurde. Im Mittelpunkt des Ansatzes stehen die fundamentalen Ideen des Fachs. Dieser Ansatz geht auf Bruner (1976) zurück, der ihn ohne Fachbezug beschrieben hat. Die Ausrichtung des Unterrichts an fundamentalen Ideen wird damit begründet, dass sie insbesondere den nichtspezifischen Transfer als wichtiges Ziel der allgemein bildenden Schule fördern. Transfer bedeutet hier die Anwendung früher erworbener Kenntnisse auf neue Situationen. Spezifischer Transfer ist auf ein eng eingegrenztes Fachgebiet beschränkt. Lösungsschemata müssen dann nur wenig verändert oder erweitert werden. Nichtspezifischer Transfer bezieht sich neben Fertigkeiten auch auf grundlegende Begriffe, Prinzipien und Denkweisen, die als fundamentale Ideen bezeichnet werden. Beim nichtspezifischen Transfer wird damit im Gegensatz zum spezifischen Transfer die Metaebene der fundamentalen Ideen mit einbezogen.

Schwill begründet aus diesem Ansatz zunächst vier Kriterien für fundamentale Ideen der Informatik (Schwill, 1993), die später um ein fünftes Kriterium ergänzt werden (Schubert und Schwill, 2004). Zwei Kriterien zeigen auf, was „fundamental“ ist: Das Horizontalkriterium beschreibt die Anforderung, dass eine fundamentale Idee in verschiedenen Teilbereichen der Informatik vielfältig anwendbar oder erkennbar ist. Das Vertikalkriterium beschreibt die Anforderung, dass die fundamentale Idee auf jedem intellektuellen Anforderungsniveau unterrichtet werden kann. Die drei weiteren Kriterien beschreiben Merkmale von Ideen: Das Zielkriterium besagt, dass fundamentale Ideen eine idealisierte Zielvorstellung beschreiben, die jedoch möglicherweise nicht erreicht werden kann. Das Zeitkriterium begründet die Auswahl von Inhalten, die sich im Laufe der Zeit als beständig bewährt haben, d. h. über einen längeren Zeitraum wahrnehmbar und relevant waren und sind. Das Sinnkriterium stellt die Forderung auf, dass fundamentale Ideen einen Bezug zu Sprache und Denken von Lernenden aufweisen.

Die Ausrichtung des Unterrichts an grundlegenden Prinzipien, Denkweisen und Methoden ist gerade dann besonders wichtig, wenn es um Kompetenzen zur Nutzung von vordergründig schnell veränderlichen Informatiksystemen geht. Sowohl die Verwendung von bestimmten Internetanwendungen wie auch die Benutzungsschnittstellen sind zu einem erheblichen Teil Veränderungen unterlegen. Im Informatikunterricht geht es daher nicht darum, den Gebrauch von Benutzungsschnittstellen häufig verwendeter Internetanwendungen zu erlernen. Ebenso ist es nicht Ziel des Informatikunterrichts, sehr spezifische Funktionen dieser Anwendungen, die nicht auf grundlegenden Prinzipien, Denkweisen oder Methoden der Informatik basieren, zu verstehen. Ausubel u. a. (1978) erklären die Wichtigkeit des Transfers für Lernprozesse auch für das Erlernen des Gebrauchs neuer Anwendungen. Wenn zuvor gemachte Erfahrungen das Lernen positiv oder negativ beeinflussen – wovon sie ausgehen –, ist es undenkbar, dass sinnvolles Lernen ohne Transfer stattfindet (Ausubel u. a., 1978, S. 165). Daher ist es notwendig, dass im Informatikunterricht zu Internetworking das Verstehen übertragbarer Prinzipien, Denkweisen und Methoden im Vordergrund steht.

Anhand der Kriterien für fundamentale Ideen untersucht Schwill den Softwareentwicklungsprozess im weitesten Sinne als repräsentativ für Denk- und Arbeitsprozesse in der Informatik. So gelangt er zu einem Katalog von fundamentalen Ideen, in denen er drei so genannte Masterideen erkennt, die sich durch alle Phasen des Entwicklungsprozesses ziehen. Diese drei übergeordneten fundamentalen Ideen der Informatik sind Algorithmisierung, strukturierte Zerlegung und Sprache, denen er weitere fundamentale Ideen in einer Baumstruktur unterordnet. Modrow (2003) erläutert, dass Sprache nicht zu der Kategorie der zwei anderen Masterideen passt, weil diese eher handlungsorientiert sind. Er begründet daher, dass Formalisierung besser geeignet ist. Der Formalisierung werden dann als untergeordnete Ideen formale Sprache, Automat und Berechenbarkeit zugeordnet (Modrow, 2003, S. 49f). Modrow weist darauf hin, dass die so beschriebenen Ideenbäume aber nicht mit den Inhalten des Informatikunterrichts verwechselt werden dürfen. Die den Masterideen Algorithmisierung, strukturierte Zerlegung und Formalisierung untergeordneten fundamentalen Ideen sind dazu geeignet, Inhalte des Unterrichts zu strukturieren.

Die fundamentalen Ideen sind damit ein Ansatz dafür, die Auswahl der Inhalte eines Schulfachs an der jeweiligen Fachwissenschaft auszurichten. Neben dem Argument des Transfers in Problemlöseprozessen besteht ein weiteres Argument darin, dass der Schwerpunkt der Ziele des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II wissenschaftsbezogen sein muss und sich der ideenorientierte Ansatz aus diesem Grund besonders dafür eignet (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 24). Im Sinne des Spiralcurriculums wird auch in früheren Phasen der Unterricht an den fundamentalen Ideen ausgerichtet, allerdings auf einem niedrigeren Abstraktionsniveau. Die Frage mit welchen konkreteren Inhalten die abstrakten fundamentalen Ideen in den Lehr-Lernprozess integriert werden, erfordert weitere Auswahlkriterien. Neben der direkten Auswahl von Inhalten anhand der Kriterien für fundamentale Ideen, müssen daher auch weitere Anforderungen an den Informatikunterricht einbezogen werden.

Der fachdidaktische Ansatz der fundamentalen Ideen der Informatik wurde inzwischen vielfach angewendet. Ein verbreitetes Missverständnis hat Schwill (2004) jedoch veranlasst, die Unterscheidung von fundamentaler Idee und Fachkonzept deutlich herauszustellen. Er geht dabei von der Unterscheidung von Begriff und Idee aus, wie sie in der Philosophie und insbesondere von Immanuel Kant geprägt wurden. Demzufolge werden Begriffe aus Objekten der Wahrnehmung abgeleitet. Anhand von Kategorien werden Objekte mit bestimmten Eigenschaften beschrieben. Sie fassen bestimmte Merkmale zusammen, die damit konstituierend für die Begriffe sind. Begriffe sind dann die Operanden des Denkens und werden zur Strukturierung von Objekten der Wahrnehmung verwendet. Ideen sind dagegen in Objekten der Wahrnehmung nur unvollkommen vorhanden. Sie sind regulativ bzw. normativ. Ideen sind also nicht das Ergebnis der Abstraktion von bestimmten Objekteigenschaften. Sie existieren als perfekte Modelle vor realen Objekten. Die regulative Funktion von Ideen liefert ein weiteres Argument für die Ausrichtung des Informatikunterrichts an fundamentalen Ideen. Denn sie sollen den Ausgangspunkt für die

Lernenden sein, neue Fragen an das Fach Informatik zu stellen. Das entspricht auch der regulativen Funktion von Ideen in der Fachwissenschaft selbst. Die Ausrichtung an Ideen soll damit die Motivation der Lernenden fördern (Schwill, 2004). Dazu müssen die fundamentalen Ideen im Unterricht auch explizit Gegenstand des Informatikunterrichts sein.

Wenn es also im Informatikunterricht wie hier um das Verständnis konkreter Informatiksysteme, nämlich Internetanwendungen, geht, lassen sich zunächst Begriffe oder Konzepte aus der Anschauung heraus identifizieren. Im Informatikunterricht zu Internetworking werden mit dem Internet Objekte der Wahrnehmung Inhalt des Unterrichts. Aufgabe der Informatikdidaktik ist es dann, gerade solche Informatiksysteme für den Informatikunterricht zu bestimmen, die mit den zugrunde liegenden Konzepten eine Orientierung an fundamentalen Ideen ermöglichen. Die fundamentalen Ideen selbst werden dann durch die Konzepte repräsentiert. Die kognitiven Operanden sind dann die aus der Wahrnehmung abgeleiteten, strukturierenden Konzepte. Damit ist bereits eine höhere Abstraktionsebene im Hinblick auf konkrete Objekte der Wahrnehmung erreicht, die einen Transfer von Wissen in verschiedenen Situationen ermöglichen kann, ohne dass die Stufe der fundamentalen Ideen explizit einbezogen wird.

Demnach können drei Sichtweisen oder Ebenen identifiziert werden: die fundamentalen Ideen der Informatik, die gegebenenfalls auch außerhalb der Informatik angewendet werden können, Fachkonzepte, die unabhängig von einem bestimmten Informatiksystem existieren und konkrete Objekte der Wahrnehmung wie Produkte, insbesondere Informatiksysteme. Dabei ist der Übergang zwischen Fachkonzepten und fundamentalen Ideen nicht immer eindeutig, weil die Kriterien für fundamentale Ideen nicht formal definiert werden können (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 87). Elemente der drei Sichtweisen haben unterschiedliche Funktionen im Lehr-Lernprozess. Ein Beispiel ist der Zusammenhang zwischen dem Produkt Hypertext Transfer Protocol (HTTP), dem Fachkonzept Anfrage-Antwort-Prinzip und der fundamentalen Idee Algorithmisierung. Mit dem Produkt Internet als Ausgangspunkt zur Entwicklung eines Unterrichtskonzepts ist im Besonderen darauf zu achten, dass der Unterricht an fundamentalen Ideen ausgerichtet wird. Das Internet kann als Produkt und als Internetwork¹ auch als verallgemeinerbares Fachkonzept betrachtet werden. Das Internet als Produkt begründet die Relevanz für allgemein bildenden Unterricht und liefert geeignete Lebensweltbezüge. Zur Beschreibung von Hilfsmitteln zur fachlichen Strukturierung müssen aber die abstrakteren Sichtweisen der Fachkonzepte und fundamentalen Ideen herangezogen werden.

2.1.2 Inhaltsauswahl nach dem informationszentrierten Ansatz

Wegen des hohen Abstraktionsniveaus eignet sich der Ansatz, Inhalte mit direktem Bezug zu fundamentalen Ideen der Informatik zu untersuchen, im Besonderen für die Sekundarstufe II unter dem Aspekt der Wissenschaftspropädeutik. Hubwieser und Broy (1996) haben mit dem informationszentrierten Ansatz zur Auswahl von Zielen, Inhalten und Methoden für den Informatikunterricht den Anspruch erhoben, einen Ansatz für den Informatikunterricht am Gymnasium für alle Altersstufen zu beschreiben. Mit Bezug auf Breier (1994) beschreiben sie den Ausgangspunkt folgendermaßen:

„Das zentrale Thema unseres Ansatzes ist nicht mehr die Erstellung von Algorithmen, deren Programmierung oder die Benutzung bestimmter Anwendungsprogramme, also die Planung und Handhabung von Hard- und Software, sondern Verständnis für Beschaffungsweg, Auswahlkriterien, Strukturierungsmethoden, Verarbeitungstechniken und Darstellungsformen des Werkstoffes ‚Information‘“ (Hubwieser und Broy, 1996, S. 6).

Ausgangspunkt für diesen Ansatz ist der Begriff der Information, den sie in Abgrenzung zur Repräsentation verstehen. Information ist demnach der Bedeutungsinhalt einer Aussage im wei-

¹Im Lehrbuch von Tanenbaum (2005) wird von einem Internetwork gesprochen, wenn im allgemeinen Sinn von einem Zusammenschluss von Netzen die Rede ist. Das globale Internet ist dann ein spezielles Internetwork (vgl. Tanenbaum, 2005, S. 41).

testen Sinn. Die konkrete Form der Aussage ist die Repräsentation (vgl. Broy, 1998, S. 5). Im Informatikunterricht geht es nach Hubwieser (2007) in Abgrenzung zu anderen Formen der informatischen Bildung um Prinzipien, Konzepte und Strategien zur Planung, Konstruktion, Beschreibung und Bewertung abstrakter Informatiksysteme. Die notwendige Eingrenzung auf die Informatik erläutert er daher mit dem „Paradigma der Informationsverarbeitung“, das auf dem EVA-Prinzip (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe) beruht. Zur Eingabe wird die Information, d. h. der Bedeutungsinhalt, zunächst dargestellt. Im zweiten Schritt wird diese Repräsentation verarbeitet oder transportiert und damit eine neue Repräsentation erstellt, die im dritten Schritt nach der Ausgabe durch Anwender wieder zu Information wird. Eine wichtige Konsequenz aus diesem Ansatz ist, dass Modellbildung nicht ausschließlich als Inhalt des Informatikunterrichts sondern als methodisches Prinzip begründet wird.

Die Auswahl von Inhalten für den Informatikunterricht erfolgt in zwei Stufen. Zunächst werden mögliche Kandidaten dadurch bestimmt, dass die Wechselwirkungen von Informatiksystemen mit ihrer Umgebung untersucht werden. In einem zweiten Schritt werden mit Bezug auf die Kriterien der fundamentalen Ideen vier Forderungen angewendet. Das Vertikalkriterium zur Vermittelbarkeit in einem breiten Altersbereich schwächt Hubwieser stark ab. Unter der Forderung der Vermittelbarkeit behält er lediglich bei, dass Inhalte zumindest auf einer Jahrgangsstufe vermittelbar sind. Damit erweitert Hubwieser bewusst die möglichen Inhalte für den Informatikunterricht über die Grenzen der fundamentalen Ideen. Das Horizontalkriterium zur breiten Anwendbarkeit und das Sinnkriterium fasst er unter der Forderung nach der allgemeinen Bedeutung zusammen. Zusätzlich fordert er die Beachtung des exemplarischen Prinzips. Das Zeitkriterium wird unter dem Begriff Lebensdauer aufgegriffen (vgl. Hubwieser, 2007, S. 82ff).

Besondere Beachtung soll an dieser Stelle die Forderung nach allgemeiner Bedeutung der Inhalte finden, weil gerade im Bereich der anwendungsnahen Inhalte für den Informatikunterricht eine Prüfung dieses Aspekts wichtig ist. Hubwieser unterscheidet dazu vier Klassen von Lerninhalten hinsichtlich der Allgemeingültigkeit (vgl. Hubwieser, 2007, S. 83):

1. Die Anwendung der Inhalte ist auch außerhalb des Bereichs der Informatik möglich.
2. Die Lerninhalte sind charakteristisch für alle Informatiksysteme.
3. Die Anwendung beschränkt sich auf eine bestimmte Klasse von Informatiksystemen.
4. Die Inhalte treffen nur auf ein konkretes Informatiksystem zu.

Inhalte wie Problemlösestrategien und Grenzen der Berechenbarkeit, die den ersten zwei Klassen zuzuordnen sind, entsprechen uneingeschränkt der Forderung nach der allgemeinen Bedeutung. Inhalte der dritten Klasse entsprechen der Forderung, wenn die Klasse der adressierten Informatiksysteme sehr umfangreich ist. Inhalte, die nur auf ein konkretes Informatiksystem zutreffen, können nur dann begründet werden, wenn sie notwendige Voraussetzung für Inhalte anderer Klassen sind. Daher muss für die Auswahl geeigneter Inhalte zu Internetworking berücksichtigt werden, dass nicht vordergründig konkrete Internetanwendungen Inhalt des Informatikunterrichts sein sollen. Vielmehr ist es notwendig, Inhalte zu bestimmen, die in einer großen Klasse von Informatiksystemen anwendbar sind.

2.1.3 Alltagsbezüge im Unterricht nach dem systemorientierten Ansatz

Der systemorientierte Ansatz zum Informatikunterricht stellt das Informatiksystem in einen größeren Kontext, indem Handlungsweisen von und Beziehungen zwischen Anwendern sowie deren Rollen in den Unterricht einbezogen werden. Mit Bezug auf die Techniksoziologie wird der Anspruch einer „technologischen Aufklärung“ als Teil der Allgemeinbildung aufgegriffen (vgl. Schulte, 2003, S. 37). Aufgabe ist es demzufolge, Schülern ein zeitgemäßes Weltbild unter Einbezug technischer bzw. digitaler Medien zu vermitteln und Technik zu entmystifizieren. Zentraler Begriff der systemorientierten Didaktik der Informatik ist daher das sozio-technische Informatiksystem.

„Unter einem sozio-technischen Informatiksystem (IS) wird dabei die Einheit von Software, Hardware und assoziiertem sozialen Handlungssystem von Personen verstanden, die mit dem technischen Teil des Systems und miteinander interagieren“ (Magenheim, 2003, S. 14).

Zweiter Ausgangspunkt ist die Wissenschaftsorientierung der Fachdidaktik. Zentraler Gegenstand der Informatik ist die Gestaltung von Informatiksystemen (vgl. Claus und Schwill, 2006, S. 314). Eine Ausrichtung des Informatikunterrichts alleine an der Konstruktion von Informatiksystemen ist dann aber nicht ausreichend. Darüber hinaus müssen weitere Phasen des Produktzyklus eines Informatiksystems mit einbezogen werden. Dazu gehören insbesondere auch die Überarbeitung des Entwurfs nach Rückmeldungen durch Anwender bzw. Auftraggeber. Die Schüler sollen einen Einblick in den Entwicklungsprozess durch Perspektiven verschiedener Rollen auf das Informatiksystem erhalten. Für das Thema Internetworking bedeutet dies, dass nicht nur Aufbau und Funktionsweise von Internetanwendungen untersucht werden. Die Lernenden sollen auch aus Sicht der Anwender Anforderungen an die Informatiksysteme erleben und verstehen. An Stellen wo diese nicht erfüllt werden, sollen die Ursachen und Entwurfsentscheidungen, die dazu führen, nachvollzogen werden.

In dem Begriff des sozio-technischen Informatiksystems werden zwei Seiten verbunden. Die „soziale Seite“ besteht aus verschiedenen Interessengruppen. Die „technische Seite“ umfasst Software und Hardware. Diese zwei Seiten sollen mit dem systemorientierten Ansatz verknüpft werden. Schulte (2003) nennt dazu Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge. Informatiksysteme werden immer zu einem Zweck entwickelt. Magenheim (2000) betont, dass die Gestaltung von Informatiksystemen immer auch den Zweck mit einbeziehen muss, damit eine Bewertung der Anwendungen und der Auswirkungen von Informatiksystemen in den Informatikunterricht eingeschlossen wird. Schulte bezeichnet darüber hinaus die gesellschaftlichen Auswirkungen von Informatiksystemen als Leitprinzip der systemorientierten Didaktik. Wie der Zusammenhang zwischen gesellschaftlichen Auswirkungen, die außerhalb des Entwicklungsprozesses und der darin angelegten Rollen auftreten, aussieht, wird in dem Ansatz nicht erläutert. Zu Internetworking bietet es sich an, Phänomene als Ausgangspunkt und Ziel des Unterrichts auszuwählen, die eine Problematik der Nutzung von Informatiksystemen im gesellschaftlichen Zusammenhang aufzeigen. Im Informatikunterricht muss dann ein Beitrag zur Analyse dieser Zusammenhänge mit informatischen Methoden geleistet werden. Problemstellungen im Unterricht sind dann nicht zwingend Entwicklungsaufgaben sondern Fragestellungen, die sich aus der Verwendung typischer Internetanwendungen gegebenenfalls als gesellschaftspolitische Probleme darstellen.

2.1.4 Fazit

Anhand dieser fachdidaktischen Ansätze für den Informatikunterricht wird deutlich, dass der Software-Entwicklungsprozess als zentraler Ausgangspunkt des Informatikunterrichts betrachtet werden kann. Schwill begründet damit die Identifikation der fundamentalen Ideen der Informatik. Im informationszentrierten und systemorientierten Ansatz bildet das Vorgehen zur Softwareentwicklung den Ausgangspunkt des unterrichtsmethodischen Vorgehens. Als zentraler Bestandteil wird im Besonderen die Modellierung von Informatiksystemen heraus gestellt. Dabei ist die Modellierung nicht nur Inhalt sondern auch Grundlage für die methodische Gestaltung von Informatikunterricht. Das lässt sich auch zum Themenbereich Internetworking anwenden. Dort ist die Modellierung kein inhaltlicher Schwerpunkt, wird aber zur Erarbeitung der grundlegenden Fachkonzepte verwendet.

Alle drei Ansätze greifen die Wissenschaftsorientierung auf und zeigen damit auch die Position des Informatikunterrichts in der informatischen Bildung auf. Hubwieser (2007) unterscheidet anhand verschiedener Rollen von Informatiksystemen drei Ansätze der informatischen Bildung. Der Einsatz von Informatiksystemen als Medium oder Lernhilfe kann in allen Unterrichtsfächern erfolgen. Ebenso gibt es Ansätze für informatische Bildung, in denen die Schulung von Bediener-

fertigkeiten im Vordergrund steht. Der Informatikunterricht ist dagegen damit befasst, grundlegende Konzepte von Informatiksystemen zu vermitteln. Auch in dieser Arbeit geht es gerade um diesen Teil der informatischen Bildung.

Verschiedene Schwerpunkte werden hinsichtlich der Bildungsziele beschrieben. Während der Ansatz der fundamentalen Ideen insbesondere darauf zielt, einen Beitrag zum Problemlösen zu leisten, ist dies im informationszentrierten Ansatz ein Grundprinzip der methodischen Gestaltung des Unterrichts. Sowohl im informationszentrierten wie auch im systemorientierten Ansatz besteht ein besonderer Schwerpunkt darin, den Entwicklungsprozess von Informatiksystemen zu vermitteln. Auch im Informatikunterricht zu Internetworking soll durch den Einsatz informatischer Vorgehensweisen ein Beitrag zur Förderung des problemlösenden Denkens geleistet werden.

Unterschiede werden auch hinsichtlich der Ausrichtung an der Fachwissenschaft deutlich. Die fundamentalen Ideen sind an der Struktur der Fachwissenschaft orientiert. Während Schubert und Schwill (2004) den engen Bezug zur Struktur der Fachwissenschaft auch mit der Propädeutik als Aufgabe der Sekundarstufe II begründen, erweitert Hubwieser die Inhalte des Informatikunterrichts mit dem Anspruch, einen Ansatz auch für die Sekundarstufe I zu begründen. Die Unterrichtsprojekte, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts durchgeführt wurden, haben in der gymnasialen Oberstufe stattgefunden. Dennoch geht der Autor davon aus, dass einige der Inhalte auch Bestandteil des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe I sein können. Mit dem Horizontalkriterium soll gewährleistet werden, dass es sich um fundamentale Inhalte der Informatik handelt. Die breite Anwendbarkeit innerhalb der Informatik wird adressiert. Das Sinnkriterium erfordert dagegen, dass auch ein Bezug nach außen hergestellt wird. Die Verbindung von Horizontal und Sinnkriterium, wie sie Hubwieser vornimmt, schränkt daher die Forderung der breiten Anwendbarkeit innerhalb der Informatik ein, wenn es nur ausreichend Bezüge nach außen gibt. Damit werden dann auch wichtige Anwendungsklassen mit eingeschlossen. Der scheinbare Widerspruch der Ansätze zur Auswahl der Inhalte wird zumindest abgeschwächt, wenn Inhalte unter Berücksichtigung der drei Ebenen oder Sichtweisen – fundamentale Ideen, Fachkonzepte, Produkte – betrachtet werden. Bei der Auswahl der Inhalte werden hier beide Ansätze herangezogen.

Die Bedeutung von geeigneten Alltagsbezügen für den Informatikunterricht wird insbesondere durch den informationszentrierten und den systemorientierten Ansatz beschrieben. Dieser Bezug ist erforderlich, damit Lernende den Unterrichtsinhalten einen Sinn geben können. Erwartet wird, dass die Lernenden damit eine höhere Bereitschaft zum Lernen durch intrinsische Motivation mitbringen. Die Ansätze zur Auswahl der Alltagsbezüge unterscheidet sich jedoch. Hubwieser beschreibt Unterricht, in dem Probleme als Ausgangspunkt des Lehr-Lernprozesses verwendet werden, die den Lernenden im Alltag begegnen können, und deren Lösung die Erarbeitung neuer Inhalte erfordert. Im systemorientierten Ansatz werden insbesondere auch gesellschaftliche Bezüge hergestellt. Während Hubwieser vorschlägt, gesellschaftliche Bezüge an verschiedenen Stellen „nebenbei“ zu behandeln (vgl. Hubwieser, 2007, S. 85), sind gerade diese Bezüge, wie sie im systemorientierten Ansatz besonders heraus gestellt werden, von besonderer Bedeutung für das Thema Internet und daher wichtiger Bestandteil des Unterrichts.

2.2 Bildungsziele des Informatikunterrichts

In diesem Abschnitt geht es darum, den Beitrag des Informatikunterrichts zu Bildungszielen der Medienerziehung zu bestimmen. Dazu werden zunächst Anforderungen an die informatische Bildung analysiert. Anschließend werden verschiedene Bildungsempfehlungen für den Informatikunterricht hinsichtlich der Ziele und Inhalte mit Bezug zu Internetworking untersucht. Zu erwerbende Kompetenzen unterscheiden sich von Lernzielen, die eher an einer fachlichen Systematik ausgerichtet sind, insbesondere durch ihre Komplexität. Die Anforderungssituationen der

Lebenswelt werden dann unter Einbezug der Ziele und Inhalte des Informatikunterrichts mit ihren Facetten beschrieben. Dafür ist zunächst eine nähere Erläuterung des hier verwendeten Kompetenzbegriffs erforderlich.

2.2.1 Der Kompetenzbegriff

Der Kompetenzbegriff wird in verschiedenen Bedeutungen und Ausprägungen verwendet. Weinert (1999) hat in einem Gutachten zum Kompetenzbegriff sieben Begriffsverständnisse beschrieben. In diesem Gutachten betont er die auf Anforderungs- und Situationsklassen bezogenen kognitiven Bereitschaften und Einstellungen. Sie sind rein auf die kognitiven Aspekte beschränkt und bereichsspezifisch. Zu einer Kompetenz kann immer auch eine Art von Problemen oder Anforderungen beschrieben werden. Sie werden aber dennoch als begrenzt verallgemeinerbare Dispositionen verstanden (vgl. Klieme, 2004, S. 11).

In Deutschland ist die Definition von Kompetenzen, wie sie Weinert zu einem späteren Zeitpunkt aus der Expertiseforschung übernimmt, bei den Bemühungen um Bildungsstandards und Kompetenzmodelle zum Referenzzitat geworden (Klieme, 2004; Klieme u. a., 2007). Dort werden neben kognitiven auch affektive Ziele mit eingeschlossen:

„Nach Weinert [...] versteht man Kompetenzen als ‚die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Klieme u. a., 2007, S. 21)

Damit werden Kompetenzen als Dispositionen verstanden, d. h. „als interne Repräsentationen, Mechanismen und Fähigkeiten, die das beobachtbare Verhalten und die Performanz von Menschen bestimmen“ (Klieme u. a., 2007, S. 149). Klieme verbindet mit der von Weinert gegebenen Definition des Kompetenzbegriffs den Hinweis darauf, dass zur Formulierung der Bildungsstandards, wie sie der Kultusministerkonferenz (KMK) vorliegen, eine Einschränkung auf die kognitiven Leistungsbereiche vorgenommen wurde. Begründet wird diese Eingrenzung mit pragmatischen Überlegungen zur Operationalisierbarkeit (vgl. Klieme, 2004, S. 12). Es ist bei der Beschreibung von Kompetenzen auf unterschiedlichen Stufen eine Einschränkung auf messbare Merkmale zu treffen. Die affektiven Merkmale der Kompetenzen sind aber schwer zu messen. Eine abstrakt formulierte Kompetenz, die sowohl kognitive wie auch affektive Aspekte berücksichtigen muss, unterscheidet sich von operationalisierbaren Kompetenzstufen neben der Konkretisierung der formalen Komponente auch durch die Einschränkung auf kognitive Aspekte.

Den Unterschied zwischen früheren Formulierungen von Zielen des Unterrichts, wie sie sich in Lehrplänen finden, und neueren Formulierungen mit Bezug zum Kompetenzbegriff sieht Klieme (2004) in der Kombination von inhaltsübergreifenden und anforderungs- und situationsbezogenen Zielen. Es geht nicht um kontextfreie Fähigkeitsdimensionen sondern um eine Verlagerung von fachlicher Systematik zu funktionalen Anforderungen der Lebens- und Arbeitswelt. Es findet also eine Abkehr von den fachspezifischen Inhaltskomponenten aber nicht von Verhaltenskomponenten der Zielbeschreibungen statt.

„Kompetenz stellt die Verbindung zwischen Wissen und Können [...] her und ist als Befähigung zur Bewältigung von Situationen bzw. von Aufgaben zu sehen. Jede Illustration oder Operationalisierung einer Kompetenz muss sich daher auf konkrete Anforderungssituationen beziehen“ (Klieme u. a., 2007, S. 73).

Klieme verwendet hier einen Wissensbegriff, nach dem das Wissen die Fakten darstellt, die in einem Lehrplan beschrieben werden, und dass Können die Anwendung dieses Wissens außerhalb der gewohnten Lernsituation beschreibt. Davon unterscheidet er den allgemeineren Wissensbegriff, wobei Können das zunehmend „prozeduralisierte“, vorab deklarative Wissen, ist. Können

ist demnach Wissen auf einem höheren Anforderungsniveau (vgl. Klieme u. a., 2007, S. 78f). Steigerungen der Prozeduralisierung beschreiben höhere Kompetenzniveaus.

Klieme nennt zwei Rollen von Kompetenzmodellen. Das sind zum einen die Beschreibung von Lernergebnissen im Bezug zu bestimmten Altersstufen und zum anderen mögliche Lernwege, die zu Kompetenzen führen (vgl. Klieme u. a., 2007, S. 71).

„Die fachbezogene Formulierung von Kompetenzen darf jedoch nicht verwechselt werden mit der traditionellen Ausbreitung von Inhaltslisten in stoffdidaktischer bzw. fachsystematischer Gliederung. Von Kompetenzen kann nur dann gesprochen werden, wenn man grundlegende Zieldimensionen innerhalb eines Faches benennt, in denen systematisch, über Jahre hinweg Fähigkeiten aufgebaut werden“ (Klieme, 2004, S. 11).

Kompetenzen werden nicht für einzelne Unterrichtseinheiten oder Kurse beschrieben. Es werden vielmehr in Form eines Komponentenmodells Zieldimensionen eines Fachs aufgezeigt. Zu einer Kompetenz gehören domänenspezifische Fähigkeiten, Kenntnisse und Verstehen zentraler Zusammenhänge, wie auch Handlungsentscheidungen zu treffen und Handlungen durchführen zu können. Schließlich umfassen sie auch die Sammlung von Erfahrungen und die Motivation zum Handeln als weitere Facetten. Insgesamt lassen sich mit Bezug auf Weinert sieben Facetten von Kompetenzen beschreiben (vgl. Klieme u. a., 2007, S. 74f). Damit wird die Komplexität einer Kompetenz im Vergleich zur Formulierung von Lernzielen deutlich. Von einer Kompetenz kann nur gesprochen werden, wenn auf diese Weise ein Leistungsspektrum beschrieben wird (vgl. LISA, 2005, S. 16).

Im Zusammenhang mit der Beschreibung von Bildungsstandards nennt Klieme zwei Zwecke von Kompetenzmodellen, die er mit den Begriffen Komponentenmodell und Stufenmodell bezeichnet. Das Komponentenmodell beschreibt das „Gefüge“ der Anforderungen, die an Lernende gestellt werden. Dagegen beschreibt das Stufenmodell die Abstufungen, die Kompetenzen annehmen können (vgl. Klieme u. a., 2007, S. 74). Kompetenzmodelle stellen die Grundlage zur Operationalisierung der Zielbeschreibungen in Form von Kompetenzen dar. Eine Beschreibung von Kompetenzstufen erfolgt auf der Grundlage wissenschaftlich begründeter Kompetenzmodelle. Denn erst eine genaue Analyse der Anforderungen einzelner Situationen und Probleme ermöglicht die Unterscheidung verschiedener Anforderungsniveaus.

Aus diesem Begriffsverständnis lassen sich folgende Anforderungen an Kompetenzbeschreibungen ableiten:

1. Kompetenzen beziehen sich auf Klassen von Anforderungssituationen.
2. Kompetenzen beschreiben Dispositionen.
3. Kompetenzen stellen die Verbindung zwischen Wissen und Können dar. Sie gehen damit über Kenntnisse hinaus.
4. Kompetenzen beschreiben Zieldimensionen, in denen über Jahre Fähigkeiten aufgebaut werden.
5. Eine Zieldimension berücksichtigt die verschiedenen Facetten einer Kompetenz: Fähigkeit, Wissen, Verstehen, Können, Handeln, Erfahrung und Motivation.
6. Die Beschreibung von Kompetenzen auf verschiedenen Niveaus erfolgt auf der Grundlage wissenschaftlich begründeter Komponenten- und Stufenmodelle.

In der weiteren Arbeit wird der Kompetenzbegriff in diesem Sinne verwendet, um die allgemeinen Bildungsanforderungen zu beschreiben. Für die Umsetzung in konkreten Unterricht werden dann aber wieder Lernziele mit Verhaltens- und Inhaltskomponente formuliert. In den folgenden Abschnitten sollen gerade die Kompetenzen identifiziert werden, die Ziel der Medienerziehung sind und zu denen der Informatikunterricht einen Beitrag leisten kann.

2.2.2 Beitrag der informatischen Bildung zur Medienerziehung

Mit der technischen Entwicklung, die insbesondere am Internet deutlich wird, sind zugleich auch umwälzende gesellschaftliche Veränderungen verbunden. Der Kulturwissenschaftler Schnell (2000) formuliert diese besondere Entwicklung mit der Hypothese der „Medienumbrüche“. Die Mediennutzung und die Medienwahrnehmung verändern sich umfassend. Rusch u. a. (vgl. 2007, S. 369) verstehen das Internet wegen der Möglichkeiten zur Kommunikation und zur Dokumentenverwaltung als ein Medium, das nicht nur durch eine andere – digitale – Darstellung „traditioneller“ Medien ausgezeichnet ist sondern darüber hinaus durch Erweiterungen neue mediale Möglichkeiten bietet (vgl. Rusch u. a., 2007, S. 23). Daraus resultiert ein konkreter Bildungsbedarf, weil durch die Erweiterung eine neue Qualität von Medien im Alltag eingesetzt wird.

Die Analyse des Kompetenzbegriffs hat aufgezeigt, dass Kompetenzen immer einen Bezug zu Situationen der Lebens- und Arbeitswelt aufweisen. Die Aufgabe der Medienerziehung in der schulischen Ausbildung ist durch die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) gerade mit solchen Anforderungen begründet worden (BLK, 1995). In diesem Abschnitt wird aufgezeigt, in welchem Verhältnis der Themenbereich Internetworking und Medienerziehung zueinander stehen und welche Anforderungen sich daraus zunächst einmal für die informatische Bildung ergeben.

In der Empfehlung der GI (1999) wird ein Ansatz zur Beschreibung des Beitrags der informatischen Bildung zur Medienerziehung dargestellt. Dabei wird ein Medienbegriff zugrunde gelegt, mit dem drei Aspekte unterschieden werden. Der technisch-apparative Aspekt umfasst die Aufzeichnung bzw. Speicherung, die Übertragung und die Wiedergabe bzw. den Abruf von Information. Der inhaltliche Aspekt betrifft die Produktion der Aussagen bzw. Bedeutungsinhalte. Und der funktionale Aspekt beschreibt die Funktion von Medien im gesellschaftlichen Kontext. Die drei Aspekte sind voneinander abhängig. Veränderungen zu einem der Aspekte betreffen auch die anderen. Daher beeinflusst auch die informatische Bildung alle drei Aspekte, obwohl die durch Informatiksysteme verursachten Veränderungen in den Bereichen des technisch-apparativen und des funktionalen Aspekts liegen.

Das Internet trägt unter diesem Medienverständnis ebenso an zwei Stellen zu Veränderungen bei. Speicherung, Übertragung und Abruf von Information wird durch die weltweite Vernetzung von Ressourcen maßgeblich beeinflusst. Darüber hinaus wurden aber auch unter dem funktionalen Aspekt Veränderungen erreicht, weil die Distanz physischer Medien von untergeordneter Bedeutung für den Zugriff auf Information wurde und die Integration verschiedener digitaler Medien neue Anwendungsbereiche zur Kommunikation und Kooperation eröffnete. Ausgangspunkt für die Analyse des Beitrags der informatischen Bildung sind die Änderungen, die aus der Nutzung von Informatiksystemen als Grundlage digitaler bzw. rechnerbasierter Medien resultieren. Dazu werden drei charakteristische Merkmale rechnerbasierter Medien herausgestellt. Das sind die automatische Verarbeitung von Daten durch Programme, die Interaktion zwischen Mensch und Rechner, wodurch der Eindruck einer synchronen Kommunikation erzeugt wird, und schließlich die Vernetzung von Rechnern durch lokale und globale Rechnernetze. In Tabelle 2.1 werden die daraus resultierenden Anforderungen mit Bezug zum Internet dargestellt. Dazu werden zunächst die Änderungen, die mit der Nutzung des Internets als Grundlage digitaler Medien verbunden sind, aufgeführt und daraus Anforderungen, denen die informatische Bildung begegnen muss, abgeleitet.

Durch die Vernetzung von Rechnern durch das Internet haben Informatiksysteme eine neue Qualität erreicht. Die Aktionen der Anwender sind nicht mehr auf ein System mit klar bestimmten, absoluten Grenzen beschränkt. Daher reicht der Versuch, die Eigenschaften durch eine Black-Box-Sichtweise zu erfassen, nicht mehr aus. Eine solche Sicht auf ein System ist nur dann möglich, wenn die Schnittstellen des Systems nach außen klar bestimmt und diese auch kontrolliert werden können. Erst dann ist die Voraussetzung für eine verantwortungsvolle Nutzung

Eigenschaften digitaler Medien	Neue Möglichkeiten im Vergleich zu „traditionellen Medien“	Anforderungen
automatische Verarbeitung von Daten	neue Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> – Verwendung neuer oder bisher unbekannter Internetanwendungen – Schützen personenbezogener Daten im Internet
Interaktion	neue Rollen der Anwender als Empfänger und aktive Teilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> – Agieren und Reagieren mit internetbasierten Informatiksystemen – Bereitstellung verteilter interaktiver Medien
Vernetzung	immer verfügbare Verbindungen	<ul style="list-style-type: none"> – Berücksichtigung strukturbedingter Sicherheitsrisiken – Konfiguration von Informatiksystemen für den Datenaustausch

Tabelle 2.1: Ziele der Medienerziehung für informatische Bildung zu Internetworking

auch für sicherheitskritische Operationen gegeben. Schließlich gehört zur verantwortungsvollen Nutzung, dass die Folgen des eigenen Handelns bekannt sind, dass die Möglichkeiten zielgerichtet genutzt werden und dass die mit dem Handeln verbundenen Risiken bewertet werden können. Die Voraussetzungen für eine angemessene Black-Box-Sichtweise sind für das Internet nicht gegeben. Aus diesem Grund erfordert die Nutzung internetbasierter Anwendungen ein grundlegendes Verständnis der Funktionalität des Internets.

Die Modularisierung von Anwendungen zu Programmen, die auf verschiedenen Rechnern ausgeführt werden, führt dazu, dass die Verarbeitung der gemeinsamen Daten auch den Restriktionen des Datenaustauschs unterliegt und Nebeneffekte der Funktionsweise, die den Anforderungen begegnet, berücksichtigt werden müssen. Die Vorteile des entfernten Zugriffs auf Daten und die Unabhängigkeit von einer Systemplattform wird durch die Standardisierung der Schnittstellen erreicht. Damit ist aber auch eine Einschränkung der Möglichkeiten des Datenaustauschs über diese Schnittstellen auf bestimmte Funktionen verbunden. Durch die Verteilung der Daten, die verarbeitet werden, können zusätzlich Schwierigkeiten hinsichtlich der Reaktionszeiten des Systems auftreten. Wissen um Strukturen des Internets und der darauf basierenden Abläufe ermöglicht die Bewertung der Möglichkeiten und Grenzen hinsichtlich der Funktionen und der Dienstqualität von internetbasierten Informatiksystemen.

Die Verknüpfung verteilter Datenbestände und die Möglichkeit diese zielgerichtet automatisiert auszuwerten erfordert einen bewussten selbst bestimmten Umgang insbesondere mit personenbezogenen Daten. Auf den verschiedenen, voneinander weitgehend getrennten, Schichten des Internetschichtenmodells werden unterschiedliche Daten zwischen Rechnern ausgetauscht, auf die Anwender keinen Einfluss haben. Dazu gehört das Wissen über Möglichkeiten der Identifikation von Teilnehmern im Internet und der Anonymisierungsdienste. Aspekte der zentralen Datenspeicherung im Zusammenhang mit Mechanismen für zustandsabhängige Verarbeitung von Anfragen über das Internet müssen berücksichtigt werden. Internetanwendungen und -dienste² stellen die Funktionalität für Anwender bereit. Das Wissen auch um grundlegende Internetdienste ermöglicht daher erst, auch die für Anwender nicht sichtbare Funktionalität des Internets zu erfassen. Insbesondere zum Schutz der Privatsphäre trägt ein Verständnis typischer Internetanwendungen bei. Das Wissen darüber ist notwendig für die Bewertung des Schutzes der Privatsphäre.

²Die Unterscheidung von Anwendungen und Diensten des Internets erfolgt mit Bezug auf Schiffer und Templ (2006) damit, dass die Bezeichnung Dienst verwendet wird, wenn eine Funktionalität im Rechnernetz zur Verfügung gestellt wird, ohne dass damit eine bestimmte Anwendung verbunden ist (vgl. Schiffer und Templ, 2006, S. 1081f).

Systemreaktionen werden nicht mehr alleine von den Eigenschaften einzelner Rechner bestimmt. Vielmehr können die Ursachen auch in Eigenschaften der Infrastruktur zur Vernetzung oder aber eines entfernten Rechners begründet sein. Die Interaktion zwischen Mensch und Rechner wird im Internet durch die Interaktion zwischen einem lokalen und einem entfernten Programm fortgeführt. Die damit verbundenen Anforderungen erfordern teilweise auch die Interaktion durch Anwender. Ein Beispiel dafür ist, ob ein gesendetes Zertifikat eines Webservers akzeptiert werden soll. Das Wissen um zugrunde liegende Prinzipien der Rechner-Rechner-Interaktion erlaubt auch eine Bewertung des Verhaltens von Anwendungen mit zeitkritischen Anforderungen. Die Internetarchitektur mit dem Schichtenmodell ist für die Kapselung von Implementierungsdetails sinnvoll. Allerdings sind Systemreaktionen – beispielsweise in Fehlersituationen – nur dann erklärbar, wenn Wissen über diese Struktur und damit die beteiligten Komponenten vorhanden ist.

Neue Möglichkeiten der Partizipation am Austausch von Information erfordern auch einen verantwortlichen Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen. Damit verbunden sind Fragen der Skalierbarkeit, aber auch des Datentransfervolumens. Für die Gestaltung interaktiver Medien ist dazu die Entscheidung zu treffen, ob eine lokale oder entfernte Programmausführung stattfinden soll. Darüber hinaus müssen wegen der ortsunabhängigen Verfügbarkeit auch angemessene Sicherheitsmechanismen eingesetzt werden. Die Möglichkeiten und Grenzen der zugrunde liegenden Infrastruktur müssen bei der Gestaltung verteilter interaktiver Medien berücksichtigt werden.

Die Stärke des Internets der Skalierbarkeit durch dezentralisierte Mechanismen führt dazu, dass eine effiziente Kontrolle der Institutionen, die zur Infrastruktur einen Beitrag leisten, nicht möglich ist. Damit verbundene Bedrohungen der Informationssicherheit müssen bewertet bzw. soweit möglich notwendige Maßnahmen ergriffen werden. Der Aufbau des Internets beeinflusst auch unter organisatorischen Gesichtspunkten die Zuverlässigkeit aber auch den Zugriff auf übertragene Daten und ist damit Voraussetzung für das Wissen um Sicherheitsrisiken und -anforderungen. Die von der Informatik beschriebene Klassifizierung von Sicherheitsbedrohungen wurde durch die Entwicklung von Ansätzen für Gegenmaßnahmen als Sicherheitsdienste ergänzt. Das Wissen um die Realisierung dieser Sicherheitsdienste durch entsprechende Mechanismen und der damit verbundenen Anforderungen an Anwender ist notwendig, um die eigene Verantwortung für die Sicherheit von Information wahr zu nehmen. Die Berücksichtigung strukturbedingter Sicherheitsrisiken erfordert daher entsprechendes Wissen über den Aufbau und die Funktionsweise des Internets.

Voraussetzung für den Datenaustausch im Internet ist, dass der eigene Rechner Teil des Internets ist und verfügbare Ressourcen abgerufen werden. Dazu muss ein neuer Teilnehmer im Internet notwendige Eigenschaften der Ressource kennen, bevor der Datenaustausch initiiert werden kann. In lokalen Rechnernetzen können dazu die Einstellungen der Vermittlungsschicht gehören. Aber auch anwendungsspezifische Einstellungen müssen vorgenommen werden. Zur Verfügbarkeit eigener Ressourcen im Internet müssen gegebenenfalls Ausnahmen für den Zugriff von externen Rechnernetzen ermöglicht werden (z. B. im Zusammenhang mit einer Firewall oder Network Address Translation, NAT). Das Wissen um Funktionsprinzipien des Datenaustauschs ist für die Konfiguration der dafür notwendigen Parameter erforderlich.

Eine Abgrenzung der GI-Empfehlung zur informatischen Bildung und Medienerziehung gegenüber des in dieser Arbeit beschriebenen Ansatzes erfolgt hinsichtlich zweier Aspekte. Das Internet leistet durch den weltweiten Zugriff auf Ressourcen über geographische Entfernungen hinweg einen wesentlichen Beitrag zur Bedeutung digitaler Medien. Dennoch sind darüber hinaus mit digitalen Medien auch weitere Unterschiede zu analogen Medien verbunden, die nicht spezifisch für das Internet sind, und daher in dieser Arbeit nicht diskutiert werden. Unter Berücksichtigung des funktionalen Aspekts des Internets wird auch die Gestaltung von Medien berührt, soweit der ortsunabhängige Zugriff wesentliche Voraussetzung dafür ist. Damit wird die erste Einschränkung deutlich, die mit Internetworking gegenüber dem allgemeineren Ansatz der GI-

Empfehlung vorgenommen wird, weil dort beispielsweise auch Aspekte der Bildverarbeitung und der Gestaltung von Benutzungsschnittstellen mit einbezogen werden. Die zweite Einschränkung, die den Informatikunterricht als Teil der informatischen Bildung betrifft, wird in den folgenden Abschnitten näher untersucht.

2.2.3 Vorgehen zur Auswahl von Inhalten

Auswahlkriterien

Ausgangspunkt für die Auswahl geeigneter Inhalte für den Informatikunterricht sind die Anforderungen, die auf der Grundlage des Kompetenzbegriffs analysiert wurden. Diese beziehen sich entweder direkt auf Internetanwendungen und -dienste oder indirekt unter dem Aspekt der Informationssicherheit. Es muss also die Frage beantwortet werden, welche Inhalte der Informatik zum Verstehen der damit verbundenen Fachkonzepte notwendig sind. Zur Analyse geeigneter Inhalte für den Informatikunterricht werden deshalb zunächst Internetanwendungen und -dienste sowie Informationssicherheit im Internet untersucht.

Eine Auswahl aller möglichen Fachkonzepte würde den Ansprüchen an allgemein bildenden Unterricht nicht gerecht werden (vgl. Hubwieser, 2007, S. 57). Bisher wurden die Bildungsanforderungen zu Internetworking für die informatische Bildung untersucht. Hubwieser (2007) unterscheidet dabei jedoch drei verschiedene Schwerpunkte der informatischen Bildung (vgl. Abschnitt 2.1), wobei es im Informatikunterricht um allgemeine und langlebige Grundlagen der Informatik geht. Zur Auswahl werden folgende Kriterien berücksichtigt:

1. Die Fachkonzepte tragen zu Kompetenzen bei der Nutzung von Internetanwendungen bei.
2. Sie werden in der Informatik dem Bereich Internetworking zugeordnet.
3. Die Fachkonzepte weisen einen Bezug zu fundamentalen Ideen der Informatik auf.
4. Sie werden in einer Klasse von Informatiksystemen angewendet.

Die Berücksichtigung des ersten Kriteriums wird durch Internetanwendungen und -dienste sowie Informationssicherheit als Ausgangspunkt für die Inhaltsanalyse erfüllt. Der Einbezug des zweiten Kriteriums wird dadurch umgesetzt, dass Lehrbücher der Informatik zum Bereich Internetworking untersucht werden. Das Kriterium der Orientierung an fundamentalen Ideen der Informatik kann dabei auf zwei Weisen berücksichtigt werden. Entweder muss nachgewiesen werden, dass Fachkonzepte, die den anderen Kriterien entsprechen, einen Beitrag zu einer bereits begründeten fundamentalen Idee leisten, oder es müssen zunächst fundamentale Ideen der Informatik bestimmt und nachgewiesen werden. Zur Informationssicherheit müssen zunächst Kandidaten für fundamentale Ideen der Informatik ausgewählt und anhand der Kriterien untersucht werden. Das Hauptaugenmerk bei der folgenden Inhaltsanalyse liegt auf den zwei letzten Kriterien, die Anforderungen an Inhalte des Informatikunterrichts darstellen.

Fundamentale Ideen zur Informationssicherheit

Die Anforderungen an die Informationssicherheit in Rechnernetzen werden von der International Telecommunication Union (ITU) in einer Empfehlung beschrieben (ITU, 1991):

1. Authentifikation (Authentication)
2. Geheimhaltung (Data Confidentiality)
3. Integrität (Data Integrity)
4. Nichtabstreitbarkeit (Non-Repudiation)
5. Zugriffskontrolle (Access Control)

Diese Schutzziele werden durch Techniken und Mechanismen realisiert. Typische Beispiele dafür sind Verschlüsselung und digitale Signatur. Diese Schutzziele haben aber nicht nur im Kontext

des Internets Relevanz. Es ist daher notwendig, die zu untersuchenden Aspekte einzuschränken. Tanenbaum (2005) grenzt die Aspekte zu Informationssicherheit in Rechnernetzen von Aspekten zu Betriebssystemen und Anwendungen ab. Diese Abgrenzung ist sinnvoll, weil es im Rahmen dieser Arbeit darum gehen soll, wie das Wissen um die Funktionsweise des Internets zu einem verantwortungsvollen Arbeiten mit Internetanwendungen beitragen kann.

Die fünf Schutzziele haben Bedeutung für die Informatiksysteme, die zur Kommunikation mit dem Internet genutzt werden. Authentifikation wird zusammen mit Zugriffskontrolle für die Kontrolle des Zugriffs auf einen Nachrichtenspeicher für asynchrone oder aber zur Authentifizierung gegenüber einer Vermittlungsstelle zur synchronen Kommunikation benötigt. Geheimhaltung durch Verschlüsselung ist notwendig, damit die ausgetauschten Daten, die im Internet nicht vor unberechtigtem Zugriff geschützt sind, nicht gelesen werden können. Die Integrität muss dann gewährleistet werden, wenn aus dem Kontext heraus nicht geschlossen werden kann, dass die Nachricht unverfälscht ist. Nichtabstreitbarkeit ist insbesondere dann notwendig, wenn zu einem späteren Zeitpunkt der Urheber einer Nachricht überprüfbar sein muss. Damit kann die Anwendbarkeit dieser Fachkonzepte für zumindest eine Klasse von internetbasierten Informatiksystemen nachgewiesen werden. Außerdem wird im folgenden überprüft, ob die Schutzziele auch die Kriterien der fundamentalen Ideen der Informatik erfüllen.

Authentifikation beschreibt das Ziel, dass einem Objekt, beispielsweise einer Person, eine Identität bzw. charakteristische Eigenschaften zugeordnet werden kann bzw. können (vgl. Eckert, 2004, S. 7). Mit dieser idealisierten Zielvorstellung ist bereits das Zielkriterium erfüllt. Zur Authentifikation, die in der Regel zwischen verschiedenen Prozessen stattfindet, sind Protokolle erforderlich, die beispielsweise vor Replay-Angriffen schützen (vgl. Eckert, 2004, S. 106). Für biometrische Authentifikation werden zudem entsprechende Sensoren benötigt. Das Horizontalkriterium wird also erfüllt. Im Informatikunterricht ist ein Beispiel das Anmelden an einem Betriebssystem (Humbert, 2006, S. 6). Auf höherem Anforderungsniveau können dann die dazu verwendeten kryptographischen Verfahren untersucht werden. Auch das Vertikalkriterium wird damit erfüllt. Für die Lernenden kann ein Sinnbezug zum Alltag beispielsweise anhand des Personalausweises aufgezeigt werden. Das ist das Sinnkriterium. Im Zusammenhang mit der Zugriffskontrolle ist die Authentifikation zumindest seit der Entwicklung von Mehrbenutzersystemen von Bedeutung. Also ist auch das Zeitkriterium erfüllt. Authentifikation erfüllt also die Anforderungen, die an eine fundamentale Idee der Informatik gestellt werden.

Geheimhaltung zielt darauf ab, den Schutz vor unautorisierter Informationsgewinnung zu gewährleisten (Eckert, 2004, S. 8). Dazu gehören Entwurf und Bewertung der Sicherheit von Verschlüsselungsalgorithmen. In der technischen Informatik geht es darum, wie Algorithmen effizient durch Hardware unterstützt werden können. Im Informatikunterricht kann Geheimhaltung auf einem niedrigen Niveau mit monoalphabetischen Substitutionsverfahren zur Verschlüsselung – z. B. Caesar-Chiffre – untersucht werden. Auf einem höheren Anforderungsniveau wird dann beispielsweise das RSA³-Verfahren als asymmetrisches Verschlüsselungsverfahren analysiert. Ein Sinnbezug kann für die Lernenden im Kontext der digitalen Rechteverwaltung für Musikstücke oder durch den Austausch geheimer Nachrichten im Klassenzimmer hergestellt werden. Das Zeitkriterium wird erfüllt, weil gerade die Entschlüsselung geheimer Nachrichten wichtige Impulse zur Entwicklung der ersten Rechner gegeben hat. Ein Beispiel dafür ist der Colossus (1943), der dazu im zweiten Weltkrieg eingesetzt wurde. Auch für Geheimhaltung kann also die Erfüllung der Kriterien für fundamentale Ideen der Informatik nachgewiesen werden.

Die Integrität hat zum Ziel, dass Daten nicht unautorisiert und unbemerkt manipuliert werden (vgl. Eckert, 2004, S. 8). Zur Integrität werden fehlererkennende und fehlerkorrigierende Codes entwickelt. Dabei wird insbesondere im Zusammenhang mit Rechnernetzen hohe Performanz erwartet, die durch Hardware-Unterstützung erreicht wird (vgl. Peterson und Davie, 2004, S. 96). Ein anderer Bereich der Informatik beschäftigt sich mit kryptographischen Hash-Algorithmen,

³RSA steht für die Entwickler des Algorithmus: Ronald L. Rivest, Adi Shamir und Leonard Adleman.

die insbesondere die Anforderung erfüllen müssen, dass eine niedrige Kollisionswahrscheinlichkeit auftritt (vgl. Eckert, 2004, S. 354). Bell u. a. (2006) beschreiben ein einfaches Spiel zur Fehlererkennung und -korrektur für Lernende im Grundschulalter. Ein höheres Anforderungsniveau wird erreicht, wenn kryptographische Hash-Algorithmen untersucht werden. Ein Bezug zu Alltagserfahrungen kann durch die Nummerierung von Blättern für eine Klausur und damit verbunden die Vorgabe, einen Kugelschreiber zu verwenden, dargestellt werden. Ein historisches Beispiel ist der Schutz einer Nachricht mit einem Siegel. Verfahren zur Gewährleistung der Integrität wurden schon zur Sicherung von Daten auf Kernspeichern und Magnetplatten entwickelt (vgl. Peterson und Davie, 2004, S. 87). Die Integrität erfüllt damit alle Kriterien für fundamentale Ideen der Informatik.

Nichtabstreitbarkeit oder Verbindlichkeit soll gewährleisten, dass durchgeführte Handlungen im Nachhinein nicht abgestritten werden können (vgl. Eckert, 2004, S. 11). Dazu werden Logdateien zur Aufzeichnung von Aktivitäten beispielsweise in Mehrbenutzersystemen verwendet. Aber auch hier werden kryptographische Verfahren wie beispielsweise asymmetrische Verschlüsselung für digitale Signaturen verwendet. Neben der nachweisbaren Sicherheit der Algorithmen muss aber auch der Einsatz mit Hybridverfahren kritisch bewertet werden (vgl. Schneier, 2006, S. 39). Ein Zugang für den Unterricht auf niedrigem Anforderungsniveau bietet der Austausch von signierten E-Mails. Auf hohem Anforderungsniveau können wiederum Verfahren zur digitalen Signatur untersucht werden. Einen Sinnbezug zur Alltagswelt der Lernenden liefert ein unterzeichneter Vertrag oder das Verfahren mit Transaktionsnummern (TAN) beispielsweise für Bankgeschäfte über das Internet. Mit der Entwicklung von asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren Mitte der 70er Jahre (vgl. Eckert, 2004, S. 325) kann auch gegenüber Dritten Nichtabstreitbarkeit gewährleistet werden. Auch die Nichtabstreitbarkeit erfüllt die Kriterien für fundamentale Ideen.

Die Zugriffskontrolle ist mit dem Ziel verbunden, dass nur für autorisierte Objekte Zugriff auf Ressourcen gestattet wird. Zur Zugriffskontrolle werden im Kontext von Betriebssystemen beispielsweise Zugriffsmatrizen bzw. Zugriffskontrolllisten eingesetzt (vgl. Eckert, 2004, S. 546ff). Der Ansatz des Trusted Computing zur Realisierung eines lückenlosen Schutzes erfordert Entwicklungen in Bereichen der Informatik für Hardware und Software (vgl. Eckert, 2004, S. 618). Im Unterricht kann auf einem niedrigen Anforderungsniveau die Rechtevergabe in Dateisystemen untersucht werden. Auf höherem Anforderungsniveau kann die Sicherheitsarchitektur einer Programmiersprache bei der Ausführung von Programmen untersucht werden (vgl. Eckert, 2004, S. 604ff). Ein Bezug zu der Erfahrung der Lernenden besteht beispielsweise in der Zugriffskontrolle auf Schränke durch die Verteilung von Schlüsseln. Ebenso wie die Authentifikation ist die Zugriffskontrolle in der Informatik zumindest seit der Entwicklung von Mehrbenutzersystemen von Bedeutung. Also auch für die Zugriffskontrolle gilt, dass sie die Kriterien für fundamentale Ideen der Informatik erfüllt.

2.2.4 Auswahl von Fachkonzepten zu Internetworking

Internetanwendungen und -dienste

In den Lehrbüchern besteht im Wesentlichen Konsens darüber, welche typischen Internetanwendungen und -dienste berücksichtigt werden. Peterson und Davie (2004) erläutern die verschiedenen Anwendungen, um daran wichtige Prinzipien von Protokollen der Anwendungsschicht aufzuzeigen. Die Anwendungsprotokolle beschreiben gerade die Funktionalität im Hinblick auf das Internet. Die Verwendung verschiedener Internetanwendungen und -dienste ist deshalb notwendig, damit typische Beispiele für die verschiedenen Eigenschaften genutzt werden. Die Funktionalität der Internetanwendungen und -dienste wird dabei mit Bezug zu den Diensten dargestellt, die durch die darunter liegenden Schichten zur Verfügung gestellt werden. Deshalb muss die Inhaltsauswahl in einem weiteren Schritt dahingehend ergänzt werden, dass für das Verstehen wichtige Fachkonzepte anhand der Auswahlkriterien geprüft werden. Es wird zunächst jeweils das spezi-

fische Prinzip der verschiedenen Anwendungen bestimmt und im Hinblick auf die Kriterien zur Inhaltsauswahl diskutiert.

Es konnten fünf typische Vertreter für Klassen von Informatiksystemen identifiziert werden, mit denen charakteristische Eigenschaften veranschaulicht werden. Das Domain Name System (DNS) wird als Verzeichnisdienst erläutert. Neben dem zugrunde liegenden Client-Server-Prinzip werden daran iterative und rekursive Abfragen in einer hierarchischen Struktur illustriert, die durch den Namensraum beschrieben wird. Das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) als wichtiger Bestandteil zur Realisierung der Nachrichtenübertragung wird als ein Zustelldienst angeführt. Auch hieran wird die rekursive Verarbeitung der Daten deutlich, weil eine Nachricht zunächst an einen Mailserver verschickt wird, der wiederum mit SMTP die Nachricht an einen weiteren Mailserver verschickt. Dieser Vorgang kann beispielsweise im Fall einer eingerichteten Weiterleitung fortgesetzt werden. Dem gegenüber steht das WWW mit HTTP als typischer Vertreter eines Abholdienstes. Abfragen werden hierbei iterativ verarbeitet. Zunächst erfolgt der Abruf des Webseitentexts. Anhand dessen werden weitere Daten zur Beschreibung der Darstellung (z. B. für Hypertext Markup Language, HTML, mit Cascading Style Sheets, CSS) oder eingebettete Graphiken abgerufen. Der Dateiaustausch ist ein Beispiel für Peer-to-Peer-Netzwerke. Damit wird die Architektur des verteilten Systems in Abgrenzung zum Client-Server-Prinzip veranschaulicht. Im Gegensatz zu Client und Server, die jeweils verschiedene Aufgaben zur Lösung eines Anwendungsproblems übernehmen, haben die Teilnehmer in Peer-to-Peer-Netzwerken jeweils die gleichen Aufgaben. Eine besondere Rolle nehmen Multimedia-Anwendungen – bzw. besser Streaming-Anwendungen (vgl. Tanenbaum, 2005, S. 730) – ein. Dazu werden in den Lehrbüchern verschiedene Anwendungen zur Illustration verwendet – ein Beispiel ist Internettelefonie. Streaming-Anwendungen stellen vor allem andere Anforderungen an die unter der Anwendungsschicht liegenden Protokolle. Im Hinblick auf die Anwendungen werden hier die Besonderheiten der Datendarstellung untersucht. Es lassen sich drei Merkmalsbereiche zur Unterscheidung der veranschaulichten Fachkonzepte bestimmen: der Aufbau des verteilten Systems, der Datenfluss und die Art der ausgetauschten Daten. In Tabelle 2.2 werden diese drei Bereiche mit den zugehörigen Fachkonzepten und identifizierbaren fundamentalen Ideen der Informatik (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 96f) zusammen gefasst.

Merkmalsbereiche	Fachkonzepte zur Beschreibung von Informatiksystemklassen	fundamentale Ideen
Aufbau des verteilten Systems	– Client-Server-Prinzip (E-Mail, WWW) – Peer-to-Peer (Dateiaustausch) – Verzeichnisdienst (DNS)	Modularisierung, Divide-and-Conquer, hierarchische Struktur
Datenfluss	– Abholdienst (WWW) – Zustelldienst (E-Mail)	Rekursion, Iteration
Ausgetauschte Daten	– Nachrichtenaustausch (DNS, E-Mail, WWW) – Streaming (Internettelefonie)	Syntax, Semantik

Tabelle 2.2: Fachkonzepte zu Internetanwendungen und -diensten und fundamentale Ideen

Weitere Fachkonzepte können dadurch bestimmt werden, dass Lehrbücher darauf hin untersucht werden, welche fachdidaktisch begründeten Beziehungen zu Internetanwendungen und -diensten und den damit verbundenen Fachkonzepten bestehen. Dazu werden insbesondere solche Beziehungen berücksichtigt, die Erweiterungen, Ausarbeitung, Modifizierung oder Einschränkungen der bereits ausgewählten Fachkonzepte ermöglichen. Durch Abstraktion von Besonderheiten der Anwendungsschicht können dazu drei Bereiche unterschieden werden:

- Aufbau des Internets: Neben der Struktur von Anwendungen werden hierunter insbesondere auch die physische Struktur von Internetworks einbezogen. Die zugeordneten funda-

mentalen Ideen gehören zur Masteridee strukturierte Zerlegung.

- Schichtenarchitektur des Internets: Der Austausch von Daten erfolgt zum einen zwischen Instanzen einer Schicht auf verschiedenen Rechnern und zwischen benachbarten Schichten auf einem Rechner. Durch Protokolle wird Syntax und Semantik spezifiziert. Die zugeordneten fundamentalen Ideen gehören zur Masteridee Formalisierung.
- Funktionsprinzipien des Internets: Der Datenfluss im Internet realisiert die Funktionalität verteilter Anwendungen. Grundprinzipien der Interaktion werden zur Realisierung eingesetzt. Die zugeordneten fundamentalen Ideen gehören zur Masteridee Algorithmisierung.

Fachkonzepte werden unter Berücksichtigung der Unterscheidungskriterien und der damit verbundenen Informatiksystemklassen und fundamentalen Ideen ausgewählt (siehe Abschnitt 3.2.3).

Informationssicherheit

In den Lehrbüchern werden verschiedene Fachkonzepte erläutert, die Lösungsansätze für die mit den Schutzziele verbundenen Anforderungen im Kontext von Internetworking beschreiben. Dazu werden grundlegende Verfahren erläutert und ihre Anwendung auf verschiedenen Schichten dargestellt. Außerdem ist es notwendig, dass die Lernenden auch mögliche Gefährdungen kennen, damit sie ein Problembewusstsein entwickeln können. Es müssen also zunächst geeignete Fachkonzepte, die einen Beitrag zu den Schutzziele im Kontext des Internets liefern oder die mögliche Gefährdungen aufzeigen, bestimmt werden.

Kurose und Ross (2002) nennen zunächst drei Sicherheitsdienste, die sie betrachten. Die Geheimhaltung umfasst dabei die Vertraulichkeit und darüber hinaus Aspekte des Schutzes der Privatsphäre. Außerdem nennen sie Authentifikation und Integrität. In der späteren Diskussion zur Digitalen Signatur gehen sie zudem auf die Nichtabstreitbarkeit ein. Das Thema Firewall und damit Aspekte des Zugriffsschutzes wird in einem anderen Kapitel zum Netzwerkmanagement behandelt. Peterson und Davie (2004) führen Privatheit, Authentifikation und Integrität an. Auch sie fassen mit dem Begriff Privatheit sowohl die Vertraulichkeit wie auch Aspekte des Schutzes der Privatsphäre zusammen. Digitale Signatur behandeln sie dagegen nur unter dem Aspekt der Authentifikation. Außerdem werden Zugriffsschutz und Verfügbarkeit im Kontext von Firewalls thematisiert. Tanenbaum (2005) führt die Bereiche Geheimhaltung, Authentifikation, Nichtabstreitbarkeit und Integrität an. Firewalls beschreibt Tanenbaum im Zusammenhang mit Geheimhaltung und Zugriffskontrolle.

Die Berücksichtigung von Aspekten zum Schutz der Privatsphäre (Privacy) ist dahingehend problematisch, dass der Schutz der Privatsphäre schwierig einzugrenzen ist. Die ITU empfiehlt daher, diesen Begriff nur zur Begründung von Sicherheitsanforderungen zu verwenden:

„The right of individuals to control or influence what information related to them may be collected and stored and by whom and to whom that information may be disclosed.

Note – Because this term relates to the right of individuals, it cannot be very precise and its use should be avoided except as a motivation for requiring security“ (ITU, 1991, S. 6, Hervorhebung im Original).

Lediglich Tanenbaum (2005) geht in einem eigenen Abschnitt auf diese Aspekte ein. Er unterscheidet Datenschutz bzw. Schutz der Privatsphäre, Redefreiheit und Urheberrecht und stellt jeweils Lösungsansätze für die damit verbundene Problematik vor.

Die den Lehrbüchern gemeinsamen Mechanismen und die dort dargestellte Zuordnung zu den Schutzziele sind in Tabelle 2.3 dargestellt. Darüber hinaus werden die Schwierigkeit der Schlüsselverteilung und in diesem Zusammenhang die Zertifizierung ausführlich beschrieben.

Verschiedene Angriffsarten werden von Kurose und Ross (2002) angeführt, um die Sicherheitsdienste zu motivieren. Unterschieden werden aktive und passive Eindringlinge. Sie erläutern mehrere Angriffsarten. Dazu gehört Sniffing, IP-Spoofing, Denial-of-Service- und Man-in-the-

	Authentifikation	Geheimhaltung	Integrität	Nichtabstreitbarkeit	Zugriffskontrolle
Authentifikationsprotokolle		×			
Digitale Signatur		×	×	×	
Firewall					×
Kryptographische Hashfunktionen		×	×	×	
Verschlüsselung	×	×	×	×	

Tabelle 2.3: Schutzziele und informatische Fachkonzepte im Kontext Internetworking

Middle-Angriff. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Auswahl der Beispielanwendungen. Kurose und Ross (2002) sowie Peterson und Davie (2004) beschreiben, wie Vertraulichkeit, Authentifikation, Integrität und Verbindlichkeit bei der E-Mail-Kommunikation mit Pretty Good Privacy (PGP) gewährleistet wird. Tanenbaum (2005) geht an dieser Stelle zusätzlich auch auf Privacy Enhanced Mail (PEM) und Secure/Multipurpose Internet Mail Extension (S/MIME) ein. Daneben erläutern Kurose und Ross sichere Transaktionen im Internet mit Secure Electronic Transactions (SET). Peterson und Davie beschreiben detailliert die Funktionsweise von Secure Shell (SSH). Auf der Transport- und der Vermittlungsschicht gehen sie sowohl auf Secure Socket Layer/Transport Layer Security (SSL/TLS) wie auch auf Internet Protocol Security (IPSec) ein. Tanenbaum beschreibt zudem, wie drahtloser Datenaustausch geschützt wird, und erläutert DNS-Spoofing und verschiedene Formen von mobilem Code als Bedrohungen im Internet.

2.2.5 Bildungsempfehlungen für den Informatikunterricht

In diesem Abschnitt werden Bildungsempfehlungen für den Informatikunterricht systematisch auf die Inhalte mit Bezug zu Internetworking untersucht, sowie Erkenntnisse zur Beziehung zwischen Inhalten und Zielen des Informatikunterrichts beschrieben. Zu Beginn des Forschungsprojekts konnten drei Bildungsempfehlungen untersucht werden. Die GI hat ein Gesamtkonzept für die informatische Bildung an allgemein bildenden Schulen veröffentlicht (GI, 2000). Die Association for Computing Machinery (ACM) hat erstmals 2003 ein Curriculum für die Informatik herausgegeben, das bereits in einer zweiten Auflage erschienen ist (ACM, 2006). In Kooperation zwischen der International Federation for Information Processing (IFIP) und der United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) wurde ein Curriculum für die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologie (Information and Communication Technology, ICT) in Schulen vorgestellt (UNESCO/IFIP, 2002). In dieses Curriculum ist auch der European Computer Driving License Syllabus (ECDL) eingegangen, der mittlerweile in der fünften Version vorliegt (ECDL, 2007). Darüber hinaus wird an dieser Stelle auch die GI-Empfehlung zu Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I berücksichtigt (GI, 2008), obwohl sie zu Beginn des Forschungsprojekts noch nicht vorlag.

In den Bildungsempfehlungen werden die Ziele mit drei Anwendungsbereichen des Internets begründet:

Informationsbeschaffung und -auswahl im Internet. In der Informationsgesellschaft ist es notwendig, dass Lernende die weltweite Verfügbarkeit von Information nutzen können. Die Lernenden müssen dazu die Möglichkeiten des World Wide Web verstehen und hinterfragen. Sie müssen die verschiedenen Quellen zur Informationsbeschaffung kennen und wissen, wie sie darauf zugreifen können.

Kommunikation und Kollaboration im Internet. Die Entwicklung des Internets führt zu Veränderungen der Arbeit und der Arbeitsorganisation. Daher werden neue Anforderungen

an die Lernenden gestellt. Dazu gehört das Arbeiten als Mitglied eines Teams und die effektive Kommunikation. Ebenso erfordert die Tendenz zur schülerorientierten Gestaltung von Lehr-Lernprozessen, dass die Lernenden kollaborieren.

Bereitstellung von Information und Ressourcen im Internet. Mit dem Internet hat sich die Rolle der Anwender von Informatiksystemen verändert. Sie sind nicht mehr nur Rezipienten sondern sie haben die Möglichkeit, aktiv am Austausch von Information teilzunehmen. Dazu ist es notwendig, dass sie selbst Ressourcen erstellen und anderen Anwendern im Internet zugänglich machen können.

In Tabelle 2.4 wird dargestellt, inwieweit Inhalte zu den identifizierten Teilbereichen zu Internetworking Bestandteil der Empfehlungen sind. Die Empfehlung für ein Gesamtkonzept der informatischen Bildung (GI, 2000) beschreibt die Inhalte auf einer Metaebene. Wenn konkrete Inhalte genannt werden, erfolgt dies nur exemplarisch. Die angedeuteten Kreuze bedeuten daher, dass die Inhalte mit der abstrakteren Beschreibung begründet werden können, aber nicht zwingend daraus hervorgehen. In den Bildungsstandards (GI, 2008) ebenso wie im ICT-Curriculum (UNESCO/IFIP, 2002) werden obligatorische Inhalte für die Sekundarstufe genannt. Dagegen werden im ACM-Curriculum obligatorische und fakultative Ausbildungsabschnitte unterschieden. Inhalte zur Schichtenarchitektur werden nur dem fakultativen Abschnitt zugeordnet. An der Übersicht wird deutlich, dass den Internetanwendungen und -diensten sowie dem Aufbau des Internets besondere Bedeutung zugemessen wird. Die Schichtenarchitektur, die in Lehrbüchern zu diesem Thema zur Strukturierung Verwendung findet (z. B. Kurose und Ross, 2002), wird nur für fakultative Ausbildungsabschnitte als notwendig angesehen.

	(GI, 2000)	(GI, 2008)	(ACM, 2006)	(UNESCO/IFIP, 2002)
Aufbau des Internets	(×)	×	×	×
Schichtenarchitektur des Internets	(×)		(×)	
Funktionsprinzipien des Internets	(×)		×	
Informationssicherheit im Internet	(×)	×	×	
Internetanwendungen und -dienste	(×)	×	×	×

Tabelle 2.4: Übersicht zu Inhalten in den Bildungsempfehlungen

Im obligatorischen Informatikunterricht muss bei der Auswahl von Zielen und Inhalten ein besonderer Schwerpunkt auf Kompetenzen für Anwender gelegt werden. Ein wichtiges Ziel des Informatikunterrichts in allgemein bildenden Schulen ist der Erwerb von Kompetenzen zur Nutzung von Informatiksystemen. Die Entwicklung und Konstruktion eigener Informatiksysteme ist dagegen nicht für alle Schüler gleichermaßen von Bedeutung (vgl. ACM, 2006, S. 12). Trotzdem werden im Informatikunterricht Informatiksysteme als Lerngegenstand betrachtet. Der Einsatz von Informatiksystemen als Werkzeug tritt in den Hintergrund. Im Unterricht zu Internetworking geht es nicht darum, Entwickler von Internetanwendungen auszubilden. Ebenso wenig soll der Informatikunterricht zu einer Bedienschulung für den Webbrowser oder das E-Mail-Programm werden. Ziel ist es, zugrunde liegende Funktionsprinzipien aus der Informatik aufzugreifen und dieses Wissen in Anwendungssituationen sinnvoll einzusetzen.

Die Vorbereitung auf die Verwendung neuer bzw. bisher nicht verwendeter Informatiksysteme erfordert das Verstehen der zugrunde liegenden Fachkonzepte. Dadurch wird die Abstraktion von verschiedenen Erscheinungsformen grundlegender Prinzipien ermöglicht und Erkenntnisse werden auf neue Situationen und Anwendungen übertragbar (vgl. ACM, 2006, S. 12). Anhand typischer Internetanwendungen werden im Unterricht verallgemeinerbare Erkenntnisse zur Funktionsweise von Internetanwendungen sowie Wissen über Dienste, die nicht mit einer bestimmten Anwendung verbunden sind, erworben.

Zur Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen Informatik und Gesellschaft ist ein fundier-

tes Wissen über die Funktionsprinzipien von Informatiksystemen notwendig. Dazu gehört die Abschätzung von Folgen des Einsatzes von Informatiksystemen, wie auch die Wahrnehmung von Entscheidungsfreiheiten, die den Einsatz von Informatiksystemen auf Grund gesellschaftlicher Normen und Regeln betreffen (vgl. GI, 2008, S. 41). Neben Anforderungen, die durch die Anwendung von Informatiksystemen an den Informatikunterricht gestellt werden, müssen auch Phänomene zu Auswirkungen auf die Gesellschaft durch den Einsatz des Internets, wie z. B. das Thema Anonymität und Strafverfolgung, in den Unterricht einbezogen werden.

2.2.6 Fazit

Die Untersuchung des Beitrags der informatischen Bildung zur Medienerziehung hat aufgezeigt, dass aus der Verwendung von Internetanwendungen Anforderungen resultieren, zu denen die informatische Bildung einen Beitrag leisten muss. Mit den Bildungsempfehlungen konnte der Beitrag des Informatikunterrichts inhaltlich konkretisiert werden. Um diese Sichtweisen – Anforderungen der Medienerziehung und Angebot des Informatikunterrichts – miteinander zu verbinden, werden die abstrakten Anforderungssituationen durch die Facetten der Zieldimensionen, wie sie für Kompetenzbeschreibungen erforderlich sind, konkretisiert und dann auf den Bezug zu informatischen Inhalten untersucht.

Die Beschreibung von Zielen des Informatikunterrichts in Form von Kompetenzen zu Internetworking ist den untersuchten Bildungsempfehlungen nicht unmittelbar zu entnehmen. Allgemeine Ziele werden in den Bildungsempfehlungen unabhängig von konkreten Informatiksystemen beschrieben. Konkrete Informatiksysteme werden nur beispielhaft genannt. Eine Kompetenz bezieht sich jedoch auf eine Klasse von Anforderungssituationen. Die Ergebnisse der inhaltlichen Analyse zeigen aber auf, dass im Informatikunterricht konkrete Kompetenzen dazu erworben werden müssen. An dieser Stelle werden Zieldimensionen im Bereich Internetworking beschrieben, zu denen Kompetenzen erwartet werden. Damit wird jedoch weder ein übergreifendes Komponentenmodell für Informatikunterricht noch ein vollständiges Kompetenzmodell mit Anforderungsstufen formuliert. In Tabelle 2.5 werden Zieldimensionen der Kompetenzen und Inhalte des Informatikunterrichts aufgeführt, die einen Beitrag zum Kompetenzerwerb leisten können.

Die Facetten der Zieldimension zeigen die Komplexität einer Kompetenz auf. Am Beispiel „Agieren und Reagieren mit internetbasierten Informatiksystemen“ wird der Zusammenhang zwischen Anforderungssituation und Inhalten aufgezeigt. Zum Agieren und Reagieren mit internetbasierten Informatiksystemen kann eine konkrete Situation folgendermaßen aussehen: Der Anwender ruft die verschlüsselte Webseite einer Bank mit dem Webbrowser ab. Es erscheint eine Meldung, dass ein Zertifikat empfangen wurde, dessen Authentizität nicht bestätigt werden konnte. Der Anwender lässt sich das Zertifikat anzeigen. Die Angaben nennen die Bank als Inhaber des Zertifikats. Der Anwender entscheidet trotzdem, das Zertifikat nicht zu akzeptieren, weil ein solches Zertifikat prinzipiell jeder ausstellen kann, er aber sicher sein möchte, dass er persönliche Daten nicht an Unbefugte weitergibt. Danach ruft er seine E-Mails verschlüsselt vom Server `mail.domain.de` ab. Auch hier erhält er einen Hinweis zum Zertifikat. Das übertragene Zertifikat wurde für den Domainnamen `smtp.domain.de` ausgestellt. Er akzeptiert das Zertifikat, weil er weiß, dass der gleiche Mailserver auch unter dem anderen Domainnamen erreichbar ist. Inhalte zur Schichtenarchitektur werden deshalb benötigt, weil das Wissen darum, welche Aufgaben bzw. Funktionen verschiedene Schichten umsetzen, Voraussetzung dafür ist, unerwartete Reaktionen einer internetbasierten Anwendung zu verstehen und zu bewerten. Denn die Umsetzung des Geheimnisprinzips durch die Internetschichtenarchitektur führt dazu, dass den Anwendungen eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt wird, die konkrete Details zur Realisierung der Datenübertragung verbirgt. Die Funktionsprinzipien werden benötigt, weil mit dem Wissen über Prinzipien des Datenaustauschs im Internet Voraussagen zum Verhalten der Internetanwendung im Normalfall und Erklärungen im Sonder- oder Fehlerfall getroffen werden können. Die Mechanismen zur Gewährleistung der Informationssicherheit erweitern die Funktionsweise des Internets. Um eine

Facetten der Zieldimension	Inhalte des Informatikunterrichts
<p>1. Verwendung neuer oder bisher unbekannter Internetanwendungen</p> <p>zielorientiertes Vorgehen zur Lösung des Anwendungsproblems; Wissen, wie über die Benutzungsschnittstelle die Interaktion zwischen entfernter und lokaler Komponente der Internetanwendungen initiiert wird; Verstehen der Prinzipien zur Interaktion von Prozessen im Internet; zielgerichtetes Reagieren in Fehlersituationen; Verwenden der Benutzungsschnittstelle zur Interaktion mit dem Informatiksystem; Entwickeln einer Vorstellung von der Funktionsweise der Anwendung, indem das Verhalten in Sonderfällen beobachtet und reflektiert wird; Nutzen von Internetanwendungen für den orts- und zeitunabhängigen Zugriff auf Dienstleistungen</p>	<p>Internetanwendungen und -dienste; Funktionsprinzipien; Informationssicherheit</p>
<p>2. Schützen personenbezogener Daten im Internet</p> <p>Weitergabe personenbezogener Daten nur wenn notwendig; Wissen, wer auf Daten, die im Internet versendet und gespeichert werden, zugreifen kann; Verstehen, wie über die Benutzungsschnittstelle beeinflusst werden kann, welche Daten versendet werden; Anwenden von Werkzeugen, um den Zugriff auf personenbezogene Daten durch Unbefugte zu verhindern; Abwägen der Notwendigkeit der Weitergabe personenbezogener Daten; kritische Reflexion des Umgangs mit personenbezogenen Daten im Internet; Bewusstsein über Möglichkeiten des Missbrauchs personenbezogener Daten</p>	<p>Aufbau des Internets; Schichtenarchitektur; Informationssicherheit</p>
<p>3. Agieren und Reagieren mit internetbasierten Informatiksystemen</p> <p>zielgerichtete Eingaben aufgrund der zu bewältigenden Aufgabe und der Vorstellung über die Funktionsweise der Internetanwendung; Wissen, welche Nebeneffekte bei der Nutzung von Internetanwendungen auftreten; Verstehen, welche Prozesse durch das Informatiksystem ausgeführt werden, wenn ein Ereignis ausgelöst wird; Steuern des Prozesses der Internetanwendung durch Ereignisse; Verwenden von Informatiksystemen zur Unterstützung von Arbeitsprozessen; Anpassen und Erweitern der Vorstellung über die Funktionsweise des Informatiksystems auf Grund des beobachteten Verhaltens in Sonderfällen; Bewusstsein über die Konsequenz, dass Aktionen irreversible Seiteneffekte auslösen können</p>	<p>Schichtenarchitektur; Funktionsprinzipien; Informationssicherheit</p>
<p>4. Bereitstellung verteilter interaktiver Medien</p> <p>systematisches Vorgehen zur Bereitstellung von Ressourcen unter Berücksichtigung verschiedener Interessen; Wissen zu Einschränkungen und Möglichkeiten zur Kontrolle des Zugriffs auf Ressourcen im Internet; Verstehen, wie der Zugriff auf Ressourcen im Internet abläuft; Konfigurieren der Informatiksysteme, so dass sie den Zugriff auf Ressourcen im Internet zulassen; Ressourcen im Internet zur Verfügung stellen; Erfahrungen zu Vor- und Nachteilen verschiedener Möglichkeiten, Ressourcen im Internet zugänglich zu machen; Verstehen, wie verschiedene Interessen derjenigen, die an der Interaktion beteiligt sind, durch den Einsatz vorhandener Mechanismen berücksichtigt werden und Betrachten des Internets als weltweit vernetztes Informationssystem</p>	<p>Internetanwendungen und -dienste; Funktionsprinzipien; Informationssicherheit</p>
<p>5. Berücksichtigung strukturbedingter Risiken</p> <p>zielgerichtetes Einsetzen von Informatiksystemen für verschiedene Sicherheitsanforderungen; Wissen über Möglichkeiten zur Reduzierung strukturbedingter Sicherheitsrisiken; Verstehen, wie verschiedene Maßnahmen zur Informationssicherheit und der Aufbau des Internets zusammen hängen; Analysieren möglicher Risiken und Ableiten entsprechender Maßnahmen aus der Beschreibung von Sicherheitsanforderungen; Sichern der Komponenten, die mit dem Internet verbunden werden; Bewertung der Komponenten hinsichtlich neuer Erkenntnisse zu Gefährdungen der Informationssicherheit; Bewusstsein zu strukturell bedingten Gefahren für die Informationssicherheit, die aus der dezentralen Organisation des Internets resultieren</p>	<p>Aufbau des Internets; Schichtenarchitektur; Informationssicherheit</p>
<p>6. Konfiguration von Informatiksystemen für den Datenaustausch</p> <p>Verwenden von Werkzeugen zur Konfiguration von Informatiksystemen; Wissen über die beteiligten Komponenten am Datenaustausch; Verstehen, welche Funktion die Komponenten haben; Bestimmen der zur Interaktion zwischen Hard- und Softwarekomponenten im Rechnernetz notwendigen Angaben; Konfigurieren der Komponenten mit geeigneten Werkzeugen; folgerichtiges Bestimmen der Ursachen von Fehlfunktionen; Kenntnis verschiedener Möglichkeiten vernetzter Informatiksysteme und Vorteile digitaler Medien für Austausch und Speicherung von Information</p>	<p>Aufbau des Internets; Funktionsprinzipien; Informationssicherheit</p>

Tabelle 2.5: Kompetenzen und Inhalte des Informatikunterrichts

Sicherheit zwischen verschiedenen Gegenübern zu gewährleisten, müssen diese die grundsätzliche Funktionsweise kennen. Insbesondere wenn das Gegenüber eine Person ist, muss diese aktiv daran beteiligt werden. Anforderungssituationen, Facetten von Zieldimensionen und Inhalte des Informatikunterrichts können auf diese Weise verknüpft werden.

Zugleich wird aber auch deutlich, dass Kompetenzbeschreibungen nicht dazu geeignet sind, die Inhalte mit Bezug zu einer Fachwissenschaft zu strukturieren. Die komplexen Anforderungen erfordern Fähigkeiten und Fertigkeiten verschiedener Teilbereiche mit verschiedenen Schwerpunkten und auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus. Eine fachwissenschaftliche Strukturierung ist aber notwendig, damit Lernende neues Wissen mit Vorwissen sinnvoll zueinander in Beziehung setzen können. Insbesondere zur Planung von Unterricht müssen daher andere Strukturierungsmerkmale hinzugezogen werden.

2.3 Planung, Analyse und Durchführung von Lehr-Lernprozessen

2.3.1 Informatiksystemverständnis

Informatikunterricht zum Verstehen von Internetanwendungen ist mit Grundlagen der Informatik befasst, weil nur damit die Nachhaltigkeit des Unterrichts auch hinsichtlich der Kompetenzen zur Anwendung der Informatiksysteme erreicht werden kann. Dabei geht es darum, Wissen zu erwerben, das nicht auf die Nutzung eines bestimmten Produkts und einer bestimmten Version beschränkt ist. Wissen zu einem Produkt ist insofern notwendig, um den Unterricht handlungsorientiert zu gestalten. Hartmann u. a. (2007) weisen jedoch darauf hin, dass nur Konzeptwissen den Transfer früher erworbenen Wissens auf neue Situationen erlaubt (vgl. Hartmann u. a., 2007, S. 24). Daher liegt der Schwerpunkt des in dieser Arbeit beschriebenen Ansatzes auf dem Verstehen der Funktionsweise von Internetanwendungen. Auch wenn damit der Bezug zu konkreten Produkten gegeben ist, fordert Hubwieser, dass sich der Unterricht insbesondere sprachlich auf einem gewissen Abstraktionsniveau bewegt (vgl. Hubwieser, 2005, S. 29).

Zur Kompetenzentwicklung mit Informatiksystemen müssen verschiedene Sichten auf Informatiksysteme miteinander verknüpft werden. Stechert (2007a) unterscheidet gemäß verschiedener Eigenschaften von Systemen drei Sichten auf Informatiksysteme: das nach außen sichtbare Verhalten, die innere Struktur und Implementierungsdetails. Zum Verstehen von Informatiksystemen gehört nach seinem Ansatz, dass zumindest das nach außen sichtbare Verhalten und die innere Struktur miteinander in Verbindung gebracht werden können. Für Lehr-Lernprozesse schlagen Stechert und Schubert (2007) Experimente vor, in denen die Lernenden zunächst auf Grund der Beobachtung des sichtbaren Verhaltens Hypothesen über die zugrunde liegende innere Struktur formulieren, die sie dann systematisch prüfen. Zum Verstehen des Internets ist demzufolge notwendig, beobachtbare Phänomene mit den zugrunde liegenden informatischen Fachkonzepten zu verbinden.

Informatische Modelle eignen sich zur Beschreibung von Prozessen bei der Anwendung von Internetanwendungen. Voß (2006) beschreibt und evaluiert ein Unterrichtskonzept, in dem die Beschreibung von verschiedenen Aspekten ausgewählter Standardsoftware mit informatischen Modellen den Ausgangspunkt darstellt. Zur Beschreibung der Struktur und wichtiger Abläufe zur Erstellung von Textdokumenten bzw. Tabellen und wichtiger Funktionen von Textverarbeitungs- bzw. Tabellenkalkulationssoftware nutzt sie verschiedene Diagramme. Diese Darstellung der Strukturen und der Funktionsweise ermöglicht eine übersichtliche Beschreibung und wird der Forderung nach einem gewissen sprachlichen Abstraktionsniveau gerecht, das die Anwendung des Wissens im Kontext verschiedener Produkte unterstützen soll. Wichtige Fachkonzepte, die zum Verstehen der Funktionsweise des Internets beitragen, werden daher mit informatischen Diagrammen erarbeitet.

Für das Verstehen realer, komplexer Informatiksysteme werden methodische Ansätze benötigt, die es nicht erfordern, diese Systeme zu entwickeln. Mit geeigneten Unterrichtsmitteln können dann Informatiksysteme angemessener Komplexität im Informatikunterricht untersucht werden. Die Methode der Dekonstruktion im Informatikunterricht, der mit dem systemorientierten Ansatz begründet wird, hat mit den hohen Anforderungen an das Vorwissen der Lernenden nicht den erwarteten Erfolg gehabt. Dennoch müssen neben der Konstruktion von Informatiksystemen auch geeignete Unterrichtsmittel eingesetzt werden, die eine Analyse realer Informatiksysteme erlaubt (vgl. Magenheim, 2001, S. 1200). Es werden daher Lernsoftware und methodische Ansätze zu Internetworking benötigt, die einen angemessenen Zugang zu realen Informatiksystemen ermöglichen.

2.3.2 Unterricht zu Internetworking

Auch wenn bisher kein Gesamtkonzept zu Internetworking im Informatikunterricht vorliegt, wurden verschiedene Vorschläge für den Informatikunterricht publiziert. Untersucht wurden Beiträge zur GI-Fachtagung Informatik und Schule (INFOS), Unterrichtsbeispiele aus Lehrbüchern zur Fachdidaktik, Artikel der Zeitschrift LOG IN und studentische Abschlussarbeiten. Die Publikationen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der Beschreibung von Lernzielen, Inhalten des Unterrichts, Lernaktivitäten und Evaluation des Unterrichts. Bei Auswahl und Analyse der Publikationen ging es darum, Erkenntnisse zu geeigneten Tätigkeiten der Lernenden zu erhalten. Theoretisch begründete Ansätze sowie Erfahrungsberichte zu Internetworking im Informatikunterricht liefern einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des theoretisch begründeten Ansatzes Didaktisches System Internetworking in die Praxis.

Die Abläufe zur Rechner-Rechner-Interaktion in Rechnernetzen bleiben Anwendern in der Regel verborgen. Jonietz (2003) beschreibt daher einen Ansatz, in dem die Lernenden mit einem einfachen Werkzeug zum Aufbau einer TCP/IP-Verbindung den Datenaustausch zwischen E-Mail-Client und E-Mail-Server selbst nachbilden. Dazu nehmen die Lernenden die Rolle des E-Mail-Programms ein und senden die Befehle zum E-Mail-Abruf an einen E-Mail-Server. Damit erhalten sie die Möglichkeit, den Ablauf der Rechner-Rechner-Interaktion nachzuverfolgen (vgl. Hubwieser, 2007, S. 245ff). Hartmann u. a. (2007) und Heuer (2007) empfehlen den Einsatz eines Analysewerkzeugs für Rechnernetze, mit dem der Datenaustausch über eine Netzwerkkarte abgehört und tabellarisch dargestellt wird. Die beobachtete Interaktion kann dann mit Hilfe informatischer Diagramme dargestellt und zum Ausgangspunkt für die Erarbeitung von Fachkonzepten im Unterrichtsgespräch werden. Simulation, Beobachtung und Analyse erfordern den Einsatz spezieller Werkzeuge und erlauben damit einen Einblick in die Funktionsweise realer Informatiksysteme.

Die Komplexität realer Informatiksysteme kann eine Reduktion und Fokussierung auf ausgewählte Aspekte für Lehr-Lernprozesse erfordern. Steinkamp (1999) untersucht Anforderungen an Lernsoftware für entdeckendes Lernen. Prototypisch entwickelt er eine Lernsoftware, die es ermöglicht, TCP/IP-Verbindungen aus graphischen Komponenten aufzubauen und den Aufbau zu testen. Lernende können damit zuvor formulierte Vermutungen über die Funktionsweise der Verbindung zwischen Rechnern umsetzen und erhalten eine Rückmeldung, ob diese richtig war. Pelikan (2004) entwickelt interaktive Visualisierungen zu wichtigen Fachkonzepten zum Datenaustausch. Dabei werden diese Fachkonzepte isoliert betrachtet, z. B. Weiterleitung von Paketen durch einen Vermittlungsrechner. Zur Bearbeitung von Aufgaben ist jeweils ein klar abgegrenztes Wissen notwendig. Lernsoftware, die zielgruppengerecht unter Berücksichtigung didaktischer Anforderungen entwickelt wird, kann handlungsorientierte, individuelle Lehr-Lernprozesse unterstützen.

Die Entwicklung von Informatiksystemen veranschaulicht deren Strukturen und Funktion, wie sie im Entwicklungsprozess beschrieben werden. Tusche (1997, 1998a,b, 1999) beschreibt Aufga-

benstellungen für den Unterricht mit verschiedenen Technologien zur Programmierung von verteilten Anwendungen. Ley (1997) beschreibt Aufgabenstellungen für den Informatikunterricht zur Programmierung interaktiver Webseiten. Diese Ansätze beschränken sich auf die Anwendungsschicht und die zugrunde liegenden Fachkonzepte insbesondere das Client-Server-Prinzip und auf die Anwendungen selbst. Mit der zur Verfügung stehenden Schnittstelle der Sockets wird von tiefer liegenden Details abstrahiert. Die Entwicklung eigener Internetanwendungen ermöglicht einen Zugang zu Fachkonzepten der Anwendungsschicht, der vertiefte Vorkenntnisse zur Programmierung erfordert.

Ausgehend von typischen Internetanwendungen können konkrete Fertigkeiten für Alltagssituationen erlernt werden. Frey u. a. (2001) beschreiben ein Unterrichtsprojekt, in dem ausgewählte Phänomene, die bei den Anwendungen WWW und E-Mail auftreten, mit den zugrunde liegenden Fachkonzepten erläutert werden. Koubek (2005) zeigt anhand einer Phishing-E-Mail auf, wie das Wissen über die Funktionsweise der E-Mail-Übertragung dazu genutzt werden kann, verdächtige E-Mails auf ihre Glaubwürdigkeit hin zu prüfen (vgl. Müller, 2006). Das Verstehen der Funktionsweise von Internetanwendungen erlaubt es, konkrete Konsequenzen für typische Handlungssituationen abzuleiten.

Eine vertiefte Auseinandersetzung mit komplexen Verschlüsselungsalgorithmen erfordert als Vorwissen spezifische mathematische Grundlagen. Baumann (1996) empfiehlt, mit klassischen symmetrischen Verschlüsselungsverfahren in das Thema einzusteigen, weil daran grundlegende Prinzipien aufgezeigt werden können. Ebenso lassen sich damit Anforderungen an sichere Algorithmen wie ausreichende Schlüssellänge und gute statistische Eigenschaften beschreiben. Baumann (1999a,b) beschreibt einen Zugang zur Digitalen Signatur mit dem RSA-Algorithmus und kryptographischen Hash-Funktionen. Es gibt weitere Beispiele für Aufgabenstellungen zu Verschlüsselungsalgorithmen mit verschiedenen Kontexten (z. B. Ulbricht, 1999; Witten und Schulz, 2006). Einen solchen Zugang sieht Baumann jedoch nicht unkritisch:

„Auf jeden Fall sollte das Thema nicht auf der algorithmischen (d. h. mathematischen) oder technischen Ebene, sondern auf der System-Ebene, also der informatischen Ebene, angesiedelt werden. Das heißt: im Zentrum des Unterrichts stehen weniger die Algorithmen als die kryptographischen Protokolle und die Informatiksysteme, in denen die Protokolle realisiert werden“ (Baumann, 1996, S. 61).

Er gesteht jedoch ein, dass auch sein Zugang diesem Anspruch nicht ganz gerecht wird. Zum Thema Informationssicherheit im Internet ist es möglich, grundlegende Aspekte mit kryptographischen Protokollen und einfachen Verschlüsselungsverfahren zu untersuchen.

Inhalte, die Gegenstand der Fachwissenschaft Informatik sind, und Bezüge zu Mensch und Gesellschaft sind Teil des allgemein bildenden Informatikunterrichts. Koubek und Kurz (2007) beschreiben einen Informatikkurs, der als zusätzliches Angebot für Schüler der Sekundarstufe II durchgeführt wurde. Ziel des Unterrichts war es, neben den informatischen Grundlagen vor allem Wechselwirkungen mit Mensch und Gesellschaft aufzuzeigen.

„Ein selbstbestimmter, verantwortungsvoller und sicherer Umgang mit Informatiksystemen bedingt [...] neben technischem Sachverstand auch Kenntnisse um gesellschaftlichen Verknüpfungen und Wechselwirkungen dieser Techniken“ (Koubek und Kurz, 2007, S. 126).

Der Kurs umfasste neun Unterrichtseinheiten: Geschichte der Informatik, Geistiges Eigentum, Datenschutz, Ökologie, Kryptographie, Sicherheit, Ethik, Multimediarecht und Digitale Medien. Der Schwerpunkt lag dabei auf den gesellschaftlichen Bezügen. Die Verknüpfung von informatischen Fachkonzepten und gesellschaftlichen Kontexten wurde in der Unterrichtseinheit zur Kryptographie deutlich. In einem ersten Teil lernten die Schüler grundlegende Protokolle zum Schlüsselaustausch. Im zweiten Teil wurden die Anforderungen an sichere E-Mail-Kommunikation erarbeitet und geeignete Programme zum Austausch vertraulicher E-Mails vorgestellt und angewendet. Im dritten Teil verwendeten die Lernenden eine formale Darstellung zur Beschreibung verschiedener Protokolle. Die Autoren merken an, dass die Unterrichtseinheiten in re-

gulärem Informatikunterricht verstärkt durch informatische Grundlagen ergänzt werden müssen. Ausgangspunkt der Unterrichtsplanung ist ein für die Lernenden interessanter Kontext (vgl. Koubek und Witten, 2008, S. 16). Der Anspruch des modularen Aufbaus – die Unterrichtseinheiten sollen unabhängig voneinander bearbeitet werden können (vgl. Koubek und Kurz, 2007, S. 127) – schränkt dann die Vernetzung und Vertiefung der zugrunde liegenden informatischen Fachkonzepte in verschiedenen Kontexten ein.

Lehrbücher enthalten implizit informatikdidaktisches Wissen über die Struktur von Inhalten und explizit Vorschläge für Tätigkeiten im Lehr-Lernprozess. Es werden daher exemplarisch vier Schulbücher für den Informatikunterricht mit verschiedenen Zielgruppen untersucht. Auswahlkriterien waren der Anspruch für allgemein bildende Schulen geeignet zu sein, sich inhaltlich mit dem Thema Internetworking zu befassen und die Ausrichtung für verschiedene Altersstufen. Frey u. a. (2004) richten sich an Lernende der Sekundarstufe I. Engelmann (2004) beschreibt Inhalte für die Sekundarstufe II. In beiden Büchern steht eine anschauliche Einführung in wichtige Begriffe des Internets und typische Internetanwendungen im Vordergrund. In beiden Schulbüchern sind dementsprechend auch die Aufgaben auf die Anwendungen des Internets ausgerichtet. Engelmann (2004) geht in einem weiteren Abschnitt noch auf Grundlagen zu Rechnernetzen ein. Dort beschränkt er sich aber auf den Aufbau und physische Eigenschaften von Rechnernetzen. Die Funktionsweise des Internets wird nicht beschrieben. Auch Braun (2008) wendet sich an Lernende der Sekundarstufe II – allerdings an beruflichen Gymnasien. Er erläutert grundlegende Begriffe zu Rechnernetzen und dem Internet. Internetanwendungen werden ausschließlich aus der Sicht von Anwendern erläutert. Aufgaben zum Thema Internet und zur Informationssicherheit gibt es nicht. Hertelendi (2002) beschränkt sich in seinem Lehrbuch auf das Thema Internet. Zielgruppen sind hier zunächst Lernende in der informatischen Berufsausbildung. Er liefert eine systematische Darstellung ausgewählter Fachkonzepte zu den Schichten des Internetprotokollstapels mit einer für den Unterricht in Schulen vorgenommenen Gewichtung einzelner Bereiche. Außerdem formuliert er Anstöße zum selbstständigen Weiterarbeiten. Die umfassende Darstellung der Inhalte erfordert für den Unterricht an allgemein bildenden Schulen eine didaktisch begründete Reduzierung.

2.3.3 Kompetenzorientierter Informatikunterricht

Anforderungen an die methodische Gestaltung

Der Kompetenzbegriff wurde bisher zur Beschreibung von Bildungszielen verwendet. Mit dem Begriff der Kompetenzorientierung wird der Einfluss solcher Zielbeschreibungen auf Planung und Gestaltung von Unterricht beschrieben. Um zu konkretisieren, was darunter zu verstehen ist, müssen ausgehend vom Kompetenzbegriff besondere Merkmale des Kompetenzerwerbs untersucht werden. Damit können dann konkrete Anforderungen an die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen begründet werden.

„Die Kompetenzorientierung steht für den Anspruch, dass die Ergebnisse schulischen Lernens handlungsrelevant, praktisch anwendbar sowie persönlich und gesellschaftlich bedeutsam sein sollen. Mit anderen Worten: Die Aufmerksamkeit gilt dem anzustrebenden Können der Schüler und nicht den im Unterricht zu behandelnden Inhalten“ (Heymann, 2004, S. 8).

Heymann (2004) beschreibt hier zwei Perspektiven der Kompetenzorientierung. Zum einen stellt er die besondere Bedeutung der persönlichen Interessen der Lernenden heraus. Zum anderen muss aus der Sicht der Lehrenden das Können von Lernenden im Vordergrund stehen. Was darunter zu verstehen ist, wird deutlicher, wenn Klieme (vgl. 2004, S. 13) schreibt, dass Kompetenz die Verbindung zwischen Wissen und Können zur Bewältigung unterschiedlicher Situationen herstellt. Klieme verbindet damit die Forderung, dass dies auch bei der Gestaltung von Aufgaben berücksichtigt werden muss. Das bedeutet dann, dass die Lernaktivitäten im Unterricht so gestaltet werden müssen, dass sie die Anwendung des Wissens in Anforderungssituationen ermöglichen.

Zugleich bedeutet die besondere Aufmerksamkeit für das Können der Lernenden nicht, dass die Inhalte unwesentlich sind. Poloczek (vgl. 2007, S. 5) stellt heraus, dass weiterhin an Inhalten gelernt wird. Die Inhalte werden zum Kompetenzerwerb benötigt. Ebenso weist Klieme (2004) darauf hin, dass Erkenntnisse der Lernpsychologie aufzeigen, dass Kompetenzen bereichsspezifisch erlernt werden. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Zielen in Form von Kompetenzen und Inhalten besteht jedoch nicht. Um Kompetenzen und Inhalte in der Unterrichtsplanung miteinander zu verbinden, beschreibt Poloczek (2007) zwei Möglichkeiten. Entweder werden Kompetenzen als Ausgangspunkt zur Auswahl von Inhalten genutzt oder bei zuvor ausgewählten Inhalten wird der Unterricht so gestaltet, dass zu erreichende prozessbezogene Kompetenzen besonders gefördert werden. Die identifizierten Kompetenzen zu Internetworking weisen neben der prozessbezogenen Komponente auch einen Bezug zu einem Inhaltsbereich auf. In dieser Arbeit wird daher aufgezeigt, wie Inhalte ausgehend von Kompetenzen ausgewählt werden können.

Zur Realisierung der Kompetenzorientierung können demzufolge zwei Prinzipien der methodischen Gestaltung von Unterricht herangezogen werden. Schülerorientierung beschreibt gerade die Anforderung, den Unterricht an den Interessen der Lernenden auszurichten. Handlungsorientierung begegnet der Anforderung, dem Können bzw. der Anwendung des erworbenen Wissens besondere Aufmerksamkeit im Lehr-Lernprozess zu geben. Im Folgenden werden daher diese zwei grundlegenden Prinzipien untersucht und konkretisiert.

Handlungsorientiertes Lernen

Meyer (2005) versteht den handlungsorientierten Unterricht als einen Schritt in Richtung des schülerzentrierten Unterrichts. Er stellt diesen Ansatz als „bevorzugt“ dar, weist jedoch darauf hin, dass es falsch wäre, dieses Konzept zu verabsolutieren. Meyer beschreibt dieses Konzept folgendermaßen:

„Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer und den Schülern vereinbarten Handlungsprodukte die Organisation des Unterrichtsprozesses leiten, so daß Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können“ (Meyer, 2005, S. 214).

In der Beschreibung handlungsorientierten Unterrichts wird also betont, dass kognitive und praktische Tätigkeiten in einem ausgewogenen Verhältnis stehen (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 33ff). Schülertätigkeiten dürfen jedoch nicht Selbstzweck sein oder allein der Motivation dienen. Für den handlungsorientierten Unterricht müssen Unterrichtsmittel eingesetzt werden, die geeignete aktivierende Tätigkeiten der Lernenden unterstützen. Schubert und Schwill (2004) schlagen den Einsatz ausgewogener Lehrbücher, gegenständlicher Modelle, Geräte und Materialien für Experimente und Explorationsmodule für den Informatikunterricht vor (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 235).

Jank und Meyer (2005) liefern vier Ansätze zur theoretischen Begründung des handlungsorientierten Unterrichts. Aus entwicklungstheoretischer Sicht ist Handlungsorientierung wichtig, um formale Operationen zu bilden, die Grundlage für das Denken sind. Operationen sind dabei abstrakte Handlungen. Die Entwicklung der Fähigkeit zu kognitiven Operationen beruht dabei auf Handlungen, die allmählich verallgemeinert werden (vgl. Jank und Meyer, 2005, S. 321). Für den Informatikunterricht folgt daraus, dass Unterrichtsmittel benötigt werden, mit denen Handlungen durchgeführt werden, die später als kognitive Operationen durchgeführt werden können.

Die lerntheoretische Begründung des handlungsorientierten Unterrichts von Jank und Meyer beruht auf den von Bruner formulierten Repräsentationen. Alle drei Modi müssen demnach für komplexe mentale Repräsentationen miteinander verbunden werden. Damit begründen sie, dass sich geistige und praktische Tätigkeiten im Lehr-Lernprozess abwechseln müssen (Jank und Meyer, 2005, S. 322). Die Verbindung handlungsbezogener Erfahrungen sowie anschaulicher

und abstrahierender Darstellungen zu informatischen Sachverhalten erfolgt, indem interaktive Lernsoftware, Diagramme der Informatik und sprachliche Beschreibungen ausgewogen verwendet werden.

Die sozialisationstheoretische Begründung beruht auf der Erkenntnis, dass sich die Sozialisationsbedingungen von Kindern und Jugendlichen unter anderem dahingehend geändert haben, dass selbstbestimmte und eigenaktive Erfahrungs- und Handlungsmöglichkeiten zurück gegangen sind. Damit verbunden ist die Einsicht, dass „Erlebnisse in der Regel nicht zu Erfahrungen verdichtet werden“ (Jank und Meyer, 2005, S. 323). Daher muss im Unterricht der Raum für ganzheitliche Erfahrungen geschaffen werden.

Zuletzt führen sie die bildungstheoretische Begründung an. Bildung erfolgt durch die Auseinandersetzung mit der umgebenden Welt. Dieser Erfahrungsprozess muss von jedem persönlich aus der theoretischen, praktischen und ästhetischen Perspektive durchlaufen werden. Es ist also notwendig, dass die Lernenden im Unterricht aktiviert werden, zugleich müssen sie aber gegebenenfalls angeleitet werden, um gemachte Erfahrungen wie beispielsweise Beobachtungen auch zu reflektieren.

Schülerorientierung

Die Lernziele müssen sich an den Voraussetzungen der Lernenden orientieren. Schülerorientierung stellt jedoch keine abgrenzbare Alternative zu bildungstheoretischen, lerntheoretischen und lernzielorientierten didaktischen Ansätzen dar (vgl. Meyer, 2003, S. 216). Klafki (1985) zeigt den Bezug zu exemplarischem Lernen durch die Zielvorstellung des selbständigen Lernens auf. Zum selbständigen Lernen nennt er als Voraussetzung, dass der Lehr-Lernprozess an den Entwicklungsstand der Lernenden, an deren Interessen und an deren Sicht- und Umgangsweisen mit Sachverhalten und Problemen anknüpfen muss. Lankes (1991) nennt mehrere Aspekte der Schülerorientierung im lernzielorientierten Unterricht. Lernende müssen dort abgeholt werden, wo sie stehen. Das notwendige Vorwissen für geplante Lehr-Lernprozesse muss auf die jeweilige Zielgruppe möglichst genau abgestimmt werden. Die anvisierten Ziele müssen zudem auf einem kognitiven Niveau sein, das die Lernenden auch erreichen können.

Der Unterricht greift Alltagserfahrungen der Lernenden auf. Die Orientierung an Erfahrungen aus der Lebenswelt der Lernenden ist wichtiger Bestandteil der Schülerorientierung (Lankes, 1991). Lankes verwendet dazu eine Illustration von Aebli, der dies mit zwei parallel verlaufenden Strömen vergleicht. Der theoretische Unterricht schöpft dabei regelmäßig aus dem Strom der praktischen Erfahrungen Probleme des Alltags. Dadurch soll die Bereitschaft der Lernenden, sich mit den Unterrichtszielen auseinander zu setzen, gefördert werden.

Schülerorientierung bedeutet auch, die Lernenden soweit wie möglich in den Planungsprozess einzubeziehen. Schülerorientierter Unterricht erhebt den Anspruch, an den objektiven und subjektiven Bedürfnissen der Lernenden ausgerichtet zu sein. Der Begriff ist eng mit Handlungsorientierung im Unterricht und konstruktivistischer Didaktik verbunden. Meyer (2003) versteht dies als eine Herausforderung, Interessen und Sichtweisen der Lernenden stärker in den Unterricht mit einzubeziehen. Es geht dabei darum, der Zielvorstellung Schülerorientierung näher zu kommen. Lankes formuliert die Forderung, dass in der Planung die Perspektive der Lernenden berücksichtigt und die Lernenden, soweit es möglich ist, in die Planungsentscheidungen einbezogen werden. Dazu ist es jedoch erforderlich, dass der Lehrende mit Lehr-Lernprozessen zu dem Thema bereits vertraut ist, ebenso wie die Lernenden den Einbezug in die Planung erlernt haben müssen.

Planung kompetenzorientierten Unterrichts

Kompetenzorientierter Unterricht stellt konkrete Anforderungen an die Planung und Gestaltung von Unterricht und an die Rollen von Lehrenden und Lernenden in Lehr-Lernprozessen. Lankes u. a. (2006) illustrieren, wie kompetenzorientierter Unterricht dann aussehen kann, mit folgender Analogie:

„Stellen wir uns Bildung wie eine Landkarte vor, auf der Städte die Kompetenzen und Ziele darstellen – je größer die Stadt, umso größer das Ziel und umso wichtiger, dass man es erreicht. Dazwischen liegen viele kleine Ziele, bei denen man kürzer oder länger verweilen, die man auch mal umgehen kann, wenn die Zeit knapp ist. Die Orte verbinden Straßen unterschiedlicher Beschaffenheit. Lernen heißt sich fortbewegen. Lehren heißt, den Schülerinnen und Schülern eine Route, das Fortbewegungsmittel, die Zwischenziele vorzuschlagen und für die Reise Zeit und Material zur Verfügung zu stellen. Ein guter Lehrer hat ein differenziertes Bild dieser Landkarte, er kennt die schnellste und kürzeste Verbindung, Schleichwege, Umwege und Strecken mit besonderen Sehenswürdigkeiten. Er sieht den Schüler, die Schülerin sich in der Region bewegen, lässt Raum für Erkundungen, wenn Zeit ist, zeigt Abkürzungen, wenn es eilt, und gibt Hilfe, wenn sich jemand verlaufen hat“ (Lankes u. a., 2006, S. 12).

Daraus ergeben sich folgende Voraussetzungen für Planung und Gestaltung kompetenzorientierten Unterrichts:

- Zusammenhänge zwischen Voraussetzungen der Lernenden und Zielen des Unterrichts müssen expliziert werden, damit Lehrende und Lernende notwendiges Vorwissen zur Erreichung eines Ziels bei der Auswahl eines Lernpfads berücksichtigen können.
- Aufgaben zur Beschreibung von Lernaktivitäten mit unterschiedlichem Anforderungslevel müssen zur Verfügung stehen.
- Geeignete Lernumgebungen – insbesondere geeignete Unterrichtsmittel – werden benötigt, um auch handlungsbezogene Lernaktivitäten zu ermöglichen.
- Lernpfade müssen mit möglichen Lernaktivitäten verbunden werden, um handlungsorientierte Lehr-Lernprozesse zu unterstützen.

2.3.4 Didaktische Systeme

Einen Ansatz dazu, wie Lehrende bei der Planung und Durchführung von Unterricht unterstützt werden können, haben Brinda und Schubert (2002) mit dem Rahmenkonzept der Didaktischen Systeme beschrieben. Dieses Rahmenkonzept wendet Brinda (2004) für den Themenbereich der objektorientierten Modellierung für die Sekundarstufe II erfolgreich an. Das Didaktische System umfasst dabei eine Beschreibung von drei Komponenten, die bei Planung, Durchführung und Analyse von Informatikunterricht genutzt werden können. Brinda (2004) beschreibt sein Vorgehen, um einen Ansatz für die Entwicklung weiterer Didaktischer Systeme zu anderen Bereichen der informatischen Bildung zu liefern.

Die erste Komponente wird zur Beschreibung der Inhaltsstruktur aus fachdidaktischer Perspektive genutzt. In den so genannten Wissensstrukturen werden Vorwissenrelationen graphisch dargestellt. Das dient Lehrenden bei der mittelfristigen Planung von Unterricht, stellt Lehrenden und Lernenden eine Möglichkeit der Veranschaulichung des aktuellen Lernstands zur Verfügung und unterstützt die fachdidaktische Diskussion und die Vergleichbarkeit von Bildungsprozessen. Dazu stellen Wissensstrukturen die Lerneinheiten (elementare oder komplexe Fachinhalte) in Relation zueinander. Lerneinheiten können notwendiges Vorwissen sein, das zum Verständnis unter Umständen komplexerer Lerneinheiten notwendig ist. Es kann aber auch sein, dass eine Lerneinheit weitergehenden Lerneinheiten zugute kommt. Brinda (2004) schlägt vor, die Lerneinheiten in einem Und-Oder-Graph darzustellen. Durch eine solche Darstellung ist im Allgemeinen nicht eine bestimmte Reihenfolge vorgegeben sondern zumeist eine Anzahl von Möglichkeiten

zur Gestaltung des Lehr-Lernprozesses gegeben. Dennoch werden Abhängigkeiten sichtbar. Damit wurde in Lehrbüchern implizit vorhandenes fachdidaktisches Wissen expliziert und auf die Anwendbarkeit in der Sekundarstufe II untersucht. Eine Strukturierung des Themenbereichs Internetworking ist für die Planung und Gestaltung von Lehr-Lernprozessen ebenso nötig. Die Erkenntnisse aus der Untersuchung von Bildungsempfehlungen deuten jedoch darauf hin, dass die durch die Informatik üblicherweise genutzte Strukturierung durch das Internetschichtenmodell für den Unterricht in allgemein bildenden Schulen nicht geeignet ist. Für die Übertragung der Wissensstrukturen auf den Themenbereich Internetworking muss daher die theoretische Fundierung verfeinert werden.

Als zweite Komponente wurden Aufgabenklassen beschrieben und strukturiert. Die Aufgabenklassen werden zur Unterstützung von Lehrenden bei der Gestaltung von Unterrichtsmitteln verwendet. Durch die Bearbeitung verschiedener Aufgaben einer Aufgabenklasse sollen Lernende durch Abstrahieren von Details einer Aufgabe und Übertragung des Lösungswegs auf andere Aufgaben Transfer erlernen. Im Bereich der objektorientierten Modellierung wurden dazu Aufgaben aus Lehrbüchern untersucht. Die Aufgaben wurden nach den informatischen Inhalten in eine fachwissenschaftlich begründete hierarchische Klassenstruktur geordnet. Brinda (2004) weist Aufgabenklassen Lerneinheiten bzw. Fachkonzepten in den Wissensstrukturen zu. Auch durch die Strukturierung der Aufgabenklassen wird eine inhaltliche Strukturierung vorgenommen, die aber aus Anforderungen für die Auswahl von Aufgaben für Lehr-Lernprozesse entwickelt wurde. Zum Themenbereich Internetworking mussten viele Aufgaben erst entwickelt werden, bevor sie zu Aufgabenklassen zusammen gefasst werden konnten. Das Vorgehen zur Beschreibung der Strukturierungsmerkmale von Aufgabenklassen zur objektorientierten Modellierung beruhte aber gerade auf der als repräsentativ angenommenen Aufgabensammlung. Das ist Voraussetzung für das von Brinda gewählte Bottom-up-Vorgehen. Zu Internetworking muss daher ein synthetisierendes Top-down-Vorgehen für die Entwicklung der Strukturierung von Aufgabenklassen gewählt werden.

Zur Unterstützung des entdeckenden Lernens werden Explorationsmodule als dritte Komponente des Didaktischen Systems vorgeschlagen. Sie ermöglichen den Lernenden die Betrachtung eines Untersuchungsgegenstands aus mehreren Perspektiven. Dazu werden verschiedene untereinander synchronisierte Sichten auf ein modelliertes System zur Verfügung gestellt. Die Lernenden haben die Möglichkeit, den aktuellen Zustand zu verändern und gleichzeitig die Auswirkungen in den anderen Sichten zu beobachten. Explorationsmodule stellen somit eine besondere Form der Unterrichtsmittel dar. Erkenntnisse zum entdeckenden Lernen wurden für die Gestaltung von Unterrichtsmitteln für den allgemein bildenden Informatikunterricht nutzbar gemacht. Das auf den Erkenntnissen aufbauende Sichtenkonzept muss auf die Übertragbarkeit auf einen anderen Themenbereich untersucht werden. Die Einbettung des Entwicklungsprozesses in das Forschungsprojekt ermöglicht das Einbeziehen von Erkenntnissen aus dem Unterricht zur Gestaltung der Unterrichtsmittel. Es muss daher die Frage beantwortet werden, wie Erkenntnisse aus dem Unterricht in die Entwicklung von Lernsoftware einbezogen werden können. Eine besondere Schwierigkeit stellt die Komplexität der zu untersuchenden Gegenstände dar, die mit Internetworking verbunden ist. Die Auswahl von real existierenden Informatiksystemen und den dahinter liegenden Fachkonzepten ist mit neuen Anforderungen für die Entwicklung von Lernsoftware zur Unterstützung entdeckenden Lernens verbunden. Während zur objektorientierten Modellierung gerade solche Bezüge zu Alltagserfahrungen der Lernenden gewählt werden können, die zu einer angemessenen Komplexität des informatischen Modells führen, haben die Lernenden zu Internetworking bereits Vorkenntnisse durch die Anwendung von Benutzungsschnittstellen komplexer, in realen Kontexten eingesetzter, Informatiksysteme. Aufgabe ist es daher, von diesen Alltagserfahrungen ausgehend angemessene Sichten auf das Internet und die zugrunde liegenden Fachkonzepte zu bestimmen.

2.3.5 Fazit

Die Durchführung von Lehr-Lernprozessen zu Internetworking erfordert angemessene Unterrichtsmittel, die die methodische Gestaltung bereichern. Insbesondere handlungsbezogene Aktivitäten müssen im Informatikunterricht unterstützt werden, um den Lernenden einen angemessenen Zugang für abstrakte Inhalte zu ermöglichen. Neben bereits beschriebenen spezifischen Nachteilen von Programmierung, Beobachtung mit Werkzeugen und der Nachbildung einfacher Internetumgebungen, sind damit jeweils Schwierigkeiten durch die Komplexität dieser in der Praxis eingesetzten Informatiksysteme verbunden. Die Einordnung möglicher Tätigkeiten im Unterricht erfordert auch eine Einordnung von Aufgaben in eine übergreifende Struktur. Vorhandene Aufgaben zu Internetworking, wie sie in den Schulbüchern vorhanden sind, reichen nicht aus. Aufgabenklassen sollen zudem dazu beitragen, dass die Lernenden ihr Wissen in verschiedenen Zusammenhängen einsetzen können. Für Lernende ohne fundiertes Vorwissen in der Programmierung wird zur Unterstützung der Handlungsorientierung im Unterricht Lernsoftware für entdeckendes Lernen benötigt, die didaktisch begründete Anforderungen erfüllt. Insbesondere zur Übung und zur Leistungskontrolle werden Aufgaben unterschiedlichen Anforderungsniveaus benötigt.

Publizierte Beispiele zu Internetworking im Unterricht beziehen sich auf einzelne Ausschnitte des Themenbereichs. Die Auswahl geeigneter Schwerpunkte wird erst dann möglich, wenn Zusammenhänge zwischen Inhalten aufgezeigt werden. Darauf aufbauend können diese in Aufgaben miteinander verknüpft werden. Geeignete Tätigkeiten für den Unterricht müssen bekannt sein und dann in der Planungsphase angepasst werden. Mit dem Didaktischen System Internetworking werden Zusammenhänge zwischen Teilbereichen zu Internetworking aufgezeigt und zu einem übergreifenden Konzept zusammen gefasst.

Mit Anforderungen an die Umsetzung der Kompetenzorientierung wurde die Berücksichtigung von Handlungs- und Schülerorientierung im Unterricht begründet. Die Anforderungen an Unterrichtsplanung, die aus den Rollen von Lehrenden und Lernenden resultieren, werden durch die Komponenten des Didaktischen Systems unterstützt. Das Rahmenkonzept der Didaktischen Systeme stellt einen Ansatz zur Beschreibung fachdidaktischen Wissens zu einem Themenbereich dar und liefert somit eine theoretische Grundlage für den Unterricht. Solches Wissen berücksichtigt insbesondere auch Erkenntnisse zum Verstehen von Informatiksystemen im Allgemeinen und konkrete Erfahrungen zu Internetworking im Unterricht. So werden durch erfolgreiche methodische Ansätze mögliche Lehr-Lernprozesse aufgezeigt. Beziehungen zwischen Inhalten des Unterrichts werden aufgedeckt und Zugänge beschrieben. Durch eine formalisierte Darstellung werden zugleich auch Stellen sichtbar, an denen es an fundierten Kenntnissen fehlt. Durch eine übersichtliche Beschreibung können Lehrende Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze vergleichen und gegebenenfalls neue Varianten entwickeln. Die Analyse eines Themenbereichs wird unterstützt. Die praktische Umsetzung im Unterricht erfordert darüber hinaus zielgruppenspezifische Entscheidungen auf der Grundlage des Didaktischen Systems.

2.4 Zusammenfassung und Forschungsfragen

In diesem Kapitel wurde Internetworking in Beziehung zu Anforderungen an allgemein bildenden Informatikunterricht untersucht. Die Erkenntnisse lassen sich anhand des Beitrags der Informatik zur Allgemeinbildung zusammenfassen. Schubert und Schwill (2004, S. 25f) beziehen sich auf Volker Claus, wenn sie drei Fragen formulieren, die zu Argumenten für ein Schulfach Informatik führen. Die erste Frage bezieht sich auf die Bedeutung der Informatik für künftige Generationen. Sie kommen zu der Antwort, dass Lernende auf Bewertung und Folgeabschätzung des Einsatzes von Informatiksystemen vorbereitet werden müssen. Informatiksysteme müssen für Bürger handhabbar sein. Eine weitere Frage stellt den Bezug zur Entwicklung der Menschheit her. Der

zielgerichtete Einsatz von Informatiksystemen erlaubt die Unterstützung von Arbeitsprozessen, indem der Mensch von geistigen Routinetätigkeiten entlastet wird. Im Abschnitt zum Verhältnis zwischen informatischer Bildung und Medienerziehung wurden aus beiden Antworten resultierende Anforderungen an den Informatikunterricht beschrieben. Im Abschnitt zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen wurden konkrete Umsetzungsvorschläge für den Unterricht aufgezeigt. Die letzte Frage zur Begründung des Informatikunterrichts zielt darauf, welche Bedeutung die Informatik für andere Wissenschaften hat. Der Informatikunterricht kann grundlegende Fähigkeiten und insbesondere Methoden zum Problemlösen fördern. Diese sind im Fach verwurzelt, werden aber auch in anderen Fächern angewendet. Im Abschnitt zu Ansätzen für den Informatikunterricht wurden Voraussetzungen und Kriterien für solchen Unterricht diskutiert. Der Ansatz der fundamentalen Ideen und der informationszentrierte Ansatz zeigen auf, welche Inhalte im Unterricht betrachtet werden. Der systemorientierte Ansatz betont die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtungsweise von Informatiksystemen unter Einbezug der Wechselwirkungen mit Mensch und Gesellschaft. Informatikunterricht zu Internetworking in allgemein bildenden Schulen muss sich an diesem Anspruch orientieren.

Anschließend wurden Anforderungen, die durch den Begriff der Medienerziehung von außen an das Fach Informatik heran getragen werden, im Hinblick auf konkrete Konzeptionen für die informatische Bildung betrachtet. Dazu wurde zunächst der Kompetenzbegriff erläutert und daraus Anforderungen an die Beschreibung der Bildungsziele abgeleitet. Die Analyse der besonderen Bedeutung des Themenbereichs Internetworking für die Medienerziehung wurde durch die neuen Anforderungen, die mit der Nutzung von Informatiksystemen verbunden sind, beschrieben. Anforderungssituationen wurden mit Bezug zu Internetanwendungen und Informationssicherheit untersucht. Die Analyse von Lehrbüchern zu Internetworking ermöglichte die Auswahl wichtiger Fachkonzepte. Die Untersuchung der Bildungsempfehlungen hinsichtlich der Inhalte zu Internetworking zeigte auf, welchen Beitrag der Informatikunterricht leisten kann. Die Anforderungssituationen konnten schließlich anhand des Kompetenzbegriffs beschrieben und mit den Inhalten verknüpft werden. Die Kompetenzorientierung des Unterrichts macht in einem besonderen Maß die Ausrichtung von Lehr-Lernprozessen an und die Verbindung mit Alltagssituationen der Lernenden erforderlich. Damit werden Bildungsziele des Informatikunterrichts beschrieben.

Schließlich wurden Ansätze der Fachdidaktik und der Erziehungswissenschaft, die Erkenntnisse zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen zum Kompetenzerwerb beschreiben, diskutiert. Wissenschaftlich begründete Ansätze für Unterricht zum Verstehen von Informatiksystemen zeigen Möglichkeiten der methodischen und inhaltlichen Gestaltung von Lehr-Lernprozessen auf. Verschiedene Beispiele für den Informatikunterricht zu Teilbereichen von Internetworking beschreiben mögliche Zugänge zu den Inhalten. Die damit verbundenen Schüleraktivitäten erfordern zum Teil umfangreiche Vorkenntnisse der Lernenden. Das Konzept der Didaktischen Systeme beschreibt einen Ansatz zur Entwicklung von Hilfsmitteln, die zur Planung, Durchführung und Analyse von Lehr-Lernprozessen eingesetzt werden können.

Aus der fachdidaktischen Ausgangslage und den Anforderungen, die mit den Bildungszielen verbunden sind, ergeben sich zwei Forschungsschwerpunkte mit einer theoretischen und einer praxisbezogenen Fragestellung. Konkret werden in dieser Arbeit die folgenden Forschungsfragen bearbeitet:

1. Wie kann aus dem Bildungspotential der Informatik im Bereich Internetworking ein theoretisch fundiertes Unterrichtsmodell, das der Autor Didaktisches System Internetworking nennt, gestaltet werden?
2. Wie kann das theoretisch begründete Didaktische System Internetworking in der Bildungspraxis implementiert werden?

3 Didaktisches System Internetworking

In diesem Kapitel wird ein Unterrichtsmodell zum Kompetenzerwerb bezogen auf Anforderungen, die aus der Verwendung internetbasierter Informatiksysteme resultieren, begründet. Dazu ist es erforderlich, das Rahmenkonzept Didaktisches System hinsichtlich der Übertragbarkeit auf Internetworking kritisch zu diskutieren. Es hat sich im praktischen Einsatz gezeigt, dass Anpassungen des Ansatzes erforderlich sind. Das Unterrichtsmodell zu Internetworking wird entwickelt, indem der Ansatz der Didaktischen Systeme diskutiert, verfeinert und übertragen wird.

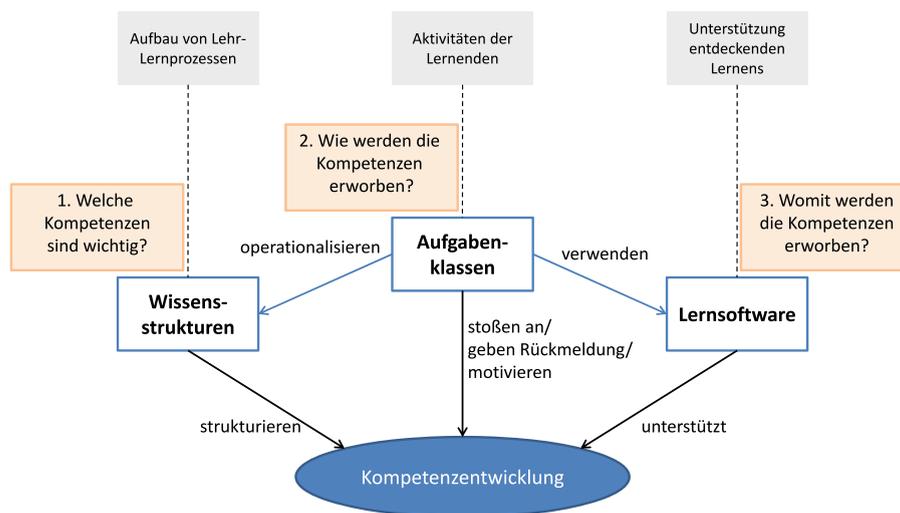


Abbildung 3.1: Verwendung der Komponenten des Didaktischen Systems zur Unterstützung der Kompetenzentwicklung

In Abbildung 3.1 wird dargestellt, welchen Beitrag die Komponenten des Didaktischen Systems zu Anforderungen an Lehr-Lernprozesse zur Kompetenzentwicklung leisten. Zusammenhänge zwischen den Zielen und Strukturierung der Lehr-Lernprozesse werden durch Wissensstrukturen beschrieben. Dabei werden auch die kognitiven Voraussetzungen der Lernenden mit einbezogen. Die Komponente Aufgabenklassen stellt die Grundlage für die Gestaltung von Aufgaben unterschiedlichen Anforderungsniveaus zur Verfügung und wird zur Beschreibung von Lernaktivitäten genutzt. Zur Realisierung handlungsbezogener Lernaktivitäten sind besondere Unterrichtsmittel notwendig. Dazu bietet sich im Informatikunterricht an, Informatiksysteme nicht nur als Inhalt, sondern auch als Unterrichtsmittel einzusetzen. Der Verbund der Komponenten des Didaktischen Systems kann damit die Realisierung kompetenzorientierten Unterrichts unterstützen.

3.1 Wissensstrukturen: Aufbau von Lehr-Lernprozessen

Wissensstrukturen explizieren informatikdidaktisches Wissen über Fachwissen der Informatik. Daher wird im Folgenden auch von fachdidaktischem Metawissen gesprochen. Die Wissensstrukturen sollen dabei drei Funktionen erfüllen (vgl. Brinda, 2004, S. 180):

1. Orientierungsfunktion: Wissen wird in einen größeren Zusammenhang gestellt. Lernende werden dadurch insbesondere in Phasen der Reflexion und Lernende und Lehrende bei der systematischen Bestandsaufnahme des Lernfortschritts unterstützt. Lehrende können erwartete und erreichte Lernerfolge vergleichen.
2. Organisationsfunktion: Mögliche nächste Schritte im Lehr-Lernprozess werden dargestellt. Lehrende können dies zur flexiblen Unterrichtsplanung nutzen. Bekannte Voraussetzungen im Hinblick auf das Vorwissen der Lernenden werden berücksichtigt und unvorhergesehene Schwierigkeiten führen zur Verfeinerung der Wissensstruktur. Lernende können Wissensstrukturen für selbstständiges Lernen verwenden.
3. Diskussionsfunktion: Didaktische Entscheidungen, die zu konkreten Lehr-Lernprozessen führen, werden sichtbar gemacht und damit für die Diskussion zugänglich. Durch eine geeignete Darstellung können Unterschiede und Gemeinsamkeiten verschiedener Zugänge erkennbar gemacht werden.

Dazu erfolgt eine Darstellung als Graph mit Knoten, die Wissens Elemente¹ repräsentieren, und mit Kanten zur Repräsentation von Beziehungen zwischen den Wissens Elementen. Unter Wissens Elementen sind beispielsweise Fachkonzepte oder Fachmethoden zu verstehen. In den folgenden Abschnitten wird dies diskutiert und konkretisiert.

Abzugrenzen sind die Wissensstrukturen von Graphen zur Repräsentation von kognitiven Strukturen. Edelmann (2000) unterscheidet zwei Formen mentaler Repräsentationen. Ereignisnetzwerke oder auch propositionale Netzwerke werden zur Repräsentation von umfangreicheren Episoden, die aus Propositionen als kleinste Wissens Elemente zusammengesetzt werden, genutzt. Begriffsnetzwerke beschreiben eine hierarchische Struktur von Begriffen. Relationen stellen das Verhältnis zwischen Unter- und Oberbegriffen dar. Den Begriffen werden Attribute zugeordnet, die von Oberbegriffen an Unterbegriffe vererbt werden. Wesentlicher Unterschied ist, dass hiermit kognitive Strukturen als tatsächlicher oder Zielzustand beschrieben werden, während Wissensstrukturen zur Beschreibung des Wissenserwerbs Verwendung finden.

Ebenso sind Wissensstrukturen von einer Strukturierung zu unterscheiden, die allein auf einer Fachsystematik beruht. Fachwissenschaftliche Strukturen werden aber dazu verwendet, Zusammenhänge zwischen Wissens Elementen aufzudecken, die bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen berücksichtigt werden müssen, um das Verstehen der Lernenden zu ermöglichen. Dies darf jedoch nicht im Sinne der Abbilddidaktik zu einer Strukturierung von Lehr-Lernprozessen nach der Struktur der Fachwissenschaft führen. Ein Beispiel für eine fachsystematische Strukturierung zu Internetworking ist das Schichtenmodell. Als Konsequenz würden Fachkonzepte ausgehend von dem Dienstmodell einer Schicht systematisch erarbeitet. Eine solche Strukturierung würde insbesondere bei den anwendungsfernen Schichten nicht berücksichtigen, welche Konsequenzen daraus für das Handeln im Alltag resultieren. Vielmehr sind Kompetenzorientierung und Erkenntnisse der Lernforschung wichtige Grundlagen zur Beschreibung von Erarbeitungsstrukturen. Fachwissenschaftliche Erkenntnisse zur Strukturierung und zu Zusammenhängen zwischen Fachkonzepten werden durch Wissensstrukturen berücksichtigt, müssen aber mit fachdidaktischen Kriterien bewertet werden.

3.1.1 Anforderungen an die graphische Darstellung

Aus den drei Funktionen von Wissensstrukturen ergeben sich konkrete inhaltliche Anforderungen für die Konstruktion und für die Darstellung von Wissensstrukturen: Sie können zur Beschreibung notwendigen Vorwissens und der Reihenfolge von Fachkonzepten in Lehr-Lernprozessen genutzt werden. Sie bieten die Möglichkeit, als Grundlage für eine Bestimmung des Lernstands verwendet zu werden. Und sie ermöglichen den Vergleich von Varianten der Lehr-Lernprozesse.

¹Der Begriff Wissens Element wird mit Bezug auf Edelmann (2000) verwendet, um sprachliche Sätze von abstrakten Wissens Elementen zu unterscheiden (vgl. Edelmann, 2000, S. 147)

Die Darstellung von Reihenfolgen der Wissens Elemente in Lehr-Lernprozessen erfordert, dass die Vorerfahrungen von Lernenden berücksichtigt werden. Zu erlernende Wissens Elemente müssen für sinnvolles Lernen (Edelmann, 2000) auf bereits vorhandenes Wissen bezogen werden. Außerdem ist die Erarbeitungsreihenfolge auch davon abhängig, ob geeignete Lernaktivitäten existieren. Damit verbunden ist die Frage nach geeigneten Aufgabenklassen und Unterrichtsmitteln z. B. Lernsoftware. Für die Bestimmung des Lernstands muss dieser durch konkrete Lernziele spezifiziert als Zustand darstellbar sein. Der Vergleich von Varianten der Lehr-Lernprozesse erfordert die Möglichkeit der Abstraktion von spezifischen Details, um die Darstellung übersichtlich und damit vergleichbar zu gestalten. In Abhängigkeit von einer fachdidaktischen Fragestellung wird die Struktur der Wissens Elemente anhand unterschiedlich detaillierter Darstellungen diskutiert. So kann ein sachlogischer Zusammenhang allein aufgrund der Relationen zwischen Fachkonzepten diskutiert werden (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 137), wohingegen zielgruppenspezifische Zusammenhänge erst unter Einbezug der Lernziele untersucht werden können. Andererseits erfordert ein Vergleich verschiedener Wissensstrukturen, dass die Darstellung nachvollziehbar ist. Dazu müssen die Wissens Elemente verfeinert und die Relationen begründet werden.

Ausgehend von den zuvor diskutierten Funktionen der Wissensstrukturen können Anforderungen an die Darstellungsform begründet werden. Mit Bezug auf Brinda (2004, S. 181f) werden diese wie folgt beschrieben:

- *Ausdrucksstärke* ist die Voraussetzung dafür, dass Lehrende und Lernende sich anhand der Wissensstrukturen im Lehr-Lernprozess orientieren können. Das bedeutet in der Konsequenz insbesondere, dass mit der Darstellungsform die inhaltlichen Anforderungen ausgedrückt werden können. Dazu gehört auch, dass die Darstellungsform Erarbeitungs- und Vorwissensbeziehungen abbilden muss.
- *Übersichtlichkeit* beschreibt den Anspruch, dass der Grad der Detaillierung bzw. der Abstraktion angemessen ist. Brinda empfiehlt, dazu möglichst wenige Darstellungsmittel zu verwenden: Knoten und Kanten.
- *Nachvollziehbarkeit* beschreibt das Ziel, eine leicht verständliche Darstellung zu benutzen. Brinda empfiehlt, dass eine standardisierte Darstellungsform verwendet wird, um einen intuitiven Zugang zu ermöglichen und existierende Werkzeuge zur digitalen Bearbeitung, Speicherung und Weitergabe verwenden zu können. Diese Anforderung wird in dieser Arbeit so weit abgeschwächt, dass die Nachvollziehbarkeit erhalten bleibt, aber die Forderung nach einsetzbaren Werkzeugen nicht aufrecht erhalten wird, weil damit eine möglicherweise unnötige Einschränkung vorgenommen wird.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden Wissensstrukturen zunächst im Bereich Internetworking zur Planung von Unterrichtsprojekten und in der Lehrerbildung angewendet. Implizit vorhandenes fachdidaktisches Metawissen in Lehrbüchern der Fachwissenschaft und fachdidaktische Erkenntnisse zu Rechnernetzen im Informatikunterricht wurden in einem ersten Ansatz nutzbar gemacht. Für den Einsatz zur Planung der Unterrichtsprojekte musste ein Vorgehen zur Verwendung der Wissensstrukturen für die Organisation von Lehr-Lernprozessen entwickelt und begründet werden (Freischlad, 2008c). Neuere Ansätze der Didaktik der Informatik konnten dazu einbezogen werden. Außerdem wurden Erkenntnisse der Erziehungswissenschaft zur Planung von Lehr-Lernprozessen berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.1.3). Im Rahmen des Einsatzes von Wissensstrukturen zu Internetworking wurde deutlich, dass die Darstellung zur Kommunikation über Lehr-Lernprozesse zu Internetworking unzureichend ist. Schwächen wurden hinsichtlich der Ausdrucksstärke erkannt, weil Studierende zu verschiedenen Erklärungen einer Darstellung kamen. Es wurde deutlich, dass sowohl die abgebildeten Wissens Elemente, wie auch die Beziehungen zwischen Wissens Elementen, differenzierter dargestellt werden müssen. Eine Folge der unzureichenden Ausdrucksstärke war, dass auch die Nachvollziehbarkeit nicht nachgewiesen werden konnte. Daher wurden Erkenntnisse der Lernforschung zum Wissenserwerb auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht (siehe Abschnitt 3.1.2). Durch den Bezug zur Fachwissenschaft konnten diese erfolgreich für den Themenbereich Internetworking konkretisiert werden. Für den Einsatz

von Wissensstrukturen zur Planung, Durchführung und Analyse von Unterrichtsprojekten zu Internetworking mussten folgende Fragen untersucht werden:

1. Welche Beziehungen zwischen Wissenselementen können zur Planung, Durchführung und Analyse von Lehr-Lernprozessen nutzbar gemacht werden?
2. Wie können die Wissenselemente, deren Beziehungen untereinander aufgedeckt werden sollen, geeignet beschrieben werden?
3. Wie verhalten sich die Wissensstrukturen zu Abläufen in der Unterrichtspraxis?

Der Transfer des Ansatzes auf den Bereich Internetworking erforderte daher, die theoretische Fundierung zu erweitern.

3.1.2 Beziehungen zwischen Wissenselementen als mögliche Lernschritte

Zielgruppenspezifische Erarbeitungsstrukturen

Lehrbücher der Informatik zu Internetworking weisen eine Strukturierung auf, die an fachsystematischen Kriterien orientiert ist. Brinda (2004) nutzt dieses Wissen, indem er mehrere Lehrbücher analysiert und verschiedene Abfolgen von Fachkonzepten vergleicht. Er zeigt damit auf, dass es unterschiedliche mehrschrittige Lernpfade gibt, um die gleichen Fachkonzepte zu erarbeiten. Jede Variante nutzt bisher erlerntes Wissen, um daran anzuknüpfen. Um verschiedene Varianten im Hinblick auf mögliche Erarbeitungsstrukturen zu bewerten, ist es notwendig, die Vorwissensbeziehungen differenzierter zu untersuchen. Erkenntnisse der Lerntheorie werden im Folgenden genutzt, um Beziehungen zwischen Fachkonzepten zu analysieren und zu diskutieren.

Eine Grundlage zur Untersuchung der fachwissenschaftlichen Strukturierung liefert der Ansatz von Ausubel, in dem Beziehungen zwischen Wissenselementen untersucht werden. Diese Struktur muss nach Ausubel aufgedeckt werden, um „sinnvolles Lernen“ zu ermöglichen. Sinnvolles Lernen erfordert neben inhaltlichem Lernen in Abgrenzung zum Lernen verbaler Ketten die Bezugnahme auf verfügbares Wissen:

„Erst ein solcher Ankergrund schafft die Voraussetzung für die Verankerung des neuen Lernstoffes in der Wissensstruktur [im Sinne von kognitiven Strukturen, SF]. Fehlen solche Ideen, dann ist die Herstellung zufallsfreier Beziehungen nicht möglich“ (Edelmann, 2000, S. 136).

Ausubel unterscheidet drei Grundformen dieser zufallsfreien Beziehungen (vgl. Edelmann, 2000, S. 136f). Untergeordnete Beziehungen treten auf, wenn neuer Lernstoff spezielleres Wissen zu vorhandenem allgemeinerem Wissen ist. Bei dieser sogenannten Subsumtion (S) werden wiederum zwei Formen unterschieden. Derivative Subsumtion bedeutet, dass ein spezifisches Beispiel für einen bereits etablierten Begriff Lehrstoff ist oder ein bekannter Lehrsatz veranschaulicht bzw. bekräftigt wird. Korrelative Subsumtion bedeutet dagegen, dass beim Lernen eine Erweiterung, Ausarbeitung, Modifizierung oder Einschränkung vorgenommen wird. Eine solche Subsumtion ist zum Beispiel dann gegeben, wenn ausgehend vom Begriff Protokoll die E-Mail-Protokolle untersucht werden, indem der Ablauf des Servers durch ein Zustandsdiagramm beschrieben wird. Die zweite Grundform einer zufallsfreien Beziehung ist übergeordnetes Lernen (Ü). Das neue Lernmaterial ist von höherem Allgemeingrad. Es wird also bestehendes Wissen durch das neue Wissen zusammengefasst bzw. dessen Gültigkeitsbereich erweitert. Die dritte Grundform ist kombinatorisches Lernen (K). Hier werden Beziehungen zu mehreren früher gelernten Ideen miteinander verbunden.

Eine Darstellung der Wissensstrukturen, die durch die Verbindung der durch die Fachwissenschaft beschriebenen Wissenselemente entsteht, genügt nicht den Anforderungen der Übersichtlichkeit. In Abbildung 3.2 werden Relationen zwischen Wissenselementen des Bereichs Internetworking dargestellt. Aufgeführt sind für den Lehr-Lernprozess ausgewählte Wissenselemente. Eine Unterscheidung zwischen notwendigem und hilfreichem Vorwissen kann nicht dargestellt werden.

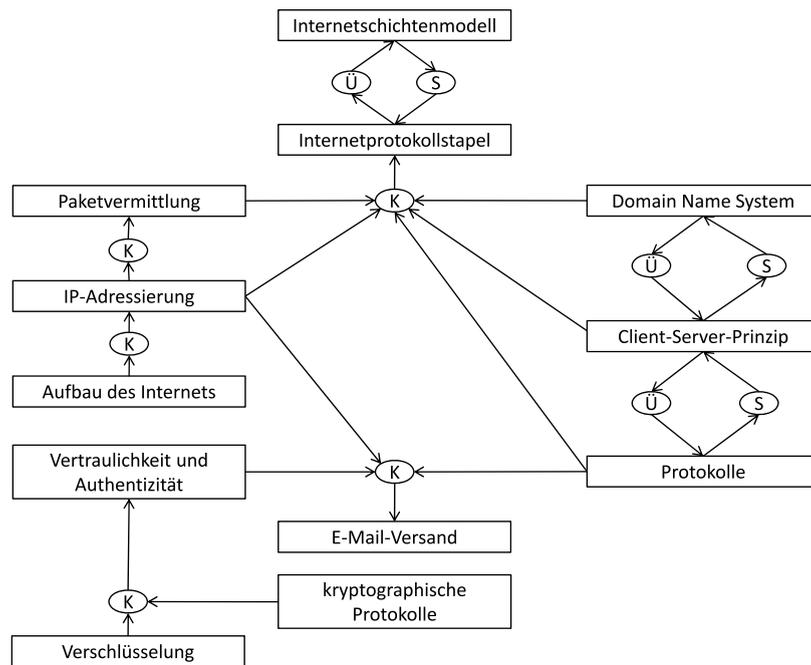


Abbildung 3.2: Vorwissen in Lehr-Lernprozessen mit untergeordneten (S), übergeordneten (Ü) und kombinatorischen (K) Beziehungen

Ein Beispiel dafür ist der Knoten *Vertraulichkeit und Authentizität*. Sowohl *Verschlüsselung*, wie auch *kryptographische Protokolle* sind Teile, die zum Verstehen beitragen. Kryptographische Protokolle sind jedoch nicht notwendig, um Vertraulichkeit und Authentizität zu verstehen. Durch eine Reihe weiterer in der Abbildung dargestellter kombinatorischer Beziehungen wird deutlich, dass dort weitere Wissens Elemente ergänzt werden müssten, um eine vollständige Wissensstruktur zu beschreiben. Eine weitere Schwierigkeit ist damit verbunden, dass Wissens Elemente auf verschiedenen Abstraktionsstufen beschrieben werden können. So ist der *Internetprotokollstapel* ein konkreteres Wissens Element zum *Internetschichtenmodell*. Die Frage, auf welcher Abstraktionsstufe Fachkonzepte dargestellt werden, wird so auch noch nicht beantwortet. Desweiteren enthält der dargestellte Graph Zyklen. Auch die Frage danach, wie damit im Lehr-Lernprozess umgegangen werden kann, wird mit dieser Darstellung nicht deutlich. Wegen der geschilderten Schwierigkeiten ist eine solche Darstellung zunächst noch ungeeignet als Grundlage zur Planung eines Unterrichtsprojekts. Vorwissensbeziehungen können also nicht generell zwingende Sequenzen in Lehr-Lernprozessen beschreiben, weil aus diesem Graph keine Reihenfolge gebildet werden kann, in der alle Voraussetzungsrelationen berücksichtigt werden.

Es wird also zunächst eine Möglichkeit benötigt, um die Zyklen aufzulösen. Einen Ansatz dazu bietet die Intuition, die in Lehr-Lernprozessen eine wichtige Rolle einnimmt. Voraussetzung für Intuition ist eine gewisse Vertrautheit mit dem Wissensbereich. Ein wichtiges Merkmal der Intuition ist der averbale Charakter. Auch wenn eine Schlussfolgerung, die auf Intuition beruht, oft offensichtlich ist, erfordert der averbale Charakter eine spätere analytische Überprüfung (vgl. Edelmann, 2000, S. 143). Die intuitive Verwendung von Fachkonzepten im Unterricht ist dann möglich, wenn eine gewisse Vertrautheit der Lernenden mit dem Wissensbereich vorhanden ist. Brinda schreibt dazu, dass

„es ganz typisch für schulische Bildungsprozesse ist, dass Fachkonzepte nicht immer von vornherein in ihrer vollen Komplexität im Unterricht eingeführt oder erarbeitet, sondern z. B. zunächst intuitiv verwendet, dann in einer einfachen Fassung eingeführt und später schrittweise im Lehr-Lern-Prozess ausgebaut werden“ (Brinda, 2004, S. 186).

Zyklen, die durch die enge Verknüpfung von Fachkonzepten auftreten, können damit aufgelöst werden. Ebenso kann mit intuitivem Lernen auch aufgezeigt werden, dass in kombinatorischen Vorwissensbeziehungen nicht alle Wissens Elemente im Lehr-Lernprozess vorab systematisch erarbeitet werden müssen. Die Entscheidung darüber, welche Wissens Elemente zunächst nur intuitiv im Lehr-Lernprozess verwendet werden, führt zu unterschiedlichen Abfolgen und damit zu unterschiedlichen Wissensstrukturen. Beziehungen in Wissensstrukturen als Beschreibung von Erarbeitungsstrukturen weisen also ein subjektives Element auf. Um systematisch implizit in Lehrbüchern vorhandenes fachdidaktisches Wissen über erfolgreiche Lehr-Lernprozesse nutzbar zu machen, müssen Subsumtionen, übergeordnete und kombinatorische Beziehungen aufgedeckt werden.

Konkretisierung von Vorwissensbeziehungen

Wie bereits mit Bezug zum fachdidaktischen Ansatz der fundamentalen Ideen der Informatik diskutiert, können verschiedene Ebenen der Abstraktion zu Inhalten unterschieden werden: fundamentale Ideen, abstrakte Fachkonzepte und konkrete Produkte der Informatik (siehe Abschnitt 2.1). Das ändert nichts daran, dass der Unterricht an grundlegenden und daher übertragbaren Prinzipien der Fachwissenschaft orientiert sein muss. Kompetenzorientierter Unterricht erfordert, dass Fachkonzepte mit Anforderungssituationen in Bezug gesetzt werden. Mit den Wissensstrukturen können dazu Inhalte der verschiedenen Ebenen miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Wissenserwerb erfolgt aufbauend auf vorhandenes Wissen. Unterschieden werden dazu aussagenartige und analoge mentale Repräsentationen. Edelmann (2000) beschreibt den Unterschied der Repräsentationen folgendermaßen:

„Bei der aussagenartigen Form ist der Kerngedanke folgender: Ausgehend von der externalen (äußeren) Präsentation von Ereignissen in Form von Sprache oder Bildern wird deren Bedeutung intern in abstrakter Form gespeichert.
Bei der analogen Repräsentation sind dagegen viele Details der wahrgenommenen Ereignisse erhalten. Sie zeichnen sich durch relative **Anschaulichkeit** aus“ (Edelmann, 2000, S. 146, Hervorhebung im Original).

Wissen, dass in beiden Formen der mentalen Repräsentation vorhanden ist, soll in den Lehr-Lernprozessen nutzbar gemacht werden. Analogien können genutzt werden, um wenig anschauliches Wissen zu erschließen, das dann exemplarisch in der Informatik untersucht werden kann. Anschauliche Beispiele werden dagegen zum Ausgangspunkt für ausgewählte Aspekte, beispielsweise eines Produkts, die dann im Lehr-Lernprozess zu abstrakteren mentalen Repräsentationen führen. Wenig systematisiertes Vorwissen der Lernenden, das aus Vorerfahrungen durch die Nutzung von Internetanwendungen resultiert, ist dann gegebenenfalls auch mit Produkten der Informatik verknüpft.

In der Fachdidaktik Mathematik wurde ein vergleichbarer Ansatz gewählt, um Wissen in einen größeren Zusammenhang zu stellen. Zwaneveld (2000) beschreibt *Knowledge Graphs* zur Visualisierung von Beziehungen zwischen Fachkonzepten eines Kurses. Studierende der Informatik haben abschließend zu einer Lehrveranstaltung zur Mathematik einen solchen Graphen selbst konstruiert. Es hat sich als notwendig erwiesen, mögliche Beziehungen zwischen den Fachkonzepten vorab zu bestimmen. Die Definition der Beziehungen unterstützt die Aussagekraft eines Graphen. Für die Verbindung der mathematischen Fachkonzepte wurden vier Beziehungstypen identifiziert: (1) Fachkonzepte werden mit Sonderfällen verbunden. (2) Fachkonzepte können mit Operationen verbunden werden. (3) Eigenschaften werden mit Fachkonzepten verknüpft. (4) Fachkonzepte werden mit Anwendungsbereichen verbunden. Sonderfälle, Operationen, Eigenschaften und Anwendungsbereiche können gegebenenfalls wieder als Fachkonzepte Ausgangspunkt ausgehender Beziehungen verwendet werden. Als eine Schlussfolgerung kommt Zwaneveld (2000) dazu, dass er den Einsatz fertiger Knowledge Graphs in Lehr-Lernprozessen der Konstruktion durch Lernende vorzieht, weil den Lernenden damit eine Orientierung im Hinblick auf das

neu erworbene Wissen gegeben wird. Dagegen konnte die Reflexion, die durch die selbstständige Konstruktion gefördert wird, nicht in diesem Maße erfolgreich umgesetzt werden. Wissensstrukturen unterstützen die Orientierung in Lehr-Lernprozessen insbesondere dann, wenn verschiedene Typen von Beziehungen abgebildet werden können.

Um eine fachdidaktische Diskussion der Strukturierung von Wissens-elementen zu ermöglichen, müssen die Relationen zwischen den Elementen nachvollziehbar und die Darstellung ausdrucksstark sein. Dazu ist zum einen eine Konkretisierung der Unterrichtsinhalte durch die Ergänzung von Beispielen bzw. Analogien, an denen die Fachkonzepte erarbeitet werden sollen, notwendig, um verschiedene didaktische Funktionen in Lehr-Lernprozessen darzustellen. Zum anderen müssen die Relationen in der Darstellung näher spezifiziert werden. Für Internetworking konnten verschiedene Typen von Relationen im Rahmen der Analyse von Fachbüchern zu Rechnernetzen und der durchgeführten Unterrichtsprojekte identifiziert werden (Freischlad, 2008c):

1. *Beobachtbare Objekte vor nicht sichtbaren Abläufen.* Die Struktur und auch die Abläufe zum Datenaustausch von Internetanwendungen werden zumeist durch eine graphische Benutzungsschnittstelle vor Benutzern verborgen. Ein Beispiel dafür sind IP-Adressen und die Weiterleitung von Datagrammen im Internet. Während die IP-Adresse eines Rechners für Anwender einsehbar ist, kann die Weiterleitung von Datagrammen nicht beobachtet werden. Es ist daher sinnvoll, zunächst den Aufbau von IP-Adressen und damit die darin enthaltene Information zu untersuchen, bevor der Ablauf zur Weiterleitung verstanden werden kann.
2. *Zuerst das untergeordnete Fachkonzept und dann das übergeordnete Fachkonzept.* Im Sinne von Begriffshierarchien (vgl. Edelmann, 2000, S. 127f) können Fachkonzepte hierarchisch strukturiert werden. Dabei wird dem übergeordneten Fachkonzept ein größerer Umfang und dem untergeordneten Fachkonzept ein größerer Inhalt beigemessen. Zwischen solchen zwei Knoten besteht eine „ist ein“-Relation. Ein Beispiel dafür ist die Untersuchung des einfachen textbasierten HTTP, an dem typische Eigenschaften von Protokollen wie Kopfdaten- und Nutzdatenteil, wie auch spezifizierte Kommandos untersucht werden können. Im Anschluss daran kann auch das abstrakte Konzept der Protokolle eingeführt werden.
3. *Einzelne Elemente vor zusammengesetzten Wissens-elementen.* Damit wird eine „ist Teil von“-Relation beschrieben. Die Berücksichtigung solcher Relationen im Lehr-Lernprozess führt dazu, dass komplexe Elemente schrittweise eingeführt werden. Ein Beispiel dafür ist das Internetschichtenmodell, wenn zuvor Dienstmodelle und Protokolle einzelner Schichten untersucht werden.
4. *Ein anschauliches Beispiel zur Illustration, als Kontext oder zur Schaffung eines Problembewusstseins.* Ein Beispiel dafür ist der Zugang zur Bewertung von asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren. Anhand eines einfachen symmetrischen Verfahrens (z. B. Caesar-Chiffre) können Brute-Force-Angriff und Angriffe mit statistischer Analyse untersucht werden, die zu den Bewertungskriterien Schlüssellänge und statistische Robustheit führen.
5. *Deklaratives Wissen vor Handlungswissen.* Dabei geht es um die Unterscheidung von „wissen was“ und „wissen wie“. Ein Beispiel dafür ist die Verschlüsselung und die Signatur von E-Mails. Das Handlungswissen zum Vorgehen für den Versand bzw. Empfang einer sicheren Nachricht baut auf Wissen darüber auf, wie öffentliche und geheime Schlüssel in den Verfahren der asymmetrischen Verschlüsselung eingesetzt werden.

Für sinnvolles Lernen notwendige zufallsfreie Beziehungen zwischen Vorwissen und neuem Wissen können zum Themenbereich Internetworking konkretisiert werden. Mit der Auswahl geeigneter Beziehungstypen sind didaktische Entscheidungen für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen verbunden, die damit vergleichbar werden. Fachdidaktisches Wissen zum Zusammenhang zwischen Wissens-elementen kann, wie in Abbildung 3.3 dargestellt, durch die Relationen repräsentiert werden. Die identifizierten Beziehungstypen stellen Konkretisierungen der von Ausubel beschriebenen zufallsfreien Beziehungen dar. Die Beziehungstypen 1 und 5 sind im Sinne

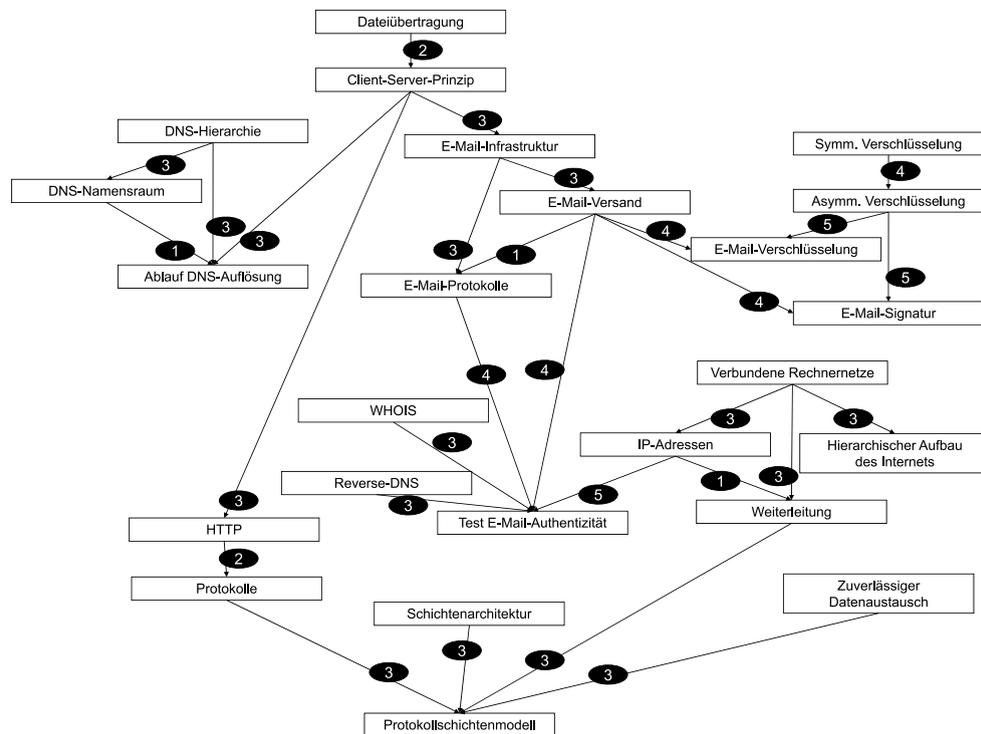


Abbildung 3.3: Verschiedene Beziehungstypen zu Internetworking: (1) beobachtbare Objekte vor nicht sichtbaren Abläufen, (2) untergeordnetes vor übergeordnetem Fachkonzept, (3) einzelne vor zusammengesetzten Wissens-elementen, (4) anschauliches Beispiel, (5) deklaratives Wissen vor Handlungswissen

Ausubels korrelative Subsumtionen, weil sie insbesondere eine Erweiterung oder Ausarbeitung vorhandenen Wissens beschreiben. Beziehungstyp 4 steht als Konkretisierung der derivativen Subsumtion auch für eine untergeordnete Beziehung, weil ein bekannter Sachverhalt bekräftigt wird. Die übergeordnete Beziehung wird durch den Beziehungstyp 2 und die kombinatorische Beziehung durch den Beziehungstyp 3 direkt formuliert. Der Einbezug von Inhalten des Informatikunterrichts auf verschiedenen Abstraktionsebenen ermöglicht Bezüge zwischen Fachkonzepten der Informatik und Alltagserfahrungen der Lernenden aufzuzeigen.

Die identifizierten Beziehungstypen eignen sich nicht uneingeschränkt zur Beschreibung von Lehr-Lernprozessen. Die Knoten in Wissensstrukturen repräsentieren eine Unterrichtseinheit. Deshalb können nicht das zugrunde liegende Fachkonzept und gegebenenfalls ein konkretes Produkt als Gegenstand des Unterrichts zugleich dargestellt werden, wie es insbesondere der Beziehungstyp zum anschaulichen Beispiel ermöglicht. Die Orientierung des Informatikunterrichts an grundlegenden Fachkonzepten der Informatik muss für Lehrende und Lernende erkennbar sein. Zur Unterstützung der Kompetenzorientierung kann es dennoch sinnvoll sein, zunächst auch solche Beziehungen explizit darzustellen. Der Einbezug konkreter Produkte ermöglicht Bezüge zwischen Alltagssituationen der Lernenden und informatischen Fachkonzepten zu untersuchen (siehe Abschnitt 4.3.2).

3.1.3 Verfeinerung der Wissens Elemente durch Lernzielbeschreibungen

Unterrichtsplanung

Bisher wurde von Wissens Elementen gesprochen, die durch die Knoten repräsentiert werden. In der Unterrichtsplanung nehmen die Ziele eine hervorgehobene Stellung ein (vgl. Peterßen, 1994, S. 24). Untersucht werden muss, in welchem Verhältnis Lernziele und Knoten der Wissensstrukturen zueinander stehen.

Brinda ordnet den Knoten explizit Fachkonzepte bzw. Lerneinheiten zu (vgl. Brinda, 2004, S. 53). Neben der so formulierten Inhaltskomponente verbindet er die Knoten jedoch implizit auch mit einer Verhaltenskomponente und so auch mit einem Lernziel (Z). Das wird deutlich, wenn er konkrete Beziehungen zwischen Fachkonzepten erläutert:

„Ein fachdidaktisches Problem hierzu [Sprünge im Abstraktionsniveau, SF] publizierter Methoden und damit eine potentielle Fehlerquelle stellt der Übergang von der objektorientierten Sicht auf einen Realitätsausschnitt hin zur klassenorientierten Sicht des Klassendiagramms dar. In einem Realitätsausschnitt werden zumeist sofort potentielle Klassenkandidaten gesucht, anstatt zunächst problemrelevante Objekte zu identifizieren“ (Brinda, 2004, S. 176).

Damit begründet er die Anordnung von Objektdiagrammen vor Klassendiagrammen zur Vermeidung des Sprungs im Abstraktionsniveau. Implizit verknüpft er mit den Knoten die Lernziele, ein Objektdiagramm bzw. Klassendiagramm aus einer anderen Repräsentation entwickeln zu können.

Peterßen (vgl. 1994, S. 119) unterscheidet in der Unterrichtsplanung drei Ebenen von Lernzielen. Richtziele sind demnach sehr abstrakt und erlauben alternative Interpretationen. Grobziele konkretisieren die Richtziele soweit, dass viele der möglichen Interpretationen ausgeschlossen werden können. Feinziele sind so konkret, dass nur noch eine Interpretation möglich ist. Ziele auf den verschiedenen Ebenen werden zu verschiedenen Zeitpunkten der Unterrichtsplanung eingesetzt. Grobziele werden durch Elementarisierung und Operationalisierung zu Feinzielen konkretisiert. Im Rahmen der Unterrichtsplanung beeinflussen sich Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen gegenseitig. Die Elementarisierung der Lernziele kann daher nicht durch logische Deduktion aus Lernzielen der höheren Stufe abgeleitet werden (vgl. Jank und Meyer, 2005, S. 123ff). Wissensstrukturen können entsprechend auf verschiedenen Lernzielebenen beschrieben werden. Die Darstellung auf unterschiedlichen Ebenen erlaubt es, verschiedene Aspekte darzustellen. Deutlich

wird das an den unterschiedlichen Anforderungen, die aus dem Anspruch der Übersichtlichkeit für die Darstellung zum Zwecke der Unterrichtsplanung und für die Ausdruckstärke zur Gestaltung von Lernstandskontrollen begegnet werden muss. Ein möglicher Ansatz besteht darin, die graphische Darstellung der Erarbeitungsstrukturen um eine tabellarische Darstellung der Lernziele zu erweitern.

Grobziele		Feinziele	
Die Lernenden			
Z ₁	verstehen das Client-Server-Prinzip.	Z ₁₁	können verschiedene Bedeutungen der Begriffe Client und Server erklären.
		Z ₁₂	können erklären, was eine logische Verbindung zwischen zwei Programmen im Rechnernetz ist.
Z ₂	verstehen was ein Protokoll in Zusammenhang der Rechner-Rechner-Interaktion ist.	Z ₂₁	kennen das Hypertext Transfer Protocol.
		Z ₂₂	können den Ablauf zum Abruf einer Webseite mit einem Interaktionsdiagramm beschreiben.
Z ₃	verstehen den Aufbau des Internets.	Z ₃₁	können erklären, was ein Vermittlungsrechner ist.
		Z ₃₂	können den Zusammenhang von Rechnernetzen lokaler, nationaler und internationaler Internet Service Provider (ISP) erläutern.
Z ₄	verstehen, wie Rechner im Internet eindeutig identifiziert werden können.	Z ₄₁	können den Zusammenhang zwischen Rechner- und Netzkenung und der physischen Struktur des Internets erklären.
		Z ₄₂	können Rechner- und Netzkenung aus IP-Adresse und Netzmaske berechnen.
Z ₅	können die logische Struktur des Internet, die durch die Namensräume des Domain Name System (DNS) gebildet wird, beschreiben.	Z ₅₁	können die hierarchische Struktur der DNS-Namensräume mit einem Baumdiagramm beschreiben.
		Z ₅₂	wissen, was eine dezentrale Datenbank ist und welche Daten von einem DNS-Server verwaltet werden.
		Z ₅₃	können den Ablauf einer DNS-Abfrage beschreiben (iterative und rekursive Anfragen).
Z ₆	verstehen die Funktionsweise zum Austausch von Nachrichten im Internet.	Z ₆₁	können Zustell- und Abholprotokolle am Beispiel Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) und Post Office Protocol (POP3) unterscheiden.
		Z ₆₂	können das Verhalten eines Peers am Beispiel SMTP-Server mit einem Zustandsdiagramm beschreiben.

Tabelle 3.1: Beispiel für Grob- und Feinziele zu Internetworking

In Tabelle 3.1 wird ein Ausschnitt zu den Lernzielen für Internetworking dargestellt. Unterschieden werden Grob- und Feinziele. Ein Richtziel ist, dass die Lernenden Strukturen des Internets verstehen. Mit den Grobzielen Z₃ mit Z₄ und Z₅ wird dieses Richtziel umgesetzt, indem physische und logische Strukturen untersucht werden. Lankes (vgl. 1991, S. 28f) unterscheidet zwei Möglichkeiten, Lernziele, die aus einer übergeordneten Stufe von Lernzielen bestimmt werden, anzuordnen. Zum einen können Lernziele sequentiell angeordnet werden, wenn das Erreichen eines Lernziels Voraussetzung für das folgende Lernziel ist. Demgegenüber steht eine konjunktive Verknüpfung von Lernzielen, wenn Lernziele einem gemeinsamen Ziel dienen, wobei jedoch kein Lernziel Voraussetzung für das andere ist. Vielmehr werden durch die Lernziele verschiedene Aspekte des übergeordneten Lernziels adressiert. Die Formulierung des übergeordneten Lernziels kann bereits darauf hinweisen, wie die Lernziele zueinander in Beziehung stehen. Wenn es

beispielsweise um einen Einblick in einen Sachverhalt geht, sollen verschiedene Gesichtspunkte aufgegriffen werden. Die untergeordneten Lernziele sind dann nebeneinander angeordnet und sind damit in ihrer Reihenfolge nicht festgelegt.

Ein Grobziel beschreibt hier das Ziel für eine Unterrichtseinheit. Die aus einem Grobziel durch Elementarisierung abgeleiteten Feinziele sind also einer Unterrichtseinheit zuzuordnen. Die Planung, wie diese Lernziele im Lehr-Lernprozess erreicht werden sollen, erfordert den Einbezug institutioneller Rahmenbedingungen wie die Verfügbarkeit eines Rechnerraums im Unterricht. Die Beschreibung des Didaktischen Systems soll aber gerade von solchen Details abstrahieren. Richtziele sind dagegen so unspezifisch, dass eine Berücksichtigung fachwissenschaftlich begründeter Zusammenhänge nicht möglich oder wenig aussagekräftig ist. Die Knoten der Wissensstrukturen repräsentieren daher Grobziele der Unterrichtseinheiten. In einer Tabelle werden Grobziele durch Feinziele konkretisiert.

Darstellung des Lernstands

Ein Lernstand muss, wenn damit eine objektiv nachvollziehbare Aussage verbunden sein soll, operationalisierbar sein. Lernziele können als operationalisierte Aussagen formuliert sein. Das setzt voraus, dass sie als beobachtbares Verhalten beschrieben werden (vgl. Peterßen, 1994, S. 125). Mit einer Zuordnung von Lernzielen zu Knoten in Wissensstrukturen ist es dann möglich, das Erreichen dieser Ziele in der graphischen Darstellung abzubilden. In diesem Abschnitt geht es um die Frage, wie der Lernstand in einer nichtdeterministischen und, wie bereits aufgezeigt, in einem gewissen Maße auch subjektiven Wissensstruktur dargestellt werden kann.

Steinert (2007) stellt einen Ansatz zur Darstellung von Lernzielen zur Lernzielerfolgsanalyse mit einem Graph dar. Dabei repräsentieren Knoten in dem so genannten Lernzielgraph operationalisierte Lernziele. Verbindungen zwischen Lernzielen mit gerichteten Kanten, die Voraussetzungsrelationen darstellen, werden auf zwei Weisen begründet. Knoten können auf Grund der fachwissenschaftlichen Sachlogik in Relation zueinander gesetzt werden. So gehören zur Beherrschung von Programmier-techniken objektorientierter Sprachen sowohl objektorientierte wie auch imperative Konzepte als Voraussetzung. Die zweite Möglichkeit, Relationen zwischen Knoten aufzuzeigen, besteht darin, Lernziele mit Hilfe der überarbeiteten Bloom'schen Lernziel-taxonomie (Anderson u. a., 2001) hinsichtlich ihres Anforderungsniveaus einzustufen. Mit Lernzielgraphen werden also sachlogische und damit allgemeingültige Relationen zwischen Inhalts- und Verhaltenskomponenten beschrieben.

Knoten im Graph für Wissensstrukturen erfüllen ohne Einschränkung die Darstellung des Lernstands, wenn jedem Knoten ein Grobziel und mehrere operationalisierte Feinziele zugeordnet werden. Eine Einschränkung auf allgemeingültige Voraussetzungsrelationen für Wissensstrukturen ist nicht geeignet, weil sonst wichtige Aspekte der Unterrichtsplanung nicht berücksichtigt werden können. Die Relationen in den Wissensstrukturen erfüllen daher nicht die Anforderung, die im Ansatz des Lernzielgraphen beschrieben wird. Im Gegensatz zu Lernzielgraphen impliziert das Erreichen eines Knotens nicht automatisch das Erreichen der Vorgängerknoten. Denn sonst müssten die Wissensstrukturen eindeutig sein. Trotzdem ist der Lernstand auch in den Wissensstrukturen darstellbar. Der Lernstand kann in Wissensstrukturen nicht als Zustand beschrieben werden, der durch einen erreichten Knoten repräsentiert wird. In Wissensstrukturen wird der Lernstand durch das Erreichen von Knoten unabhängig voneinander beschrieben. Der Zustand wird daher vergleichbar mit einem Petri-Netz durch eine Markierung dargestellt, die für jeden Knoten beschreibt, ob die damit verbundenen Ziele erreicht wurden.

3.1.4 Lernpfadvarianten in der Unterrichtspraxis

In diesem Abschnitt soll die Frage danach beantwortet werden, wie Wissensstrukturen und dynamische Lehr-Lernprozesse miteinander verknüpft werden können. Wichtige Grundlage für die Untersuchung dieser Frage ist die Annahme – wie sie auch dem Prinzip der Schülerorientierung (siehe Abschnitt 2.3.3) zugrunde liegt –, dass Wissenserwerb nicht durch Handlungen der Lehrenden sondern durch Aktivitäten der Lernenden erfolgt. Besondere Aufmerksamkeit gilt daher der Perspektive der Lernenden auf den Lehr-Lernprozess. Geistige und praktische Tätigkeiten, wie sie im handlungsorientierten Unterricht in ausgewogenem Maß Teil der Lernprozesse sein sollen, werden als Lernaktivitäten bezeichnet. Lernaktivitäten in unterschiedlichen Phasen des Lehr-Lernprozesses werden in der Planung von Lehrenden durch Aufgaben beschrieben. Die Komponente der Aufgabenklassen repräsentiert Aufgaben und abstrahiert dabei von deren spezifischen Eigenschaften (siehe Abschnitt 3.2). Brinda (2004, S. 55f) schlägt vor, Aufgabenklassen entweder einzelnen oder auch mehreren miteinander verbundenen Wissens-elementen zuzuordnen. Diese Verknüpfung von Lernaktivitäten und Wissens-elementen unterstützt die Operationalisierbarkeit der Wissens-elemente. Anderson u. a. (2001, S. 17) betonen jedoch, dass Ziele nicht mit Lernaktivitäten verwechselt werden dürfen. Der Aufbau eines Rechnernetzes kann dazu führen, dass das Ziel erreicht wird, dass die Lernenden ein Rechnernetz aufbauen können. Ebenso könnte es aber auch darum gehen, dass die Lernenden verstehen, welche Einstellungen für den Datenaustausch notwendig sind. Für die Planung von Lehr-Lernprozessen muss daher die Frage beantwortet werden, wie Lernende ausgehend von Vorwissen neues Wissen erwerben können.

Nach Gagné ist Wissen aus Begriffen als Grundbausteinen aufgebaut (vgl. Edelmann, 2000, S. 132ff). Wissenserwerb ist der Erwerb von Regeln, die wiederum Ketten von Begriffen sind. Unter Regeln ist jede Art von Aussage zu verstehen, also außer Faktenwissen auch Konzeptwissen, prozedurales Wissen und Metawissen (Anderson u. a., 2001). Voraussetzung des Lernens ist demzufolge zunächst das Bekanntsein der Begriffe. Regellernen bedeutet, die Beziehung zwischen den Begriffen zu erfassen. So sind die Begriffe Client und Server die Grundbausteine für die Regel des Client-Server-Prinzips, nach dem ein Client einen Dienst beim Server über eine Netzwerkverbindung abrufen. Darüber hinaus können aber auch Relationen zwischen Regeln identifiziert werden. Die *logischen Beziehungen* bezeichnen Gemeinsamkeiten und Besonderheiten von durch Regeln beschriebenen Sachverhalten. Die *psychologischen Beziehungen* sagen etwas darüber aus, in welcher Abfolge von mehreren Ausgangsregeln zu einer Folgerule im Lehr-Lernprozess fortgeschritten werden kann. Gagné spricht dann von einer Lernstruktur, die den Weg von Begriffen über durch logische und psychologische Beziehungen verbundene Regeln zum Lernziel in Form von einer oder mehreren Regeln darstellt. Dieser so beschriebene Wissenserwerb ist die Voraussetzung für das Problemlösen als Anwendung von Regeln.

Zur Strukturierung des Unterrichts und zur Beschreibung des fachdidaktischen Wissens zu geeigneten Lernpfaden ist also nicht alleine die Sachlogik zu berücksichtigen. Jank und Meyer (2005) sprechen von der Zugänglichkeit, die die Planung der Inhalte entscheidend beeinflusst.

„Die Sachlogik des Inhalts ist nichts ein für alle Mal Vorgegebenes. Sie ergibt sich erst aus der didaktischen Fragestellung. [...] Es ist unmöglich, allein ‚der Sache nach‘ zu entscheiden, was alles zum Unterrichtsthema gehört. Vielmehr muss die Frage nach der Sachlogik des Themas durch die Frage nach der ‚Psycho-Logik‘ für die Schülerinnen und Schüler ergänzt werden. [...] Es muss herausgearbeitet werden, welche Zugänge, Arbeitsweisen und Anwendungsmöglichkeiten geeignet sind, um das Thema für die Schüler zu erschließen und umgekehrt die Schüler für das Thema aufgeschlossen zu machen“ (Jank und Meyer, 2005, S. 76).

Erst die Verknüpfung didaktischen und fachwissenschaftlichen Wissens sowie die Berücksichtigung zielgruppenspezifischer Merkmale erlaubt eine Strukturierung der Inhalte für den Unterricht. Die Zugänglichkeit ist mit der Frage befasst, wie ein Lernpfad aussehen kann. Hartmann u. a. (vgl. 2007, S. 48) beschreiben am Beispiel von Datenbanken, wie für verschiedene Zielgrup-

pen unterschiedliche Zugänge gewählt werden können. Sie weisen darauf hin, dass es durchaus verschiedene Zugänge geben kann. Unverzichtbarer Bestandteil des Zugangs sind Tätigkeiten der Lernenden. Aus der Forderung der Durchführbarkeit von Wissensstrukturen resultiert daher die Notwendigkeit, dass zu jeder Relation, die Wissens Elemente verbindet, mindestens eine Lernaktivität existiert. Mit dem Kriterium der Zugänglichkeit kann die zuvor beschriebene Strukturierung der Wissens Elemente bereits deutlich übersichtlicher dargestellt werden, weil damit die Anzahl der Kanten reduziert wird.

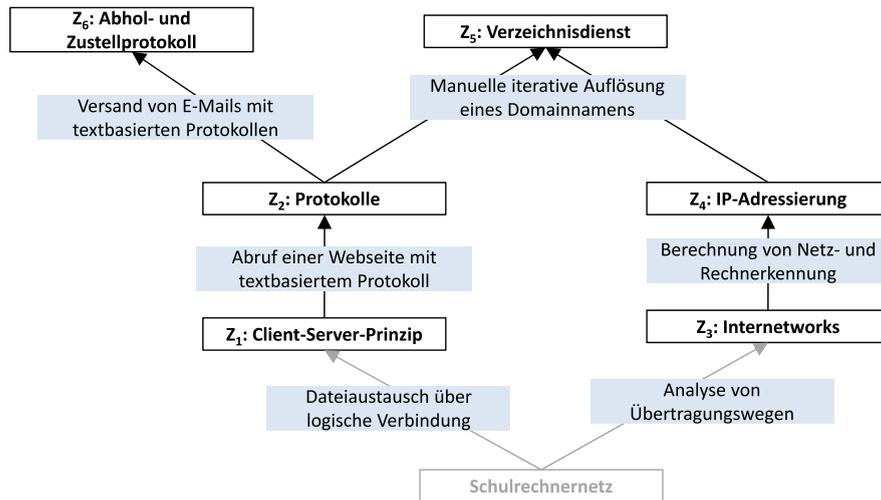


Abbildung 3.4: Darstellung von Lernpfadvarianten unter Berücksichtigung der Zugänglichkeit

In Abbildung 3.4 ist ein Ausschnitt der Wissensstruktur dargestellt, wie sie zur Planung eines Unterrichtsprojekts genutzt wurde. Alltagserfahrungen mit dem Schulrechnernetz und intuitive Vorstellungen zu Client und Server wurden anhand der Komponenten des Schulrechnernetzes eingeführt, dann aber durch den Aufbau logischer Verbindungen im Schulrechnernetz mit den Rollen Client und Server auf Programme übertragen (Z₁). Mit diesem Vorwissen wurde am Beispiel des Hypertext Transfer Protocol (HTTP) das Fachkonzept Protokoll (Z₂) aufgegriffen. Der Relation zwischen Z₁ und Z₂ wird die Lernaktivität Abruf einer Webseite mit den Kommandos des textbasierten Protokolls HTTP über eine logische Verbindung zugeordnet.

Ein weiterer Aspekt wird am Beispiel des Zugangs zum Verzeichnisdienst (Z₅) deutlich. Die Relationen zwischen den Knoten stellen nicht immer notwendige Voraussetzungen dar. Denkbar ist auch, dass Verzeichnisdienste am Beispiel DNS ohne Vorkenntnisse zur IP-Adressierung (Z₄) erarbeitet werden. Dabei könnte die Funktionsweise zur Ermittlung des Ziel-Mailervers für die E-Mail-Übertragung untersucht werden. Im Unterrichtsprojekt wurde der Zugang über Z₂ und Z₄ gewählt, weil damit geeignete Schülertätigkeiten verbunden werden können und weil eine Konsequenz des Zugangs über den E-Mail-Versand erhöhte Komplexität ist. Den Kanten zwischen den Knoten wird die schrittweise Auflösung eines Domainnamens zugeordnet. Zur Beschreibung der Struktur werden Baumdiagramme und zum Ablauf Kollaborationsdiagramme verwendet. Geeignete Lernaktivitäten sind ein notwendiges Kriterium zur Beschreibung von Beziehungen zwischen Wissens Elementen in den Wissensstrukturen.

Wissensstrukturen werden auf der Planungsstufe von mittelfristigen Unterrichtseinheiten eingesetzt. Sie unterstützen die Beschreibung einer thematisch abgeschlossenen Unterrichtssequenz unter Einbezug der Grob- und Feinziele. Mit der Berücksichtigung der Ziele ist die Auswahl und Begründung geeigneter Lernaktivitäten möglich.

3.1.5 Fazit

Bei der Gestaltung von Wissensstrukturen besteht ein Konflikt zwischen möglichst allgemein formulierbaren Zusammenhängen der Wissens Elemente und der übersichtlichen Darstellung von konkreten Lernpfaden mit möglichen Varianten. Beziehungen zwischen Wissens Elementen ergeben sich durch die Analyse von Vorwissensbeziehungen. In Lehr-Lernprozessen können nicht alle identifizierbaren Beziehungen genutzt werden. Eine möglichst allgemeine Darstellung von Zusammenhängen unterstützt den flexiblen Einsatz der Wissensstrukturen zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen im Hinblick auf unterschiedliche spezifische Voraussetzungen der Lernenden. Daraus folgt, dass alle identifizierten Beziehungen zwischen Wissens Elementen dargestellt werden sollten. Der Anspruch an Übersichtlichkeit führt dazu, dass wichtige Entscheidungen, die nicht auf direkten sondern auf indirekten Beziehungen beruhen und die im Laufe der Planung von Lehr-Lernprozessen getroffen wurden, nicht mehr dargestellt werden. Um diese Entscheidungen nachvollziehbar machen zu können, ist damit ein Verzicht auf die Darstellung möglicher alternativer Zugänge in einer Wissensstruktur notwendig. Es erscheint daher sinnvoll, dass Wissensstrukturen für erfolgreiche Lehr-Lernprozesse beschrieben werden, in dem aber Varianten von Lernpfaden zugelassen sind.

Kanten bzw. Relationen in den Wissensstrukturen existieren nur dann, wenn sich auch geeignete Lernaktivitäten zuordnen lassen. Lerntheorien zeigen auf, welche Relationen geprüft werden können. Die Anforderung der Durchführbarkeit führt dazu, dass diese Kanten zunächst Kandidaten sind. Die Abstraktionsebene der Grobziele hat sich als geeignet erwiesen, um diese Relationen zu beschreiben. Eine fundierte Prüfung von Wissensstrukturen erfordert dann auch eine empirische Erprobung geeigneter Schülertätigkeiten.

Für die Planung des Unterrichts können Wissensstrukturen aus zwei Perspektiven eingesetzt werden. Die fachwissenschaftliche Analyse deckt verschiedene Typen von Vorwissensbeziehungen zwischen Wissens Elementen auf. Unter Einbezug von Lernaktivitäten können geeignete Zugänge beschrieben werden. Die Planung von Lehr-Lernprozessen umfasst dann die Formulierung von Grobzielen in Übereinstimmung mit Richtzielen für den Informatikunterricht, die Auswahl geeigneter Internetanwendungen und -dienste zur Herstellung von Bezügen zu Alltagserfahrungen der Lernenden, die Elementarisierung der Grobziele zu operationalisierten Feinzielen – wobei die Operationalisierung im weiteren Sinne gemeint ist (vgl. Peterßen, 1994, S. 124), d. h., dass ein beobachtbares Verhalten der Lernenden beschrieben wird – und die Beschreibung einer Unterrichtssequenz, indem die Abfolge alternativer Lernpfade begründet wird. Mit diesem Vorgehen können strukturelle Fehler bei der Planung des Unterrichts durch die Berücksichtigung der sachlich-logischen Zusammenhänge zwischen den Fachkonzepten vermieden werden. Zugleich bietet die graphische Repräsentation der Unterrichtseinheiten unter Berücksichtigung didaktisch-logischer Zusammenhänge eine Grundlage für die fachdidaktische Diskussion zu Voraussetzungs-Ziel-Mittel-Aussagen.

Die Planung der Lehr-Lernprozesse erfolgt immer im Hinblick auf eine Zielgruppe. Daher gibt es nicht genau eine Sequenz zu Internetworking, die im Unterricht umgesetzt werden kann. Die Schwierigkeit in der Planung einer Sequenz von Wissens Elementen liegt in verschiedenen Voraussetzungen, die Lernende mitbringen, und in der unterschiedlichen Gewichtung einzelner Wissens Elemente. Es ist notwendig, aufgrund der übergeordneten Ziele zu entscheiden, welche Fachkonzepte einen hohen Stellenwert einnehmen sollen und welche Fachkonzepte intuitiv eingeführt werden. Wissensstrukturen zur Beschreibung der Vorwissensrelationen zwischen Wissens Elementen müssen so präzise beschrieben werden, dass sie nachvollziehbar sind. Nur dann können sie zur Entscheidungsfindung genutzt werden, in denen es darum geht, welche Elemente von besonderer Wichtigkeit sind und welche durch andere Inhalte ersetzt werden können. Beispielsweise ist die Auswahl eines Wissens Elements, das genutzt wird um ein Problembewusstsein zu schaffen, das zu einem abstrakten Fachkonzept führt, von mehreren Überlegungen abhängig, z. B. vom kulturellen Hintergrund oder dem Alter der Lernenden. Andererseits ist die Entschei-

dung, mit einem konkreten vor einem abstrakteren Konzept zu beginnen, von den kognitiven Voraussetzungen der Lernenden abhängig.

3.2 Aufgabenklassen: Aktivitäten der Lernenden

Aufgabenklassen (AK) beschreiben eine Klassifikation von Aufgaben im Hinblick auf das notwendige Wissen, das zu deren Lösung notwendig ist. Sie werden eingesetzt, um Lehrende beim Konstruieren und Modifizieren von Aufgaben zu unterstützen, indem Kriterien zur Aufgabengestaltung mit Aufgabenklassen verknüpft werden. Für Lernende wird damit ermöglicht, den Lehr-Lernprozess transparenter zu gestalten, indem die inhaltsbezogenen Anforderungen in unterschiedlichen Aufgaben zunächst im Lernprozess und später in Lernerfolgskontrollen genutzt werden. Außerdem wird eine themenbezogene Diskussion von Aktivitäten im Lehr-Lernprozess erleichtert (vgl. Brinda, 2004, S. 48f). Es wird also Unterstützung für Lehrende und Lernende sowie für die fachdidaktische Diskussion erwartet. Zusammenfassend lassen sich daher folgende drei Funktionen formulieren:

1. Gestaltungsfunktion: Mit der Zuordnung zu einer Aufgabenklasse wird bestimmt, was von einer Aufgabe verändert und was bestehen bleiben muss, damit eine Aufgabe der gleichen Klasse durch Variation entsteht. Aufgaben verschiedener Aufgabenklassen können in einer Aufgabe verknüpft werden. Zum Konstruieren neuer Aufgaben beschreiben Aufgabenklassen eine Vorlage.
2. Auswahlfunktion: Aufgabenklassen stellen das informatische Wissen, das zur Bearbeitung einer Aufgabe notwendig ist, heraus. Ein ausgewogener Einsatz verschiedener Aufgabenklassen in Lehr-Lernprozessen wird unterstützt. Das erfolgreiche Bearbeiten von verschiedenen Aufgaben einer Aufgabenklasse gibt Lernenden Sicherheit, auch weitere Aufgaben der Klasse lösen zu können.
3. Orientierungsfunktion: Aufgabenklassen erlauben, vielfältige Aufgaben einer Klasse zuzuordnen. Damit wird ein Überblick zu möglichen Aufgaben eines Themenbereichs erleichtert. Durch eine Systematisierung können Lücken bzw. fehlende Klassen aufgedeckt werden.

Aufgabenklassen als Komponente des Didaktischen Systems werden ausdrücklich zur Beschreibung von Aufgaben für alle Phasen der Lehr-Lernprozesse verwendet (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 138). Sie werden aber nicht dazu eingesetzt, um den Unterricht zu sequenzieren. Wittmann (vgl. 1981, S. 143f) beschreibt und kritisiert zugleich, wenn im Mathematikunterricht im Sinne einer Aufgabendidaktik Aufgabenklassen zur Strukturierung der Lehr-Lernprozesse eingesetzt werden, weil dies dazu führt, dass Grundoperationen unabhängig voneinander eingeübt werden. Stattdessen muss der Unterricht an inhaltsübergreifenden Grundprinzipien ausgerichtet sein (vgl. Wittmann, 1981, S. 146). Aufgabenklassen sind erforderlich, um durch Wissensstrukturen beschriebene Lehr-Lernprozesse zu realisieren.

3.2.1 Anforderungen an die Beschreibung von Aufgabenklassen

Die Anforderungen an Aufgaben sind davon abhängig, für welchen Zweck sie im Lehr-Lernprozess eingesetzt werden.

„Beim Lernen ist es wichtig, was im Kopf des Lernenden stattfindet. Schülerinnen und Schüler sollen dabei aktiv Begriffe bilden und vernetzen, Verfahren verstehen und auf andere Bereiche transferieren oder Grenzen von Verfahren kritisch einschätzen [...]. Beim Leisten kommt es hingegen darauf an, was sie aus ihren erworbenen Kompetenzen machen, wie sie diese anwenden. Leistungssituationen zeichnen sich dadurch aus, dass man sich schriftlich oder mündlich äußert, Dinge in Worten, Zeichen oder Zeichnungen manifestiert“ (Büchter und Leuders, 2005, S. 165).

In Lernprozessen kann es beispielsweise erwünscht sein, dass die Lernenden zunächst zu unterschiedlichen Antworten kommen. Ein Vergleich kann dann zum Ausgangspunkt für weitere Schritte im Lehr-Lernprozess genutzt werden. Dagegen sollen Aufgaben zur Bestimmung des Lernerfolgs möglichst objektiv bewertbar sein. Es soll festgestellt werden, ob vorab bestimmte Voraussetzungen bei Lernenden vorhanden sind. Entsprechende Aufgaben können entweder der Rückmeldung für Lernende dienen oder aber zur Leistungsbewertung durch Lehrende verwendet werden. Mit Aufgaben zur Kontrolle und zum Erwerb neuen Wissens sind also unterschiedliche Anforderungen verbunden.

Zur Beschreibung von Aufgabenklassen sind verschiedene Vorgehen denkbar. Brinda (2004) hat dazu Lehrbücher zur objektorientierten Programmierung auf die darin vorhandenen Aufgaben untersucht und daraus durch Abstraktion Aufgabenklassen bestimmt. Damit werden zunächst nur solche Aufgabenklassen erkannt, zu denen Aufgabenbeispiele vorliegen. Voraussetzung für tragfähige Ergebnisse ist daher, dass eine ausreichende Anzahl geeigneter Aufgaben vorliegt. Eine zweite Möglichkeit ist, Aufgabenklassen anhand grundlegender Fachkonzepte zu einem Themenbereich zu bestimmen und diesen Aufgabenklassen vorhandene Aufgaben zuzuordnen. Für die Bestimmung der Aufgabenklassen zu Internetworking wurden im ersten Ansatz Strukturierungsmerkmale aus Lehrbüchern bestimmt und existierende Aufgaben untersucht (Freischlad und Schubert, 2007). Zur Verfeinerung wurden Beziehungen zwischen den Fachkonzepten anhand von Lehrbüchern untersucht und daraus eine regulative Struktur von Aufgabenklassen begründet, die auf ihre Tragfähigkeit geprüft wurde.

Zur Beschreibung von Aufgabenklassen für Internetworking müssen daher folgende Fragen untersucht werden:

1. Wie kann der Aufbau von Aufgaben im Hinblick auf Aufgabenklassen geeignet beschrieben werden?
2. Welche Kriterien sind dazu geeignet, Aufgabenklassen zu Internetworking zu strukturieren?
3. Wie können Aufgabenklassen zur Gestaltung von Aufgaben zum Lernen und zur Erfolgskontrolle nutzbar gemacht werden?

Diese Fragestellungen werden im Kontext von Internetworking untersucht.

3.2.2 Aufgaben und Aufgabenklassen

Formale Beschreibung einer Aufgabe

Eine intuitive Vorstellung davon, was eine Aufgabe ist, reicht nicht aus, um Eigenschaften von Aufgaben zu untersuchen und zu beschreiben. Formal besteht eine Aufgabe aus drei Bestandteilen, für die verschiedene Bezeichnungen verwendet werden:

- Stimulus (Lebensweltbezug/Phänomen),
- Fragestellung (Arbeitsauftrag),
- Antwort (Musterlösung).

Der Stimulus enthält Information zu einem informatischen Sachverhalt und einen Kontext. In einer Aufgabe ist aber in der Regel nicht alle notwendige Information gegeben. Ausgangspunkt zur Aufgabenbearbeitung ist dann ein unvollständiger informatischer Sachverhalt. Unter Einbezug des Wissens der Lernenden werden Tätigkeiten im Hinblick auf die Fragestellung bestimmt und ausgeführt. Aus dem durch Lernende ergänzten informatischen Sachverhalt ist es möglich, die Fragestellung zu beantworten, indem neue Erkenntnisse zum Sachverhalt dargestellt und bzw. oder Schlussfolgerungen daraus gezogen werden. In Abbildung 3.5 ist in einem Aktivitätsdiagramm dargestellt, welcher Ablauf zur Aufgabenbearbeitung den folgenden Ausführungen zugrunde liegt. Auf der linken Seite sind die drei formalen Komponenten einer Aufgabe aufgeführt. Die Eingaben zur Aufgabenbearbeitung sind der Stimulus, die Fragestellung und das

notwendige informatische Wissen, um von einem gegebenen informatischen Sachverhalt zu einem erweiterten Sachverhalt zu gelangen. Der Ablauf zur Bearbeitung einer Aufgabe besteht dann also aus der Beschreibung eines Sachverhalts, der Auswahl und der Ausführung der Tätigkeit und der Darstellung der Ergebnisse.

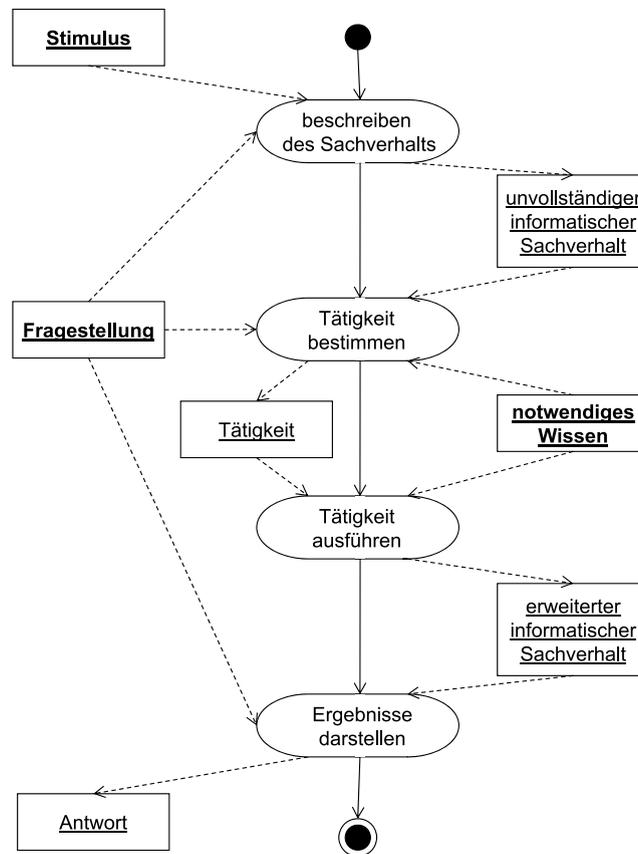


Abbildung 3.5: Zugrunde liegende Beschreibung zur Bearbeitung einer Aufgabe

Pólya (1988) beschreibt ein vergleichbares Vorgehen zum Problemlösen. Probleme sind solche Aufgaben, die nicht durch die Anwendung vorab bekannter Vorgehensweisen gelöst werden können.

„First, we have to *understand* the problem; we have to see clearly what is required. Second, we have to see how the various items are connected, how the unknown is linked to the data, in order to obtain the idea of the solution, to make a *plan*. Third, we *carry out* our plan. Fourth, we *look back* at the completed solution, we review and discuss it“ (Pólya, 1988, S. 5f, Hervorhebungen im Original).

Mit diesen vier Schritten ist also eine sehr allgemeine Beschreibung des Ablaufs zur Aufgabenbearbeitung gegeben. Die Bearbeitung von Aufgaben muss nicht immer alle dargestellten Objekte und Aktivitäten umfassen. Ein besonders einfacher Aufgabentyp ist die Wissensabfrage. Die Aufgabestellung besteht in diesem Fall in der Regel ausschließlich aus einer Fragestellung ohne Stimulus. Zur Aufgabenbearbeitung ist dann lediglich die Darstellung des, aus dem notwendigen Wissen resultierenden, erweiterten Sachverhalts erforderlich. Aus der Beschreibung des notwendigen Wissens kann eine Aufgabe als Wissensabfrage direkt abgeleitet werden.

Aufgaben zum Lernen bzw. zur Erfolgskontrolle unterscheiden sich dann dadurch, woher das notwendige Wissen bezogen wird. Zur Erfolgskontrolle wird vorausgesetzt, dass das notwendige Wissen bei Lernenden vorhanden und gegebenenfalls neu verknüpft werden muss. Aufgaben zum Lernen erfordern, dass notwendiges Wissen durch geeignete Unterrichtsmittel erschlossen

werden kann. In beiden Fällen wird durch das notwendige Wissen der Unterschied zwischen informatischem Sachverhalt vor und nach der Durchführung geistiger oder praktischer Tätigkeit beschrieben.

Anhand der folgenden Aufgabe wird die Unterscheidung von formalen Bestandteilen einer Aufgabe und inhaltsbezogenem Sachverhalt, der auch durch einen Ausgangszustand, ein Verfahren und einem Zielzustand bestehen kann, veranschaulicht. Der Webseitenabruf, der durch Abbildung 3.6 und den ersten Absatz beschrieben wird, ist der Stimulus. Es folgt der abgesetzte Arbeitsauftrag und die Antwort bzw. Musterlösung.

Aufgabe 1: Webseitenabruf

Eine Webseite soll vom Rechner mit der IP-Adresse 83.44.54.9/16 vom Rechner mit der Adresse 134.55.54.10/16 abgerufen werden (siehe Abbildung 3.6).

Erläutern Sie, was passiert, wenn Vermittlungsrechner 2 ausfällt!

Musterlösung: Die Rechner gehören zu verschiedenen Rechnernetzen, weil die Netz-kennung 83.44.0.0 bzw. 134.55.0.0 ist. Zwischen den zwei Rechnernetzen besteht in dem gegebenen Internetwork keine alternative Verbindung. Daher ist der Webseitenabruf nicht möglich.

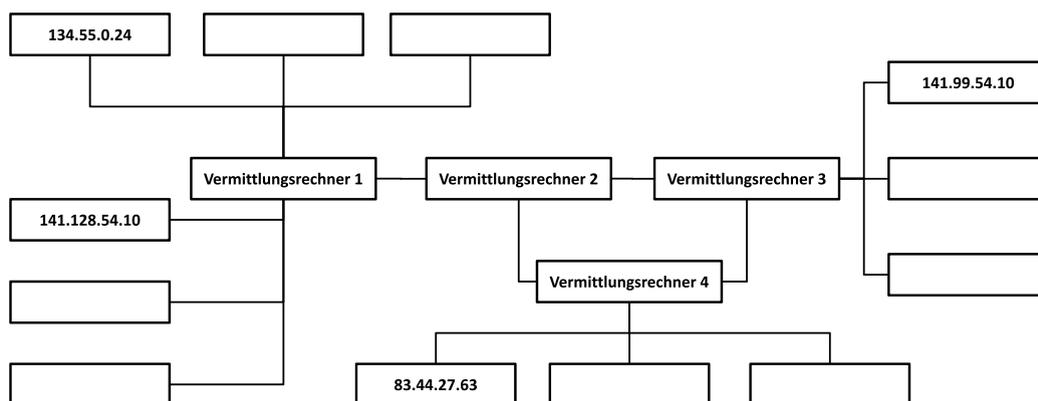


Abbildung 3.6: Internetwork zu Beispielaufgaben

Teil des Sachverhalts ist das gegebene Internetwork und die IP-Adressen der am Datenaustausch beteiligten Rechner. Zur Bearbeitung der Aufgabe ist es erforderlich, zu den gegebenen IP-Adressen anhand der Netzmaske die Netz-kennung zu bestimmen. Das Resultat ist dann eine Zuordnung von IP-Adressen zu Rechnern im abgebildeten Internetwork. Zur Beantwortung der Aufgabenstellung muss auf diese Weise der gegebene informatische Sachverhalt erweitert werden und das Ergebnis mit Bezug zur Fragestellung als Text dargestellt werden.

Beschreibung einer Aufgabenklasse durch das notwendige Wissen

Aufgabenklassen und damit das notwendige informatische Wissen können auf zwei verschiedene Weisen beschrieben werden. Entweder durch den in der Aufgabe dargestellten Sachverhalt (auch Rahmenbedingungen) und die Fragestellung (vgl. Brinda, 2004, S. 69) oder aber direkt durch das Wissen, das erforderlich ist, um vom gegebenen zum gesuchten Sachverhalt zu gelangen. Im Hinblick auf den Sachverhalt ist offensichtlich, dass das notwendige Wissen durch das Resultat oder durch das anzuwendende Verfahren bezeichnet werden kann. Denkbar ist aber auch, dass

das notwendige Wissen Teil der Situation ist, wenn aus Rahmenbedingungen direkt Bezüge auf weitere und damit indirekt enthaltene Informationen gegeben sind, die zur Aufgabebearbeitung erforderlich sind. Die Einschränkung auf einen Bestandteil des Sachverhalts ist also nicht angemessen, weil jeder Bestandteil durch den Stimulus gegeben oder aber eine Voraussetzung im Hinblick auf das Wissen der Lernenden sein kann.

Das Vorgehen zur Beschreibung von Aufgabenklassen durch die Analyse vorhandener Aufgaben stellt einen direkten Bezug zwischen Aufgabe und Aufgabenklasse her. Die Beschreibung informatischen Wissens, das durch eine Aufgabenklasse repräsentiert und in Aufgabenklassen vernetzt wird, erlaubt jedoch, dass einer Aufgabe mehrere Aufgabenklassen zuzuordnen sind. In dieser Arbeit wurde eine Beschreibung der Aufgabenklassen mit direktem Bezug zu notwendigem Wissen verwendet. Damit ist allerdings verbunden, dass zu einer beschriebenen Aufgabenklasse möglicherweise keine Aufgabe existiert. Aufgabenklassen können dann zum Ausgangspunkt für die Gestaltung einer Aufgabe verwendet werden. Aufgaben beziehen sich also entweder auf genau eine Aufgabenklasse oder vernetzen das notwendige Wissen verschiedener Aufgabenklassen.

Zur Illustration des Zusammenhangs zwischen Aufgabe und Aufgabenklasse wird ein weiteres Aufgabenbeispiel dargestellt, das sich auch auf Abbildung 3.6 bezieht:

Aufgabe 2: E-Mail-Versand

Anhand der Kopfdaten einer E-Mail wurden die Rechner bestimmt, die an der Übertragung der Nachricht beteiligt waren. Die E-Mail vom Rechner mit der IP-Adresse 141.128.44.5/16 über den Mailserver mit der Adresse 141.128.0.24/16 zum Rechner des Empfängers mit der IP-Adresse 83.44.54.10/16 verschickt (siehe Abbildung 3.6).

Erläutern Sie, welche Vermittlungsrechner auf dem Übertragungsweg liegen!

Musterlösung: Die Rechner des Absenders und der Mailserver gehören zu dem Rechnernetz mit der Netzkennung 141.128.0.0. Für den ersten Schritt wird daher kein Vermittlungsrechner benötigt. Der Rechner des Empfängers gehört zum Rechnernetz mit der Netzkennung 83.44.0.0. Für die Übertragung vom Mailserver zum Rechner des Empfängers müssen daher zumindest die Vermittlungsrechner 1, 2 und 4 passiert werden.

Das notwendige Wissen ist wie in Aufgabe 1 Bestandteil des Verfahrens zur Vergabe von IP-Adressen in Internetworks. Zur Lösung der Aufgabe ist es notwendig, den Zusammenhang zwischen IP-Adresse, Netzmaske und Netzkennung anwenden zu können. Dieses Wissen wird sowohl in Aufgabe 1 im Kontext des Webseitenabrufs, wie auch in Aufgabe 2 zum E-Mail-Versand verwendet. Daher gehören beide Aufgaben zur gleichen Aufgabenklasse, obwohl der Stimulus variiert wurde.

Zur Beschreibung des notwendigen Wissens gehören die möglicherweise vernetzten Fachkonzepte und die Art des Wissens über die Fachkonzepte. Anderson u. a. (2001) beschreiben in der überarbeiteten Lernzieltaxonomie von Bloom verschiedene Wissenskategorien. Sie unterscheiden Faktenwissen, Konzeptwissen, prozedurales Wissen und Metawissen. Metawissen bezieht sich auf Lernen, wobei von spezifischen Inhalten abstrahiert wird. Die Aufgabenklassen beziehen sich aber ausdrücklich auf informatische Inhalte. Daher wird Metawissen bei der Beschreibung von Aufgabenklassen zu Internetworking nicht einbezogen. Faktenwissen und Konzeptwissen ist deklaratives Wissen. Der Unterschied zwischen diesen zwei Wissenskategorien besteht darin, dass Faktenwissen nur sehr einfaches, isoliertes Wissen darstellt, während Konzeptwissen komplexer ist. Prozedurales Wissen besteht in der Regel aus Wissen über einen Ablauf, ein sequentielles Vorgehen oder über bestimmte Methoden. Wissen über einen Ablauf, ein Vorgehen oder eine Methode muss aber von der Anwendung deklarativen Wissens unterschieden werden. Die

Anwendung deklarativen Wissens wird durch eine konkrete Tätigkeit beschrieben. Die oben illustrierte Aufgabenklasse bezieht sich auf das Konzeptwissen, wie eine IP-Adresse aufgebaut ist. Dieses Wissen muss zur Bestimmung der Komponenten Netzkenntung und Rechnerkenntung angewendet werden. Mit den Wissenskategorien wird eine Stufung vom Konkreten zum Abstrakten beschrieben (vgl. Anderson u. a., 2001, S. 5). Aufgabenklassen werden dann durch Faktenwissen, Konzeptwissen oder prozedurales Wissen mit Bezug zu Internetworking beschrieben.

3.2.3 Inhaltsbezogene Strukturierung von Aufgabenklassen

Vernetzung von Aufgabenklassen

Aufgabenklassen beziehen sich mit dem notwendigen Wissen zur Bearbeitung einer Aufgabe auf Inhalte des Informatikunterrichts. Die fundamentalen Ideen sind nicht unmittelbare Inhalte des Unterrichts (vgl. Modrow, 2003, S. 50), genauso wie Produkte nicht geeignet dazu sind, Inhalte des Unterrichts zu beschreiben (vgl. Hubwieser, 2005, S. 29). Die Aufgabenklassen werden daher auf der Ebene von Fachkonzepten, die von produktspezifischen Details abstrahieren, beschrieben.

Der Themenbereich Internetworking umfasst eine Anzahl von Fachkonzepten, die zur Bewältigung der Komplexität eine Strukturierung erforderlich macht. Zur Orientierung in einer Sammlung von Aufgabenklassen sollen die Klassen nach fachlichen und fachdidaktischen Kriterien strukturiert werden. Brinda (2004) schlägt eine Baumstruktur vor, in der jeder Knoten für eine Aufgabenklasse steht. Die Kanten zwischen den Klassen beschreiben dann eine „Teil von“-Beziehung. Die Konsequenz daraus, dass Aufgabenklassen in einer Baumstruktur als Knoten auf verschiedenen Stufen angeordnet werden können, ist, dass Aufgabenklassen innerer Knoten die Vernetzung der untergeordneten Knoten darstellen. Zu Internetworking ist eine solche Strukturierung nicht geeignet, wenn auch Aufgaben mit Bezug zu einer Anforderungssituation mit internetbasierten Informatiksystemen erstellt werden sollen. Eine wichtige Eigenschaft von Anforderungssituationen der Lebens- und Arbeitswelt ist schließlich, dass zur Bewältigung Wissen vielfältig vernetzt werden muss. Die Beschreibung von Aufgabenklassen auf der Basis von Aufgaben, die mit Bezug zu Anforderungssituationen erstellt würden, resultierte dann in einer schlecht strukturierten großen Zahl von Aufgabenklassen. Die zu beschreibenden Aufgabenklassen müssen also unabhängig voneinander sein, können aber vernetzt werden, ohne dass vorab eine diesbezügliche Einschränkung erfolgt. Die Strukturierung der Aufgabenklassen umfasst dann keine unterschiedlichen Stufen. Daher werden konkrete Aufgabenklassen mit Bezug zu elementaren Wissens-elementen beschrieben, die in abstrakten Aufgabenklassen – zu denen möglicherweise vorab keine Aufgabe existiert – vernetzt werden können.

Zur Strukturierung von Aufgabenklassen wird also keine hierarchische Anordnung realisiert, sondern es werden Teilbereiche beschrieben. Anforderungen an die Strukturierung durch Teilbereiche werden aus der Funktion abgeleitet, dass sie Möglichkeiten der Vernetzung aufzeigen. Dabei können zwei Arten der Vernetzung unterschieden werden:

1. Vernetzung innerhalb eines Teilbereichs: Den Fachkonzepten liegen die gleichen oder ähnliche Ideen zugrunde. Zur Ausdifferenzierung können verschiedene Fachkonzepte in Aufgaben zueinander in Bezug gesetzt werden.
2. Bereichsübergreifende Vernetzung: In komplexen Anforderungssituationen werden voneinander unabhängige Fachkonzepte – unabhängig im Sinne von Voraussetzungsrelationen – durch einen Kontext verknüpft.

Die Teilbereiche müssen daher fachwissenschaftlich begründete Zusammenhänge beschreiben.

Typische Aufgaben zur ersten Vernetzungsart gehen von einem Fachkonzept aus und ordnen dies in einen größeren Zusammenhang ein, indem Unterschiede, Gemeinsamkeiten und wechselseitige Beeinflussung untersucht werden. Deutlich wird das am Beispiel der folgenden Aufgabe:

Aufgabe 3: Zuverlässiger Datenaustausch

Erläutern Sie, wie zuverlässige Datenübertragung zu einer aufgebauten logischen Verbindung in paketvermittelnden Rechnernetzen gewährleistet werden kann.

Musterlösung: In paketvermittelnden Rechnernetzen können einzelne Dateneinheiten verloren gehen und die Reihenfolge, in der die Dateneinheiten eintreffen, vertauscht werden. Jeder zu versendenden Dateneinheit wird daher eine laufende Nummer angehängt. Die Empfängerseite nutzt die Nummer, um die korrekte Reihenfolge wieder herzustellen und um dem Sender den fehlerfreien Empfang zu bestätigen. Verlorene Dateneinheiten können dann wiederholt verschickt werden.

In dieser Aufgabe wird das Wissen über den Ablauf des Datenaustauschs im Internet zur Paketvermittlung und zum zuverlässigen Datenaustausch vernetzt, indem eine Anforderung an das Internet und die Lösungsstrategie als Teil des informatischen Sachverhalts benötigt werden. Beide Fachkonzepte beschreiben einen Teilaspekt zum Ablauf des Datenaustauschs im Internet. Sie weisen daher einen Bezug zur Masteridee Algrithmisierung auf (siehe Abschnitt 2.1). Die vernetzten Fachkonzepte weisen hinsichtlich der zugrunde liegenden Idee eine Gemeinsamkeit auf.

Typische Aufgaben zur zweiten Vernetzungsart gehen von einer Anforderungssituation aus, die zumeist mit einem konkreten Produkt verbunden ist, und erfordern die Verknüpfung verschiedener Fachkonzepte mit dem Produkt zur Lösung der Aufgabe.

Aufgabe 4: Anonymität im Internet

Begründen Sie, unter welchen Umständen es möglich ist, Teilnehmer im Internet zu identifizieren!

Musterlösung: Um Daten im Internet auszutauschen, ist es erforderlich, dass einem Rechner eine eindeutige IP-Adresse zugeordnet wird, die den Standort des Rechners beschreibt. Die Adresse muss zum Empfang von Daten veröffentlicht werden, weil damit die Paketvermittlung zum Rechner des Teilnehmers erfolgt. Auch zum Versand von Daten ist der Datenempfang erforderlich, wenn eine logische Verbindung hergestellt wird. Ein Teilnehmer kann dann identifiziert werden, wenn die Organisation, die das Rechnernetz verwaltet, zu dem der Rechner des Teilnehmers gehört, vergebene IP-Adresse und Teilnehmer einander zuordnen kann.

Zur Beantwortung dieser Aufgabe ist Wissen über den Aufbau von Internetworks und im Besonderen zu IP-Adressen notwendig, weil damit eine eindeutige Bestimmung des Standortes eines Rechners über die Netzkennung möglich ist. Damit ist die Masteridee der strukturierten Zerlegung verbunden. Außerdem ist Wissen darüber, wie Daten im Internet ausgetauscht werden, erforderlich, weil daraus resultiert, dass die IP-Adresse veröffentlicht werden muss. Dieses Wissen bezieht sich auf die Masteridee der Algrithmisierung. Im Hinblick auf die zugrunde liegende Idee unterscheiden sich die Fachkonzepte voneinander.

Aus der Anforderung, dass die Aufgabenklassen nicht durch „Teil von“-Beziehungen verbunden werden, resultieren Erkenntnisse zur geeigneten Beschreibung von Aufgabenklassen. „Teil von“-Beziehungen können entweder darauf beruhen, dass Wissen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen beschrieben wird oder dass Wissen vernetzt wird. Um geeignete Fachkonzepte zur Beschreibung von Aufgabenklassen auszuwählen ist es daher erforderlich, dass die Beziehungen zwischen den Fachkonzepten aufgedeckt werden.

Strukturierungskriterien zur Beschreibung von Teilbereichen

Die Informatik bietet zur Strukturierung der Fachkonzepte zu Internetworking die Modularisierung mit Schichtenmodellen an. Der Autor hält diese Strukturierung für Lehr-Lernprozesse aus zwei Gründen für ungeeignet:

- Eine eindeutige Zuordnung eines Fachkonzepts zu einer Schicht ist in vielen Fällen nicht möglich. Gründe dafür sind, dass ein Fachkonzept in mehreren Schichten Anwendung findet oder dass die Funktionalität, die durch ein Fachkonzept beschrieben wird, zugleich mehrere Schichten beeinflusst (vgl. Peterson und Davie, 2004, S. xix). Beispiele dafür sind die Fachkonzepte Protokoll, das auf allen Schichten zu finden ist, und Fehlererkennung, die auf der Netzzugangsschicht und bzw. oder auf der Transportschicht realisiert werden kann.
- Es ist teilweise erforderlich, dass Fachkonzepte in einem schichtenübergreifenden Zusammenhang untersucht werden. Im Informatikunterricht können Entwurfsentscheidungen nicht ohne die damit zusammenhängende Ursache untersucht werden. Die Ursache, die zur Realisierung einer Funktionalität geführt hat, muss aber nicht zwingend in der gleichen oder direkt angrenzenden Schicht lokalisiert sein. Ein Beispiel dafür ist der zuverlässige Datenaustausch, wie er auf der Transportschicht realisiert wird. Die Ursache dafür kann darin liegen, dass ein Übertragungsfehler auf der Netzzugangsschicht oder dass ein Pufferüberlauf auf der Vermittlungsschicht auftritt.

Benötigt wird also eine systematische Strukturierung des Bereichs Internetworking nach fachdidaktischen Kriterien.

Peterson und Davie (2004) bezeichnen ihren Ansatz zur Gliederung des Lehrbuchs als systemorientierte Einführung. Dieser Ansatz beruht auf einer Reihe didaktischer Überlegungen. Die Gliederung der Inhalte erfolgt nicht strikt nach dem Schichtenmodell. Vielmehr werden wichtige Konzepte, die auf verschiedenen Schichten relevant sind, unabhängig von den Schichten behandelt:

„Kurz: wir halten das Schichtenmodell für einen guten Diener, aber schlechten Meister. Es ist vorteilhafter, eine Ende-zu-Ende-Perspektive einzunehmen“ (Peterson und Davie, 2004, S. xix).

Außerdem behandeln sie Protokolle nicht abstrakt sondern veranschaulichen die Konzepte anhand der wichtigsten Protokolle des Internets. Zum Verstehen der Funktionsweise des Internets reicht es nicht aus, allein die verschiedenen Komponenten zu verstehen. Vielmehr betonen sie, dass es wichtig ist, Rechnernetze aus der Ende-zu-Ende-Perspektive zu betrachten und die Zusammenhänge zwischen den Software- und Hardwarekomponenten, die am Datenaustausch beteiligt sind, zu verstehen. Daraus lassen sich zwei wichtige Prinzipien formulieren: Zum einen erfolgt die Gliederung nicht nach den Schichten sondern nach unterschiedlichen Sichtweisen auf Rechnernetze. Und zum zweiten erfordert die Ende-zu-Ende-Perspektive eine ganzheitliche Betrachtung des Datenaustauschs. Als wichtiges Prinzip wird mit der Ende-zu-Ende-Perspektive also betont, dass mit den Teilbereichen immer eine Gesamtsicht auf Internetworking ermöglicht wird und nicht auf Schichten als isolierte funktionale Module.

Als Ausgangspunkt zur Beschreibung von Bildungsanforderungen zu Internetworks wurden bereits Internetanwendungen und -dienste sowie Informationssicherheit identifiziert (vgl. Abschnitt 2.2). In den Lehrbüchern werden diese Bereiche entweder zu Beginn zur Beschreibung von Anforderungen an Internetworks oder am Ende aufbauend auf grundlegende Fachkonzepte erläutert. Als zwei wichtige Bereiche, die Bezüge zu Alltagserfahrungen der Lernenden herstellen, werden daher zur Strukturierung der Aufgabenklassen die Teilbereiche *Internetanwendungen und -dienste* und *Informationssicherheit* gewählt. Die Analyse von Internetanwendungen und -diensten führte zu den Teilbereichen *Aufbau des Internets* mit Bezug zu fundamentalen Ideen der Informatik, die der Masteridee strukturierte Zerlegung zugeordnet werden, *Schichtenarchitektur* mit Bezug zur Masteridee Formalisierung und *Funktionsprinzipien des Internets* mit Bezug zur Ma-

steridee Algorithmisierung. In Abbildung 3.7 werden Zusammenhänge zwischen diesen Bereichen dargestellt.

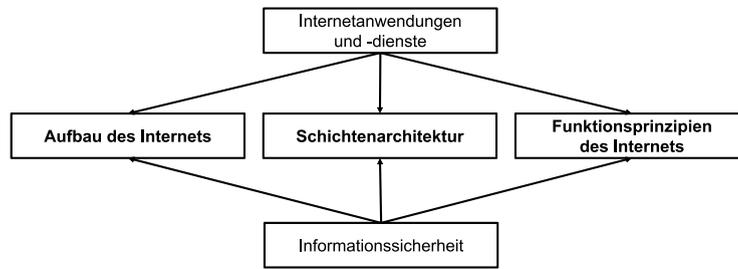


Abbildung 3.7: Übersicht zu den Teilbereichen zu Internetnetworking

Um „Teil von“-Beziehungen zwischen den Fachkonzepten zu vermeiden, werden die Beziehungen zwischen den Fachkonzepten anhand von drei Lehrbüchern zu Rechnernetzen (Kurose und Ross, 2002; Peterson und Davie, 2004; Tanenbaum, 2005) untersucht. Lehrbücher enthalten implizit fachdidaktisches Wissen, das für die didaktische Diskussion expliziert werden muss. Ein besonderer Schwerpunkt der Lehrbuchanalyse lag dabei auf den einleitenden Kapiteln. Vorteile liegen dabei darin, dass dort noch keine Strukturierung nach dem Schichtenmodell vorgenommen und dass ein Überblick über die wichtigsten Fachkonzepte und die Zusammenhänge dargestellt wird. Zur Auswahl von Fachkonzepten zu Internetnetworking werden folgende Kriterien berücksichtigt:

- *Beitrag zur informatischen Bildung*: Fachkonzepte werden mit Bezug zu den fundamentalen Ideen der Informatik ausgewählt.
- *Abstraktion von produktspezifischen Details*: Die Bildungsziele wurden aus Alltagssituationen mit internetbasierten Informatiksystemen begründet. Es geht dabei nicht um die Entwicklung internetbasierter Informatiksysteme. Insbesondere produktspezifische Details werden daher nicht berücksichtigt.
- *Kognitives Anforderungsniveau*: Die kognitiven Voraussetzungen von Lernenden der Sekundarstufe müssen angemessen berücksichtigt werden. Insbesondere solche Inhalte, zu deren Verständnis vertieftes mathematisches Vorwissen erforderlich ist, werden nicht ausgewählt, soweit sie nicht Voraussetzung für unverzichtbare Fachkonzepte sind.
- *Orthogonalität der Fachkonzepte*: Orthogonalität wird im Hinblick auf zugrunde liegende Prinzipien und Methoden gefordert. Dabei treten zwei besondere Schwierigkeiten auf. In dem Fall, dass in einem Teilbereich Beziehungen zwischen überschneidenden Fachkonzepten bestehen, werden die Fachkonzepte so ausgewählt, dass sie einen Umfang aufweisen, der vergleichbar zu anderen Fachkonzepten des Teilbereichs ist. In dem Fall, dass zwischen Fachkonzepten verschiedener Teilbereiche Überschneidungen bestehen, wird mit der Zuordnung zum Teilbereich eine Aussage darüber verbunden, welche Aspekte des Fachkonzepts einbezogen werden. Diese Schwierigkeit tritt insbesondere im Zusammenhang des Schichtenmodells auf.

Es konnten jeweils Beziehungen zwischen Fachkonzepten der Teilbereiche identifiziert werden. Schwerpunkt der Analyse sind jedoch die Beziehungen innerhalb der Teilbereiche. Berücksichtigt werden die Vorwissensbeziehungen korrelative und derivative Subsumtion und übergeordnete Beziehung (vgl. Abschnitt 3.1.2). Die kombinatorische Beziehung beschreibt gerade eine „Teil-von“-Beziehungen, die durch die geeignete Auswahl von Fachkonzepten nicht auftreten darf. Erkenntnisse aus den Lehrbüchern zu den drei Teilbereichen werden im Folgenden näher beschrieben.

Teilbereich Aufbau des Internets

Im ersten Teilbereich werden die Fachkonzepte untersucht, die einen Beitrag zur Masteridee strukturierte Zerlegung leisten. Kurose und Ross (2002) beginnen mit dem Aufbau des Internets mit Endsystemen, die sie als Client und Server unterscheiden. Sie fahren fort mit der Komponente Switch und mit Zugangsnetzwerken für die Verbindung zum Internet Service Provider (ISP). Dieses Wissen wird dazu genutzt, die Verbindung von Rechnernetzen durch verbindende Rechnernetze (Internetworks) und die hierarchische Organisation des Internets durch lokale und regionale ISP's und nationale Service Provider (NSP) zu erläutern. Nach der Erläuterung des Schichtenmodells zur Strukturierung der Software in Rechnernetzen erläutern Kurose und Ross (2002), wie sich die Funktionalität von verschiedenen Hardwarekomponenten durch die Implementierung unterschiedlicher Schichten beschreiben lässt. Peterson und Davie (2004) beginnen ebenso mit den Hardwarekomponenten Endsystem, Switch und Router. Sie fahren mit der Unterscheidung zwischen lokalen Rechnernetzen und verbindenden Rechnernetzen fort. Die hierarchische Organisation des Internets adressieren sie mit der geographischen Ausbreitung der Rechnernetze, wobei sie Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN) und Wide Area Network (WAN) unterscheiden. Die Unterscheidung von Rechnernetzen nach ihrer Ausbreitung ist insbesondere dafür nützlich, weil verschiedene Technologien zur Datenübertragung genutzt werden. Da der Schwerpunkt Internetworking allerdings gerade von Aspekten der physischen Übertragung abstrahiert, ist diese Unterscheidung hier von untergeordneter Bedeutung. An die Einführung zum Aufbau des Internets wird die Thematik der Adressierung angeschlossen. Tanenbaum (2005) erläutert ebenso die Hardwarekomponenten und klassifiziert die Rechnernetze nach der geographischen Ausbreitung. Der Aufbau und die organisatorische Gliederung des Internets werden im Zusammenhang der Themen IP-Adressierung und DNS konkretisiert. Diese Adressierungsschemata beziehen sich direkt auf die physische und organisatorische hierarchische Gliederung des Internets. Neben diesem eher auf den Aufbau der Hardware fokussierten Ansatz knüpft Tanenbaum an, wenn er als weiteres Strukturierungsmerkmal verschiedene Schichtenmodelle erläutert. Die Beziehungen zwischen den identifizierten Inhalten werden in Abbildung 3.8 dargestellt.

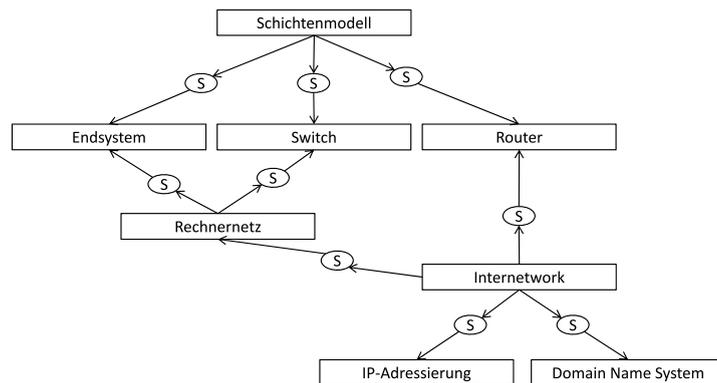


Abbildung 3.8: Abhängigkeiten der Fachkonzepte zum Aufbau des Internets

Als Fachkonzepte, die von konkreten Produkten abstrahieren, konnten damit folgende Inhalte bestimmt werden:

- Stationen²,
- Rechnernetze,
- Internetworks,

²Nach Rechenberg und Pomberger (2006) wird hier der Begriff Stationen für Endsysteme und Netzknoten verwendet.

- Adressierung,
- Schichtenmodell.

Die Fachkonzepte Stationen und Rechnernetze beschreiben die Modularisierung der Funktionalität durch physische Komponenten. Internetworks und die Adressierung beziehen sich auf die fundamentale Idee Hierarchisierung und Schichtenmodelle beschreiben wiederum die Modularisierung komplexer internetbasierter Informatiksysteme. Die Fachkonzepte umfassen sowohl die physische Struktur wie auch die Strukturierung der Software.

Teilbereich Schichtenarchitektur

Der Teilbereich Schichtenarchitektur ist geprägt durch die Masteridee Formalisierung. Kurose und Ross (2002) beginnen dabei mit dem Protokoll im Kontext des Client-Server-Prinzips. In einem folgenden Abschnitt illustrieren sie das Konzept der Schichtenarchitektur unter Bezugnahme auf Protokolle und führen es fort mit Protokolldateneinheiten (PDU – Protocol Data Unit). Danach erklären sie das Konzept des Dienstmodells und allgemeine Funktionen, die durch eine oder mehrere Protokollschichten implementiert werden. Datagramme werden dann als besondere Protokolldateneinheiten für paketvermittelnde Rechnernetze erläutert, die nicht virtuelle Kanäle (virtual circuits) verwenden. Außerdem gehen sie auf die Notwendigkeit von Zustandsinformationen in Netzknoten mit virtuellen Kanälen ein. Peterson und Davie (2004) beginnen ebenso mit dem abstrakten Konzept des Schichtenmodells zur Strukturierung der Komplexität von internetbasierten Informatiksystemen. Danach gehen sie auf Protokoll und Dienst mit der Unterscheidung von Partner- und Dienstschnittstellen ein (vgl. Peterson und Davie, 2004, S. 21f). Tanenbaum (2005) erläutert ausgehend vom Schichtenmodell zunächst den Begriff Protokoll und Protokolldateneinheiten, deren Aufbau durch Protokolle beschrieben wird. Außerdem verdeutlicht er den Unterschied zwischen Dienst und Protokoll. Dabei versteht er unter einem Dienst eine Gruppe von Operationen, die von einer Schicht zur Verfügung gestellt wird. Ein Protokoll beschreibt durch Regeln Format und Bedeutung der ausgetauschten Dateneinheiten. Die Beziehungen zwischen den identifizierten Inhalten werden in Abbildung 3.9 dargestellt.

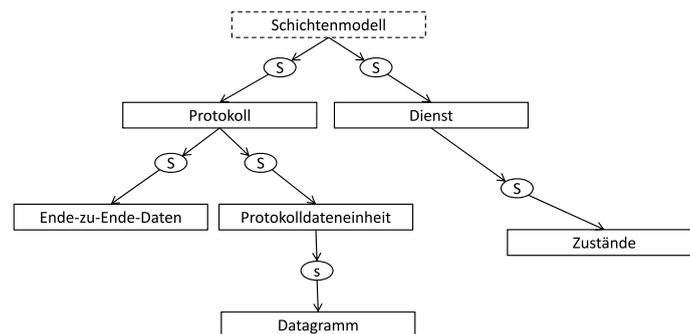


Abbildung 3.9: Abhängigkeiten der Fachkonzepte zur Schichtenarchitektur

Als Fachkonzepte, die von konkreten Produkten abstrahieren, konnten zur Schichtenarchitektur folgende Fachkonzepte bestimmt werden:

- Protokoll,
- Dienst,
- Protokolldateneinheiten,
- Ende-zu-Ende-Daten
- Zustandsinformationen

Dienste und Protokolle beschreiben mit ihren zugehörigen Schnittstellen zur darüber liegenden

Schicht bzw. zum entfernten Partner³ der Schicht Syntax und Semantik des Datenaustauschs. Protokolldateneinheiten wie auch Ende-zu-Ende-Daten werden durch eine Syntax beschrieben und Zustandsinformationen umfassen die fundamentale Idee der Zustände.

Teilbereich Funktionsprinzipien des Internets

Der Teilbereich Funktionsprinzipien des Internets bezieht sich auf die Masteridee Algorithmik. Kurose und Ross (2002) beschreiben zum verbindungsorientierten Dienst den zuverlässigen Datentransfer (oder Fehlerkontrolle), Flusskontrolle und Überlastkontrolle als Aufgaben der Endsysteme. Die Funktionalität der inneren Netzknoten unterscheiden sie im Hinblick auf Leitungs- und Paketvermittlung. Als weitere Funktionen von Rechnernetzen, die verschiedenen Schichten zugeordnet werden können, führen sie neben der Fehler- und Flusskontrolle die Segmentierung – und Reassemblierung –, Multiplexen von Daten bei der Übergabe von Protokolldateneinheiten an höhere Schichten und den Verbindungsaufbau an. Peterson und Davie (2004) unterscheiden mit Bezug zum Schichtenmodell auf der Transportschicht Anfrage-Antwort- und Nachrichtenstromkanäle und auf der Vermittlungsschicht Host-zu-Host-Konnektivität. Zur Übergabe zwischen den Protokollen für den Prozess-zu-Prozess-Datenaustausch in paketvermittelnden Rechnernetzen erläutern sie Multiplexen und Demultiplexen. Auch Tanenbaum (2005) geht auf die Funktionen der Schichten ein. Als wichtiges Funktionsprinzip beschreibt er den Anforderungs-Antwortdienst, der häufig zur Realisierung des Client-Server-Prinzips verwendet wird. Die Beziehungen zwischen den Fachkonzepten dieses Teilbereichs können dann wie in Abbildung 3.10 dargestellt werden.

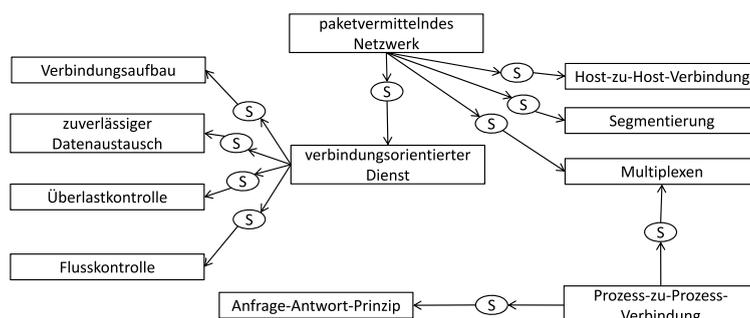


Abbildung 3.10: Beziehungen zwischen Fachkonzepten zu Funktionsprinzipien des Internets

Die Auswahl von Fachkonzepten, die einen vergleichbaren Umfang aufweisen, liefert folgende Fachkonzepte des Teilbereichs:

- Paketvermittlung,
- Anfrage-Antwort-Prinzip,
- zuverlässiger Datenaustausch,
- Flusskontrolle,
- Überlastkontrolle,
- Verbindungsaufbau.

Die Fachkonzepte weisen alle einen Bezug zu den fundamentalen Ideen Prozess und Nebenläufigkeit auf, die der Masteridee Algorithmisierung zugeordnet sind.

³Partner wird hier mit Bezug auf Peterson und Davie (2004, S. 21) für den in der Fachliteratur häufig verwendeten Begriff Peer verwendet.

Eine strukturierte Sammlung von Aufgabenklassen durch Teilbereiche

Die Teilbereiche zu Internetnetworking mit zugeordneten Fachkonzepten sind in Abbildung 3.11 dargestellt. Aufgabenklassen ergeben sich aus der Verknüpfung der Fachkonzepte mit der Wissenskategorie – Faktenwissen, Konzeptwissen und prozedurales Wissen. Das notwendige Wissen, dass einer Aufgabenklassen zuzuordnen ist, wird beschrieben durch

1. Zugehörigkeit zu einem der Teilbereiche zu Internetnetworking,
2. einem Fachkonzept und
3. die Unterscheidung der Wissenskategorie.

Eine Aufgabenklasse mit Bezug zu einem Fachkonzept wird auch durch die Zugehörigkeit zu einem Teilbereich konstituiert. Die dargestellten Aufgabenklassen sind dann orthogonal zueinander und werden in Aufgaben vernetzt. Jedem Bereich können mehrere Fachkonzepte zugeordnet werden, wobei zum einen Produkte und zum anderen Fachkonzepte, die andernfalls durch „Teil von“-Beziehungen mehrfach auftauchen, nicht berücksichtigt wurden.

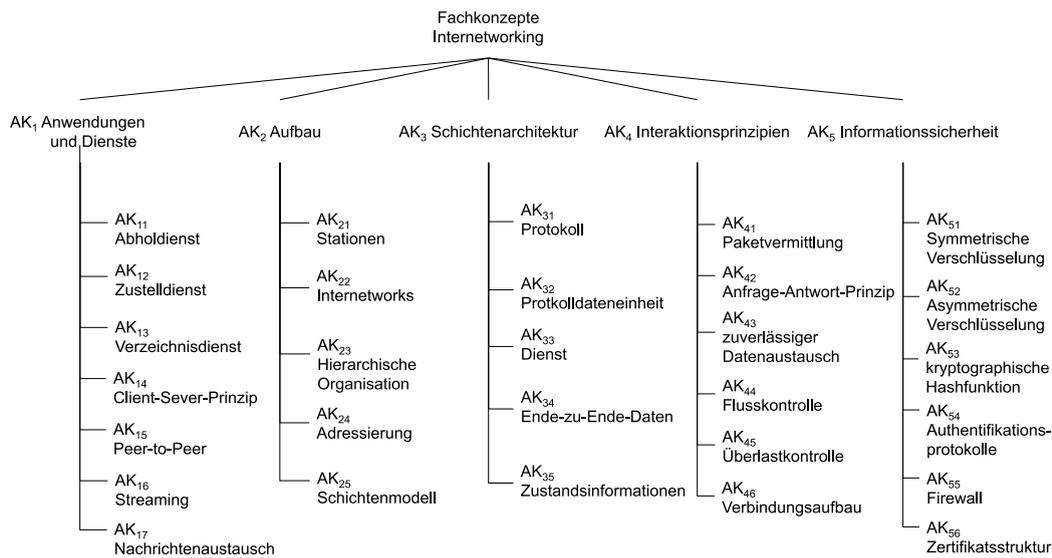


Abbildung 3.11: Strukturierung von Aufgabenklassen zu Internetnetworking

Aufgaben mit einem Lebensweltbezug gehen häufig mit Produkten über die mit den Aufgabenklassen beschriebenen Inhalte hinaus. Wenn beispielsweise eine E-Mail verschlüsselt übertragen werden soll, ist es notwendig, dass neben dem prozeduralen Wissen zur Verwendung der asymmetrischen Verschlüsselung auch Wissen zum E-Mail-Programm vorhanden ist. Mit den Aufgabenklassen soll gerade der Schwerpunkt auf die grundlegenden Prinzipien und Methoden der Informatik gelegt werden. Die Aufgabenklassen beschreiben dann den *informatischen Kern* der Aufgabe.

Die Verknüpfung der Wissenskategorie mit dem Fachkonzept zur Beschreibung des informatischen Kerns wird am Beispiel des Fachkonzepts Client-Server-Prinzip (AK₁₄) illustriert:

AK_{14F} (Faktenwissen): Ein Server ist ein Programm, das Ressourcen in Rechnernetzen zum Abruf verfügbar macht. Ein Client ist ein Programm, das Ressourcen, die von einem Server bereit gestellt werden, in Anspruch nimmt.

AK_{14K} (Konzeptwissen): Das Client-Server-Prinzip beschreibt eine grundlegende Architektur von verteilten Anwendungen im Internet, um auf Ressourcen zuzugreifen.

AK_{14P} (Prozedurales Wissen): Zunächst muss ein Server sich in dem Zustand befinden, in dem er eingehende Verbindungsanfragen annimmt. Ein Client kann dann eine Verbindungsan-

frage stellen, die vom Server angenommen wird. Der Datenaustausch findet nach zuvor festgelegten Regeln statt.

3.2.4 Merkmale zur Konstruktion und Analyse von Aufgaben

Stimulus und Repräsentationsstufen

Die Gestaltung der Test-Items für das Program for International Student Assessment (PISA) folgte dem Schema, dass ein Stimulus und eine Frage dargestellt werden. Khalil (2006) hat in seiner durch den Autor betreuten Diplomarbeit die formale Gestaltung von Aufgaben nach dem PISA-Muster untersucht. Dabei ist er auf die Stimulus- und Antworttypen eingegangen. Der Stimulus wurde entweder als Text, Tabelle oder graphisch als Diagramm bzw. als spezifische Abbildungen wie beispielsweise eine Landkarte dargestellt. Außerdem traten auch Kombinationen auf. Einen Ansatz, um die verschiedenen Stimulustypen im Hinblick auf die damit verbundenen kognitiven Anforderungen zu systematisieren, stellt die Unterscheidung enaktiver, ikonischer und symbolischer Repräsentationsstufen dar, die Bruner u. a. (1966) unterscheiden. Diese Repräsentationsstufen wurden zunächst im Sinne von kognitiven Repräsentationen beschrieben und erst später auf Unterrichtsmittel übertragen.

Repräsentationsstufe	Beschreibung
Enaktive Repräsentationen	sind handlungsbezogene Darstellungen. Durch das Handeln mit Objekten und die sinnlich erfahrbaren Veränderungen, die daraus entstehen, werden Eigenschaften der Objekte erfahrbar.
Ikonische Repräsentationen	beschreiben Sachverhalte bildhaft. Durch anschauliche Abbildungen, Visualisierungen oder auch anschauliche Erzählungen werden Eigenschaften der Objekte bzw. Sachverhalte erschlossen.
Symbolische Repräsentationen	beruhen auf der Verwendung von Zeichen oder Zeichenfolgen, denen keine anschauliche Ähnlichkeit zu ihrem Sinngehalt zugrunde liegt. Beispiele dafür sind Texte oder mathematische Formeln.

Tabelle 3.2: Repräsentationsstufen (vgl. Hartmann u. a., 2007, S. 116)

In Tabelle 3.2 werden enaktive, ikonische und symbolische Repräsentationsstufe beschrieben. Jank und Meyer (2005) erläutern die Bedeutung aller drei Repräsentationen auch zu einem späteren Zeitpunkt der persönlichen Entwicklung:

„Die drei Modi der enaktiven, ikonischen und symbolischen mentalen Repräsentation nach Jerome S. Bruner [...] werden zwar schrittweise aufgebaut, bleiben aber über die gesamte Lebensspanne hinweg präsent [...]: Komplexe mentale Repräsentationen erfordern die Integration aller drei Modi – also auch des enaktiven, vorwiegend handlungsbezogenen Modus. [...] Für den Aufbau mentaler Repräsentationen – und damit für das Lernen – ist das Wechselspiel zwischen Kognition und Handlung konstitutiv“ (Jank und Meyer, 2005, S. 322).

Mit den Repräsentationsstufen ist eine steigende Abstraktion der Darstellung von Aufgaben verbunden. Ein Beispiel aus dem Unterricht zu HTTP veranschaulicht die Unterscheidung der drei Stufen.

Aufgabe 5: Webseitenabruf mit HTTP

Vom Rechner `www.lehrbuch.de` soll die Webseite `einleitung.html` abgerufen werden. Dazu wird der Befehl `GET` verwendet.

Beschreiben Sie den Ablauf!

Varianten der Aufgabe ergeben sich, indem als Stimulus der Abruf einer anderen Webseite dargestellt wird. Für eine enaktive Repräsentation ist es erforderlich, dass der Abruf der Webseite über eine TCP/IP-Verbindung tatsächlich erfolgt. Lernende beobachten so direkte Rückmeldungen zu Handlungen. Die zweite Variante ist, dass eine ikonische Repräsentation mit einem Interaktionsdiagramm zur Verfügung steht, das den Datenaustausch zwischen Client und Server mit HTTP veranschaulicht. In der dritten Variante umfasst der Stimulus die textuelle Beschreibung des Abrufs. Der Schwierigkeitsgrad steigt mit der Repräsentationsstufe an.

In den analysierten PISA-Items wurden ausschließlich ikonische und symbolische Repräsentationen verwendet. Die Gestaltung enaktiver Aufgaben ist zunächst einmal damit verbunden, dass Objekte zur Verfügung stehen, an denen Manipulationen möglich sind. Hartmann u. a. (vgl. 2007, S. 117) sprechen von virtuell-enaktiven Repräsentationen, wenn die zu untersuchenden Objekte in einer rechnerbasierten Umgebung bereit gestellt werden, und von semi-enaktiven Repräsentationen, wenn die Manipulationen beispielsweise durch Lehrende durchgeführt und von Lernenden lediglich beobachtet werden. Khalil (2006) realisierte eine in diesem Sinne virtuell-enaktive Repräsentation des Stimulusmaterials, indem er eine interaktive Visualisierung zu Firewalls in eine Aufgabe einband. Die verschiedenen Repräsentationsstufen sind mit kognitiven Anforderungen der Lernenden, aber auch mit Anforderungen an die Gestaltung von Aufgaben verknüpft.

Fragestellung und Operatoren

Das kognitive Anforderungsniveau einer Aufgabe wird auch durch die konkrete Fragestellung oder den konkreten Arbeitsauftrag bestimmt. Die Fragestellung nimmt Bezug auf den Inhalt, aber sie wird nicht durch die Aufgabenklasse bestimmt. Die Verwendung von Operatoren für Aufgaben zur Leistungskontrolle beschreibt einen Aspekt der Anforderung zur Bearbeitung einer Aufgabenstellung.

„Ein *Operator* ist ein Aufforderungsverb (wie z. B. *erläutern*, *darstellen* oder *begründen*), dessen Bedeutung möglichst genau spezifiziert wird. Mittels Operatoren soll den Schülerinnen und Schülern verdeutlicht werden, welche Tätigkeiten und welche Lösungsdarstellung von ihnen erwartet werden. Der konsequente Einsatz von Operatoren bei der Formulierung von Arbeitsaufträgen soll der Missdeutung von Aufgabenstellungen entgegenwirken“ (Heming u. a., 2007, S. 63, Hervorhebungen im Original).

Auch diese Operatoren ermöglichen keine eindeutige Zuordnung zu einer Kompetenz (vgl. Humbert, 2006, S. 146). Anderson u. a. (2001) schlagen ebenso Verben zur Formulierung von operationalisierbaren Lernzielen vor, die dann einem kognitiven Prozess bzw. Anforderungsniveau zugeordnet werden. Die kognitive Dimension der Bloom'schen Lernzieltaxonomie ist daher dazu geeignet, um dieses Merkmal der Aufgabe näher zu beschreiben. Anderson u. a. (2001) beschreiben insgesamt 19 Typen kognitiver Prozesse, die sie sechs Kategorien zuordnen. Die erste Kategorie *Erinnern* zielt auf das Behalten ab, wohingegen die weiteren fünf Kategorien *Verstehen*, *Anwenden*, *Analyse*, *Synthese* und *Beurteilung* auf Transfer abzielen. Mit diesen Kategorien wird eine steigende kognitive Komplexität von Operatoren beschrieben.

Die folgende Aufgabe bezieht sich auf prozedurales Wissen zur asymmetrischen Verschlüsselung, d. h. zum Ablauf der Verwendung asymmetrischer Verschlüsselungsverfahren (AK_{52P}).

Aufgabe 6: Vertrauliche Nachricht

Beschreiben Sie die Funktionsweise zum Austausch einer vertraulichen Nachricht mit asymmetrischer Verschlüsselung, indem Sie die Abbildung (siehe Abbildung 3.12) ergänzen!

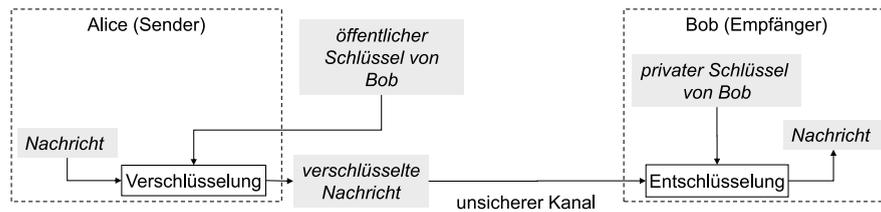


Abbildung 3.12: Aufgabe zur Verschlüsselung mit privatem Schlüssel (Musterlösung kursiv)

Mit Abbildung 3.12 wird die Aufgabe mit einer ikonischen Repräsentation dargestellt. Die Aufgabenstellung wird durch den Operator *Beschreiben* der Kategorie *Verstehen* zugeordnet.

Eine andere Aufgabe zur gleichen Aufgabenklasse ist folgende:

Aufgabe 7: Vertrauliche E-Mail

Führen Sie den vertraulichen Nachrichtenaustausch per E-Mail mit Ihrem Nachbarn durch. Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen zum Versand und Empfang!

Die Repräsentation in der Aufgabe entspricht durch den Handlungsbezug der enaktiven Repräsentationsstufe, weil das E-Mail-Programm Teil des Stimulus ist. Das ist eine leichtere Stufe als die vorherige Aufgabe. Der Operator ist *Durchführen*. Das ist der Kategorie *Anwenden* zuzuordnen. Demnach entspricht die Kategorie des Operators in der zweiten Aufgabe einem höheren Anforderungsniveau.

Antwort und Aufgabenformen

Durch die Untersuchung von PISA-Testitems identifizierte Khalil (2006) fünf Antworttypen – oder auch Aufgabenformen (vgl. Humbert, 2006, S. 148f), die in Tabelle 3.3 aufgeführt werden. Es besteht die Möglichkeit, jede der Aufgabenformen beispielsweise mit einer komplexen Berechnung zu verbinden. Für die verschiedenen Formen gilt daher, dass damit keine zwingende Aussage darüber verbunden ist, wie die Lösung erarbeitet wird.

Die Auswahl von Aufgabenformen erfolgt auf der Grundlage der Kriterien Auswertbarkeit und der Anforderung im Hinblick darauf, ob es möglich ist, ohne das notwendige Wissen trotzdem eine richtige Antwort zu finden. Insbesondere die Antworttypen Multiple-Choice und geschlossen konstruierte Antwort und gegebenenfalls auch Lückentexte und Ergänzung einer Tabelle lassen eine einfachere Auswertung zu, sind dafür aber unter Umständen auch mit einer höheren Wahrscheinlichkeit verbunden, dass richtige Antworten ohne das notwendige Wissen erstellt wurden. Für die anderen Antworttypen verhält sich dies umgekehrt (vgl. Khalil, 2006, S. 41ff). Bei der Auswahl formaler Antworttypen ist also zwischen leichter, automatisierbarer Auswertung und in einem beschränkten Maß der Aussagekraft von Resultaten abzuwägen.

Die Unterscheidung von geschlossen konstruierter und offen konstruierter Aufgabe hält der Autor für nicht geeignet. Damit wird lediglich für eine der Repräsentationen – für symbolische Repräsentation – eine Unterscheidung zwischen geschlossener und offener Aufgabe gemacht. Denkbar wäre eine solche Unterscheidung auch für die Konstruktion einer Zeichnung. Davon abgesehen werden somit aber auch inhaltliche und formale Aspekte verknüpft, ohne dass dies systematisch erfolgt. Der Autor schlägt vor, statt dessen von frei formuliertem Text zu sprechen.

Aufgabenform	Beschreibung
Multiple-Choice-Aufgaben	Entweder mussten dabei aus möglichen Antworten die richtige oder die richtigen bestimmt werden oder zu mehrere Aussagen mussten angenommen bzw. abgelehnt werden.
Geschlossen konstruierte Aufgaben	Die Antwort besteht dabei aus einer kurzen Antwort in Form einer Zahl oder eines Begriffs.
Offen konstruierte Aufgaben	Die Antwort kann hierbei zum einen länger sein. Zum anderen gibt es aber darüber hinaus unterschiedliche richtige Lösungen.
Lückentext bzw. Ergänzung einer Tabelle	Hierbei muss ein Text, eine Berechnung oder eben eine tabellarische Darstellung richtig ergänzt werden.
Ergänzung oder Konstruktion einer Zeichnung	Als Antwort wird die Vervollständigung oder Konstruktion einer graphischen Darstellung erwartet. Die Ergänzung kann auch dadurch erfolgen, dass ein Bereich markiert wird. Wenn eine Zeichnung konstruiert werden soll, so enthält die Aufgabenstellung eine Zeichnung, aus der die Konstruktion durch Transfer abgeleitet werden kann.

Tabelle 3.3: Aufgabenformen in PISA-Testitems (vgl. Khalil, 2006, S. 35ff)

Tätigkeiten der Lernenden und Aufgabentypen

Aufgabentypen beziehen sich auf Tätigkeiten, die zur Bearbeitung einer Aufgabe erforderlich sind. In einem ersten Ansatz zur Beschreibung analysierter Aufgaben für Internetworking wurden acht Aufgabentypen identifiziert (Freischlad und Schubert, 2007). Untersucht wurden Aufgaben zu Internetworking, die sowohl als Aufgaben zum Lernen wie auch zur Erfolgskontrolle eingesetzt worden sind (siehe Tabelle 3.4). Die verschiedenen Aufgabentypen sind daher auch unterschiedlich geeignet, um für Erfolgskontrollen eingesetzt zu werden. Sie beschreiben sowohl praktische, wie auch geistig-planerische Tätigkeiten, die ausgewogen im Lehr-Lernprozess eingebracht werden müssen. Zur Planung und Gestaltung von Lehr-Lernprozessen muss dann begründet werden, wie diese Aufgabentypen zum Wissens- bzw. Kompetenzerwerb beitragen.

Aufgabentyp	Erläuterung
Experiment	Ein Experiment umfasst die Formulierung einer Hypothese, die Begründung einer Teststrategie, Manipulation an einem oder mehreren Objekten und die Dokumentation und Auswertung der Beobachtungen.
Beobachtung	Die Lernenden führen praktische Operationen aus und dokumentieren die gemachten Beobachtungen.
Beschreibung	Die Lernenden beschreiben einen Ablauf, einen Prozess oder einen Begriff. Typischerweise ist dieser Aufgabentyp mit der Erstellung eines Textes, einer Abbildung oder dem Ergänzen eines Lückentextes verbunden.
Zuordnung	Eine Zuordnung wird zur Strukturierung von Wissen angewendet. Dies kann durch die Ergänzung ein- oder mehrdimensionaler Strukturen wie einer Tabelle oder einer Abbildung erfolgen.
Bewertung	Dazu müssen verschiedene Aussagen oder Sachverhalte bewertet werden. Die Antwort kann dann in Form von Multiple-Choice Aufgaben dargestellt werden.
Begründung	Entscheidungen müssen getroffen und schlüssig begründet werden.
Modellierung	In der Regel erfolgt in den Aufgaben zur Modellierung die Erstellung eines Diagramms nach einer bestimmten Syntax. Die Lernenden können ein solches Diagramm entweder komplett konstruieren oder ergänzen.
Berechnung	Die Lernenden müssen zur Beantwortung einer Fragestellung eine Berechnung durchführen.

Tabelle 3.4: Aufgabentypen als Ergebnis der Aufgabenanalyse

Mit dem Aufgabentyp Modellierung ist als einzigem auch eine Aussage zur gewählten Aufgabenform verbunden. Die Modellierung beschreibt eine Tätigkeit, die implizit jedoch darauf hinweist, dass ein Modell – jeweils ein Diagramm in den untersuchten Aufgaben – als Antwort zur Aufgabenstellung erwartet wird.

Informatischer Sachverhalt und Offenheit von Aufgaben

Büchter und Leuders (2005) beschreiben den inhaltsbezogenen Sachverhalt zu Aufgaben in der Mathematik durch die Bestandteile Start, Weg und Ziel. Diese Bestandteile beschreiben aber nicht die Bearbeitungsreihenfolge einer Aufgabe (vgl. Büchter und Leuders, 2005, S. 92ff). Daher werden im Folgenden die Bezeichnungen

- Situation (Start),
- Operation (Weg) und
- Resultat (Ziel)

verwendet. Nicht in jeder Aufgabe werden alle drei Bestandteile verwendet. Eine Wissensfrage kann sich beispielsweise gezielt auf die Beschreibung einer Situation oder einer Operation beziehen. In dem Fall ist die Aufgabe mit der Beschreibung des Sachverhalt bereits beantwortet. Andererseits kann beispielsweise ein Verfahren als Teil des Stimulus bereits zu großen Teilen oder sogar komplett vorgegeben sein oder aber als notwendiges Wissen vorausgesetzt werden. Der so beschriebene Sachverhalt und die Aufgabenstellung beeinflussen dann die Auswahl und die Ausführung von Tätigkeiten zur Bearbeitung der Aufgabe.

Aufgabentyp	Situation	Operation	Resultat
Beispielaufgabe	×	×	×
geschlossene Aufgabe	×	×	
Begründungsaufgabe	×		×
Problemaufgabe	×		
offene Situation			
Umkehraufgabe		×	×
Problemumkehr			×
Anwendungssuche		×	

Tabelle 3.5: Aufgabentypen zur Beschreibung der Offenheit von Aufgaben (nach Büchter und Leuders, 2005, S. 93)

Aus den drei Bestandteilen des inhaltsbezogenen Sachverhalts leiten Büchter und Leuders (2005) kombinatorisch acht verschiedene Aufgabentypen her (siehe Tabelle 3.5). Aufgaben, in denen Situation und Operation nicht vollständig angegeben sind, werden von Büchter und Leuders (2005) als offene Aufgaben bezeichnet. In offenen Aufgaben ist also zumindest eine der Komponenten Situation oder Operation zu bestimmen. Lediglich der Aufgabentyp Beispielaufgabe und der explizit als geschlossene Aufgabe bezeichnete Typ beschreiben nach Büchter und Leuders (2005) keine offenen Aufgaben. Deutlich wird auch, dass die mit dem Arbeitsauftrag verbundene Tätigkeit nicht mit der inhaltsbezogenen Operation identisch sein muss. Der Arbeitsauftrag kann schließlich auch sein – wie beispielsweise in der Begründungsaufgabe –, ein geeignetes Verfahren zu bestimmen, um in einer Situation zu einem vorgegebenen Resultat zu gelangen. Indem in der Aufgabenstellung die Angaben zu den unterschiedlichen Komponenten variiert werden, können Aufgaben umgestaltet werden.

3.2.5 Konstruieren und Modifizieren von Aufgaben mit Aufgabenklassen

Anreicherung von Schemata

Haberman u. a. (2008) beschreiben einen Ansatz, um Problemlösekompetenz in einem ausgewählten Bereich zu fördern. Problemlösen ist dann das Anwenden von Regeln, indem Lösungsschemata für ähnliche Probleme ausgewählt, verknüpft und angepasst werden. Das Können hängt dann davon ab, wie viele Schemata beherrscht werden und wie „reichhaltig“ diese sind. Ein reichhaltiges Schema zeichnet sich dadurch aus, dass dessen Komponenten gut verknüpft sind, Verbindungen zu verschiedenen Beispielen der Anwendung, anderen Schemata, typischen Fehlern u. a. existieren. Variationen eines Problems können dann zum Lernen beitragen, indem das Können zum Erkennen des Problemtyps, die Anwendung typischer Lösungsschemata und die Modifizierung im Hinblick auf die Rahmenbedingungen gefördert wird. Sie illustrieren, wie dies in Lehr-Lernprozessen umgesetzt werden kann, anhand einer Sequenz von Aufgaben zu Lösungsalgorithmen zur Berechnung von Extremwerten aus einer Menge von Zahlen unter verschiedenen Rahmenbedingungen.

„Experts use their cognitive schemas to solve analogical problems and perform the necessary adaptations to previously known solutions. In contrast, novices have difficulties in matching a familiar solution to a new, though similar, problem that presents some new constraints. Usually, the novice’s main difficulty lies in recognizing a problem’s type, and the structural similarities between analogical problems; this may result from relatively undeveloped abstraction and generalization abilities. In addition, even when a problem’s type is correctly recognized, novices often fail to adapt familiar (and suitable) solutions to construct the required solution for the new problem. Teachers’ awareness of students’ difficulties and frequent mistakes is of major importance in order to minimize this phenomenon“ (Haberman u. a., 2008, S. 181).

Sie beschreiben dazu, wie Aufgaben gestaltet werden können, um Schemata anzureichern. Dazu werden Aufgaben variiert, indem

- Rahmenbedingungen verändert,
- zusätzliche Teilprobleme gelöst oder
- Aufgaben mit einem anderen Kontext verknüpft werden.

Bei der Variation von Aufgaben ist es von Vorteil, wenn Lehrende wissen, welche typischen Fehler bei der Problemlösung auftreten. Davon ausgehend können geeignete Aufgaben gestaltet werden, um die Lernenden darauf aufmerksam zu machen.

Das Vorgehen soll an einem Beispiel zu Internetworking illustriert werden, indem die Aufgabenklasse zum prozeduralen Wissen des Anfrage-Antwort-Prinzips (AK_{42P}) durch die Wahl eines geeigneten Kontexts und durch Variation der Rahmenbedingungen durch Vernetzung mit anderen Aufgabenklassen variiert wird. In Tabelle 3.6 sind drei Aufgaben mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen dargestellt. HTTP eignet sich zur Veranschaulichung des Aufbaus einer Protokolldateneinheit aus Kopf- und Nutzdatenteil. Durch den Abruf einer Webseite mit Abbildung werden verschiedene Anfragen verschickt, die lediglich aus einem Kopfdatenteil bestehen. In den Antworten wird im Nutzdatenteil einmal die Webseite und einmal eine Graphik empfangen. Hierbei ist das Verhalten des Servers allein von den empfangenen Anfragen abhängig. In der zweiten Aufgabe erfolgt diesbezüglich eine Erweiterung. Während HTTP ohne Cookies zustandslos ist, ermöglicht SMTP einen Einblick in zustandsbasierte Protokolle. In der dritten Aufgabe wird das Antwort-Anfrage-Prinzip mit der Aufgabenklasse zu Authentifikationsprotokollen vernetzt. Das Post Office Protocol erlaubt das Versenden von Benutzername und Kennwort im Klartext. Deshalb eignet es sich dazu, um den Ablauf zur Authentifikation zu beobachten. Mit SMTP wird dagegen das Kennwort mit Base64 kodiert und ist daher nicht ohne weiteres lesbar. Auf diese Weise wird eine intensive Auseinandersetzung mit dem Anfrage-Antwort-Prinzip durch geeignete Aufgaben ermöglicht.

Rahmenbedingungen	Arbeitsauftrag	Weitere Aufgabenklasse
1. Webseitenabruf Befehle des Hypertext Transfer Protocols (HTTP); Die Webseite <code>index.html</code> enthält eine Abbildung <code>bild.jpg</code> , die auf dem gleichen Webserver gespeichert ist.	Beschreiben Sie den Ablauf zum Abruf der Webseite mit einem Interaktionsdiagramm.	AK _{32F} Protokolldateneinheit besteht aus Kopf- und Nutzdatenteil.
2. E-Mail-Versand Befehle des Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)	Beschreiben Sie das Verhalten des Mailservers mit einem Zustandsdiagramm!	AK _{35K} Zustandsinformationen und empfangene Befehle bestimmen das Verhalten des Mailservers.
3. E-Mail-Empfang Befehle des Post Office Protocol Version 3 (POP3); Zustandsdiagramm zum Verhalten des Mail-servers	Rufen Sie alle verfügbaren Nachrichten aus Ihrer Mailbox mit den Befehlen des Anwendungsprotokolls ab!	AK _{54P} Authentifikationsprotokolle beschreiben den Ablauf zum Austausch von Daten zur Authentifikation.

Tabelle 3.6: Vernetzungsmöglichkeiten von Aufgabenklassen durch Variation von Rahmenbedingungen und Kontext

Situationsbezogene Aufgaben

Einen Ansatz zur konstruktivistischen Didaktik und zum situierten Lernen stellt die Cognitive Flexibility Theory dar. Spiro u. a. (1988) haben Lehr-Lernprozesse in schlecht strukturierten Wissensbereichen untersucht. Darunter verstehen sie, dass zur Lösung eines Problems bzw. eines Anwendungsfalls typischerweise verschiedene Konzepte kombiniert werden müssen, und dass diese Konzepte für den gleichen Typ eines Anwendungsfalls verschieden sind. Ein solcher Typ eines Anwendungsfalls zu Internetworking wäre beispielsweise der E-Mail-Abruf (s. u.). Ziel ist es Prinzipien für fortgeschrittenes Lernen zu beschreiben, die über eine Einführung hinausgeht, in der es zunächst darum geht, dass Lernende sich in einem Wissensbereich orientieren können. Lernende sollen in die Lage versetzt werden, fachbezogene Inhalte so zu verstehen, dass sie diese zur Bewertung von Situationen nutzen und in unterschiedlichen Kontexten flexibel anwenden können (vgl. Spiro u. a., 1988, S. 4).

Spiro u. a. (1988) begründen, dass dazu insbesondere Schwierigkeiten überwunden werden müssen, die aus einer zu starken Vereinfachung resultieren. So führt die Abhängigkeit von einer mentalen Repräsentation als Grundlage für die Lösung von Problemen in einem komplexen Zusammenhang dazu, dass lediglich wenige Aspekte berücksichtigt werden, die durch ein solches reduziertes Schema aufgegriffen werden. Außerdem führt eine zu starke Abhängigkeit von einer Top-Down-Strategie zur Problemlösung ausgehend von einer sehr abstrakten Darstellung des Problems dazu, dass wichtige Details des Anwendungsfalls nicht berücksichtigt werden. Kontextunabhängiges Wissen führt außerdem dazu, dass es zu abstrakt ist, um effektiv eingesetzt zu werden. Eine konsequente Trennung von Wissens-elementen führt dazu, dass Lernende eine falsche Vorstellung von den Zusammenhängen entwickeln (vgl. Spiro u. a., 1988, S. 5). Alltagssituationen auch zum Bereich Internetworking sind häufig durch einen hohen Grad von Komplexität gekennzeichnet, der so auch im Lernprozess berücksichtigt werden muss.

Zum Verstehen von Internetanwendungen ist es notwendig, dass unterschiedliche zugrunde liegende Fachkonzepte in ähnlichen Situationen genutzt werden. Ein Beispiel dafür ist die E-Mail-Kommunikation. In einem Fall geht es um den Empfang eines Newsletters mit der Aufforderung, einem Hyperlink zu einer Webseite mit weiteren Informationen zu folgen. Kann die Authentizität

nicht durch einfache Merkmale ausreichend bewertet werden, ist eine angemessene Handlung die Überprüfung der Absenderadresse auf Plausibilität durch Analyse des Übertragungsweges anhand des Quelltextes der E-Mail. Dazu muss auf Wissen zum Aufbau des Internets und Internetadressierung sowie zu Verzeichnisdiensten zurückgegriffen werden. In einem zweiten Fall ist die E-Mail von einer Person aus dem persönlichen Umfeld signiert. Die Bewertung der Authentizität der Nachricht erfolgt dann mit Hilfe des öffentlichen Schlüssels des Absenders. Dazu ist Wissen über asymmetrische Verschlüsselungsverfahren, digitale Signatur und die damit verbundene Authentizität von Daten bzw. des öffentlichen Schlüssels verbunden. In einem dritten Fall geht es um den Empfang einer Werbemail im HTML-Format mit nachzuladenden Graphiken. Es muss deutlich sein, dass durch den Abruf einer Internetressource möglicherweise Daten als Cookie an einen Webserver übertragen werden. Eine mögliche Konsequenz ist, dass gegebenenfalls das Herunterladen der Graphik nicht zugelassen werden sollte. Dazu ist Wissen zu HTTP und Cookies zur Realisierung von Zustandsinformation notwendig.

Kritik an dem Ansatz der Cognitive Flexibility Theory wird daran geübt, dass zwischen einführendem und fortgeschrittenem Lernen unterschieden wird (Kohler, 2001). Das einführende Lernen erlaubt Vereinfachung, fortgeschrittenes Lernen muss insbesondere die Komplexität und Irregularität herausstellen. Wie Kohler bemerkt, wird die Frage, wann der Übergang erfolgt und wie dieser zu gestalten ist, nicht berücksichtigt. Der Einsatz von Internetanwendungen findet in der Regel vor der Sekundarstufe II im Unterricht statt. Durch die Benutzungsschnittstelle findet eine starke Vereinfachung der Strukturen und Abläufe statt. Das kann zu Fehlvorstellungen zur Funktionsweise von Internetanwendungen führen.

Öffnen von Aufgaben

Offene Aufgaben sind dadurch gekennzeichnet, dass die Antwort nicht aus Stimulus und Arbeitsauftrag eindeutig bestimmt werden kann (vgl. Büchter und Leuders, 2005, S. 88f). Die im Gegensatz dazu als geschlossen bezeichneten Aufgaben sind in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass ein Lösungsverfahren eindeutig vorgegeben und dieses lediglich angewendet werden muss. Mit dieser Unterscheidung ist jedoch noch keine zwingende Aussage über die Schwierigkeit von Aufgaben verbunden. So können geschlossene Aufgaben durch mehrere zu verknüpfende Teilaufgaben, die zur Lösung führen, sehr schwierig sein. Offene und geschlossene Aufgaben sind unterschiedlich für den Einsatz als Aufgabe zum Lernen oder zur Erfolgskontrolle geeignet.

Mit der Öffnung von Aufgaben ist es möglich, diese so zu variieren, dass sie einem anderen Aufgabentyp zuzuordnen sind. Büchter und Leuders (vgl. 2005, S. 95ff) beschreiben Möglichkeiten zur Öffnung von geschlossenen Aufgaben oder Beispielaufgaben. Begründungsaufgaben zeichnen sich dann dadurch aus, dass eine Operation bestimmt werden muss, mit der von einem Ausgangspunkt zu einer Lösung gelangt werden kann. Ein Beispiel ist die Aufgabe, in der Rechnern in einem dargestellten Internetwork gültige IP-Adressen zuzuordnen sind (siehe Abschnitt 3.2.2). Daraus kann eine Begründungsaufgabe erstellt werden, indem der Aufbau des Internetwork als Ausgangslage und die Konfiguration der Rechner mit einer IP-Adresse als Lösung gegeben ist. Gefragt wird dann, warum eine IP-Adresse durch Netz- und Rechnerkennung eindeutig sein muss. Eine mögliche Begründung würde die Entscheidungen zur Paketvermittlung erläutern, die zunächst anhand der Netzkennung erfolgt, bis das Zielrechnernetz erreicht wurde, und dann die Zustellung anhand der Rechnerkennung erfolgt. In einer Umkehraufgabe wird auf der Grundlage einer Lösung und einer bekannten Operation nach der Situation gefragt. Ein Beispiel für eine solche Öffnung kann mit einer Aufgabe durchgeführt werden, in der die hierarchische Strukturierung des DNS-Namensraums untersucht wird. Die geschlossene Aufgabe ist, aus dem Wissen über den Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens und gegebenen Domainnamen einen Baum zu erstellen. Die Aufgabe kann geöffnet werden, indem ein Baum und die darin enthaltenen Domainnamen gegeben werden. Die Aufgabenstellung besteht dann darin, den möglichen Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens zu erläutern. Mögliche Antworten wären die iterative

oder auch die rekursive Auflösung von Domainnamen. Ausgehend von Beispielaufgaben oder geschlossenen Aufgaben wird durch Umkehrung, Variation oder Weglassen eine neue Aufgabe gestaltet (vgl. Büchter und Leuders, 2005, S. 95).

Aufgabenklassen werden gerade durch das zur Lösung der Aufgabe notwendige fachbezogene Wissen bezeichnet. Die Öffnung von Aufgaben erfolgt dadurch, dass Information hinzugefügt und bzw. oder entfernt wird. Das zur Beantwortung der Fragestellung notwendige Wissen wird damit verändert. Bei der Öffnung von Aufgaben bleibt die Zugehörigkeit einer Aufgabe zu einer Aufgabenklasse nicht notwendigerweise erhalten.

Niveaubestimmende Aufgaben

Zur Kompetenzmessung werden Aufgaben benötigt, die Anforderungen umfassen, die verschiedenen Niveaustufen zuzuordnen sind. In der Beschreibung zum Vorgehen zur Gestaltung der PISA-Items für Mathematik (OECD, 2004, S. 58) werden vier zum Teil ähnliche Eigenschaften von Aufgaben zur Bewertung des Schwierigkeitsgrads genannt. Demnach steigt der Schwierigkeitsgrad mit dem Ausmaß der Interpretation und Reflexion, die beispielsweise notwendig ist, um die Anforderungen, die sich aus dem Problemkontext ergeben, sowie die herauszuarbeitende Struktur des Problems, und notwendige Verallgemeinerungen zu bestimmen. Es geht darum, inwieweit aus dem Stimulus die Rahmenbedingungen hergeleitet werden können. Die zweite Eigenschaft ist die benötigte Darstellungsfähigkeit. Höchste Anforderungen stellen dabei Aufgaben, zu denen die Schüler eigene Repräsentationsformen finden müssen. Die dritte Eigenschaft ist die Komplexität der Bearbeitung. Darunter ist beispielsweise die Unterscheidung zwischen einschrittig und mehrschrittig zu lösenden Problemen zu verstehen. Zum anderen wird aber auch die Komplexität der anzuwendenden Verfahren oder Prozesse erfasst. Die vierte Eigenschaft ist das Ausmaß der notwendigen Argumentation. In diesem Sinne leichte Aufgaben erfordern gar keine Argumentation. Die Verwendung bekannter Argumente und die Formulierung eigener Argumentationen oder Beurteilung fremder Argumente führt zu schwierigeren Aufgaben. Diese Eigenschaften beziehen sich auf die vier genannten Aktivitäten zur Lösung einer Aufgabe. Die in Abschnitt 3.2.4 beschriebenen Merkmale beziehen sich gerade auf die Objekte des Aktivitätsdiagramms – also auf Ein- und Ausgaben der Aktivitäten. Aufgaben werden durch die Objekte, Anforderungsniveaus durch die Aktivitäten beschrieben.

Schlüter und Brinda (2008) untersuchen dazu Aufgabenmerkmale und deren Verknüpfung mit Kompetenzniveaus am Beispiel der Theoretischen Informatik. Sie haben dazu Aufgaben zunächst im Hinblick auf Merkmale untersucht, die das damit verbundene Anforderungsniveau beeinflussen. Sie identifizieren neun Merkmale, die sie in drei Gruppen – Inhalt, Aufgabenstellung und Lerneraktivität (vgl. Schlüter, 2008, S. 80) – zusammen fassen. Der Merkmalsgruppe Inhalt werden neben den fachbezogenen Inhalten auch der Kontext mit den Merkmalen Erfahrungsweltnähe, Abstraktionsgrad und Komplexität zugeordnet. Damit werden Merkmale zum inhaltsbezogenen Sachverhalt sowie zum Stimulus und dem Übergang von Stimulus zu Rahmenbedingungen erfasst. Die Merkmalsgruppe Aufgabenstellung umfasst mit Formalisierungsgrad und Redundanz Merkmale, die formale Aspekte von Aufgaben beschreiben, die sich auf den Stimulus beziehen. Die Merkmalsgruppe Lerneraktivität umfasst dagegen mit Anforderungsbereich, Prozessbereich, Wissenskategorie und kognitive Lernzielstufe in erster Linie die Tätigkeit, die notwendig ist, um von einem inhaltsbezogenen Sachverhalt zu einer Antwort zu gelangen. Eine Ausnahme bildet die Wissenskategorie (Fakten-, Konzeptwissen, prozedurales oder metakognitives Wissen), die dem Sachverhalt zuzuordnen ist. Die identifizierten Merkmale lassen sich demzufolge mit den beschriebenen Begriffen zur Beschreibung einer Aufgabe erfassen. Allerdings werden mit diesem Ansatz sowohl Merkmale der Objekte wie auch der Aktivitäten im Aktivitätsdiagramm erfasst, um deren Korrelation zu untersuchen.

Zur zielgerichteten Gestaltung niveaubestimmender Aufgaben werden Merkmale der Objekte variiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Aufgaben zur Erfolgskontrolle erstellt, indem die Eingangs-

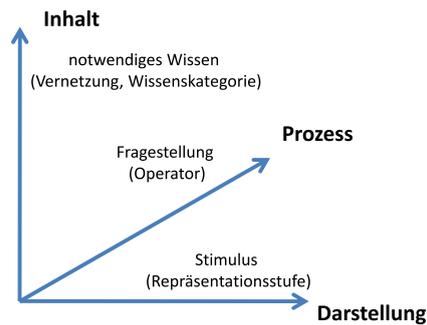


Abbildung 3.13: Dimensionen von Aufgabenmerkmalen

ben – Stimulus, Fragestellung und notwendiges Wissen – im Hinblick auf das damit verbundene Anforderungsniveaus bestimmt werden, weil diese Objekte durch Lehrende vorab geplant werden können. Daraus lassen sich drei unabhängige Dimensionen benennen, wie sie in Abbildung 3.13 veranschaulicht werden:

1. Inhaltsdimension: Zuordnung des notwendigen Wissens mit Aufgabenklassen und Beschreibung des Anforderungsniveaus durch Wissenskategorie und Anzahl der vernetzten Aufgabenklassen.
2. Prozessdimension: Bezug zum Operator als Teil der Fragestellung und Beschreibung des Niveaus durch Lernzielstufe.
3. Darstellungsdimension: Bezug zum Stimulus und Beschreibung des Anforderungsniveaus durch Repräsentationsstufe.

Aufgaben und insbesondere Aufgaben zur Erfolgskontrolle müssen unter Berücksichtigung der Lernziele und Vorerfahrungen der Lernenden gestaltet werden. In Abschnitt 5.4.3 werden entsprechend gestaltete Aufgaben dargestellt und ausgewertet.

3.2.6 Fazit

Die Unterscheidung von Aufgaben zum Lernen und zur Erfolgskontrolle ermöglicht eine differenzierte Beschreibung von Gestaltungskriterien. Während Aufgaben zur Erfolgskontrolle zielgerichtet zu bestimmten Aufgabenklassen erstellt werden, erfolgt beim Lernen eine Variation von zuzuordnenden Aufgabenklassen. Die vertiefende Beschäftigung mit einer Aufgabenklassen kann durch gezielte Vernetzung mit anderen Aufgabenklassen erfolgen. Wenn die Aufgabengestaltung jedoch von Alltagssituationen ausgeht, werden zu einem Kontext jeweils unterschiedliche Aufgabenklassen vernetzt. Auch die Öffnung von Aufgaben führt dazu, dass die Aufgabenklassen, die der Aufgabe zugeordnet sind, verändert werden.

Es wurden Merkmale zur Gestaltung von Aufgaben untersucht. Das Anforderungsniveau kann damit jedoch nur indirekt bestimmt werden. Eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Anforderungsniveau und Aufgabenmerkmalen fehlt bisher. Einen Ansatz dazu beschreibt (Schlüter, 2008). Aufgabenklassen stellen dabei inhaltsbezogene Merkmale von Aufgaben bereit. In dieser Arbeit wurden Merkmale zur Gestaltung niveaubestimmender Aufgaben mit Bezug zum Stimulus, der Fragestellung und dem notwendigen Wissen angewendet.

Auch im Hinblick auf die Verknüpfung von Aufgabenklassen mit Wissensstrukturen wird deutlich, dass zwischen Aufgaben zum Lernen und zur Erfolgskontrolle unterschieden werden muss. Aufgabenklassen – mit dem damit verbundenen Wissen – gehören zu einem Knoten. Aufgaben zur Erfolgskontrolle sind dann einem oder mehreren Knoten, d. h. konkreten Wissens-elementen bzw. Lernzielen, zuzuordnen. Aufgaben zum Lernen werden dagegen den Übergängen zugeord-

net. Sie werden so gestaltet, dass sie die gewählten Zugänge angemessen unterstützen. Aufgabenklassen werden somit zur Beschreibung von Lernaktivitäten in unterschiedlichen Phasen von Lehr-Lernprozessen eingesetzt.

3.3 Lernsoftware: Unterstützung entdeckenden Lernens

Explorationsmodule sind die dritte Komponente Didaktischer Systeme. Sie werden als Unterrichtsmittel für entdeckendes Lernen verwendet. Brinda und Schubert (vgl. 2002, S. 478) schlagen für die Erarbeitung neuer Fachkonzepte den Einsatz mehrerer Explorationsmodule vor, die sich jeweils zur Erkundung weniger Fachkonzepte eignen. Damit ist es möglich, verschiedene Module flexibel in Lehr-Lernprozessen einzusetzen, wobei die Module auch kombinierbar sein sollen. Eine andere Möglichkeit für den flexiblen Einsatz ist, unterschiedliche Szenarios in einer gemeinsamen Umgebung bereit zu stellen, mit denen verschiedene Fachkonzepte untersucht werden können. Diese Vorgehensweise wurde zu Internetworking gewählt. Daher wird ohne Einschränkung des Ansatzes der Explorationsmodule im Folgenden von Lernsoftware zur Unterstützung entdeckenden Lernens gesprochen.

Der Bereich Internetworking zeichnet sich dadurch aus, dass mit Internetanwendungen und -diensten typische, reale Informatiksysteme existieren, die zum Ausgangspunkt für entdeckendes Lernen genutzt werden können. Magenheim (2001) beschreibt einen Ansatz für den Informatikunterricht, der ausgehend von realen Informatiksystemen handlungsorientierte Lehr-Lernprozesse ermöglicht:

„Beyond algorithms, small software development, or the construction of a tiny IS [Informatics System, SF] classroom project, informatics also needs computer-based tools for modelling and for the exploration of existing IS. In complement to the method of constructing software, the method of deconstruction of software is a methodical alternative in informatics lessons. In addition, it also gives students the opportunity for discovering styles of learning and focuses in a special way on the modelling and design process as well as on the social implications of information systems“ (Magenheim, 2001, S. 1200).

Bezogen auf Internetworking wird deutlich, dass Lehr-Lernprozesse, die von einem realen Informatiksystem ausgehen, insbesondere mit dem Vorteil verbunden sind, dass mit der Unterstützung geeigneter Lernsoftware ein Zugang ermöglicht werden kann, in dem auf die Entwicklung komplexer Informatiksysteme verzichtet wird und zugleich Anknüpfungspunkte für gesellschaftliche Implikationen aufgezeigt werden. Damit wird die Möglichkeit eines angemessenen analytischen Zugangs zu informatischen Fachkonzepten aufgezeigt.

3.3.1 Vorgehensweise zur Entwicklung der Lernsoftware

Kompetenzorientierte Lehr-Lernprozesse erfordern, dass Wissen im Kontext von Anforderungssituationen angewendet werden kann. Ausgangspunkt sind dann Vorerfahrungen, die in anschaulichen Situationen zur Lösung einer herausfordernden Aufgabe genutzt werden. Die Qualität der realisierbaren Aufgaben hängt aber immer auch von den Voraussetzungen der Lernenden im Hinblick auf selbstständiges Lernen ab (vgl. Büchter und Leuders, 2005, S. 119). Brinda (vgl. 2004, S. 51) stellt daher heraus, dass mit der Auswahl von Lernsoftware bereits ein Handlungsrahmen vorgegeben wird, der die Aufmerksamkeit der Lernenden einschränken kann, weil lediglich Entdeckungen möglich sind, die auch vom Entwickler vorgesehen wurden. Umso wichtiger ist es dann, dass Erkenntnisse zur Eignung von Zugängen im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden.

Hinostroza u. a. (vgl. 2000, S. 106 u. 114) bemängeln, dass in der Entwicklung von Lernsoftware häufig nicht ausreichend die Anforderungen aus Lehr-Lernprozessen berücksichtigt werden. Lernsoftware muss demnach Anforderungen realer Lehr-Lernprozesse genügen, anstatt dass Lehr-

Lernprozesse an Software ausgerichtet werden. Voraussetzung dafür ist, dass bereits Erkenntnisse zu Lehr-Lernprozessen vorliegen. Sie nennen zudem Gründe für fehlende Akzeptanz von Lernsoftware. Insbesondere hoher Aufwand zur Vorbereitung und während des Unterrichts, bevor angemessene Ergebnisse erzielt werden, stellen demzufolge ein großes Hindernis dar (vgl. Hinozosa u. a., 2000, S. 113). Neben diesen spezifischen Anforderungen, die aus Lehr-Lernprozessen abgeleitet werden, zeigt Brinda (vgl. 2004, S. 169) Anforderungen auf, die aus der Unterstützung entdeckenden Lernens resultieren. Zum einen müssen damit motivierende Lernaktivitäten verbunden sein, und es muss die Möglichkeit der Fortsetzung der Aktivitäten sowie die Verbindung von Konstruktion und Simulation unterstützt werden. Zur Gestaltung der Lernsoftware muss ein Ansatz gewählt werden, in dem spezifische Anforderungen aus Lehr-Lernprozessen zu Internetworking, allgemeine Anforderungen an die Verwendbarkeit im Rahmen institutionalisierten Lernens und Anforderungen aus der didaktischen Konzeption berücksichtigt werden.

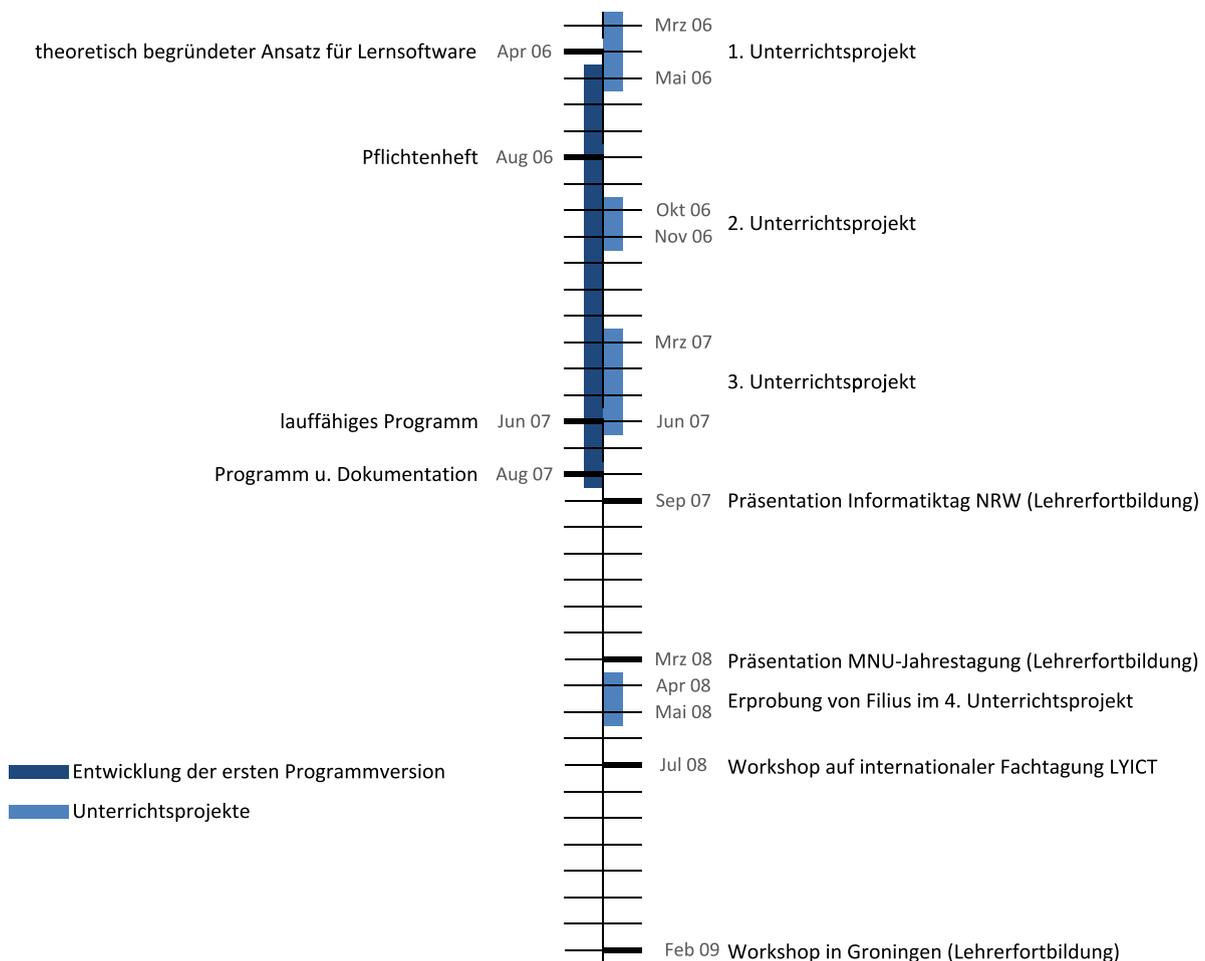


Abbildung 3.14: Entwicklung der Lernsoftware Filius im Rahmen des Forschungsprojekts

In Abbildung 3.14 wird das Vorgehen zur Entwicklung der Lernsoftware Filius⁴ dargestellt, die zur Unterstützung von Lehr-Lernprozessen zu Internetworking konzipiert, realisiert und erprobt wurde. Realisiert wurde die Lernsoftware im Rahmen einer studentischen Projektgruppe. Ausgangspunkt war eine Spezifikation der Lernsoftware, die auf der Grundlage der Analyse existierender Software zu Internetworking und auf der Grundlage allgemeiner Erkenntnisse zur Gestaltung von Lernsoftware zur Unterstützung entdeckenden Lernens formuliert wurde. Erkenntnisse aus dem ersten Unterrichtsprojekt wurden in der Phase zur Erstellung des Pflichten-

⁴Filius ist ein Akronym für „Freie Interaktive Lernsoftware zu Internetworking der Universität Siegen“.

hefts berücksichtigt. Ergebnisse aus den folgenden Unterrichtsprojekten beeinflussten Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen. Rückmeldungen im Rahmen von Lehrerfortbildungsveranstaltungen sowie persönliche Rückmeldungen von Lehrenden zum Unterrichtseinsatz wurden geprüft und zum Teil in folgenden Programmversionen berücksichtigt. Im Rahmen eines weiteren Unterrichtsprojekts erfolgte die wissenschaftlich begleitete Erprobung in der Praxis (siehe Abschnitt 5.5). Das Vorgehen zur Entwicklung der Lernsoftware ermöglichte die Berücksichtigung von Erkenntnissen der Informatik und der zugehörigen Fachdidaktik sowie der Unterrichtspraxis.

Die Entwicklung geeigneter Lernsoftware zur Unterstützung entdeckenden Lernens erfordert daher die Untersuchung folgender Fragestellungen:

1. Welche Anforderungen an Lernsoftware resultieren aus verschiedenen Zugängen zu Aufbau und Funktionsweise von internetbasierten Informatiksystemen?
2. Welche Voraussetzungen muss Lernsoftware erfüllen, um die Entwicklung angemessener Vorstellungen durch die Lernenden zu ermöglichen?
3. Welche Interaktionsmöglichkeiten muss eine geeignete Lernsoftware zur Verfügung stellen?

Auf der Grundlage dieser Forschungsfragen wurde die Lernsoftware Filius im Rahmen einer durch den Autor betreuten studentischen Projektgruppe entwickelt, die im Rahmen eines Unterrichtsprojekts in der Praxis erprobt wurde.

3.3.2 Entdeckende Zugänge zu Internetworking

Durch Software unterstützte handlungsorientierte Ansätze

Ziel der Bildungsprozesse sind Kompetenzen, die Personen zur Anwendung von Informatiksystemen benötigen. Dafür müssen angemessene Bezüge zu Anforderungssituationen bereit gestellt werden, die handlungsorientierte, authentische Aufgaben in Lehr-Lernprozessen zu Internetworking ermöglichen. Merkmale authentischer Aufgaben sind, dass ein angemessenes Bild der Informatik entsteht, das durch die Tätigkeiten, die mit der Aufgabe verbunden sind, ein Beitrag zu informatischen Bildungszielen geleistet wird und dass diese Tätigkeiten typisch für die Informatik sind (vgl. Büchter und Leuders, 2005, S. 75).

Stechert und Schubert (2007) beschreiben einen Ansatz für den Informatikunterricht zum Verstehen von Informatiksystemen, in dem Erkundung von und Experimente mit Informatiksystemen als zentrale Tätigkeiten begründet werden (vgl. Stechert und Schubert, 2007, S. 7). Brinda (2004) beschreibt, wie das Konzept des entdeckenden Lernens für das Lernen mit Informatiksystemen angewendet werden kann. Explorationsmodule ermöglichen, dass Fachkonzepte in einer Umgebung reduzierter Komplexität untersucht werden können. Einsatz komplexerer Lernsoftware erfordert, dass eine fokussierte Betrachtung der Fachkonzepte möglich ist. Benötigt werden Zugänge, die das Vorwissen der Lernenden angemessen berücksichtigen. Ausgangspunkt der Untersuchung waren Experimente in der Informatik. Geeignete Lernsoftware muss aber sowohl Experimente wie auch Erkundungen unterstützen. Erkundungen umfassen Tätigkeiten ausgehend von einem Untersuchungsgegenstand zu Vermutungen bzw. Hypothesen. Merkmale eines Experiments sind, dass ausgehend von einer Hypothese eine Strategie zur Überprüfung entwickelt wird, die zur Bestätigung oder Ablehnung der Hypothese und gegebenenfalls zu neuen Vermutungen führt (vgl. Brinda, 2004, S. 119). Typische Tätigkeiten der Informatik zum Erkunden und Experimentieren sollen durch geeignete Lernsoftware unterstützt werden.

Es müssen also die Kriterien

- Anforderungssituationen aus dem Bereich der Informatik,
- Tätigkeiten zum Erkunden und Experimentieren und
- Möglichkeit der Komplexitätsreduktion

für angemessene Zugänge zu Internetworking erfüllt werden. Im Folgenden werden verschiedene handlungsorientierte Ansätze für Schule und Hochschule untersucht.

Steinkamp (1999) hat in seiner Diplomarbeit untersucht, wie entdeckendes Lernen mit Experimenten aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht in die Informatik übertragen werden kann. Als Prototyp für dazu notwendige Lernsoftware hat er ein Explorationsmodul zu Rechnernetzen entwickelt. Die Software ermöglicht es, ein virtuelles Rechnernetz aus verschiedenen Komponenten aufzubauen. Nachdem ein solches Rechnernetz erstellt wurde, können die Lernenden die korrekte Funktion mit einem Webbrowser testen. Eine zweite Sicht erlaubt die Darstellung von Statusnachrichten, um die Abläufe zu analysieren. Die Komponenten, die zum Aufbau des Rechnernetzes genutzt werden, umfassen sowohl Hardware- wie auch Softwarekomponenten: DNS-Server, Webserver und Webbrowser, IP, TCP, Socket, Switch, Vermittlungsrechner und die abstrakte Komponente Internet als Wolke. Diese Komponenten werden auf einer Arbeitsfläche miteinander verbunden. Steinkamp hat damit Möglichkeiten zur Durchführung von Experimenten im Informatikunterricht aufgezeigt. Hinsichtlich des Gegenstandsbereichs sind mit diesem Prototyp jedoch eine Reihe von Einschränkungen verbunden. So werden Hardware- und Softwarekomponenten nicht explizit unterschieden. Das führt dazu, dass auf der Arbeitsfläche die Komponenten IP, TCP und Socket zur Verbindung eines Switch mit einem Webbrowser erforderlich sind. Damit wird beispielsweise nicht deutlich, dass mehrere Prozesse für verschiedene Anwendungen und Dienste auf einem Rechner ablaufen können. Die Darstellung des Internets als Wolke ermöglicht zudem nicht, die (hierarchische) Struktur des Internets zu veranschaulichen. Eine Konfiguration von Internetanwendungen und -diensten ist nicht vorgesehen. Mit dieser Lernsoftware wird ein möglicher Zugang über den Aufbau von Internetworks aus Hard- und Software aufgezeigt.

Kornelsen u. a. (2005) beschreiben eine Lernsoftware für entdeckendes Lernen zu Internetdiensten. Die Lernsoftware wurde für das Studium entwickelt. Der Entwurf basiert auf einem generischen Rahmenwerk unter Verwendung einer Schichtenarchitektur mit den drei Schichten der Benutzungsoberfläche, einem Service Broker und den Internetdiensten. Die Benutzungsoberfläche stellt verschiedene graphische Schnittstellen für die Eingabe von Anforderungen, die an Dienste verschickt werden, und die Darstellung der empfangenen Antworten zur Verfügung. Internetdienste können entweder nachgebildet oder als reale Informatiksysteme eingebunden werden. Der Service Broker übernimmt die Weiterleitung der Anfragen zu dem gewählten Dienst. Dieses Konzept erlaubt die Erweiterbarkeit mit anschaulichen und zielgruppenspezifischen Sichten durch Entwickler. Die Lernsoftware kann jedoch kein Gesamtbild des Internets vermitteln. Dienste werden zudem unabhängig von einem Anwendungskontext untersucht. Damit wird auch das nach außen sichtbare Verhalten und die innere Struktur von Internetanwendungen nicht miteinander verbunden. Zudem ist es beschränkt auf Internetdienste auf der Anwendungsschicht. Die Lernsoftware ermöglicht einen Zugang zu Internetworking über Protokolle und Protokolldateinheiten.

Im Rahmen der Lehramtsausbildung wurde an der Universität Siegen ein handlungsorientierter Ansatz zur Auseinandersetzung mit Rechnernetzen im Umfang von drei mal eineinhalb Zeitstunden umgesetzt. Die Studierenden haben ein lokales Rechnernetz mit drei Rechnern und zunächst mit einem Hub später mit einem Switch aufgebaut. Die Rechner mussten konfiguriert und die korrekte Funktion mit Hilfe einfacher Werkzeuge geprüft werden. Anschließend wurden die Rechner in eine Anwenderdomäne eingebunden. Die Studierenden haben sehr engagiert an den Aufgabenstellungen gearbeitet. Als Hilfsmittel wurden neben einfachen Anwendungen zum Nachrichtenaustausch das Netzwerkanalysewerkzeug Wireshark⁵ eingesetzt, mit dem der Datenaustausch im Rechnernetz beobachtet werden konnte. Dieser handlungsorientierte Zugang ist in Schulen in der Regel nicht umsetzbar. Es werden Rechner benötigt, die nicht in das Schulrechnernetz integriert sind. Außerdem müssen den Lernenden Rechte für den administrativen Zugriff gege-

⁵Wireshark ist ein Werkzeug zur Analyse des Datenaustauschs in Rechnernetzen (siehe <http://www.wireshark.org>, URL geprüft: 05/2009).

ben werden. Corbesero (2003) beschreibt einen vergleichbaren aber wesentlich umfangreicheren Ansatz für die Hochschulausbildung, in dem die Rechner durch die Studierenden vollständig eingerichtet werden müssen. Auch dieser Ansatz ist allein schon wegen des Zeitbedarfs unter den Rahmenbedingungen des Informatikunterrichts nicht durchführbar. Ermöglicht wird ein Zugang über Vernetzung und Konfiguration der Rechner zu physischer Struktur und Funktionsweise eines lokalen Rechnernetzes.

Ein weiterer Ansatz ist die Verwendung von virtuellen Rechnern. Mehrere virtuelle Rechner werden dazu auf einem Arbeitsplatzrechner zur Verfügung gestellt und miteinander vernetzt. Jedes Endsystem kann durch die Lernenden konfiguriert und prinzipiell jede Software eingesetzt werden. Die Lernenden können so in einer vertrauten Umgebung mit ihnen bekannten Produkten umgehen. Netzwerkanalysewerkzeuge wie Wireshark können für die Beobachtung des Datenaustauschs genutzt werden. Vorkonfigurierte virtuelle Rechner können für ausgewählte Szenarios vorab erstellt werden. Für die praktische Umsetzung ergeben sich Schwierigkeiten durch die hohen Anforderungen an die Hardware eines Arbeitsplatzrechners und durch Lizenzbeschränkungen. Zudem ermöglicht dieser Zugang keine Sicht auf die Struktur des Netzwerks. Durch die Komplexität können viele verschiedene Aspekte untersucht werden, zugleich ist es aber nicht möglich, unwichtige Funktionalität auszublenden. Ermöglicht wird ein Zugang über Internetanwendungen und -dienste.

Zugang	Aufbau	Schichtenarchitektur	Interaktionsprinzipien	Anwendungen und -dienste	Informationssicherheit
1. Aufbau von Internetworks aus Hard- und Softwarekomponenten	×	×			
2. Interaktion mit Internetdiensten		×		×	
3. Vernetzung und Konfiguration von Rechnern	(×)		×	(×)	(×)
4. Konfiguration von Rechnern sowie Internetanwendungen und -diensten			×	×	×

Tabelle 3.7: Identifizierte Zugänge für Fachkonzepte zu Internetworking

In Tabelle 3.7 werden die beschriebenen Erkenntnisse zu möglichen Zugängen und damit verbundenen Fachkonzepten zu Internetworking zusammen gefasst. Der dritte Zugang mit Vernetzung und Konfiguration von Rechnern ermöglicht zwar den Einbezug von Fachkonzepten zu Internetanwendungen und -diensten sowie zur Informationssicherheit, indem entsprechende Tätigkeiten wie beispielsweise vertraulicher E-Mail-Versand damit verbunden werden. Im Rahmen der Veranstaltung wurde dies jedoch nicht umgesetzt. Fachkonzepte zum Aufbau sind außerdem nur im Kontext lokaler Rechnernetze zugänglich. Eine Kombination des Aufbaus virtueller Internetworks und die Konfiguration von Rechnern sowie Internetanwendungen und -diensten ist aus zwei Gründen sinnvoll. Zum einen ermöglicht dies einen Zugang für alle Bereiche zu Internetworking. Außerdem werden mit Internetanwendungen und -diensten geeignete Anforderungssituationen unterstützt, weil damit direkt an die Alltagserfahrungen von Lernenden angeknüpft werden kann. Eine besondere Schwierigkeit stellt allerdings die Komplexität realer Informatiksysteme dar. Die Analyse der Unterrichtsmittel liefert Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Schwierigkeiten der verschiedenen Zugänge.

Erzeugende und untersuchende Vorgehensweisen

Die Analyse verschiedener fachdidaktischer Ansätze für den Informatikunterricht hat ergeben, dass diese sich am Software-Entwicklungsprozess orientieren (siehe Abschnitt 2.1). Schubert und Schwill (2004) beschreiben ein Grundmodell für den Informatikunterricht, das ebenfalls daran angelehnt ist. Demzufolge werden Probleme und Prozesse analysiert, auf der Grundlage einer Aufgabenstellung Zusammenhänge modelliert, der erhaltene Lösungsplan implementiert und die Ergebnisse erprobt, bewertet und schließlich angewendet. Wichtig ist jedoch, dass daraus keine zwingende Abfolge für den Unterricht abgeleitet werden kann. Außerdem räumen Schubert und Schwill (vgl. 2004, S. 38) ein, dass damit nicht alle Aspekte des Informatikunterrichts gleich gut abgebildet werden. Insbesondere der Bezug zu angewendeten Informatiksystemen wird nur indirekt berücksichtigt. Dieser Aspekt wird aber mit einbezogen, wenn als Untersuchungsgegenstand wie im systemorientierten Ansatz auch reale Informatiksysteme verwendet werden. Die Ansätze verbinden dann jeweils die typischen Tätigkeiten Analyse, Modellierung, Implementierung, Erprobung und Bewertung mit unterschiedlichem Schwerpunkt.

Mit Internetanwendungen und -diensten bilden Produkte der Informatik in besonderer Weise einen Bezugspunkt für den kompetenzorientierten Unterricht. Zum einen wird der Bildungsbedarf daraus abgeleitet, zum anderen besteht der Anspruch, dass Wissen über Aufbau und Funktionsweise des Internets im Kontext von Internetanwendungen und -diensten angewendet werden kann. Die in den fachdidaktischen Ansätzen für den Informatikunterricht identifizierten typischen Tätigkeiten Analyse, Modellierung, Implementierung, Erprobung und Bewertung können dann danach unterschieden werden, ob das Vorhandensein eines Informatiksystems Voraussetzung ist. Erprobung und Bewertung setzen ein Informatiksystem als Ausgangspunkt voraus. Sie sind daher untersuchende Tätigkeiten im Gegensatz zu erzeugenden Tätigkeiten. Bisher identifizierte Vorgehensweisen in Lehr-Lernprozessen zu Internetworking (siehe Abschnitt 2.3.2 und 3.3.2) werden daher mit Bezug zu internetbasierten Informatiksystemen untersucht.

Aufbau von Internetworks: Die Verbindung vorhandener Hard- und Softwarekomponenten zu einem Rechnernetz und deren Verbindung zu Internetworks ermöglicht den Wissenserwerb zu statischen Strukturen. In den betrachteten Beispielen wurde der Aufbau auch mit der Verwendung durch Informatiksysteme kombiniert. Nur dann ist es auch möglich, die strukturellen Eigenschaften mit der Funktionalität zu verbinden. Voraussetzung zum Aufbau sind zumindest intuitive Vorstellungen über die Funktionalität der Komponenten und über mögliche Verbindungen.

Programmierung von internetbasierten Informatiksystemen: Die Entwicklung von verteilten Anwendungen ermöglicht insbesondere Einblicke in Abläufe auf der Anwendungsschicht. Durch die Socket-Schnittstelle der Transportprotokolle wird von darunter liegenden Eigenschaften abstrahiert. Voraussetzung für die Realisierung in Lehr-Lernprozessen ist, dass die Lernenden bereits über Grundlagen zur Programmierung verfügen.

Nachempfindung einer Komponente einer Internetanwendung: Durch Lernende wird die Funktionalität, die im Normalfall durch ein Programm automatisiert ist, nachgebildet, um einen Einblick hinter die Benutzungsschnittstelle zu erhalten. Anwendungsprotokolle werden direkt zur Interaktion mit einem weiteren Prozess verwendet. Voraussetzung sind Grundlagen zum Client-Server-Prinzip.

Anwendung internetbasierter Informatiksysteme: Internetanwendungen und -dienste werden konfiguriert und verwendet, um zu Kommunizieren, Ressourcen im Internet bereit zu stellen und um auf Ressourcen zuzugreifen. Lernende können damit wichtiges Wissen zur Verwendung internetbasierter Informatiksysteme erwerben. Die Zugänglichkeit zur zugrunde liegenden Funktionsweise hängt von der verwendeten Benutzungsschnittstelle ab. Voraussetzung ist Wissen über Aufbau und Funktionsweise des Internets.

Beobachtung des Datenaustauschs: Die Beobachtung des Datenaustauschs ermöglicht insbesondere in Kombination mit der Anwendung von internetbasierten Informatiksystemen

den Wissenserwerb über die Interaktion zwischen Programmen zur Realisierung der erwarteten Funktionalität. Voraussetzung sind Grundlagen über verwendete Protokolle und Protokolldateneinheiten.

Aufbau und Programmierung sind erzeugende Vorgehensweisen, weil hierbei Modellierung und Implementierung den Schwerpunkt bilden. Anwendung und Beobachtung sind dagegen untersuchende Vorgehensweisen mit dem Schwerpunkt auf Erprobung und Bewertung. Die Nachempfindung einer Komponente einer Internetanwendung – beispielsweise eines E-Mail-Clients – kann nicht eindeutig zugeordnet werden, weil zum einen eine Komponente durch die Nachempfindung erzeugt wird, zugleich aber eine weitere Komponente – beispielsweise der E-Mail-Server – untersuchend einbezogen wird. Es wird jedoch deutlich, dass jede der Vorgehensweisen Zugänge zu unterschiedlichen Gesichtspunkten ermöglicht. Durch Verknüpfung der Vorgehensweisen kann dann ein umfassendes Bild internetbasierter Informatiksysteme erzeugt werden.

3.3.3 Sichten auf reale Informatiksysteme

Beobachtete Lernschwierigkeiten

Weigend (2007) untersucht intuitive Modelle, die zu Fehlvorstellungen führen können. Von Fehlvorstellungen wird dann gesprochen, wenn aus der Verknüpfung von Erfahrung und vorhandenem Wissen falsche Schlussfolgerungen gezogen werden.

„Intuitive Modelle, wenn sie denn zu Fehlvorstellungen führen, werden von Pädagogen als Barrieren für den Erwerb wissenschaftlich fundierter Expertenkonzepte gesehen [. . .]. Dementsprechend sollten Misconceptions möglichst vermieden werden [. . .]. Bereits vorhandene Fehlvorstellungen müssten dann vom Lehrer entdeckt und im Unterricht gezielt aufgegriffen werden“ (Weigend, 2007, S. 19).

Eine mögliche Strategie dazu ist, dass im Unterricht Widersprüche aufgezeigt werden, die aus den Fehlvorstellungen resultieren. Aus Sicht des Konstruktivismus gibt es jedoch keine falschen intuitiven Modelle. Diesen scheinbaren Widerspruch löst Weigend auf, indem er *Inhalt* und *Verwendung* der Fehlvorstellungen unterscheidet. Wobei der Inhalt ein intuitives Modell ist. Die Ursache für falsche Schlussfolgerungen liegt dann nicht im intuitiven Modell selbst sondern in dessen falscher Verwendung. Das Aufdecken von Fehlvorstellungen in Lehr-Lernprozessen bedeutet dann Wissenserwerb, weil die Grenzen der Anwendbarkeit eines intuitiven Modells erkannt werden (vgl. Weigend, 2007, S. 19). Im Folgenden werden beobachtete Lernschwierigkeiten und damit verbundene Fehlvorstellungen zu Internetworking untersucht, um daraus Anforderungen an die Gestaltung von Lernsoftware zu Internetworking abzuleiten.

E-Mail-Protokolle wurden im Unterricht sehr anschaulich, indem die Lernenden E-Mails mit den Kommandos des SMTP und POP3 über eine TCP/IP-Verbindung zum Mailserver versendet bzw. abgeholt haben. Dazu wurde ein Mailserver auf einem Rechner im lokalen Rechnernetz installiert. Das Verstehen des Übertragungswegs einer E-Mail über mehrere Mailserver bis zur Mailbox des Empfängers ist notwendig, um zu verstehen, warum es nicht möglich ist, den Versand von E-Mails mit gefälschtem Absender zu verhindern. Im anschließenden Unterrichtsgespräch konnten die Erkenntnisse zu den Protokollen jedoch nicht auf diese Situation übertragen werden. Eine zu starke Vereinfachung der realen Infrastruktur zur Untersuchung der Abläufe von Internetanwendungen führte daher zu unvollständigen und nicht angemessenen Vorstellungen. Erforderlich ist daher, dass ein Zugang zu einer realistischeren Infrastruktur für die Übertragung von E-Mails ermöglicht wird.

Eine weitere Schwierigkeit stellte die Unterscheidung von konkreten Komponenten und von abstrakten Komponenten eines Modells dar. Das wurde im Zusammenhang des Schichtenmodells deutlich. Im Unterricht wurde dieses Thema mit einer Visualisierung untersucht, in der der Datenaustausch zwischen zwei Rechnern über einen Vermittlungsrechner dargestellt wurde. Die

Visualisierung stellte die Übertragung über die verschiedenen Schichten in verschiedenen Fehlersituationen dar. Im Abschlusstest wurde die Frage gestellt, mit welcher Komponente Rechnernetze verbunden werden und welche Funktion diese Komponente erfüllt. In einer Antwort wurde die physikalische Schicht als Komponente angeführt. In einer anderen Antwort wurde als Funktion des Vermittlungsrechners „Sicherung der Daten“ genannt. Erwartet worden ist nicht die verteilte Funktionalität der Transportschicht sondern die Funktionalität des Vermittlungsrechners zur Weiterleitung von Paketen. Erforderlich ist eine klare Trennung von abstrakten Architekturkomponenten und physischen Komponenten in Internetworks.

Die Struktur und Funktionsweise des DNS wurde im Unterricht durch zwei ikonische Modelle dargestellt. Ein Baumdiagramm zeigt die hierarchische Struktur des Namensraumes auf. Mit Kollaborationsdiagrammen kann der Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens mit iterativ und rekursiv ausgeführten Anfragen dargestellt werden. Die Lernenden haben dazu die schrittweise (iterative) Auflösung eines Domainnamens durchgeführt. Im Abschlusstest sollten sie ein Baumdiagramm mit mehreren Domainnamen erstellen. In einer der Antworten wurden die Blätter von zwei Domainnamen mit der Subdomain `www` zu einem Blatt zusammengefasst. In einer anderen Antwort wurde die Subdomain `de` eines Domainnamens als Top-Level-Domain (TLD) eines anderen Domainnamens verwendet. Mit dem Wissen über den Zusammenhang der Auflösung eines Domainnamens vom Wurzelknoten zu einem Blatt werden diese Fehler sofort deutlich. Dass diese Hierarchie durch DNS-Server abgebildet wird, kann durch die manuelle Auflösung eines Domainnamens nur indirekt aufgezeigt werden. Erst die Verknüpfung von Wissen über die statischen und dynamischen Aspekte ermöglicht ein tragfähiges Verständnis dieser Zusammenhänge. Geeignete Zugänge erfordern die Verknüpfung von Aufbau aus Hard- und Softwarekomponenten und Abläufen im Internet.

Unterschiedliche Perspektiven

Spiro u. a. (1988) haben mit der Cognitive Flexibility Theory (vgl. Abschnitt 3.2.5) Voraussetzungen für das Lernen komplexer Sachverhalte untersucht. Sie leiten daraus konkrete Anforderungen zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen ab: (1) Zum einen müssen zu starke Vereinfachungen vermieden werden. Das heißt konkret, dass Komplexität und Unregelmäßigkeiten dargestellt und die Interaktion zwischen zuvor einzeln betrachteten Komponenten und die Zusammenhänge zwischen Konzepten hervorgehoben werden müssen. (2) Der zweite Grundsatz ist die Verwendung mehrerer Repräsentationen. Die kognitive Flexibilität ist davon abhängig, dass verschiedene Denkweisen zu einem Thema verfügbar sind. Wissen, das auf verschiedene Weisen genutzt werden soll, muss auch auf verschiedene Weisen gelernt, repräsentiert und ausprobiert werden. (3) Der dritte Grundsatz ist, dass im Mittelpunkt konkrete Anwendungsfälle stehen sollen. Die Bedeutung dieses Grundsatzes steigt mit der schlechten Strukturierung eines Wissensbereichs. (4) Der vierte Grundsatz ist, dass Konzeptwissen als angewandtes Wissen erlernt werden soll. (5) Der fünfte Grundsatz ist, dass Schemata durch die Lernenden aufbauend auf konkrete Anwendungsfälle konstruiert werden sollen. (6) Der sechste Grundsatz ist, dass Fachkonzepte und Anwendungsfälle miteinander verbunden bzw. diese nicht getrennt voneinander im Lehr-Lernprozess aufgegriffen werden sollen. (7) Der siebte Grundsatz ist, dass die Lernenden aktiv partizipieren müssen, aber mit der Komplexität nicht auf sich allein gestellt sein dürfen. Einen Lösungsansatz zur Berücksichtigung dieser Anforderungen durch Lernsoftware beschreibt das Sichtenkonzept.

Stechert (2007a) beschreibt einen allgemeineren Ansatz für das Verstehen von Informatiksystemen. Dieser Ansatz basiert auf der Unterscheidung von drei Perspektiven, durch die ein System charakterisiert werden kann (vgl. Claus und Schwill, 2006, S. 677). Demnach werden das nach außen sichtbare Verhalten (A), die innere Struktur eines Systems (B) und spezifische Implementierungsdetails (C) unterschieden. Das nach außen sichtbare Verhalten ist mit der Benutzungsschnittstelle verknüpft. Aufgrund von Eingaben und Ausgaben wird die Funktionalität des

Informatiksystems erfasst. Weil Internetanwendungen und -dienste aber nicht als abgeschlossenes System, dessen einzige Schnittstelle die Benutzungsschnittstelle ist, beschrieben werden kann, reicht diese Perspektive nicht aus, um die Funktionalität und damit verbundene Nebeneffekte zu erfassen. Die innere Struktur umfasst Soft- und Hardwarestrukturen und schließt damit auch die Vernetzung mit ein (vgl. Claus und Schwill, 2006, S. 314). Das stellt die Grundlage für ein Verständnis der Komplexität internetbasierter Informatiksysteme dar. Denn damit werden sowohl die beteiligten Komponenten in Rechnernetzen als auch die Modularisierung der Funktionen durch Protokolle der verschiedenen Schichten erfasst. Die Implementierungsdetails beschreiben die Funktionalität noch einmal konkreter – beispielsweise auf der Grundlage von Programmquelltexten. Eine Gesamtsicht auf internetbasierte Informatiksysteme kann aus dieser Perspektive nur schwer erreicht werden. Stechert (2007a) begründet, dass es notwendig ist, die Perspektiven A–C in Lehr-Lernprozessen zu verknüpfen. Stechert und Schubert (2007) begründen die besondere Bedeutung der Bereiche des sichtbaren Verhaltens (A), der inneren Struktur (B) und deren Zusammenhänge (AB). Lernsoftware, die das Verstehen der Funktionsweise des Internets fördern soll, muss daher im Besonderen diese Perspektiven berücksichtigen.

Brinda (2004, 2006) begründet mit dem Sichtenkonzept, dass für ein angemessenes Gesamtbild zu Informatiksystemen verschiedene Perspektiven einbezogen werden müssen. Mit der Unterscheidung zwischen Struktur- und Verhaltensdiagrammen begründet er, dass die Beschreibung eines Informatiksystems notwendigerweise statische und dynamische Aspekte umfasst (vgl. Brinda, 2006, S. 109). Im Hinblick auf Internetworking sind dabei der Aufbau von Hard- und Software sowie die Beziehungen der Komponenten untereinander als statische Aspekte zu betrachten. Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine sowie die Interaktion zwischen verteilten Programmen und der damit verbundene Datenaustausch werden den dynamischen Aspekten zugeordnet. Eine weitere Unterscheidung von Real-, Modell- und Produktsicht leitet er aus den Phasen eines Entwicklungsprozesses ab. Sie sind dann wichtig, wenn Modellierung der Inhalt des Unterrichts ist. Für den Bereich Internetworking sind jedoch Real- und Produktsicht identisch. Daher kann diese Unterscheidung nicht nutzbar gemacht werden. Zum Verstehen internetbasierter Informatiksysteme werden die Sichten daher unter Berücksichtigung verschiedener Perspektiven zur Beschreibung von Informatiksystemen und der Unterscheidung zwischen dynamischen und statischen Aspekten systematisiert.

	(A) außen sichtbares Verhalten	(B) innere Struktur	(C) Implementierungsdetails
dynamisch	Benutzungsschnittstelle (Ein- und Ausgabe)	Datenaustausch zwischen Stationen im Rechnernetz	Austausch von Protokolldateneinheiten
statisch	–	Vernetzung der Stationen, Schichtenarchitektur	Programmquelltext

Tabelle 3.8: Perspektiven zu Internetworking

In Tabelle 3.8 werden Perspektiven auf Internetworking beschrieben. Beim Entwurf von Lernsoftware zum entdeckenden Lernen zu Internetworking müssen diese Perspektiven durch Sichten realisiert werden. Die Elemente in der Matrix sind Ergebnisse der Analyse publizierter Zugänge zu Internetworking (vgl. Abschnitte 2.3.2 und 3.3.2) und den daraus identifizierten Vorgehensweisen. Sichten können auch verschiedene Aspekte kombinieren. Brinda (2004) spricht von hybriden Sichten, wenn dynamische und statische Aspekte gemeinsam dargestellt werden. Ein Beispiel dafür ist, dass der Datenaustausch auf den verschiedenen Schichten dargestellt wird. Schichtenarchitektur und der Austausch von Protokolldateneinheiten wird damit kombiniert. Wichtig ist, dass die Sichten synchronisiert sind. Dazu müssen zum einen dynamische Aspekte – soweit sie dargestellt werden – in den Sichten synchronisiert abgebildet und zum anderen Änderungen, die durch Eingriffe der Lernenden erfolgen, in allen Sichten berücksichtigt werden. In den untersuch-

ten Ansätzen für Unterricht mit Lernsoftware wurde deutlich, dass es nicht zwingend notwendig ist, alle Sichten durch eine Lernsoftware zu realisieren. Erwartet wird jedoch, dass durch die beschriebenen Sichten die Gestaltung der Lehr-Lernprozesse flexibler ist und die Anforderungen, die mit der Cognitive Flexibility Theory begründet werden, berücksichtigt werden.

3.3.4 Simulation internetbasierter Informatiksysteme

Interaktivitätsstufen

Ansätze zur Beschreibung des Interaktivitätsgrades von Lernsoftware können in der Entwicklung zur Anforderungsbeschreibung genutzt werden. Schulmeister (2002) befasst sich mit der Beschreibung der Interaktivität von rechnerbasierten Unterrichtsmitteln. Die Eigenschaft einer Lernsoftware bestimmt dann die Möglichkeiten des Handelns in Lehr-Lernprozessen.

„Unter Interaktivität verstehe ich das Handeln mit den Lernobjekten oder Ressourcen des Programms und nicht als Interaktion im Sinne von Kommunikation und Kooperation“ (Schulmeister, 2002, S. 194).

Er beschreibt dazu eine sechsstufige Taxonomie. Auf den ersten drei Stufen ist ein Inhalt vorab vollständig beschrieben. Unterschiedliche Stufen ergeben sich daraus, dass Möglichkeiten der Auswahl verschiedener Darstellungen (Stufe II) oder die Modifizierung der Darstellung (Stufe III) bestehen. Auf den folgenden Stufen ist der Inhalt nicht statisch sondern wird dynamisch erzeugt. Verschiedene Stufen ergeben sich daraus, ob Eingabe (Stufe IV), Verarbeitung (Stufe V) oder Eingabe und Verarbeitung (Stufe VI) modifiziert bzw. erstellt werden können, um die Ausgabe bzw. Rückmeldung der Lernsoftware zu beeinflussen. Zur Unterstützung entdeckenden Lernens muss die Lernsoftware zumindest Stufe IV realisieren, weil erst damit die Möglichkeit besteht, Vermutungen über die Funktion eines gegebenen Systems durch Modifizierung von Eingaben und den daraus resultierenden Ausgaben auf ihre Tragfähigkeit hin zu überprüfen. Wenn zudem auch die Möglichkeit bestehen soll, Vermutungen über die Funktionsweise mit gegebenen Ein- und Ausgaben zu prüfen, ohne dass bereits ein System vorhanden ist, muss die Verarbeitung manipulierbar sein. Das entspricht Stufe V. Die Taxonomie beschreibt also, ob Inhalte statisch sind oder dynamisch erstellt werden und welche Möglichkeiten der Manipulation angeboten werden.

	statischer Inhalt	dynamischer Inhalt	
		Manipulation Eingabe	Manipulation Verarbeitung
Aufbau von Internetworks		(×)	×
Programmierung von internetbasierten Informatiksystemen		(×)	×
Nachempfindung einer Komponente einer Internetanwendung		×	
Anwendung internetbasierter Informatiksysteme		×	
Beobachtung des Datenaustauschs	×		

Tabelle 3.9: Vorgehensweisen im Unterricht und Interaktivitätsstufen

In Tabelle 3.9 wird dargestellt, welche Interaktivitätsstufen durch eine Lernsoftware für die verschiedenen Vorgehensweisen realisiert werden müssen. In der Spalte zum statischen Inhalt sind die Interaktivitätsstufen I–III zusammen gefasst. Die Kombination der Manipulation von Eingabe und Verarbeitung entspricht Stufe VI. Für die erzeugenden Vorgehensweisen ist die Möglichkeit zur Manipulation der Verarbeitung erforderlich. Sollen diese Vorgehensweisen auch eine

Überprüfung mit Unterstützung der Lernsoftware umfassen, muss außerdem auch die Möglichkeit bestehen, Eingaben zu modifizieren, um den funktionalen Zusammenhang zwischen Eingabe und Ausgabe zu untersuchen. Die Beobachtung des Datenaustauschs erfolgte in den untersuchten Zugängen in Verknüpfung mit anderen Vorgehensweisen, die eine höhere Interaktivitätsstufe erfordern. Zur Unterstützung aller beschriebenen Vorgehensweise mit der Lernsoftware ist es erforderlich, dass Stufe VI realisiert wird.

Simulation realer Informatiksysteme

Entdeckendes Lernen mit realen Informatiksystemen erfordert eine Reduktion ihrer Komplexität. Im Sinne von Explorationsmodulen soll es möglich sein, Fachkonzepte sowohl fokussiert wie auch im Verbund zu untersuchen. In der Informatik werden Simulationen verwendet, um Erkenntnisse zu erlangen, die in der Realität beispielsweise wegen ihrer Komplexität nicht zugänglich sind:

„In der Informatik bezeichnet Simulation die Nachbildung von Vorgängen auf einer Rechenanlage auf der Basis von Modellen (das sind im Computer darstellbare Abbilder der realen Welt). [...] Jede Simulation beginnt mit der Entwicklung eines *Simulationsmodells*, das die wesentlichen Eigenschaften der zu simulierenden Vorgänge und ihre Beeinflussung widerspiegelt. Alle Ergebnisse einer Simulation beziehen sich nur auf dieses Modell. Inwieweit solche Ergebnisse auf die Wirklichkeit übertragen werden können, hängt daher entscheidend davon ab, wie gut die Wirklichkeit durch das Modell abgebildet wird“ (Claus und Schwill, 2006, S. 615f, Hervorhebung im Original).

Simulation umfasst also sowohl erzeugende Tätigkeiten – die Erstellung von Abbildern der realen Welt – wie auch untersuchende Tätigkeiten auf der Grundlage des Simulationsmodells. Das Simulationsmodell beschreibt die funktionalen Zusammenhänge. Parameter, die den Ablauf der Simulation beeinflussen, beschreiben die Rahmenbedingungen. Die betrachteten Untersuchungsgegenstände sind internetbasierte Informatiksysteme. Um die untersuchenden Tätigkeiten im Lehr-Lernprozess mit Lernsoftware zu unterstützen, ist es erforderlich, dass bereits ein Abbild der realen Welt mit wesentlichen Eigenschaften existiert. Die erzeugenden Tätigkeiten können das Simulationsmodell erweitern oder modifizieren. Das zugrunde liegende Modell bietet die Möglichkeit zu angemessenen Erkenntnissen, wenn die Ergebnisse der Simulation auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Grenzen und Möglichkeiten des Simulationsmodells müssen deshalb fachdidaktisch begründet werden.

Simulation kann also als Lösungsansatz zur Bewältigung der Komplexität realer internetbasierter Informatiksysteme verwendet werden. Hubwieser (2007) unterscheidet Modellierung und Simulation im Informatikunterricht. Er versteht unter einem Modell ein von Details abstrahierendes Abbild realer oder hypothetischer Systeme (vgl. Hubwieser, 2007, S. 86). Eine Abgrenzung zur Simulation ist dann mit dem Übergang von abstraktem zu ausführbarem Modell möglich (vgl. Hubwieser, 2007, S. 73). Schubert und Schwill (2004) sprechen dann von enaktiven Modellen:

„Die Wirklichkeit wird durch Objekte modelliert, an denen man Handlungen vornehmen kann, und die selber aktiv werden und auf andere Objekte einwirken können, die folglich vom Menschen kognitiv erfasst werden wie ihre Originale“ (Schubert und Schwill, 2004, S. 155).

Informatiksysteme als ausführbare Modelle ermöglichen im Sinne der Simulation in der Informatik Erkunden von und Experimentieren mit komplexen Sachverhalten. Durch den Einsatz geeigneter Lernsoftware als Unterrichtsmittel können Tätigkeiten zum entdeckenden Lernen durch Simulation realisiert werden.

Virtuelle Internetworks

Zur Realisierung der Lernsoftware Filius wurde der Ansatz gewählt, reale Informatiksysteme zu simulieren. Der Zugang erfolgt über virtuelle Rechnernetze und Internetworks sowie virtuelle

Arbeitsflächen mit der Möglichkeit, Rechnernetze aufzubauen und zu konfigurieren sowie Software zu installieren, zu konfigurieren und anzuwenden. Das Simulationsmodell beschreibt also Struktur und Verhalten von internetbasierten Informatiksystemen.

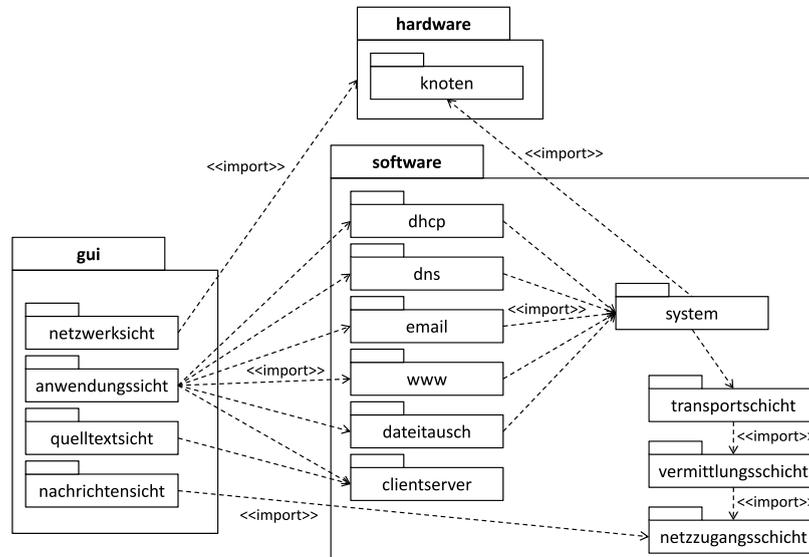


Abbildung 3.15: Paketdiagramm zur Architektur der Lernsoftware Filius

In Abbildung 3.15 wird die Architektur der Lernsoftware Filius dargestellt. Das Simulationsmodell umfasst die Pakete **hardware** und **software**. Die Hardware umfasst verschiedene Typen von Stationen im Paket **knoten** sowie Netzwerkkarten und Kabelverbindungen. Die Software umfasst zum einen Systemsoftware für die Knoten als Firmware oder Betriebssystem, die im Paket **system** zusammen gefasst werden. Zum anderen werden die Protokolle und zugehörige Protokolldateneinheiten den Paketen zu den Schichten des Internetschichtenmodells zugeordnet. Eine Ausnahme bilden die Anwendungsprotokolle, die in dem Paket der jeweils zugehörigen Anwendung vorhanden sind. Vier Sichten ermöglichen den Zugang zu unterschiedlichen Komponenten des Simulationsmodells für Lernende. Die Bestandteile von Informatiksystemen aus Software und Hardware einschließlich Vernetzung werden nachgebildet und ermöglichen dadurch entdeckende Zugänge in einer Umgebung reduzierter Komplexität.

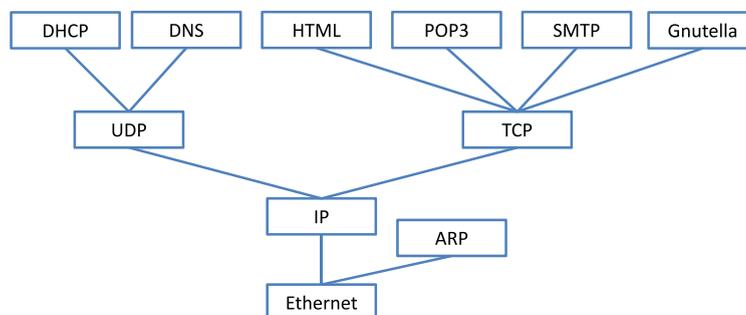


Abbildung 3.16: In Filius implementierter Protokollstapel

Die Protokolle der Transport-, Vermittlungs- und Netzzugangsschicht sind Bestandteil der Lernsoftware und können durch Lernende nicht modifiziert werden. In Abbildung 3.16 werden die realisierten Protokolle dargestellt. Die Netzzugangsschicht ist nur insoweit Teil von Internetworking, wie die zugehörigen Fachkonzepte zum Verständnis der darüber liegenden Schichten notwendig

sind. Das Ethernet-Protokoll konnte daher sehr stark vereinfacht werden. Durch die Vernetzung mit Punkt-zu-Punkt-Verbindungen können keine Fehler durch Kollisionen beim Zugriff auf ein gemeinsames Übertragungsmedium auftreten. Wesentlicher Aspekt des Protokolls auf der Netzzugangsschicht ist daher die Adressierung mit MAC-Adressen (MAC – Medium Access Control), die zur Weiterleitung durch Switches in einem lokalen Rechnernetz verwendet werden. Mit TCP soll im Lehr-Lernprozess der Dreiwege-Handshake und die zuverlässige Datenübertragung zugänglich sein. TCP wurde mit dem Stop-and-Wait-Verfahren und nicht mit Sliding-Window realisiert. Damit verbunden ist eine deutliche Komplexitätsreduktion. Möglich ist dies, weil keine Fluss- und keine Überlastkontrolle umgesetzt werden musste. Außerdem können Segmente wegen statisch konfigurierter Übertragungswege auch nicht in verkehrter Reihenfolge eintreffen. Für Lernende ist damit der Vorteil verbunden, dass die wichtigen Fachkonzepte leichter beobachtet werden können. Erweiterungen des Protokollstapels können durch Lernende auf der Schicht der Anwendungsprotokolle vorgenommen werden. Die Vereinfachungen des Simulationsmodells der Protokolle wurde zur Erhöhung der Softwarezuverlässigkeit unter Berücksichtigung didaktisch begründeter Anforderungen vorgenommen.

Das Simulationsmodell kann also durch Aufbau und Konfiguration von Netzwerken sowie durch zusätzliche Anwendungsprotokolle modifiziert werden. Um Lehr-Lernprozesse zu ausgewählten Fachkonzepten zu realisieren, ist es erforderlich, unterschiedliche Szenarios zur Verfügung zu stellen. Filius unterstützt dies, indem es möglich ist, Projektdateien zu erstellen und auszutauschen, die Aufbau und Konfiguration von Netzwerken sowie gegebenenfalls zusätzliche Anwendungen mit einschließen. Im Zusammenhang mit Aufgaben kann damit das notwendige Wissen zur Bearbeitung und damit die Aufgabenklasse variiert werden, indem gegebene Rahmenbedingungen in einer Projektdatei vorgegeben werden.

3.3.5 Realisierung der Zugänge mit vier Sichten

Anwendungssicht: Nach außen sichtbares Verhalten

Die Anwendungssicht stellt eine virtuelle graphische Benutzungsschnittstelle zu einem Betriebssystem und verschiedenen Programmen zur Verfügung. Das Simulationsmodell kann durch Hinzufügen und Entfernen von Programmen modifiziert werden. Die Benutzungsschnittstelle zur Darstellung des nach außen sichtbaren Verhaltens ermöglicht Erkenntnisse zur Funktionsweise des Informatiksystems. Parameter zur Ausführung des Simulationsmodells werden durch Konfiguration der Programme verändert. Die Verwendung der Programme initiiert den Ablauf der Simulation. Die Ausgaben der Programme sind Bestandteil der Simulationsergebnisse, die durch Lernende ausgewertet werden müssen. Mit der Anwendungssicht kann also sowohl das Simulationsmodell modifiziert, wie auch Eingaben und Ausgaben zur Simulation vorgenommen bzw. beobachtet werden.

Jedes Endsystem in einem Rechnernetz stellt eine virtuelle Arbeitsfläche zur Verfügung, die den Zugriff auf verschiedene Programme erlaubt. Mit einem Programm zur Softwareverwaltung als Teil des Betriebssystems ist es möglich, Programme auf dem Rechner zu installieren und zu entfernen. Neben lokalen Anwendungen zur Dateiverwaltung, zur Textbearbeitung und zur Bildbetrachtung stehen verschiedene Programme für Internetanwendungen und -dienste zur Verfügung. Dazu gehören Webbrowser und -server, E-Mail-Programm und E-Mail-Server, ein Programm für internetbasierten Dateiaustausch in einem Peer-to-Peer-Netzwerk, ein DNS-Server und ein Firewall-Programm. Jedes Programm stellt eine eigene graphische Benutzungsschnittstelle zur Verfügung. Eine Besonderheit stellt die Echo-Anwendung dar. Ein Echo-Server wartet auf einem einzustellenden Port auf eingehende Verbindungsanfragen und sendet alle Nachrichten, die er erhält, direkt zurück. Mit dem Echo-Client kann eine Verbindung zu einem beliebigen TCP-Port hergestellt und darüber Textnachrichten verschickt werden. Angezeigt werden die jeweiligen Antworten des Servers. Die Anwendungsmöglichkeiten des Client-Programms sind mit Netcat

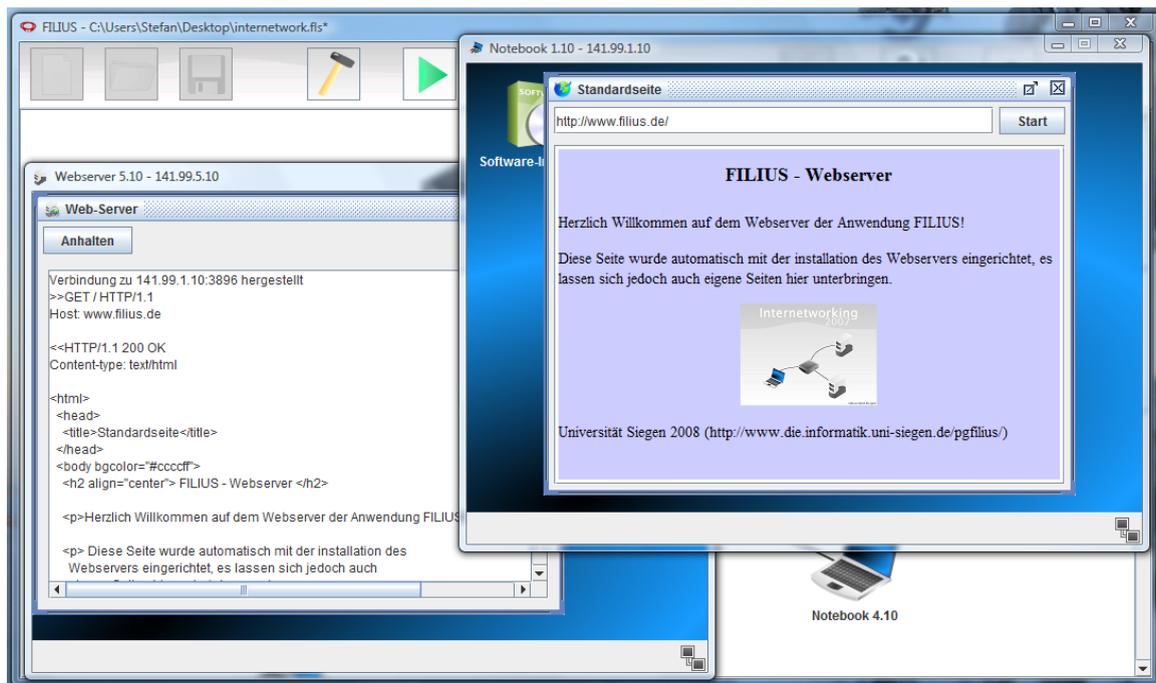


Abbildung 3.17: Virtuelle Arbeitsflächen von zwei Rechnern mit Webbrowser und Webserver in der Anwendungssicht

oder Putty vergleichbar (siehe Abschnitt 4.5). In Abbildung 3.17 wird die Anwendungssicht mit zwei virtuellen Arbeitsflächen dargestellt. Auf einem Rechner ist der Webserver gestartet und der mitprotokollierte Datenaustausch wird angezeigt. Auf dem zweiten Rechner ist der Webbrowser zu sehen, mit dem der Webseitenabruf initiiert wurde und die vom Webserver angeforderten Daten dargestellt werden. Die Anwendungssicht ermöglicht damit, dass bekannte Internetanwendungen als Ausgangspunkt für entdeckendes Lernen ausgewählt werden.

Die typischen Tätigkeiten der Lernenden bestehen darin, Programme einzurichten. Drei Beispiele veranschaulichen die Möglichkeiten:

- WWW: Die abzurufenden Dateien eines Webserver werden in dem Dateisystem, das durch das Betriebssystem des Rechners zur Verfügung gestellt wird, gespeichert. Die Lernenden können entweder die vorgegebene Standardseite mit dem Texteditor modifizieren oder aber eigene Webseiten anlegen und diese mit Verweisen verknüpfen. Damit wird für die Lernenden veranschaulicht, wie ein Uniform Resource Locator (URL) aus Protokoll, Adresse des Rechners und Dateipfad aufgebaut ist.
- E-Mail: Zum Versand von E-Mails muss an einem Mailserver ein Benutzerkonto eingerichtet werden. Im E-Mail-Programm ist es dann notwendig, Einstellungen zum verwendeten Mailserver vorzunehmen. Damit wird den Lernenden eine geeignete Gesamtsicht auf die Internetanwendung zur Verfügung gestellt. Der Mailserver ermöglicht neben der Verwaltung von Benutzerkonten auch die Anzeige, wieviele Nachrichten gerade im Postfach eines Kontos zum Abruf zur Verfügung stehen.
- DNS: Der DNS-Server ermöglicht Einträge zur Auflösung eines Domainnamens (A) und für die E-Mail-Weiterleitung (MX). Im Zusammenhang mit einem Webserver ist es damit möglich, auch Domainnamen zum Abruf einer Webseite zu verwenden. Mit den Einträgen zur E-Mail-Weiterleitung ist es zudem möglich, mehrere Mailserver für verschiedene Domänen einzurichten. Eingehende E-Mails werden dann gegebenenfalls vom Mailserver des Absenders zum Mailserver des Empfängers automatisch weitergeleitet.

Realistische Anforderungssituationen zum Abruf und zur Bereitstellung von Ressourcen im In-

ternet können damit nachgebildet werden.

Netzwerksicht: Die physische Struktur

Mit der Netzwerksicht wird eine Darstellung des Rechnernetzes bestehend aus physischen Komponenten unterstützt. Funktionale Zusammenhänge werden auch durch die verwendeten Hardwarekomponenten in einem Rechnernetz beschrieben. Die Vernetzung von Stationen ist daher Teil des Simulationsmodells. Außerdem werden hier Einstellungen der Systemsoftware der Stationen, die für den Datenaustausch erforderlich sind, vorgenommen. Wenn die Simulation gestartet bzw. Datenaustausch initiiert wurde, ist es möglich, den Datenaustausch über die genutzten Verbindungen zu beobachten, indem aktive Verbindungen optisch hervorgehoben werden. Mit der Netzwerksicht werden damit die Perspektiven zur Vernetzung von Stationen in Rechnernetzen und zum Datenaustausch zwischen den Stationen kombiniert. Filius stellt dazu zwei verschiedene Modi zur Verfügung. Den Entwurfsmodus zur Konstruktion bzw. Modifikation und Konfiguration des Simulationsmodells und den Simulationsmodus, in den vor Ausführung des Datenaustauschs gewechselt werden muss. Über den Simulationsmodus ist dann auch die Anwendungssicht erreichbar. Die Netzwerksicht ermöglicht Konstruktion und Modifikation des Simulationsmodells, die Veränderung von Parametern zu und die Ausgabe von Ergebnissen der Simulation.

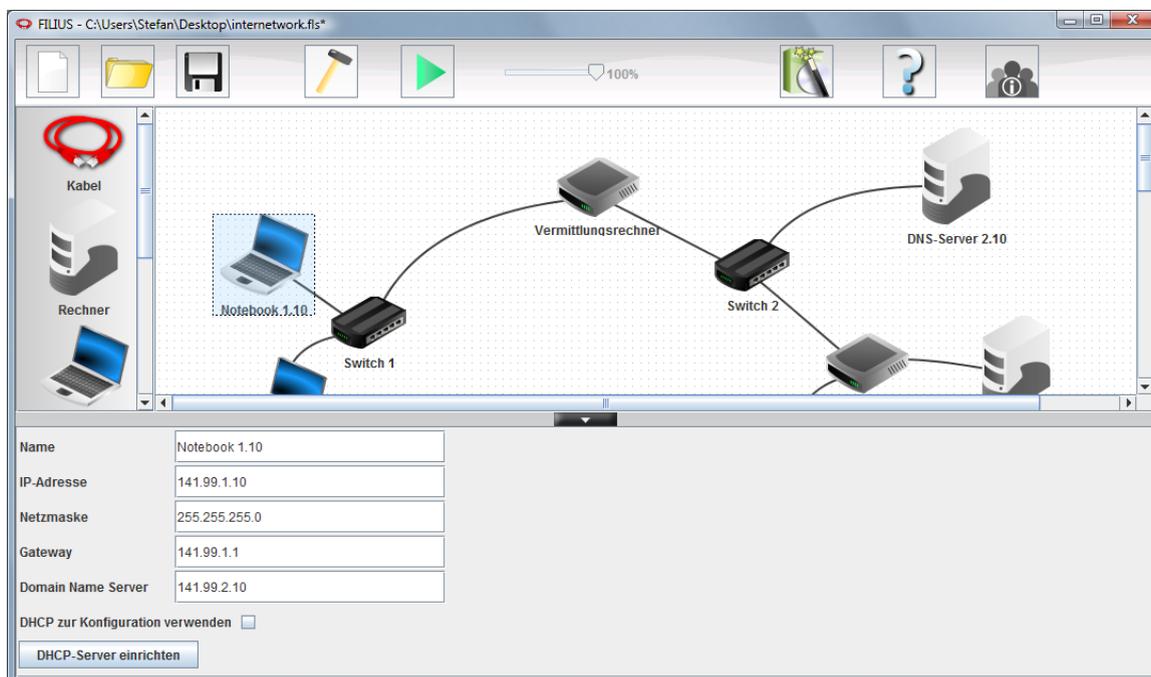


Abbildung 3.18: Aufbau eines Rechnernetzes und Konfiguration der Stationen in der Netzwerksicht

Die verschiedenen Stationen können mit Kabeln über die graphische Benutzungsschnittstelle verbunden und konfiguriert werden. Rechner und Notebooks werden als Endsysteme verwendet und unterscheiden sich ausschließlich in der Darstellung. Ein Switch wird dazu verwendet, lokale Rechnernetze aufzubauen. Vermittlungsrechner werden zur Verbindung mehrerer lokaler Rechnernetze verwendet. Filius stellt keine Routing-Algorithmen zur Verfügung. Weiterleitungstabellen müssen daher gegebenenfalls manuell ergänzt werden, um den Datenaustausch zwischen entfernten Rechnern in Internetworks zu ermöglichen. Jeder Vermittlungsrechner stellt zudem eine Firewall zur Verfügung, die Filterregeln anwendet. Die Firewall kann im Entwurfsmodus oder aber in der Anwendungssicht des Simulationsmodus über eine Webschnittstelle konfiguriert

werden. Zudem ist es möglich, eine direkte Verbindung zwischen zwei Modems über eine reale TCP/IP-Verbindung herzustellen. Damit können Rechner bzw. Rechnernetze, die mit Filius auf verschiedenen realen Rechnern erstellt wurden, miteinander verbunden werden. In Abbildung 3.18 wird die Netzwerksicht im Entwurfsmodus dargestellt. Am unteren Rand ist die Eingabemaske zur Konfiguration des markierten Rechners geöffnet. Neben einem optionalen Namen, der ausschließlich für die Darstellung verwendet wird, erfolgt hier die Konfiguration für die Verbindung zum Rechnernetz. Außerdem kann auf jedem Rechner auch ein DHCP-Server (DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol) installiert werden. Alle anderen Endsysteme im gleichen lokalen Rechnernetz können dann automatisiert, d. h. mit DHCP, konfiguriert werden. Die Netzwerksicht bietet damit einen Zugang zum Einrichten von Rechnernetzen.

Typische Tätigkeiten der Lernenden, die mit dieser Sicht ermöglicht werden, sind der Aufbau von Rechnernetzen und die Konfiguration der Stationen. An drei Beispielen kann dies veranschaulicht werden:

- **Aufbau eines lokalen Rechnernetzes:** Die Lernenden bilden ein lokales Rechnernetz nach, indem Sie mehrere Rechner über einen Switch verbinden, von denen einer als Server verwendet wird. Jedem Rechner wird eine gültige IP-Adresse und Netzmaske zugewiesen sowie die IP-Adresse des Servers für DNS eingetragen oder alternativ auf dem Server ein DHCP-Server eingerichtet. Deutlich wird damit, dass prinzipiell alle Rechner die Rolle des Servers übernehmen können und dass die IP-Adressen aus einer gemeinsamen Netzkennung und einer jeweils eindeutigen Rechnerkennung bestehen.
- **Weiterleitung im Internetwork:** Die verschiedenen Netzwerkkarten der Vermittlungsrechner, die zur Verbindung mit mehreren Rechnernetzen verwendet werden, erhalten jeweils eine IP-Adresse aus dem Adressbereich des angeschlossenen Rechnernetzes. Außerdem werden notwendige Einträge in der Weiterleitungstabelle ergänzt. Veranschaulicht wird daran, auf welcher Datenbasis durch den Vermittlungsrechner entschieden wird, über welchen Übertragungsweg der Datenaustausch erfolgt und dass jeder Vermittlungsrechner jeweils lediglich Kenntnis über einen Ausschnitt des Internetworks besitzt.
- **Sicherheitsarchitektur mit Firewall:** Es werden verschiedene Zonen für die zur Verfügungstellung von Ressourcen in einem Internetwork eingerichtet. Die Trennung von internem Netzsegment, demilitarisierter Zone und externem Netzsegment (vgl. Eckert, 2004, S. 678ff) erfolgt über entsprechend konfigurierte Firewalls als Bestandteil von Vermittlungsrechnern. Die Lernenden vertiefen damit Wissen über IP-Adressen und den Datenaustausch mit Ende-zu-Ende-Protokollen, indem Filterregeln für die unterschiedlichen Zonen erstellt werden.

Für Lernende wird damit die physische Struktur von lokalen Rechnernetzen und Internetworks zugänglich.

Nachrichtensicht: Aufzeichnung des Datenaustauschs

Die Nachrichtensicht ermöglicht die Beobachtung des Austauschs von Protokolldateneinheiten. Diese Sicht stellt die Möglichkeit zur Verfügung, einen Ausschnitt der Ergebnisse des Simulationsablaufs darzustellen. Es werden damit dynamische Aspekte zu Internetworking einsehbar. Die Protokolldateneinheiten werden den Implementierungsdetails zugeordnet, weil damit die Realisierung der Interaktion in Rechnernetzen beschrieben wird. Zudem wird aber auch eine Verknüpfung zur inneren Struktur internetbasierter Informatiksysteme mit Bezug zum Schichtenmodell dargestellt. Die Verwendung erfolgt in Kombination mit anderen Sichten, weil hiermit keine Modifizierung des Simulationsmodells oder der Rahmenbedingungen ermöglicht wird.

In der Nachrichtensicht wird der Datenaustausch auf verschiedenen Schichten des Protokollstapels dargestellt. Die Aufzeichnung des Datenaustauschs erfolgt für jeden Rechner bzw. Notebook in einer gesonderten Tabelle. Sowohl eintreffende, wie auch versendete Daten werden erfasst. Die

Nr.	Zeit	Quelle	Ziel	Protokoll	Schicht	Bemerkungen
6	12:47:41	28:D:80:BE:38:62	6D:C7:88:09:72:A8		Netzzugang	0x800
6	12:47:41	141.99.1.10	141.99.5.10	IP	Vermittlung	Protokoll:6, TTL: 60
6	12:47:41	9694	80	TCP	Transport	SEQ: 2504668333
6	12:47:41				Anwendung	GET / HTTP/1.1Host: www.filius.de
7	12:47:41	6D:C7:88:09:72:A8	28:D:80:BE:38:62		Netzzugang	0x800
7	12:47:41	141.99.5.10	141.99.1.10	IP	Vermittlung	Protokoll:6, TTL: 60
7	12:47:41	80	9694	TCP	Transport	ACK: 2504668334
8	12:47:41	6D:C7:88:09:72:A8	28:D:80:BE:38:62		Netzzugang	0x800
8	12:47:41	141.99.5.10	141.99.1.10	IP	Vermittlung	Protokoll:6, TTL: 60
8	12:47:41	80	9694	TCP	Transport	SEQ: 4214218163
8	12:47:41				Anwendung	HTTP/1.1 200 OKContent-type: text/html<html> <head> ...
9	12:47:42	28:D:80:BE:38:62	6D:C7:88:09:72:A8		Netzzugang	0x800
9	12:47:42	141.99.1.10	141.99.5.10	IP	Vermittlung	Protokoll:6, TTL: 60
9	12:47:42	9694	80	TCP	Transport	ACK: 4214218164

Abbildung 3.19: Ausschnitt aus dem aufgezeichneten Datenaustausch zum Abruf einer Webseite in der Nachrichtensicht

Nachrichtensicht kann angepasst werden, indem die anzuzeigenden Schichten ausgewählt werden. In Abbildung 3.19 wird dargestellt, wie die Anfrage eines Webbrowsers für die Standard-Webseite auf dem Rechner `www.filius.de` und die zugehörige Antwort vom Webserver mit HTTP aussieht. Auf den drei unteren Schichten werden jeweils wichtige Attribute des Kopfdatenteils der jeweiligen Protokolldateneinheiten aufgeführt und auf der Anwendungsschicht auch der Anfang des Nutzdatenteils. Auf den unteren Schichten wird außerdem das jeweils verwendete Adressierungsschema der Schicht durch Absender und Empfänger angeführt. Die Nachrichtensicht ermöglicht damit, den in der Regel nicht sichtbaren Datenaustausch, der durch die Verwendung von Internetanwendungen ausgelöst wird, einzusehen.

Diese Sicht wird verwendet, um den Datenaustausch detailliert zu analysieren. Folgende drei erkundende Tätigkeiten illustrieren die mögliche Verwendung:

- **Anwendungsprotokoll:** In der Anwendungsschicht werden beispielsweise Webserver und Webbrowser eingerichtet. Mit dem Abruf einer Webseite wird der Datenaustausch initiiert. In der Nachrichtensicht wird der Abruf der Webseite und die Antwort des Webserver sowie gegebenenfalls ein weiterer automatisch durchgeführter Abruf einer Abbildung, die Teil der Webseite ist, aufgezeichnet. Die Lernenden können das Anfrage-Antwort-Prinzip anhand der Übertragungsrichtung rekonstruieren. Außerdem können sie erkennen, dass ohne expliziten Abruf einer weiteren Datei automatisch weitere Daten vom Webserver bezogen werden.
- **Dreiwege-Handshake:** Mit Echo-Client und -Server wird eine Verbindung hergestellt und beendet. Aufgezeichnet wird der Datenaustausch während dieser Vorgänge. Zur Ansicht wird ausschließlich der Austausch auf der Transportschicht ausgewählt. Die Verwendung der Sequenznummer und der bestätigten Sequenznummer sowie des SYN-Flags kann beobachtet werden. Die Lernenden erkennen, dass schon bevor überhaupt Nutzdaten übertragen werden, Datenaustausch zwischen Client und Server stattfindet.
- **Zuverlässige Datenübertragung:** Vom Webserver wird eine Webseite mit Abbildung abgerufen. In der Nachrichtensicht wird der Datenaustausch auf Transport- und Anwendungsschicht analysiert. Die Lernenden beobachten, dass zu jedem Segment vom Server eine Bestätigung des Clients folgt und dass die Übertragung einer längeren Nachricht wie einer Abbildung mit mehreren Protokolldateneinheiten erfolgt. Damit wird ein Zugang dazu

ermöglicht, wie eine logische Verbindung über ein paketvermittelndes Rechnernetz realisiert werden kann.

Mit der Nachrichtensicht kann ausschließlich die Darstellung, nicht aber dynamisch erzeugter Inhalt durch Lernende modifiziert werden.

Quelltextansicht: Gestaltung von Internetanwendungen und -diensten

Die Quelltextansicht ermöglicht es, eigene Programme zu entwickeln und in der Umgebung, die Filius zur Verfügung stellt, zu simulieren. Unterstützt wird damit eine Erweiterung oder Modifizierung des Simulationsmodells, indem Programme für die virtuelle Arbeitsfläche programmiert und kompiliert werden. Mit der Darstellung eines Programms durch den Quelltext werden Implementierungsdetails zugänglich. Die Quelltextansicht ist Bestandteil des Entwurfsmodus. Aus dieser Sicht heraus ist daher keine Ausführung des Simulationsmodells möglich. Die erstellten bzw. modifizierten Programme stehen dafür in der Anwendungssicht zur Installation und Anwendung zur Verfügung. Die Quelltextansicht ermöglicht die Sicht auf statische Implementierungsdetails.

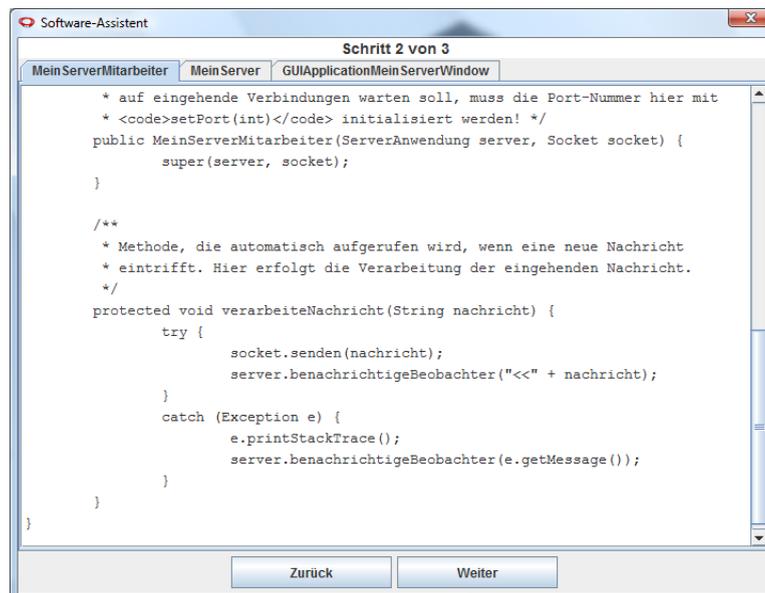


Abbildung 3.20: Bearbeitung eines Programms in der Quelltextansicht

Die Entwicklung von Internetanwendungen und -diensten wird durch einen Assistenten unterstützt. Der Assistent erlaubt die Verwaltung eigener sowie die Erzeugung neuer und die Modifizierung vorhandener Programme. Außerdem ist es damit möglich, Programme direkt zu kompilieren, damit sie anschließend in der Anwendungssicht zur Verfügung stehen. In Abbildung 3.20 ist ein Ausschnitt aus dem Quelltext für ein Server-Programm zu sehen. Für ein Server-Programm werden die Grundgerüste für drei Klassen automatisch erzeugt, die dann modifiziert werden können. Das Grundgerüst realisiert die Funktionalität eines Echo-Servers. Die Klasse zur Implementierung des Servers wird ergänzt um eine „Mitarbeiterklasse“ und um eine Klasse für die graphische Benutzungsschnittstelle. In der Mitarbeiterklasse erfolgt die Verarbeitung von Nachrichten, die über eine hergestellte Verbindung eintreffen, in einem eigenen Thread. Das Grundgerüst für die graphische Benutzungsschnittstelle erlaubt die Konfiguration des TCP-Ports und den Start des Servers. Außerdem stellt es einen Bereich zur Darstellung eingehender und versendeter Nachrichten zur Verfügung. Mit der Quelltextansicht werden eigene Anwendungsprotokolle implementiert, Protokolle vorhandener Anwendungen nachgebildet oder die Funktion des Echo-Servers erweitert.

Voraussetzung für die Verwendung dieser Sicht sind Vorkenntnisse der Lernenden zur Programmierung. Mögliche Tätigkeiten sind dann folgende:

- **Akkumulator-Server:** Die Funktionalität des Server-Grundgerüsts wird erweitert, indem jede eingehende Nachricht in eine Zahl konvertiert und bei Erfolg zu einem Objektattribut der Mitarbeiterklasse `summe` addiert wird. Der neue Wert wird dann an den Client zurück geschickt. Eine Verbindung zu diesem Server kann mit dem Echo-Client hergestellt werden. Damit werden alle Zahlen, die über eine Verbindung eintreffen addiert. Eine Variante ist dann, das Attribut `summe` der Grundklasse zuzuordnen. Damit werden die Zahlen aus allen Verbindungen aufsummiert. Die Lernenden erhalten damit einen Einblick in den Ablauf zur Verarbeitung eingehender Nachrichten durch den Server und können verschiedene Zustände eines Server unterscheiden.
- **Nachbildung Webserver:** Eine einfache Implementierung des HTTP unterstützt lediglich das Kommando `GET`. Als Antwort kann entweder eine einfache statische Webseite verschickt oder aber eine Webseite dynamisch erzeugt werden. Der TCP-Port wird zudem festgelegt und die Elemente der graphischen Benutzungsschnittstelle zur Änderung des Ports entfernt. Die Lernenden erhalten damit einen vertieften Einblick in die Funktionsweise eines Webservers, der nicht zwingend eine Webseite zurück liefern muss, die im lokalen Dateisystem gespeichert ist.
- **Port-Scanner:** Ausgangspunkt ist hierbei das Grundgerüst für ein Client-Programm, das die Funktionalität des Echo-Clients zur Verfügung stellt. Die graphische Benutzungsstelle wird geändert, indem kein Port zur Herstellung einer Verbindung angegeben wird. Stattdessen werden in einer Schleife zur angegebenen Zieladresse alle TCP-Ports zur Herstellung einer Verbindung durchprobiert. Bei erfolgreichem Verbindungsaufbau wird eine entsprechende Meldung ausgegeben und die Verbindung wieder geschlossen. Die Lernenden bekommen einen Einblick, wie leicht es ist, offene Ports als mögliche Schwachstellen, die nicht durch eine Firewall geschützt werden, aufzudecken.

Die Quelltextansicht stellt höhere Anforderungen an die Vorkenntnisse von Lernenden, ermöglicht aber vertiefte Erkenntnisse zur Funktionsweise internetbasierter Informatiksysteme.

3.3.6 Fazit

Die Simulation von internetbasierten Informatiksystemen mit Filius unterstützt die identifizierten Zugänge zu Internetworking. Der Aufbau von Internetworks wird mit der Netzwerksicht ermöglicht. Die Erprobung der korrekten Konfiguration kann durch den Einsatz einer einfachen Internetanwendung in der Anwendungssicht erfolgen. Fachkonzepte der Netzzugangsschicht wie beispielsweise Bitkodierung oder die Verwendung unterschiedlicher Technologien werden allerdings nicht simuliert. Auch die Programmierung internetbasierter Informatiksysteme ist möglich. Dabei ist es allerdings erforderlich, die Programmierschnittstelle, die von Filius zur Verfügung gestellt wird, zu verwenden. Mit dem Grundgerüst für verschiedene Anwendungstypen wird dies unterstützt. Das Nachempfinden einer Komponente einer Internetanwendung wird durch das Programm Echo-Client ermöglicht. Anwendungsprotokolle zu WWW und E-Mail können dann auch in dieser abgeschlossenen Umgebung genutzt werden, die zugleich weitere Sichten auf die Abläufe zulässt. Die Anwendung internetbasierter Informatiksysteme wird mit vereinfachten Benutzungsschnittstellen unterstützt. Allerdings werden keine Streaming-Anwendungen zur Verfügung gestellt. Fachkonzepte wie zur Ressourcenzuteilung und Multicast werden daher nicht simuliert. Auch die Beobachtung des Datenaustauschs ist möglich. Einschränkungen ergeben sich hierbei durch die vereinfachte Implementierung von Protokollen insbesondere auf der Netzzugangsschicht. Damit kann zugleich die Grundlage zu einer spezielleren vertieften Auseinandersetzung, wie sie zur Entwicklung realer Informatiksysteme erforderlich ist, ermöglicht werden.

	dynamisch			statisch	
	A	B	C	B	C
Anwendungssicht	×				
Netzwerksicht		×		×	
Nachrichtensicht			×	×	
Quelltextsicht					×

Tabelle 3.10: Realisierung der Perspektiven auf Informatiksysteme durch vier Sichten

In Tabelle 3.10 wird dargestellt, durch welche Sichten in Filius die Perspektiven realisiert werden. Die in den Zugängen zu Internetworking identifizierten fünf Perspektiven wurden also mit den vier Sichten umgesetzt. Durch die Realisierung verschiedener Perspektiven auf Internetanwendungen und -dienste kann beobachteten Lernschwierigkeiten begegnet werden. Die Kombination von Netzwerksicht und Anwendungssicht ermöglicht die Simulation einer realistischen Infrastruktur für E-Mail. Lernende können dann beobachten, dass auch zwischen Mailservern SMTP zur Nachrichtenübertragung verwendet wird. Abstrakte und konkrete Komponenten werden in den Sichten getrennt. Als Komponenten werden ausschließlich Bestandteile der Informatiksysteme dargestellt. Die abstrakten Schichten werden dann den tatsächlich ausgetauschten Protokoll-Einheiten zugeordnet. Aufbau und Abläufe werden durch die aufeinander bezogenen Sichten verbunden. Die zu DNS als verteilter Verzeichnisdienst beobachtete Schwierigkeit zur Verbindung der Domain-Hierarchie mit dem Ablauf wurde jedoch nicht realisiert. DNS-Server werden ausschließlich als lokale Server verwendet, die alle Einträge verwalten. Die Möglichkeit, Server für Domains einzurichten und damit rekursive und iterative Anfragen zu erlauben, wurde als mögliche Erweiterung vorbereitet. Die Anforderungen, die aus der Analyse von beobachteten Lehr-Lernprozessen resultieren, konnten in den Entwicklungsprozess der Lernsoftware einbezogen werden.

Oliver u. a. (2007) beschreiben die Schwierigkeiten, die mit dem Erlernen grundlegender Fachkonzepte zum Internet bzw. zu Rechnernetzen verbunden sind, als Barrieren im Lehr-Lernprozess:

„These can be categorised as barriers of time, space and access. From the perspective of time, many of the interactions occur at timescales that are outside of the range of human perception; from the perspective of space, a student will be situated in one location which will often define their view of the network; from the perspective of access, interaction with network protocols is mediated through libraries provided by operating systems which in turn require the use of programming languages to manipulate“ (Oliver u. a., 2007, S. 96).

Der Barriere, die mit dem zeitlichen Ablauf verbunden ist, wird in Filius dadurch begegnet, dass der Ablauf optional verzögert und der Datenaustausch aufgezeichnet werden kann. Die Darstellung des Aufbaus des Rechnernetzes sowie die Möglichkeit, auf alle Rechner zuzugreifen, reduziert die Schwierigkeit, die mit den räumlichen Gegebenheiten verbunden ist. Lernende können unterschiedliche Perspektiven einnehmen. Die Beobachtung des Datenaustauschs sowie die Möglichkeit, mit einem einfachen Programm eine TCP/IP-Verbindung zu einem virtuellen Server herzustellen, ermöglicht zudem den Zugang zu Anwendungsprotokollen ohne Programmierkenntnisse. Die durch Filius ermöglichten Zugänge erfüllen damit wichtige Kriterien für geeignete Unterrichtsmittel.

Entdeckendes Lernen stellt hohe Anforderungen an Tätigkeiten der Lernenden. Notwendig ist, dass ein Sachverhalt im Hinblick auf Zusammenhänge von bewusst durchgeführten Modifizierungen und erzeugten Ausgaben untersucht werden kann. Die Modifizierungen können sich sowohl auf Eingaben beziehen, die dann in irgendeiner Weise verarbeitet werden, oder aber die Verarbeitung selbst betreffen. Mit Bezug zu den von Schulmeister (2002) formulierten Stufen der Interaktivität von Lernsoftware ist es notwendig, dass die Lernsoftware die höchste Stufe realisiert, um die identifizierten Zugänge in Lehr-Lernprozessen zu realisieren. Denn sowohl das Simula-

tionsmodell zur Beschreibung des Verhaltens internetbasierter Informatiksysteme, wie auch die Konfiguration als Eingaben müssen modifizierbar sein. Anwendungssicht und Nachrichtensicht ermöglichen die Modifizierung beider Teile, in der Quelltextansicht kann das Simulationsmodell modifiziert werden. Die Anwendungssicht nimmt darüber hinaus eine zentrale Rolle ein, weil hieraus der Ablauf der Simulation initiiert wird. Durch die Kombination verschiedener Sichten in Lehr-Lernprozessen kann die höchste Interaktivitätsstufe realisiert werden.

3.4 Zusammenfassung

Wissensstrukturen beschreiben fachdidaktisches Wissen zur Strukturierung von Wissen der Informatik. Zur Berücksichtigung der Zugänglichkeit in Lehr-Lernprozessen müssen Beziehungen zwischen Fachkonzepten, die im Unterricht nutzbar gemacht werden sollen, angemessene Lernaktivitäten zugeordnet werden. Es wurde daher begründet, dass Wissensstrukturen spezifische, d. h. nicht allgemein gültige, Vorwissensbeziehungen beschreiben müssen, weil sie nur dann die fachdidaktische Diskussion von Lernpfaden mit Varianten ermöglichen. Die Knoten in der graphischen Darstellung der Wissensstrukturen werden mit Grobzielen verknüpft, die in tabellarischer Form durch Feinziele konkretisiert werden. Die Beschreibung eines Lernstands erfolgt dann nicht durch Benennung eines sondern aller erreichten Knoten, weil aus den Vorwissensbeziehungen keine allgemein gültige Aussage über das Erreichen von Vorgängerknoten abgeleitet werden kann. Wissensstrukturen zeigen dann mögliche Lernpfade zur Kompetenzentwicklung auf, wobei die Interessen der Lernenden im Sinne der Schülerorientierung berücksichtigt werden können.

Aufgabenklassen beschreiben das notwendige informatische Wissen, das zur Beantwortung einer Aufgabe erforderlich ist. Durch eine Beschreibung des Ablaufs zur Aufgabebearbeitung wurden formale Komponenten einer Aufgabe und der informatische Kern bzw. der informatische Sachverhalt zueinander in Beziehung gesetzt. Eine Strukturierung von Aufgabenklassen unter Berücksichtigung der fundamentalen Ideen der Informatik wurde begründet. Damit werden zwei Möglichkeiten zur Vernetzung von Aufgabenklassen beschrieben. Verschiedene Ansätze der Aufgabengestaltung auf der Grundlage von Aufgabenklassen werden durch die Unterscheidung von Aufgaben zum Lernen und zur Erfolgskontrolle dargestellt. Diese Möglichkeiten der Gestaltung von Aufgaben wurden im Hinblick auf die zugrunde liegenden Aufgabenklassen diskutiert.

Die Realisierung entdeckenden Lernens zu Internetworking erfordert die Unterstützung durch Lernsoftware. Die Entwicklung der im Rahmen des Forschungsprojekts entstandenen Lernsoftware Filius wurde mit den durchgeführten Unterrichtsprojekten verknüpft, um Erkenntnisse aus der Unterrichtspraxis in die Entscheidungen zur Softwareentwicklung einzubeziehen. Zugänge, die durch den Softwareeinsatz ermöglicht werden, wurden auf der Basis aktueller Ergebnisse der Fachdidaktik identifiziert. Es wurden vier Sichten implementiert, die notwendige Perspektiven auf internetbasierte Informatiksysteme zur Umsetzung der Zugänge in Lehr-Lernprozessen unterstützen. Die informatische Vorgehensweise zur Untersuchung komplexer Sachverhalte durch Simulation ermöglichte die Realisierung einer hohen Interaktivitätsstufe. Die Anforderungen, die aus den identifizierten Zugängen und den Erkenntnissen aus Unterrichtsprojekten resultieren, und die Verknüpfung von Anforderungen der Lebens- und Arbeitswelt mit Fachkonzepten der Informatik wurden durch Simulation und auf der Basis des Sichtenkonzepts umgesetzt.

4 Unterrichtskonzept für die praktische Erprobung

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Überlegungen zu den Unterrichtserprobungen dargestellt. Es werden die Entscheidungen zu Zielen, Inhalten, Methoden und Medien im Sinne von Unterrichtsmitteln begründet. Die Beschreibung des zeitlichen Ablaufs sowie der Planung auf der Ebene konkreter Unterrichtseinheiten erfolgt erst im folgenden Kapitel. Zu Zielen und Inhalten werden zielgruppenspezifische Vorgaben für den Unterricht untersucht und im Kontext der Bildungsanforderungen diskutiert. Außerdem werden die fachwissenschaftlichen Inhalte hinsichtlich der didaktischen Aufbereitung für Informatikunterricht untersucht. Methoden werden auf der Basis der Erkenntnisse der Fachdidaktik, der Lerntheorien und der Erziehungswissenschaft ausgewählt und begründet. In diesem Kapitel wird also eine Konzeption für Unterricht zu Internetworking für eine bestimmte Zielgruppe entwickelt, in der noch von konkreten Unterrichtsstunden abstrahiert wird.

4.1 Das Unterrichtskonzept im Planungsprozess

4.1.1 Das Didaktische System Internetworking in der Sekundarstufe II

Zur Erkundung und Erprobung von Lehr-Lernprozessen zu Internetworking ist es erforderlich, dass zielgruppenspezifische Rahmenbedingungen berücksichtigt und Unterrichtsmittel ausgewählt bzw. gestaltet werden. Unterrichtsprojekte werden bereits frühzeitig in den Forschungsprozess einbezogen (siehe Abschnitt 1.4). Damit können Erkenntnisse aus der Unterrichtspraxis in die Entwicklung der Komponenten des Didaktischen Systems mit einbezogen werden. Zur Durchführung der Unterrichtsprojekte müssen gegebene institutionelle Rahmenbedingungen insbesondere im Hinblick auf verbindliche Ziele für Schulform und Jahrgangsstufe sowie geeignete Handlungsmuster berücksichtigt werden. Aufgrund der bestimmten Ziele, Inhalte und Methoden werden Unterrichtsmittel ausgewählt. Das Unterrichtskonzept beschreibt damit Entscheidungen zur Gestaltung der Unterrichtsprojekte.

Erkenntnisse zu den Komponenten des Didaktischen Systems werden unter Berücksichtigung der zielgruppenspezifischen Rahmenbedingungen angewendet. Erkenntnisse zu Wissensstrukturen werden dazu genutzt, Lehr-Lernprozesse im Kontext von Alltagserfahrungen der Lernenden zu beschreiben. Die fachdidaktisch fundierte Strukturierung der Aufgabenklassen wird zur Analyse und Beschreibung von Lernaktivitäten genutzt, die einem angemessenen Anforderungsniveau für die Sekundarstufe II entsprechen. Erkenntnisse zu geeigneter Lernsoftware werden genutzt, um Unterrichtsmittel zur Unterstützung angemessener Lernaktivitäten auszuwählen. Wissensstrukturen und Aufgabenklassen werden schließlich auch zur Begründung didaktischer Entscheidungen im Unterricht verwendet.

Die organisatorischen Rahmenbedingungen werden in Absprache mit den Schulen bestimmt. Für die zeitliche Planung müssen die Vorgaben des gültigen Lehrplans für Nordrhein-Westfalen (MSWWF, 1999) ebenso beachtet werden, wie auch der notwendige Zeitbedarf für das Thema Internetworking. Auch die Wahl des Informatikkurses erfolgt in enger Absprache mit der Schule. Die Jahrgangsstufe 11 wird als geeignete Jahrgangsstufe bestimmt, weil die Lernenden dort ein angemessenes Bild der Informatik erwerben sollen, bevor sie einen Kurs für das Abitur

wählen. Deshalb müssen im Informatikunterricht verschiedene Bereiche eingeführt werden. Eine Einschränkung auf objektorientierte Modellierung, was im Lehrplan als verbindlich vorgegeben wird, ist daher nicht sinnvoll. Voraussetzungen für das Thema Internetworking im Unterricht können besonders gut untersucht werden, weil diese Jahrgangsstufe in Nordrhein-Westfalen den Anfangsunterricht in Informatik darstellt und damit keine Vorkenntnisse aus institutionalisierten Bildungsprozessen vorhanden sind. Außerdem stellt diese Jahrgangsstufe die früheste Möglichkeit dar, die Erprobungen im regulären Informatikunterricht durchzuführen. Damit verbunden ist die Annahme, dass sich unterschiedliche Voraussetzungen mit zunehmendem Alter gerade in einem solchen Bereich mit starkem Alltagsbezug immer deutlicher ausprägen. Drei der vier Unterrichtsprojekte finden daher in der Vorbereitungsphase der gymnasialen Oberstufe statt.

4.1.2 Vorgehen zur Unterrichtsplanung

In den folgenden Abschnitten geht es um die Unterrichtsplanung auf den Stufen der Jahresplanung, des Arbeitsplanes und der mittelfristigen Unterrichtseinheiten. Peterßen (1994) unterscheidet insgesamt sechs Stufen der Unterrichtsplanung. Das Ergebnis der ersten zwei Stufen ist der Lehrplan, der die Vorgaben für Lehrende beschreibt. Im Jahresplan werden die Ziele für ein Schuljahr gemäß den Vorgaben bestimmt. Dabei geht es auch darum, den spezifischen Bildungsbeitrag, der mit den Zielen und Inhalten verbunden ist, zu bestimmen. Außerdem muss in der Regel eine Auswahl geeigneter Lernziele getroffen werden. Auf der nächsten Stufe wird mit dem Arbeitsplan eine zeitliche Abfolge der zuvor bestimmten Ziele festgelegt. Dabei sind notwendige Entwicklungsschritte sowie gegebenenfalls Bezüge zu anderen Fächern zu berücksichtigen. Auf der Planungsstufe der mittelfristigen Unterrichtseinheit, die sich eben nicht mehr auf ein ganzes Schuljahr, sondern auf einen Zeitraum in der Größenordnung von mehreren Wochen bezieht, wird zum einen die zeitliche Planung verfeinert und zum anderen die Richtziele im Sinne der lernzielorientierten Didaktik konkretisiert. Die Grobziele können dann den einzelnen Unterrichtseinheiten zugeordnet werden. Auf der letzten Stufe werden mit dem Unterrichtsentwurf die Grobziele durch Feinziele weiter präzisiert und der Ablauf der einzelnen Unterrichtsstunden geplant. In diesem Kapitel werden zunächst die Planungsstufen beschrieben, die von den jeweiligen Unterrichtsprojekten im Wesentlichen unabhängig sind. Im Sinne der Jahresplanung werden ausgehend von den Vorgaben für Lehrende Lernziele für den Unterricht bestimmt und ausgewählt. Diese Analyse erfolgt zielgerichtet zu Internetworking. Die Stufe der Arbeitsplanung kann hier nicht umfassend betrachtet werden, weil dies den Einbezug der Ziele eines gesamten Schuljahres erforderlich machen würde. An dieser Stelle soll es dazu ausschließlich darum gehen, den Abschnitt Internetworking im Gesamtkontext des Schuljahres einzuordnen. Die Planung mittelfristiger Unterrichtseinheiten wird in diesem Kapitel zunächst abstrahierend von den jeweiligen zeitlichen Vorgaben durchgeführt, weil sonst bereits hier eine Unterscheidung der verschiedenen Unterrichtsprojekte vorgenommen werden müsste. Die Planung der Unterrichtssequenzen unterscheidet sich in den Erprobungen und wird daher im nachfolgenden Kapitel dargestellt.

Zur Unterrichtsplanung sind verschiedene Dimensionen auf jeder der Stufen zu berücksichtigen. Kernstück der lerntheoretischen Didaktik, die von Paul Heimann, Wolfgang Schulz und Gunter Otto begründet wurde, ist die Strukturanalyse des Unterrichts. Aus der Beobachtung von Unterricht wurden Kategorien ermittelt, die zur Planung von Unterricht berücksichtigt werden müssen. Dabei lassen sich Bedingungsfelder und Entscheidungsfelder im Hinblick auf die Unterrichtsplanung unterscheiden. Die Bedingungsfelder sind die anthropogenen und die soziokulturellen Voraussetzungen. Die Entscheidungsfelder sind Intentionalität, d. h. die Ziele in Lehr-Lernprozessen, Thematik, Methodik und Medienwahl (vgl. Jank und Meyer, 2005, S. 263). In der bildungstheoretischen Didaktik erfolgt dagegen eine Beschränkung auf Ziele, Inhalte und Methoden. Die Medien bzw. Unterrichtsmittel sind nach Meyer (vgl. 2005, S. 150) „konservierte“ Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen. Daher sollen diese hier abschließend mit Bezug zu Zielen, Inhalten und Methoden diskutiert werden.

Die Unterrichtsplanung erfolgt sowohl inhaltsbezogen als auch unter Berücksichtigung der Interessen der Lernenden. Paul Heimanns Ansatz für die lerntheoretische Didaktik beschreibt eine formale Bildungstheorie (vgl. Jank und Meyer, 2005, S. 280). Dabei ist der Bezugspunkt das Subjekt, d. h. Bedürfnisse und Anforderungen in zukünftigen Lebenssituationen sind der Ausgangspunkt für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen. Demgegenüber stehen Ansätze der materialen Bildungstheorie, in der das Objekt im Vordergrund steht. Die Frage dabei ist, welche Inhalte so wertvoll sind, dass sie in Lehr-Lernprozessen vermittelt werden sollten. Wie Jank und Meyer jedoch festhalten, ist keine der beiden Ansätze für Bildungstheorien alleine ausreichend (Jank und Meyer, 2005, S. 213). Während Klafki die bildungstheoretische Didaktik als materiale Bildungstheorie durch die Ausrichtung an Problemen mit der formalen Bildungstheorie verbindet, bleibt Heimann beim formalen Bildungsbegriff (Jank und Meyer, 2005, S. 281) oder besser beim Lernbegriff (vgl. Peterßen, 1994, S. 92f). Der Bildungswert der Inhalte wird aufgezeigt und Ansätze zur Realisierung der Schülerorientierung werden diskutiert.

4.2 Ziele des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II

Ausgangspunkt zur Planung sind die Ziele des Unterrichts. Peterßen (1994) weist darauf hin, dass die verschiedenen Dimensionen Ziele, Inhalte und Methoden nicht unabhängig voneinander geplant werden können. Entscheidungen beeinflussen sich wechselseitig. Die in der lerntheoretischen Didaktik vertretene These der Interdependenz besagt, dass keiner der Dimensionen ein grundsätzlicher Vorrang zusteht. Das schließt jedoch nicht aus, dass Prioritäten gewählt werden (vgl. Peterßen, 1994, S. 208f). Denkbar wäre auch der Methodenentscheidung für Projektunterricht eine hohe Priorität einzuräumen. Aus pragmatischen Gründen räumt Peterßen jedoch ein, dass die Priorität der Zielsetzung als allgemein anerkannte didaktische Auffassung zur Unterrichtsplanung gilt (vgl. Peterßen, 1994, S. 24). Jank und Meyer (2005) sprechen entsprechend vom Primat der Ziele bzw. vom Primat der Intention. Im ersten Schritt geht es daher darum, die Vorgaben für den Informatikunterricht hinsichtlich der Ziele zu untersuchen.

Immer wieder wird auf eine Unterscheidung von Lehrzielen und Lernzielen hingewiesen. Jank und Meyer (vgl. 2005, S. 51f) unterscheiden Lehrziele als von Lehrenden formulierte Ziele, Handlungsziele als von Lernenden gesetzte Ziele und Unterrichtsziele als Kombination dieser Perspektiven. Damit ist die Problematik verbunden, dass beim institutionellen Lernen bestimmte Ziele vorab beispielsweise durch den Rahmenplan vorgegeben werden, ohne die Interessen der Lernenden zu berücksichtigen. Lehrende können dann lediglich geeignete Voraussetzungen dazu schaffen, dass auch die Schüler diese Vorgaben als Ziele übernehmen. Dennoch wird häufig auch dann von Lernzielen gesprochen, wenn sie Lernenden von außen vorgeschrieben werden. Damit verbunden ist sicherlich der Wunsch, dass die Lehrziele zu Lernzielen werden. In dieser Arbeit wird in diesem Sinne von Lernzielen gesprochen.

4.2.1 Der Rahmenplan Informatik in Nordrhein-Westfalen

Die Sekundarstufe II in Nordrhein-Westfalen soll wissenschaftspropädeutisch ausgerichtet und zur persönlichen Entfaltung in sozialer Verantwortung führen. Die persönliche Entfaltung der Lernenden beschreibt dabei den Erziehungsauftrag. Wissenschaftspropädeutik bezieht sich auf das Lernen in den jeweiligen Fachdisziplinen.

„Ins Zentrum unverzichtbarer fachlicher Inhalte des Informatikunterrichts in der gymnasialen Oberstufe rücken generalisierbare Techniken zur Modellbildung und zur (Weiter)Entwicklung von Anwendungssystemen sowie Verfahren zur Analyse und Bewertung vorliegender Informatiksysteme“ (MSWWF, 1999, S. 6).

Zum wissenschaftspropädeutischen Lernen gehört insbesondere die Verfügbarkeit fachlichen Grundlagenwissens, das in unterschiedlichen Kontexten einsetzbar sein muss. Außerdem sollen die

Lernenden grundlegende Erkenntnis- und Verfahrensweisen der Fachwissenschaft erlernen. Dazu gehört auch, dass sie die dazu notwendigen Einstellungen und Verhaltensweisen entwickeln. Zudem soll die Reflexions- und Urteilsfähigkeit sowohl innerhalb des Fachs wie auch im Bezug zu übergreifenden Fragestellungen gefördert werden. Der Informatikunterricht, der nicht alleine durch den Anwendungsbereich definiert und legitimiert ist, soll unter wissenschaftspropädeutischen Aspekten das Arbeiten an Modellen, Strategien und Techniken bis zur praktischen Umsetzung zu Informatiksystemen berücksichtigen (vgl. MSWWF, 1999, S. 5).

Die Inhalte werden im Bezug zu Anwendungen, d. h. zu Informatiksystemen, beschrieben. Um die geforderte Ausrichtung nicht alleine am fachinhaltlichen Rahmen auszurichten, wird das Lernen im Kontext der Anwendung dargestellt. Neben Wissen zur Lösung spezifischer Anwendungssituationen und der Erzeugung eines Gesamtbildes von Informatik durch die Vielfalt möglicher Anwendungen ist der dritte Anknüpfungspunkt von besonderem Interesse. Anwendungen werden dazu verwendet, Informatiksysteme und Entwicklungsprozesse zu veranschaulichen und zu motivieren. Dazu sollen Informatiksysteme gewählt werden, die einen besonders exemplarischen Charakter aufweisen sowie Lehr-Lernprozesse über grundlegende Prinzipien der Informatik ermöglichen.

„Das soll und darf jedoch nicht heißen, dass Anwendungen – z. B. der Umgang mit einer Textverarbeitung oder einem Datenbanksystem – um ihrer selbst willen betrieben werden und sich der Unterricht weitgehend darin erschöpft, mit Standardsoftware zu arbeiten und ihre Nutzung zu perfektionieren“ (MSWWF, 1999, S. 17).

Typische Internetanwendungen werden also nicht dazu verwendet, um deren Anwendung zu erlernen. Vielmehr sollen die dahinter liegenden Prinzipien und Methoden der Informatik zum Inhalt des Informatikunterrichts werden. Als mögliche Anwendungsbereiche werden zwei Bereiche mit direktem Bezug zu Internetworking genannt. Zur Telekommunikation kann der Datenaustausch zwischen Rechnern in lokalen und globalen Rechnernetzen mit den zugrunde liegenden Prinzipien, Modellen und Rahmenbedingungen behandelt werden. Der zweite Bereich ist Datenschutz und Datensicherheit. Dabei geht es vor allem um die informatischen Verfahren zum Schutz von Daten vor unberechtigtem Zugriff. In diesem Kontext sollen dann aber auch gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt werden. Es wird empfohlen, Situationen aus der Lebenswelt der Lernenden aufzugreifen, diese geeignet zu reduzieren, damit sie im Modell bearbeitet werden können, um die Ergebnisse wieder auf die Realität zu übertragen. Internetworking bietet damit verschiedene Anknüpfungspunkte zur Auswahl geeigneter Inhalte für den Informatikunterricht.

Es werden zwei grundlegende Vorgehensweisen als Ziele formuliert. Zum einen soll es um Modellieren und Konstruieren und zum anderen um Analysieren und Bewerten gehen. Die Vorgehensweise Modellieren und Konstruieren orientiert sich stark an den typischen Tätigkeiten zur Entwicklung eines Informatiksystems. Wobei damit allerdings keine zeitliche Abfolge im Unterricht im Sinne des Softwareentwicklungszyklus vorgeschrieben wird. Demgegenüber steht die Vorgehensweise, die von existierenden Informatiksystemen ausgeht. Diese Vorgehensweise wird als Analysieren und Bewerten beschrieben. Zur Konstruktion komplexer realer Informatiksysteme ist die Verwendung einer Programmierumgebung notwendig. In der Jahrgangsstufe 11 kann das Wissen zur Entwicklung von Internetanwendungen noch nicht so vertieft werden, dass reale komplexe Anwendungen entwickelt werden könnten. Der zeitliche Aufwand zum Erwerb der dazu erforderlichen Vorkenntnisse kann in einer kurzen Unterrichtssequenz zu Internetworking nicht geleistet werden. Daher wird Analyse und Bewertung die vorherrschende Vorgehensweise im Unterricht zu Internetworking bilden.

Vorgehensweisen und Inhalte zu Internetworking sind fakultativer Bestandteil der Jahrgangsstufe 11. Die Jahrgangsstufe 11 soll zur Vorbereitung der folgenden Jahrgangsstufen dienen. Dazu wird die Unterrichtsplanung am Prinzip des Spiralcurriculums ausgerichtet. Es sollen dann in Jahrgangsstufe 11 die Voraussetzungen geschaffen werden, die zur Vertiefung in der folgenden Qualifikationsphase notwendig sind. Die wesentlichen Bereiche müssen bereits in dieser Jahrgangsstufe erschlossen werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den fachlichen Inhalten zu Mo-

dellieren und Konstruieren. Analysieren und Bewerten wird ein geringerer Stellenwert zuerkannt. In den Jahrgangsstufen 12 und 13 werden abhängig von gewählten Sprachkonzepten verschiedene Inhalte obligatorisch berücksichtigt. In einem dreijährigen Kurs sollten zwei Sprachkonzepte aufgegriffen werden (MSWWF, 1999, S. 27). Unterschieden wird der imperative, der objektorientierte, der wissensbasierte und der funktionale Ansatz. Zum objektorientierten Ansatz werden explizit die Client-Server-Architektur, Netzstrukturen und Protokolle aufgeführt (MSWWF, 1999, S. 31). Der wissensbasierte Ansatz greift die Datenschutzproblematik auf und der funktionale Ansatz bezieht die Kryptologie mit ein. Die Schüler sollen in die Lage versetzt werden, die Auswirkungen der Informations- und Kommunikationstechnik auf Lebens- und Arbeitswelt besser einschätzen zu können. Über diese Themen hinaus, die einem Sprachkonzept zugeordnet werden, sollen auch Themen eingebracht werden, die von einem Sprachkonzept unabhängig sind. Dazu werden drei Themenschwerpunkte aufgeführt, wovon eines das Thema Netzstrukturen ist. Dabei soll die Rechner-Rechner-Interaktion in lokalen und globalen Rechnernetzen unter Berücksichtigung von Möglichkeiten zur Fehlererkennung und -behebung, Aufbau und Struktur von lokalen Rechnernetzen und dem Internet behandelt werden (MSWWF, 1999, S. 71). Das Thema Netzstrukturen wird für den Unterricht empfohlen (MSWWF, 1999, S. 68). Der mögliche zeitliche Rahmen der Unterrichtsprojekte zu Internetworking in der Jahrgangsstufe 11 ist daher auf wenige Wochen begrenzt.

In Absprache mit der Schulleitung der kooperierenden Schule wurden die Unterrichtsprojekte in Jahrgangsstufe 11 durchgeführt. Der Schwerpunkt in den Kursen lag auf der Einführung der objektorientierten Programmierung, die auch die objektorientierte Modellierung mit einschließt. Dazu wurde die Klassenbibliothek „Stifte und Mäuse“ mit der Programmiersprache Java eingesetzt. Darüber hinaus sollte den Schülern aber die Möglichkeit gegeben werden, mit Internetworking eine weitere Facette der Informatik in Jahrgangsstufe 11 kennen zu lernen. Unabhängig von den durchgeführten Unterrichtsprojekten erfolgt eine vertiefte Auseinandersetzung mit einzelnen Aspekten wie asymmetrische Verschlüsselungsverfahren oder das Schichtenmodell für Rechnernetze in der Qualifikationsphase (Jahrgangsstufen 12 und 13) in Form von Hausarbeiten.

4.2.2 Die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung

Die Ziele, wie sie in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) formuliert werden, umfassen die Förderung des Verständnisses von Informatiksystemen und die Förderung der Abstraktionsfähigkeit und des Erfassens logischer Zusammenhänge. Zu den Informatiksystemen wird Wissen und Können gefordert, das über Bedienerfertigkeiten hinausgeht. Die Lernenden sollen die Funktionsweise, die innere Struktur sowie Möglichkeiten und Grenzen kennen.

„Dadurch wird deren sinnvolle, kompetente und verantwortungsbewusste Nutzung und Beurteilung ermöglicht. Die Schülerinnen und Schüler machen sich mit den Denkweisen vertraut, die den Informations- und Kommunikationstechniken zugrunde liegen, und lernen dadurch auch deren prinzipielle Chancen und Risiken einzuschätzen“ (EPA, 2004, S. 3).

Die Abstraktionsfähigkeit und das Erfassen logischer Zusammenhänge werden gefördert, indem informatische Methoden wie Strukturieren, Formalisieren und Interpretieren angewendet werden (vgl. EPA, 2004, S. 3). Im informationszentrierten Ansatz für den Informatikunterricht wird Modellierung nicht nur als Inhalt sondern als durchgängige Methode vorgeschlagen. Im Unterrichtskonzept wird dieser Anforderung durch die Modellbildung zu Funktionsprinzipien des Internets entsprochen.

Die Ziele der gymnasialen Oberstufe werden durch vier Kompetenzbereiche konkretisiert. Der Bereich Strukturierung informatischer Kenntnisse umfasst die Ziele, dass die Lernenden über strukturiertes informatisches Basiswissen verfügen und neue informatische Kenntnisse strukturieren können. Mit dem Internetschichtenmodell und dem Protokollstapel kann aufgezeigt wer-

den, wie komplexe Systeme mit Modulen, die über Schnittstellen verfügen, strukturiert werden können. Zum Kennen und Anwenden informatischer Methoden gehört, dass die Lernenden Informatiksysteme konfigurieren können, um eine Aufgabenstellung zu lösen. Die Konfiguration von Internetanwendungen stellt dabei besondere Anforderungen an Sicherheitsaspekte. Die richtige Verwendung der Fachsprache und die Veranschaulichung von Sachverhalten beispielsweise mit Diagrammen gehört zum Bereich Kommunizieren und Kooperieren. Fachbegriffe zum Internet und dessen Anwendungen tauchen vielfach in der Öffentlichkeit auf. Für das Verstehen der fachlichen Zusammenhänge ist der richtige Gebrauch dieser Begriffe notwendig. Zum Kompetenzbereich Anwenden informatischer Kenntnisse, Bewerten von Sachverhalten und Reflexion von Zusammenhängen werden insbesondere Fähigkeiten und Fertigkeiten im Zusammenhang mit Informations- und Kommunikationssystemen angeführt. Lernende sollen diese nutzen, aber auch analysieren und einschätzen können. Über das Wissen zur Funktionsweise des Internets hinaus müssen auch die Konsequenzen für alltägliche Situationen mit Internetanwendungen hinterfragt werden. Internetworking kann damit zu allen vier Bereichen einen Beitrag leisten.

Für den Informatikunterricht werden zugleich drei Inhaltsbereiche angeführt. Der Bereich Interaktion mit und von Informatiksystemen adressiert direkt auch den Datenaustausch zwischen Rechnern und Rechnernetze. Als Beispiele werden einfaches Protokoll und einfaches Schichtenmodell genannt (vgl. EPA, 2004, S. 6). Dazu eignen sich insbesondere textbasierte Anwendungsprotokolle und das vierschichtige Internetschichtenmodell. Als weiterer Stichpunkt zu diesem Bereich wird der Schutz von Daten und Datensicherheit mit Kryptologie und Zugriffskontrolle als Beispiele angeführt. Diese Inhalte erhalten insbesondere durch die Vernetzung von Informatiksystemen im Internet einen erhöhten Stellenwert. Im Inhaltsbereich grundlegende Modellierungstechniken werden Betrachtungsweisen im Rahmen von Problemlösungen genannt. Dazu gehören auch die zustandsorientierte Modellierung, die einen Anknüpfungspunkt für Protokolle darstellt und die Modellierung von Abläufen, die einen Bezug zur Darstellung der Interaktion zwischen Rechnern erlaubt. Der dritte Inhaltsbereich zu Möglichkeiten und Grenzen informatischer Verfahren schließt die Beurteilung der Effizienz und Bedeutung von informatischen Verfahren sowie gesellschaftliche, ethische und rechtliche Aspekte mit ein. Aus den neuen Möglichkeiten des Dokumentenaustauschs und der Kommunikation durch das Internet resultieren dazu Konsequenzen beispielsweise zum Urheberrecht. Neben den Kompetenzbereichen bieten auch die drei Inhaltsbereiche Bezugspunkte für Internetworking an.

Zur Illustration der Anforderungen an Prüfungsaufgaben werden acht ausführlich dokumentierte Aufgaben für einen Grundkurs dargestellt. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass die Aufgaben weder einen thematischen Schwerpunkt bzw. eine thematische Festlegung noch Repräsentativität hinsichtlich formaler und anwendungsbezogener Anteile beanspruchen. Dennoch sollen an dieser Stelle solche Aufgaben mit direktem Bezug zu Internetworking berücksichtigt werden, weil sie das Anforderungsniveau für die Sekundarstufe II darstellen. Von den acht Aufgaben für den Grundkurs weisen drei Aufgaben einen solchen inhaltlichen Bezug auf.

Inhalt der ersten Aufgabe ist Kryptographie (EPA, 2004, S. 44ff). Hierbei werden die Sicherheitsdienste Vertraulichkeit und Authentizität adressiert, die erklärt werden sollen. Historische Verschlüsselungsverfahren zur Substitution und Transposition sollen erläutert und hinsichtlich ihrer Sicherheit bewertet werden. Neben solchen symmetrischen Verfahren soll das Vorgehen zum Nachrichtenaustausch mit asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren dargestellt werden. Am Beispiel des RSA-Algorithmus soll erläutert werden, worauf die Sicherheit dieser Verfahren beruht. Das Verfahren soll zu Schlüsselerzeugung und Verschlüsselung angewendet werden. Über diese fachwissenschaftlichen Aspekte hinaus sollen die Lernenden gesellschaftliche Gesichtspunkte untersuchen, indem sie Gründe für und wider ein staatliches Verbot kryptographischer Verfahren und Gründe für und wider den Einsatz von Verschlüsselungsprogrammen im privaten, geschäftlichen und öffentlichen Bereich angeben. Eine vergleichbare Aufgabe zur Kryptographie wird auch für das Leistungskursniveau beschrieben. Der Unterschied liegt dabei im Wesentlichen in der Behandlungstiefe des RSA-Verfahrens.

In einer weiteren Aufgabe geht es um den Aufbau eines Rechnernetzes mit mobilen Endgeräten (EPA, 2004, S. 47ff). Hierbei sollen notwendige Hardwarekomponenten zur Verbindung von Rechnern ausgewählt werden. Außerdem soll der Adressraum eines Rechnernetzes in Subnetze aufgeteilt werden. Zur Gewährleistung der Informationssicherheit sollen ein Verschlüsselungs- und ein Authentifizierungsverfahren erläutert werden. Außerdem sollen beispielhaft Tunnel-Protokolle und Bewertungskriterien zur Auswahl eines solchen Protokolls genannt werden. Und schließlich soll die Aufgabe einer Firewall erklärt werden.

In der dritten Aufgabe geht es um die Funktionsweise der Anwendungs- und der Transportschicht (EPA, 2004, S. 53ff). Zur Transportschicht sollen die Unterschiede zwischen verbindungsorientiertem und verbindungslosem Datenaustausch am Beispiel TCP und UDP erläutert und Vor- und Nachteile für den Einsatz der Protokolle benannt werden. Zur Illustration der Interaktion wird erwartet, dass Sequenzdiagramme verwendet werden können. Am Beispiel der Internettelefonie sollen diese Überlegungen angewendet werden. Das Client-Server-Prinzip soll am Beispiel der Zeitsynchronisation erläutert werden, zu der eine Spezifikation vorliegt. Außerdem wird der Quelltext eines Client-Programms zur Zeitsynchronisation vorgegeben, der analysiert und erläutert werden soll. Ein entsprechendes Server-Programm soll entworfen und implementiert werden. Dazu ist insbesondere Wissen über Sockets als Schnittstelle zum Rechnernetz für Anwendungsprotokolle anzuwenden.

In den EPA werden verbindliche Anforderungen in Form von inhaltsübergreifenden Zielen des Informatikunterrichts und Inhalten beschrieben. Als Minimalanforderung an den Themenbereich Internet wird die Interaktion zwischen Rechnern und Rechnernetze genannt sowie der Schutz von Daten und Datensicherheit, die in direktem Bezug dazu zu sehen sind. Die Ziele des Informatikunterrichts erfordern zudem, dass auch zu diesen Inhalten informatische Modellierungstechniken verwendet und Möglichkeiten und Grenzen der eingesetzten Verfahren berücksichtigt werden. Die Aufgaben beschreiben das Anforderungsniveau, das im Laufe der Sekundarstufe II erreicht werden soll. Im Rahmen der Unterrichtsprojekte muss berücksichtigt werden, dass in Jahrgangsstufe 11 nicht überall die geforderte Behandlungstiefe erreicht werden kann. Das gilt insbesondere für solche Bereiche, in denen auf komplexe Vorkenntnisse aus der Mathematik zurückgegriffen werden muss, wie es zum RSA-Verfahren der Fall ist.

4.2.3 Fazit

Ein direkter Vergleich der Ziele, wie sie in Abschnitt 2.2 unter Bezug auf den Kompetenzbegriff formuliert wurden, und der Ziele, wie sie in den Richtlinien für den Informatikunterricht aufgeführt werden, ist nicht möglich. Klieme sagt zu den verschiedenen Ausrichtungen der Zielformulierungen in Lehrplänen und in Standards in Form von Kompetenzen folgendes:

„Wie jede Lehrplanung stellen daher auch Standards einen Kompromiss dar zwischen der Orientierung an fachlicher Systematik, an funktionalen Anforderungen der Lebens- und Arbeitswelt und an den Lernvoraussetzungen und Entwicklungsbedürfnissen der Lernenden. Allerdings haben sich die Schwerpunkte heute eindeutig zugunsten der funktionalen Anforderungen verschoben. [...] Im Gegensatz zu früheren Formulierungen formaler Bildungsziele sind die Zielvorstellungen, von denen hier die Rede ist, nicht als verallgemeinerte, kontextfreie Fähigkeitsdimensionen gedacht, sondern sehr stark ‚funktional‘, d. h. von den Anforderungen der Lebens- und Arbeitswelt ausgehend. Genau diese Kombination von ‚inhaltsübergreifend‘ und zugleich ‚anforderungs- und situationsbezogen‘ verbindet sich mit dem Kompetenzbegriff“ (Klieme, 2004, S. 11).

Auf Grund der Kompetenzbeschreibungen konnten Ziele des Unterrichtskonzepts nach den Vorgaben durch den Rahmenplan und die EPA analysiert werden. Es konnten drei Richtziele identifiziert werden, die im Unterricht zu Internetworking berücksichtigt werden müssen. Die Lernenden sollen

- I. über fachliches Grundlagenwissen verfügen, das in unterschiedlichen Kontexten einsetzbar sein muss.
- II. die Funktionsweise, die innere Struktur sowie Möglichkeiten und Grenzen von Informatiksystemen kennen.
- III. grundlegende Erkenntnis- und Verfahrensweisen der Fachwissenschaft nutzen können.

Diese drei Ziele leisten einen Beitrag zum Erwerb der in Abschnitt 2.2 mit den Bildungsempfehlungen begründeten Kompetenzen. In Tabelle 4.1 werden Zusammenhänge dargestellt. Ein besonderer Schwerpunkt des Beitrags zu den identifizierten Kompetenzen wird dabei durch die Ziele I und II geleistet.

Kompetenz	Ziele des Informatikunterrichts		
	I	II	III
Verwendung neuer oder bisher unbekannter Internetanwendungen	×	×	
Schützen personenbezogener Daten im Internet	×	×	
Agieren und Reagieren mit internetbasierten Informatiksystemen	×	×	
Bereitstellung verteilter interaktiver Medien	×	×	×
Berücksichtigung strukturbedingter Risiken	×	×	
Konfiguration von Informatiksystemen für den Datenaustausch	×		

Tabelle 4.1: Kompetenzen und Ziele des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II

In Tabelle 4.2 wird dargestellt, inwieweit die Inhalte zu Internetworking Bestandteil der Richtlinien-Dokumente sind. Im Rahmenplan Informatik werden alle Inhaltsbereiche angeführt. Allerdings sind diese in Jahrgangsstufe 11 keine obligatorischen Inhalte. Vielmehr sind sie im Sinne des Spiralcurriculums vorbereitend für die folgenden Jahrgangsstufen einzuführen. Auch dort sind sie nicht als verbindliche Inhalte festgeschrieben sondern Teil der Bereiche zur objektorientierten Modellierung und zu Netzstrukturen. In den EPA werden dagegen nur Minimalanforderungen für die gesamte gymnasiale Oberstufe beschrieben. Dabei sind die Funktionsprinzipien des Internets indirekt Bestandteil, soweit sie mit Protokollen und der Modellierung von Abläufen erfasst werden. Außerdem sind sowohl dieser Bereich wie auch die Bereiche Internetanwendungen und -dienste und Aufbau des Internets als mögliche Inhalte des Informatikunterrichts für die gymnasiale Oberstufe in einer exemplarischen Aufgabe aufgeführt.

	Inhalte der Sekundarstufe II	
	(MSWWF, 1999)	(EPA, 2004)
Internetanwendungen und -dienste	Client-Server-Prinzip	(Client-Server-Prinzip)
Aufbau des Internets	Aufbau und Strukturen lokaler und globaler Rechnernetze	(Aufbau von Rechnernetzen als Teil des Internets)
Schichtenarchitektur des Internets	Protokolle	Schichtenmodell, Protokoll
Funktionsprinzipien des Internets	Rechner-Rechner-Interaktion	Interaktion zwischen Rechnern, Datenaustausch
Informationssicherheit im Internet	Risiken im Internet	Verfahren der Kryptologie, Schutz von Daten

Tabelle 4.2: Übersicht zu Inhalten in den Vorgaben für Informatikunterricht in der Sekundarstufe II

Auf der Grundlage der oben genannten Richtziele und den Inhalten lassen sich fünf Grobziele als Minimalziele für den Unterricht begründen. Die Lernenden

- Z₁ verstehen das Client-Server-Prinzip zur Beschreibung der Architektur von vernetzten Informatiksystemen.** Die Begriffe Client und Server sind grundlegend auch für die Kommunikation mit Rechnernetzen. Um sie in verschiedenen Kontexten richtig einsetzen zu können, ist ein Verständnis der unterschiedlichen Bedeutungen – Client bzw. Server als Rechner oder Programm – notwendig.
- Z₂ verstehen den Aufbau von Rechnernetzen und von Internetworks.** Um Möglichkeiten und Grenzen von netzbasierten Informatiksystemen beurteilen zu können, ist das Verstehen von Rechnernetzen und der erweiterten Möglichkeiten durch deren Verbindung zu Internetworks erforderlich.
- Z₃ verstehen das Internetschichtenmodell zur Beschreibung der Internetarchitektur.** Schichtenmodelle beschreiben eine Modularisierung der Funktionalität von Informatiksystemen. Das Verständnis trägt dazu bei, die Komplexität der Funktionsweise des Internets zu strukturieren.
- Z₄ verstehen den Datenaustausch zur Rechner-Rechner-Interaktion.** Datenaustausch durch Protokolle bilden die Grundlage zur Beschreibung der Interaktion zwischen Programmen und tragen damit zum Grundlagenwissen bei, das in verschiedenen Kontexten einsetzbar ist. Einen Beitrag zur Beurteilung der Möglichkeiten und Grenzen internetbasierter Informatiksysteme besteht zudem in dem Wissen, welche Daten ausgetauscht werden. Das bezieht sich nicht alleine auf die Nutzdaten.
- Z₅ verstehen Verfahren der Kryptologie zur Bewertung von Risiken im Internet und zum Schutz von Daten.** Risiken beim Datenaustausch in Internetworks sowie grundlegende Mechanismen zur Abwehr der Gefahren müssen verstanden werden, um die Möglichkeiten und Grenzen zur sicheren Kommunikation und zum Schutz der Privatsphäre bewerten zu können.

4.3 Fachdidaktische Analyse der Unterrichtsinhalte

Nach dem Prinzip des Exemplarischen, das auch Hubwieser (2007, S. 83) für den Informatikunterricht fordert, soll das Allgemeine durch das Besondere erlernt werden. Klafki (1985) unterscheidet bei den Elementaria¹ jeweils das Allgemeine und das Besondere. Jedes Lernziel im Sinne der lernzielorientierten Didaktik besteht aus einem Verhaltens- und einem Inhaltsaspekt. Der Begriff des Unterrichtsinhalts ist jedoch nicht eindeutig, insbesondere auch hinsichtlich der Abgrenzung zum Thema. Lankes (1991) bezieht sich darauf, wenn sie das Allgemeine und das Besondere des Inhaltsaspekts unterscheidet, um die Begriffe Inhalt und Thema voneinander abzugrenzen. Im Lernziel „Verstehen die Rechner-Rechner-Interaktion zur Übertragung einer Webseite“ steckt mit der „Rechner-Rechner-Interaktion“ das Allgemeine und mit „Übertragung einer Webseite“ das Besondere. Das Allgemeine ist dann der Zielinhalt und das Besondere das Thema. Der Zielinhalt schränkt das Thema einerseits ein, indem der hervorzuhebende Gesichtspunkt im Bezug auf das Thema bestimmt wird. Andererseits erweitert der Zielinhalt das Thema, weil das Wissen auch auf weitere Themen angewendet werden kann. Eine solche Trennung von Allgemeinem und Besonderem ist nicht immer möglich. In Lehrplänen wird zudem nicht immer auch das Besondere angegeben. Dann muss das Thema bzw. das Besondere durch Lehrende bestimmt werden. Dazu kann eine Analyse der Sachstruktur genutzt werden (Lankes, 1991, S. 65f).

Aber auch durch den Unterrichtsprozess wird der Inhalt akzentuiert. Jank und Meyer (2005, S. 53) erläutern dies an einer anderen Begriffsunterscheidung von Inhalt und Thema. Die Inhalte sind demzufolge Ergebnis der Sinngebung durch Lehrende und Lernende im Unterricht. Unter

¹Statt von Elementaria ist in der Fachliteratur auch von „elementaren Inhalten“ die Rede. Klafki unterscheidet dabei das Fundamentale, das Exemplarische, das Typische, das Klassische, das Repräsentative, die einfache Zweckform und die einfache ästhetische Form (vgl. Hubwieser, 2007, S. 31).

dem Thema ist dann das zu verstehen, was durch die Richtlinien bzw. durch Lehrende vorgegeben wird. Das Thema Protokolle erfährt eine Sinngebung im Unterricht, wenn Lernende erkennen, dass der Ablauf des Datenaustauschs beim E-Mail-Versand genau festgelegt ist, und es auch für unberechtigte leicht ist, gewünschte Daten zu extrahieren. Heymann (2004) konkretisiert dies im Anspruch des kompetenzorientierten Unterrichts, dass die Ergebnisse für die Lernenden relevant sind. Daher ist es notwendig, die Themen, im Sinne von Jank und Meyer, im unterrichtlichen Kontext zu betrachten. Die Inhalte erhalten erst durch die Verknüpfung mit Alltagserfahrungen, anschaulichen Beispielen oder Analogien ihren Sinngehalt im Unterricht.

4.3.1 Ikonische Modelle zur Darstellung der Inhalte

Mit der Verwendung von Modellen zur formalen Beschreibung ausgewählter Aspekte von Informatiksystemen wird gewährleistet, dass auch bei konkreten Informatiksystemen von produktspezifischen Details abstrahiert wird. Frey (1960) unterscheidet ikonische und symbolische Modelle. Dabei versteht er Modelle als eine Abbildung eines Objektbereichs. Ein Modell kann dabei von bestimmten Eigenschaften des Objektbereichs abstrahieren. Ein ikonisches Modell ist ein Modell, das mit ikonischen Zeichen dargestellt wird. Ein Zeichen ist ikonisch, wenn der Betrachter erkennen kann, was es bezeichnet, also das Zeichen und das Abgebildete im anschaulich-bildlichen Sinn ähnlich sind. Das gilt auch für den Fall, das nicht jedem Betrachter beispielsweise eines stilisierten Zeichens sofort klar ist, was es bedeutet. Auch wenn er darauf hingewiesen werden muss, ist das Zeichen dennoch als ikonisch zu verstehen. Wenn ein Objektbereich durch nicht-ikonische Zeichen z. B. in Form von Gleichungen wiedergegeben wird, handelt es sich um ein symbolisches Modell. Modellierungstechniken sollen hier im Sinne Hubwiesers als Methode und nicht als Inhalt des Unterrichts genutzt werden. Ikonische Modelle werden zur Veranschaulichung informatischer Zusammenhänge verwendet. Sie sind insbesondere dann für den Einsatz im Unterricht zu Internetworking geeignet, wenn das zu untersuchende Fachkonzept durch

- fehlende Sichtbarkeit bzw. fehlende Möglichkeit zur Beobachtung,
- einen hohen Abstraktionsgrad oder
- hohe Komplexität, d. h. verbunden mit vielen Details,

gekennzeichnet ist. Ikonische Modelle sind mit wenig Vorwissen, wie es in Jahrgangsstufe 11 im Anfangsunterricht vorhanden ist, leichter zugänglich. Daher wurden solche Modelle zu Internetworking für den Informatikunterricht untersucht.

Die verwendeten Modelle sollen anerkannte Darstellungen aus der Informatik als Fachwissenschaft sein. Der Informatikunterricht in der gymnasialen Oberstufe in Nordrhein-Westfalen ist nach dem Prinzip des Spiralcurriculums aufgebaut. Damit sind konkrete Anforderungen an die Umsetzung des Unterrichts verbunden (Schwill, 1993): Das Prinzip der Fortsetzbarkeit erfordert, dass Inhalte so dargestellt werden, dass darauf in späteren Phasen aufgebaut werden kann. Es müssen also möglichst solche Modellierungstechniken bzw. Modelle eingesetzt werden, die auch in anderen Kontexten in späteren Phasen genutzt werden können. Außerdem müssen die damit verbundenen Vorstellungen so tragfähig sein, dass sie sich auch bei tieferer Behandlung der Inhalte weiter als richtig erweisen. Zur Auswahl der Diagramme für den Unterricht wurden daher folgende Kriterien genutzt:

1. Anschaulichkeit: Voraussetzung für den Einsatz als ikonisches Modell ist, dass die Bedeutung für Betrachter erkennbar ist.
2. Einfache Darstellung: Modellierung ist kein Inhalt des Unterrichts zu Internetworking. Syntaktische Elemente, die nicht aus der Anschauung heraus deutlich werden, erschweren die Verwendung der Darstellung für Lernende.
3. Fachliche Korrektheit: Es besteht die Möglichkeit, die Darstellung in späteren Phasen zu erweitern oder in anderen Kontexten zu verwenden.

In der Fachliteratur zu Rechnernetzen werden insbesondere das Schichtenmodell, Diagramme zur Darstellung der Interaktion und das Baumdiagramm verwendet. Darüber hinaus stellt die Unified Modelling Language (UML) ein umfassendes Repertoire zur Darstellung ikonischer Modelle der Informatik zur Verfügung. Die damit beschriebenen Struktur- und Verhaltensdiagramme stellen geeignete Modellierungstechniken zur Abstraktion von Eigenschaften von Informatiksystemen dar, die zur Analyse und Konstruktion eingesetzt werden können. Außerdem wurden von der ITU Message Sequence Charts (MSC) spezifiziert, die zur Darstellung des Nachrichtenaustauschs eingesetzt werden können. Von der Syntax der jeweiligen Darstellungen wurde an Stellen abgewichen, an denen durch Erweiterung der Darstellung mit weiteren Aspekten zu einem späteren Zeitpunkt angeknüpft werden kann oder die Anschaulichkeit dadurch entscheidend verbessert werden konnte. Die ikonischen Modelle werden zur Veranschaulichung konkreter statischer und dynamischer Sachverhalte eingesetzt. Um zu einer geeigneten Auswahl von ikonischen Modellen für den Unterricht zu gelangen, werden die Minimalziele, wie sie in Abschnitt 4.2 begründet wurden, hinsichtlich fehlender Sichtbarkeit, hohem Abstraktionsgrad und hoher Komplexität untersucht. Das Lernziel zum Client-Server-Prinzip (Z_1) und zur Rechner-Rechner-Interaktion (Z_4) werden dabei gemeinsam betrachtet, weil das Client-Server-Prinzip hier als besonders wichtiges Beispiel der Rechner-Rechner-Interaktion betrachtet wird.

Rechner-Rechner-Interaktion (Z_1 und Z_4): Interaktion und Kollaboration

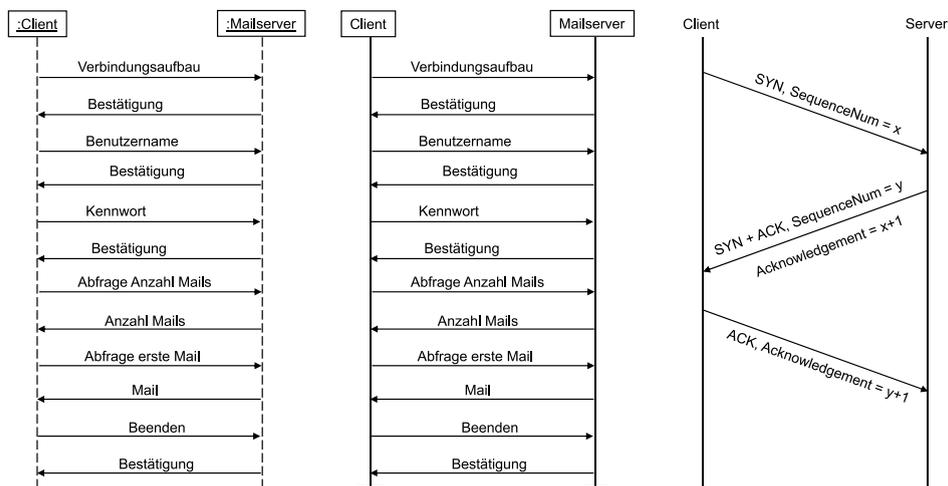
Inwieweit beobachtbares Verhalten des Informatiksystems auf Datenaustausch zwischen Rechnern zurückzuführen ist, kann nicht eingesehen werden. Beobachtbare Effekte können erklärt werden, wenn bekannt ist, welche Daten zwischen welchen Stationen ausgetauscht werden und welches Verhalten auf Grund lokaler Abläufe und welches wegen der rechnerübergreifenden Interaktion verursacht wird. Die Rechner-Rechner-Interaktion ist gekennzeichnet durch einen hohen Komplexitätsgrad. Die Auswahl bestimmter Aspekte erfolgt dadurch, dass von Details abstrahiert wird. Mit ikonischen Modellen werden

- der Ablauf der Interaktion zwischen Rechnern bzw. Prozessen und
- die beteiligten Komponenten

veranschaulicht. Auf Anwendungsschicht gehören dazu das Client-Server-Prinzip und Peer-to-Peer-Netzwerke. Zur Vermittlungsschicht müssen die Schüler erkennen, dass der Datenaustausch im Internet mit Datagrammen abläuft, deren Übertragungsweg nicht vorherbestimmt ist. Die Transportschicht stellt dann die Funktionalität zur Verfügung, damit die Anwendungsschicht eine logische Verbindung nutzen kann.

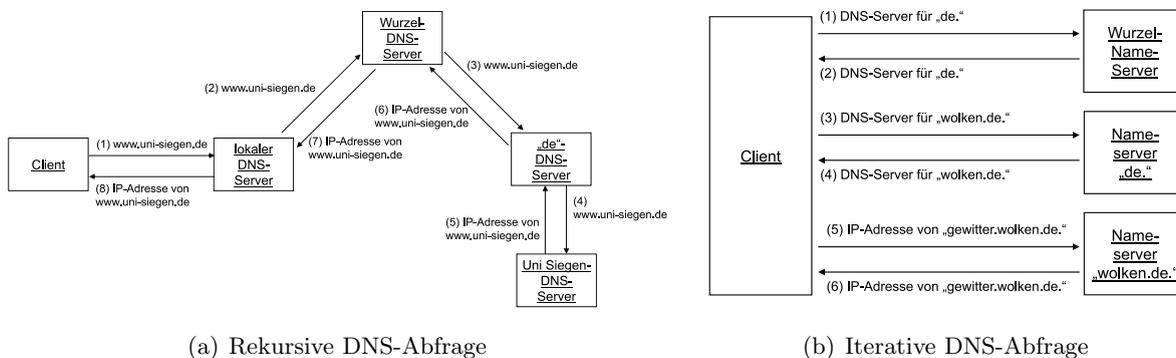
Die Interaktion zwischen Client und Server umfasst zumeist mehrere Nachrichten zwischen wenigen Objekten. Das Sequenzdiagramm ebenso wie Message Sequence Charts erlauben eine detaillierte Darstellung der Interaktion und zudem eine anschauliche Darstellung des zeitlichen Verlaufs. Für die Interaktion wie sie zum E-Mail-Versand zwischen E-Mail-Programm und Mailserver stattfindet, wurde daher im Unterricht ein Sequenzdiagramm verwendet. Ebenso wurde es zur Darstellung des Abrufs einer Webseite und einer darin referenzierten Graphik genutzt. Abbildung 4.1 zeigt ein solches Diagramm. Im Unterricht wurden Diagramme verwendet, die sich daran orientieren. Die genaue Syntax war jedoch nicht Lerngegenstand im Rahmen der Erprobungen. Peterson und Davie (2004) berücksichtigen die Übertragungszeit in ihrer Darstellung des Drei-Wege-Handshake. Dieser Aspekt kann dann auch verwendet werden, um Mechanismen zur zuverlässigen Datenübertragung bei unterschiedlichen Übertragungszeiten einzelner Segmente im paketvermittelnden Rechnernetz zu veranschaulichen.

Für den Datenaustausch mit mehreren Objekten, wie er zur Übertragung einer E-Mail oder zur Auflösung eines Domainnamens erfolgt, wurden Kollaborationsdiagramme verwendet. Anhand der Kollaborationsdiagramme können beispielsweise iterative und rekursive Anfragen des DNS unterschieden werden (siehe Abbildung 4.2). Solche Darstellungen finden sich auch in



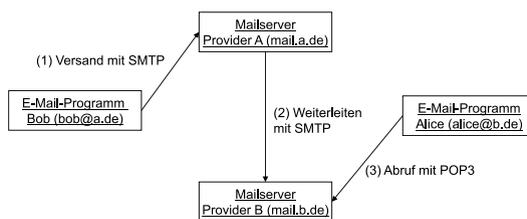
(a) Sequenzdiagramm zum E-Mail-Abwurf (b) Message Sequence Chart zum E-Mail-Abwurf (c) Zeitlicher Verlauf des Drei-Wege-Handshake (nach Peterson und Davie, 2004, S. 383)

Abbildung 4.1: Interaktion zwischen Prozessen im Rechnernetz



(a) Rekursive DNS-Abfrage

(b) Iterative DNS-Abfrage



(c) Versandweg einer E-Mail

Abbildung 4.2: Kollaborationsdiagramme zur Darstellung der Interaktion zwischen den beteiligten Komponenten

Lehrbüchern (z. B. Peterson und Davie, 2004). Sie ermöglichen die Betrachtung des DNS aus einer bestimmten Perspektive zur Diskussion von Sicherheitsbedrohungen, wie sie beispielsweise durch Manipulation von Zwischenspeichern erfolgen kann. Sequenzdiagramm und Kollaborationsdiagramm sind hinsichtlich dessen, was sie darstellen können, äquivalent. Während im Sequenzdiagramm der zeitliche Verlauf anschaulicher wird, kann im Kollaborationsdiagramm die Interaktion zwischen Objekten übersichtlicher dargestellt werden. Letztere wurden daher verwendet, um das Zusammenwirken von mehreren Komponenten im Rechnernetz zu beschreiben.

Aufbau von Rechnernetzen und Internetworks (Z₂): Beziehungen

In diesem Bereich geht es darum, dass die Lernenden die Beziehungen der Stationen im Internet zueinander erklären können. Dies umfasst technische und organisatorische Strukturen. Dazu gehört neben der charakteristischen Eigenschaft des Internets, dass es aus mehreren verbundenen Rechnernetzen besteht, auch die hierarchische Struktur von Zugangsnetzen bzw. Diensteanbietern (ISP) und von Domains. Diese Strukturen bleiben Anwendern in der Regel verborgen. Schließlich ist es sinnvoll, die Stationen im Schulrechnernetz dem ständigen physischen Zugriff durch Schüler zu entziehen. Wenn es um die Verbindung von Rechnernetzen mit Vermittlungsrechnern durch Diensteanbieter geht, kommt zudem die räumliche Trennung als Schwierigkeit hinzu. Der Einblick in die organisatorische Struktur – soweit sie sich auch auf die physische Struktur abbilden lässt – erfordert einen Gesamtüberblick über größere Bereiche des Internets. Die organisatorischen Strukturen, die sich nicht durch physische Komponenten abbilden lassen – wie das DNS – entziehen sich vollständig der direkten Beobachtung. Es werden also geeignete Repräsentationen für den Lehr-Lernprozess benötigt. Dargestellt werden physische Objekte – die Stationen – genauso wie Organisationseinheiten als Objekte und deren Beziehungen. Konkret wurden Darstellungen zur Beschreibung

- des Aufbaus eines lokalen Rechnernetzes,
- der IP-Adressen in verbundenen Rechnernetzen,
- der Verbindungen zwischen Vermittlungsrechnern im Internet,
- der Hierarchie von Diensteanbietern und
- der hierarchischen Struktur des DNS-Namensraumes

genutzt.

Der Aufbau von Rechnernetzen kann durch einen Graph dargestellt werden. Dabei kommt es insbesondere darauf an, dass in der Darstellung einzelne Rechnernetze erkennbar sind, die aus mehreren Rechnern bestehen und durch Vermittlungsrechner miteinander verbunden sind. Dies ist Voraussetzung dafür, dass auch eine Zuordnung von IP-Adressen aus Netz- und Rechnerkennung möglich ist. Verschiedene Topologien für den Aufbau eines Rechnernetzes müssen nicht unterschieden werden, weil die Netzzugangsschicht mit den entsprechenden Mechanismen für den Zugriff auf das physische Übertragungsmedium nicht Bestandteil von Internetworking ist. In Abbildung 4.3 sind verschiedene Darstellungen für den Aufbau eines lokalen bzw. mehrerer verbundener Rechnernetze abgebildet. Das Klassendiagramm beschreibt den grundsätzlichen Aufbau eines lokalen Rechnernetzes aus verschiedenen Komponenten. Zur Verbindung mit IP-Adressen könnte die Klasse Rechnernetz mit dem Attribut Netzkennung und die Klasse Rechner mit Rechnerkennung ergänzt werden. Das Objektdiagramm stellt statt der Abstraktion Klasse direkt aus der Anschauung heraus bekannte Objekte dar. Es ermöglicht eine übersichtliche Darstellung auch mehrerer spezifischer Attribute. Die Hinzunahme des Objekts Rechnernetz würde dagegen schnell zu Unübersichtlichkeit führen, weil von dort zu jedem Objekt des Rechnernetzes eine Beziehung besteht. Der einzige Assoziationstyp beschreibt die Verbindungen. Der Switch wird nicht explizit dargestellt. Das vereinfachte Diagramm, wie es von Peterson und Davie (2004, S. 235) verwendet wird, stellt die Zusammengehörigkeit der einzelnen Rechner innerhalb eines Rechnernetzes anschaulicher dar, weil auf Details verzichtet und die Syntax vereinfacht wurde. Der Vorteil wird insbesondere bei einer Erweiterung um weitere Rechnernetze deutlich. Die

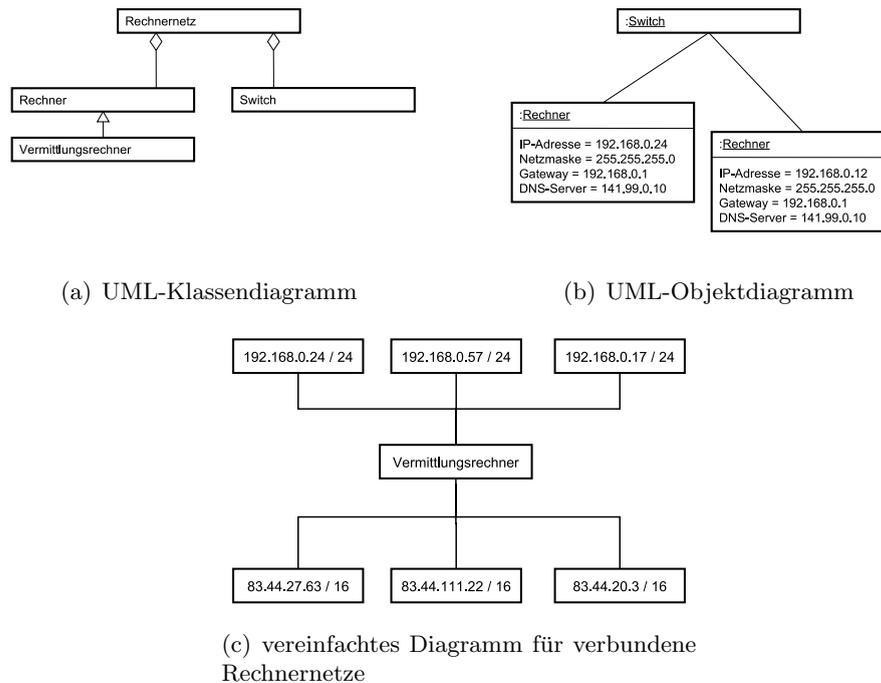


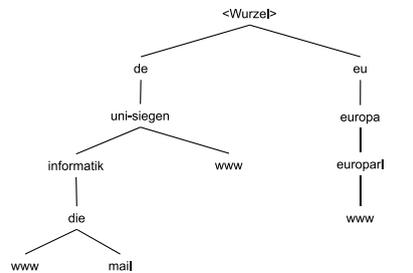
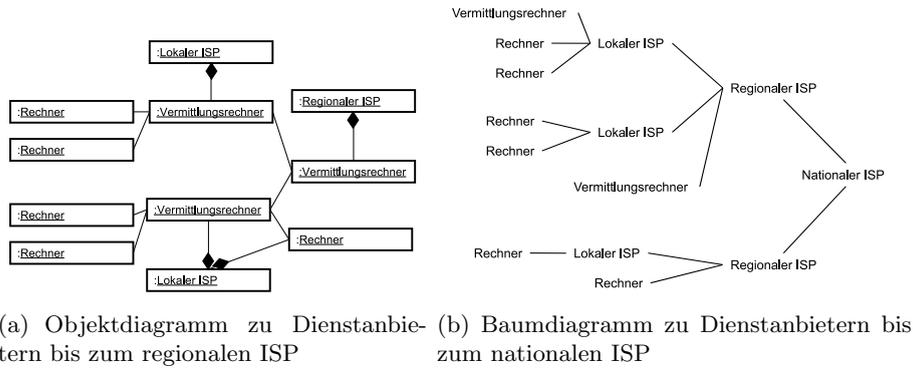
Abbildung 4.3: Darstellung eines lokalen Rechnernetzes

Schüler der ersten und dritten Erprobungen kannten zwar Klassendiagramme aber keine Objektdiagramme. Daher wurde die vereinfachte Darstellung für verbundene Rechnernetze und IP-Adressen sowie für die Verbindungen zwischen Vermittlungsrechnern im Internet genutzt. Für das lokale Rechnernetz wurde auch ein UML-Objektdiagramm ohne Angabe der Attribute eingesetzt.

Für die Veranschaulichung hierarchischer Strukturen wurden verschiedene Darstellungen verwendet. Sowohl bei den Dienstaniestern wie auch beim DNS geht es darum, die organisatorische Struktur abzubilden. Damit werden verschiedene Bereiche der Verantwortlichkeit beschrieben. Ein Objektdiagramm wurde verwendet, um die Verbindung zum Aufbau des Internets herzustellen. Für die hierarchische Organisation des Internets durch lokale, regionale und nationale Dienstanbieter wurde eine Darstellung aus dem Lehrbuch von Kurose und Ross (2002, S. 32) verwendet, die im Wesentlichen das Objektdiagramm darstellt (siehe Abbildung 4.4), aber eine intuitiver erfassbare Darstellung erlaubt. Ebenso ist es möglich, die Dienstanbieter durch einen Baum darzustellen, in dem die Verbindungen nicht abgebildet werden. Dadurch werden keine Zyklen und damit Redundanzen deutlich, die im Internet auftreten. Auch Verbindungen zwischen Dienstaniestern der gleichen Ebene können in dem Baum nicht abgebildet werden. Der DNS-Namensraum wurde mit einem Baumdiagramm beschrieben. Damit wird der prinzipielle Aufbau von hierarchischen Namensräumen deutlich. Zugleich wird aufgezeigt, dass die Domainnamen unabhängig von der Internetadressierung und damit dem geographischen Adressierungsschema sind. Objekt- und Baumdiagramm sind notwendig, um hierarchische Strukturen darzustellen und die Verbindung zum Aufbau des Internets herzustellen.

Schichtenmodell (Z₃): Module

Die Lernenden sollen verstehen, wie die technischen Anforderungen an die Gesamtfunktionalität durch verschiedene Teilfunktionen bzw. Dienste realisiert werden. Die zugrunde liegenden Prinzipien werden in umfangreichen Klassen von Anwendungen angewendet. Im Sinne der Modu-



(c) Baumdigramm zu Domainnamen

Abbildung 4.4: Darstellung der hierarchischen Strukturen

larisierung wird die Gesamtfunktionalität in mehreren Modulen umgesetzt, um die Komplexität der als Subsystem betrachteten Teile zu reduzieren. Die Kenntnis der Module, die als Schichten modelliert werden, und das Verstehen des Zusammenwirkens zwischen ihnen ist Voraussetzung für ein tragfähiges kognitives Modell der Funktionsweise des Internets, weil durch die Strukturierung die Interaktion der Module und damit auch der Datenfluss über die Schnittstellen klar beschrieben wird. Protokolle beschreiben die Funktionsweise eines Moduls, das auf verschiedenen Rechnern vorhanden ist. Durch die Spezifikation der Schnittstellen zu den benachbarten Modulen in Form von Diensten sowie der Protokolldateneinheiten sind die möglichen Eingaben und Ausgaben des Moduls bestimmt. Zur Beschreibung des Verhaltens ist zudem die Beschreibung der Zustände notwendig. Durch die Protokolldateneinheit wird spezifiziert, welche Daten zur Interaktion zwischen Rechnern ausgetauscht werden. Die Architektur ist für Anwender nicht sichtbar. Dargestellt werden muss daher

- die Strukturierung der Gesamtfunktionalität,
- die Schnittstellen zwischen Modulen und
- das Verhalten der Module.

Die Aufteilung in Module hilft nicht nur Entwicklern von komplexen Informatiksystemen sondern liefert auch Anwendern einen Ansatz, Fehlerursachen einzugrenzen sowie Möglichkeiten und Grenzen zu bewerten (Neupert und Friedrich, 1997).

In den Lehrbüchern werden drei verschiedene Schichtenmodelle verwendet (siehe Abbildung 4.5). Das OSI-Referenzmodell (OSI – Open Systems Interconnection), das durch die International Organization for Standardization (ISO) definiert wurde, beinhaltet sieben Schichten. Als einziges Schichtenmodell beschreibt es die Sitzungsschicht (Session Layer) und die Darstellungsschicht (Presentation Layer), die für die Verwaltung von möglicherweise unterbrochenen Sitzungen und für die plattformübergreifende Datendarstellung genutzt werden. Wichtige Internetanwendungen wie das WWW und E-Mail implementieren diese Funktionalität entweder auf der Anwendungs-

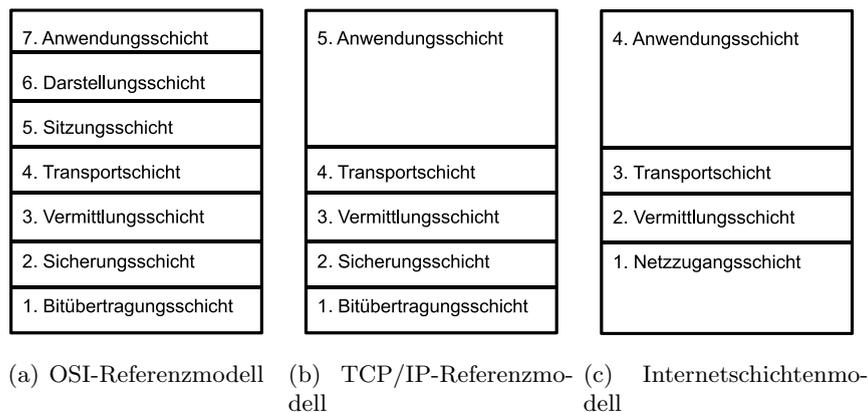


Abbildung 4.5: Schichtenmodelle zur Beschreibung der Internetarchitektur

schicht oder verzichten ganz darauf. Kurose und Ross (2002) beschreiben die Internetarchitektur daher mit fünf Schichten. Die unteren zwei Schichten werden für die Übertragung zwischen Rechnern in einem lokalen Rechnernetz bzw. zwischen einzelnen Knoten, die beispielsweise durch ein Kabel verbunden sind, verwendet. Das Internetschichtenmodell, wie es von Peterson und Davie (2004) und Tanenbaum (2005) beschrieben wird, umfasst dagegen vier Schichten. Dabei werden die zwei Schichten für den Datenaustausch im lokalen Rechnernetz als eine Schicht betrachtet. Die Funktionalität des Internets wird in der Vermittlungsschicht, der Transportschicht und der Anwendungsschicht implementiert. Daher wurde im Rahmen dieser Unterrichtserprobung das Internetschichtenmodell mit vier Schichten verwendet.

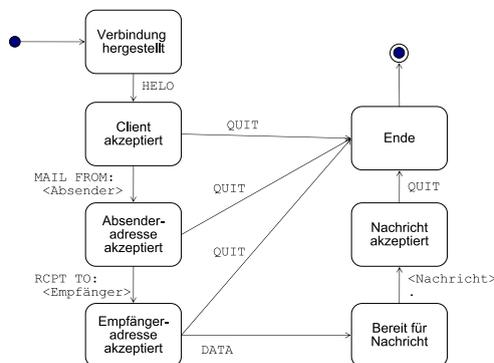
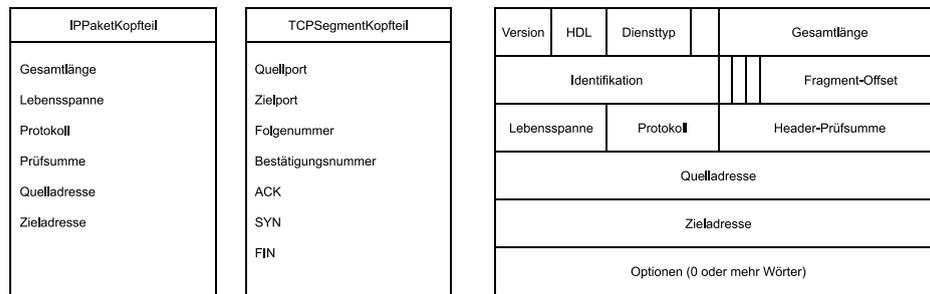


Abbildung 4.6: Ein einfaches Zustandsdiagramm für einen SMTP-Server

Das Verhalten der Protokolle wird durch die Ereignisse gesteuert, die mit den Schnittstellen zur darüber liegenden und darunter liegenden Schicht spezifiziert werden. Zur Modellierung des Verhaltens eignen sich endliche Automaten. In Abbildung 4.6 wird ein vereinfachtes Zustandsdiagramm für das serverseitige SMTP dargestellt. Daran wird deutlich, dass ein Protokoll bestimmte Funktionen implementiert. Das heißt auch, dass eine eingehende Nachricht als Ereignis dann richtig verarbeitet wird, wenn sich der Server in einem bestimmten Zustand befindet. In den Lehrbüchern werden die Anwendungsprotokolle nicht mit Zustandsdiagrammen beschrieben. Peterson und Davie (2004) nutzen sie dazu den Verbindungsauf- und -abbau mit TCP darzustellen. Wegen der höheren Anschaulichkeit werden in den Unterrichtsprojekten Protokolle der Anwendungsschicht auf diese Weise beschrieben. Die Zustandsdiagramme werden unter anderem dazu verwendet, die fehlende Authentifikation beim Versand von E-Mails mit SMTP

im Vergleich zu POP3 darzustellen.



(a) Klassendiagramm zu IP-Paket und TCP-Segment (b) IP-Paket (vgl. Tanenbaum, 2005, S. 476)

Abbildung 4.7: Darstellung des Kopfteils von Protokolldateneinheiten

Die Struktur der ausgetauschten Daten wurde mit einer spezifischen Darstellung veranschaulicht. Die Attribute in Protokolldateneinheiten werden in der Regel nicht durch Datentypen beschrieben, wie sie in Programmiersprachen verwendet werden. Stattdessen wird die Anzahl der benötigten Bits abgebildet. Damit wird auch der Aspekt veranschaulicht, dass die Kopfteile der Protokolldateneinheiten effizient aufgebaut sind. Im Unterricht wurde daher diese Darstellung verwendet.

Risiken im Internet und Schutz von Daten (Z₅): Datenfluss

Die Darstellung des Datenflusses ermöglicht das Verstehen unvorhergesehener Nebeneffekte, wie auch von beabsichtigten Manipulationen. Die beteiligten und notwendigen Komponenten sollen aufgezeigt und deren Rolle in der Interaktion deutlich werden. Hinsichtlich der Informationssicherheit sollen die Lernenden verstehen, welche Anforderungen an die Sicherheit von Daten gewährleistet werden kann. Um die Möglichkeiten und Grenzen beurteilen zu können, müssen die dazu verwendeten Mechanismen dargestellt werden. Mit Bezug zu Internetworking steht dabei jedoch der Datenfluss im Vordergrund. Außerdem soll deutlich werden, welche Anforderungssituationen durch Internetanwendungen gelöst werden können. Die Frage, welche Interaktion durch Anwender erforderlich ist, muss möglichst produktunabhängig verstanden werden.

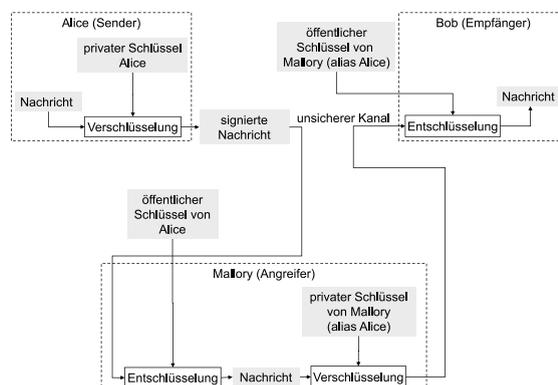


Abbildung 4.8: Beschreibung des Datenflusses zum Man-in-the-middle-Angriff

Um Gefährdungen im Internet, die durch unerlaubten Zugriff auf übertragene Daten erfolgen, zu verstehen und beurteilen zu können, wird der Datenfluss zur Übertragung von Information

im Internet dargestellt. In der Darstellung zum Man-in-the-middle-Angriff wird zugleich auch der Ablauf zum Nachrichtenaustausch mit asynchronen Verschlüsselungsverfahren aufgezeigt. Im Unterricht wird das Diagramm, wie es in Abbildung 4.8 dargestellt ist, genutzt.

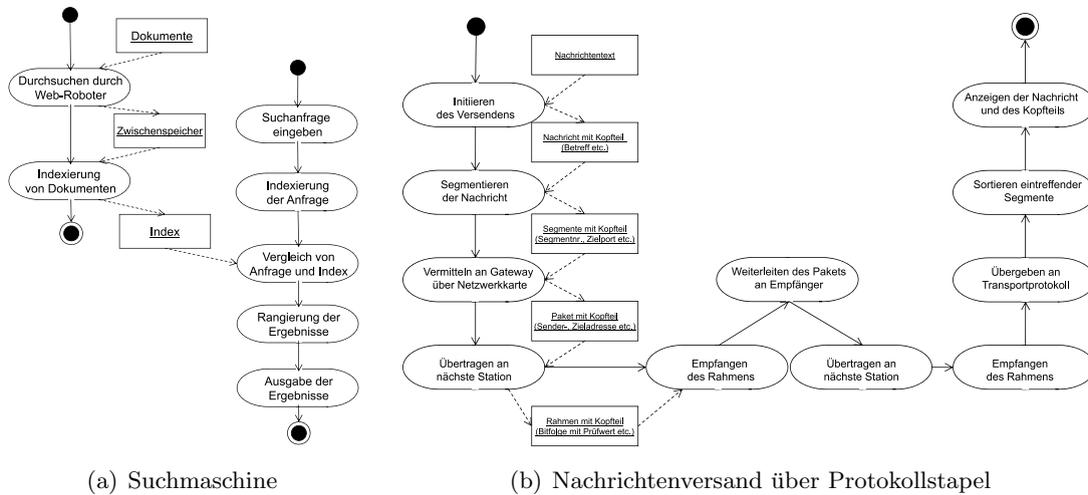


Abbildung 4.9: Modellierung des Datenflusses mit Aktivitätsdiagrammen

Mit dem Aktivitätsdiagramm stellt UML eine Möglichkeit zur Verfügung, den Datenfluss zu beschreiben. Um die Funktionsweise einer Internetsuchmaschine zu veranschaulichen, eignet sich die Darstellung, wie sie in Abbildung 4.9 dargestellt wird (vgl. Hartmann u. a., 2000, S. 68). Die Kenntnis des Zusammenwirkens der Komponenten, die jeweils spezifische Manipulationen an den Daten vornehmen, die schließlich zum angezeigten Suchergebnis führen, ermöglicht Schlussfolgerungen zu geeigneten Suchstrategien. Ebenso lässt sich auch der Datenfluss über den Protokollstapel mit einem Aktivitätsdiagramm beschreiben. In dem Diagramm, wie es in Abbildung 4.9(b) dargestellt ist, werden ausgewählte Aktivitäten, die auf den verschiedenen Schichten ausgeführt werden, und die jeweils weitergegebenen Protokolldateneinheiten miteinander verknüpft. Im Unterricht wird lediglich das Aktivitätsdiagramm zum Ablauf der Websuche eingesetzt.

4.3.2 Lernpfade im Kontext von Anwendungsbereichen

Die Fachkonzepte wie sie in Kapitel 3 analysiert werden, beschreiben zunächst abstrakt die Funktionsweise des Internets. Es ist notwendig, dass diese Fachkonzepte konkretisiert werden. Dabei muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass das Besondere bzw. das Konkrete unterschiedlich verwendet werden kann. Beispielsweise können anhand des HTTP die Fachkonzepte Protokoll und Client-Server-Prinzip verdeutlicht werden. Abhängig davon, welches Fachkonzept untersucht werden soll, müssen geeignete Aspekte herausgestellt werden. Steht das Fachkonzept Protokoll im Vordergrund, werden die Syntax und das Verhalten in Abhängigkeit der empfangenen Daten untersucht. Wenn es um das Client-Server-Prinzip geht, wird die Interaktion zwischen Prozessen analysiert. Die Aufbereitung der konkreten Unterrichtsinhalte ist also von der Verknüpfung der Fachkonzepte im Unterricht abhängig.

Wissensstrukturen sind geeignet, um eine Sachanalyse unter didaktischen Aspekten durchzuführen. Dabei werden Inhalte und Themen zueinander in Beziehung gesetzt. Die Verknüpfung möglicher Inhalte und Themen einer Unterrichtssequenz erlaubt die Darstellung des Zusammenhangs, wie er im Unterricht erschlossen werden soll. Dazu wird hier sowohl das Besondere bzw. Konkrete wie auch das Allgemeine berücksichtigt. Diese Darstellung ist allerdings nicht dazu geeignet, verschiedene Erarbeitungsstrukturen zu vergleichen, weil darin nicht ausreichend von

untergeordneten Details abstrahiert wird (siehe Abschnitt 3.1.1). Die Voraussetzungen der Lernenden – insbesondere deren Alltagserfahrungen und Vorwissen – werden mit einbezogen. Das Konkrete stellt die Anknüpfungspunkte für Lernende in der Jahrgangsstufe 11 dar. In Abschnitt 2.2.5 werden drei Anwendungsbereiche des Internets aus Bildungsempfehlungen angeführt, die als Ausgangspunkt für den Unterricht dienen. Im Folgenden wird davon ausgehend die Nutzung von Internetanwendungen unter Berücksichtigung weiterer Voraussetzungen beschrieben.

Kommunikation und Kollaboration im Internet

Zur Kommunikation mit E-Mails wurden vier Alltagssituationen aufgegriffen, aus denen verschiedene Grobziele abgeleitet werden können. In Abbildung 4.10 werden die Zusammenhänge zwischen den anwendungsspezifischen Inhalten und den bereits beschriebenen Fachkonzepten dargestellt. Hervorgehoben sind mögliche Anknüpfungspunkte an Alltagserfahrungen der Lernenden. Die Kanten beschreiben Vorwissensbeziehungen. In Klammern wird der Bezug der Fachkonzepte zu den fünf identifizierten Minimalzielen (siehe Abschnitt 4.2) dargestellt.

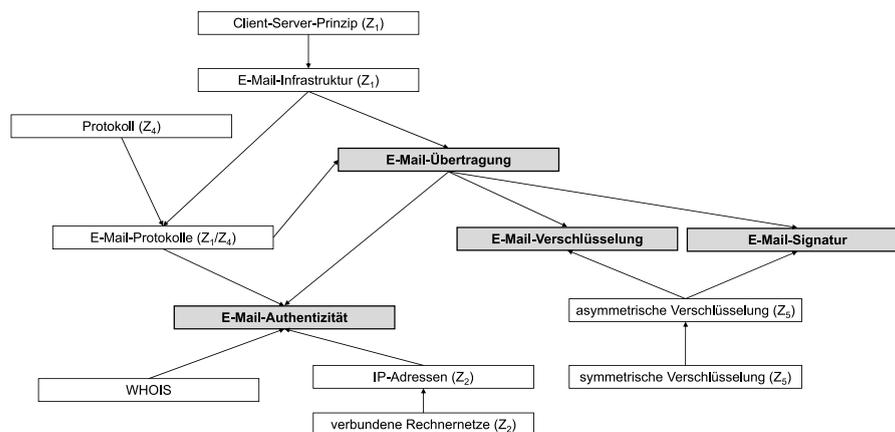


Abbildung 4.10: Wissensstruktur zu Kommunikation mit E-Mail und zugehörigen Fachkonzepten

Die Einrichtung eines E-Mail-Programms zum Versenden von Nachrichten stellt eine typische Alltagssituation dar. Mit dem Wissen über den Übertragungsweg von E-Mails ist es möglich, ein E-Mail-Programm für den Versand und den Empfang von Nachrichten richtig zu konfigurieren. Für ein vertieftes Verständnis der Nachrichtenübertragung und der Verwendung verschiedener Protokolle wird die Übertragung aufbauend auf das Client-Server-Prinzip erläutert. Daran anknüpfend werden Spoofing-Mails untersucht, die beispielsweise als Teil eines Phishing-Angriffs eingesetzt werden. Eine Möglichkeit, die Authentizität der Absenderadresse zu prüfen, besteht darin, den Übertragungsweg der Nachricht zu rekonstruieren und diesen hinsichtlich Plausibilität mit der Absenderadresse zu vergleichen. Über die Verwendung des E-Mail-Programms hinaus, müssen die Lernenden die Protokolle zur E-Mail-Übertragung verstehen. Daran wird zum einen deutlich, dass ein wesentlicher Nachteil von SMTP die fehlende Authentifikation darstellt. Auch wenn mit Extended SMTP (ESMTP) oder vergleichbaren Mechanismen beim Versand einer Nachricht an den Mailserver des eigenen Providers Authentifikation stattfindet, ist das zwischen den weiterleitenden Mailservern nicht möglich, wenn die Skalierbarkeit des Internets nicht aufgegeben wird. Außerdem wird zur Rekonstruktion des Übertragungsweges die Information aus dem E-Mail-Kopfteil benötigt. Anhand der IP-Adressen der einzelnen Übertragungsstationen ist es möglich, die Knoten im Internet bestimmten Rechnernetzen und mit Hilfe des Verzeichnisdienstes Whois geographisch zu lokalisieren bzw. die IP-Adressen verantwortlichen Personen oder Institutionen zuzuordnen.

Mit dem Verständnis der Funktionsweise der E-Mail-Übertragung und der beispielhaften Gefährdung durch Spoofing-Mails wird die Bedeutung des Versands vertraulicher und des Empfangs authentischer E-Mails als weitere Alltagssituationen deutlich. Dazu werden kryptographische Verfahren eingesetzt, deren Möglichkeiten und Risiken die Lernenden kennen sollen. Für ein Verständnis der eingesetzten asymmetrischen Verschlüsselungsalgorithmen werden exemplarisch Schwächen einzelner Verfahren, die auf der Wahl der Schlüssellänge und auf statistischen Eigenschaften beruhen, an einfachen symmetrischen Verfahren veranschaulicht. Für den sicheren Austausch öffentlicher Schlüssel werden Zertifikate untersucht.

Informationsbeschaffung und -auswahl im Internet

Als zweiter Anwendungsbereich wurde der Zugriff auf Information im WWW betrachtet. Unterschieden wurden Situationen zum direkten Abruf von Ressourcen aus dem Internet mit Fehlersituationen und möglichen Angriffsszenarien und die Suche im Internet. In Abbildung 4.11 werden die mit dem Thema verknüpften Fachkonzepte dargestellt.

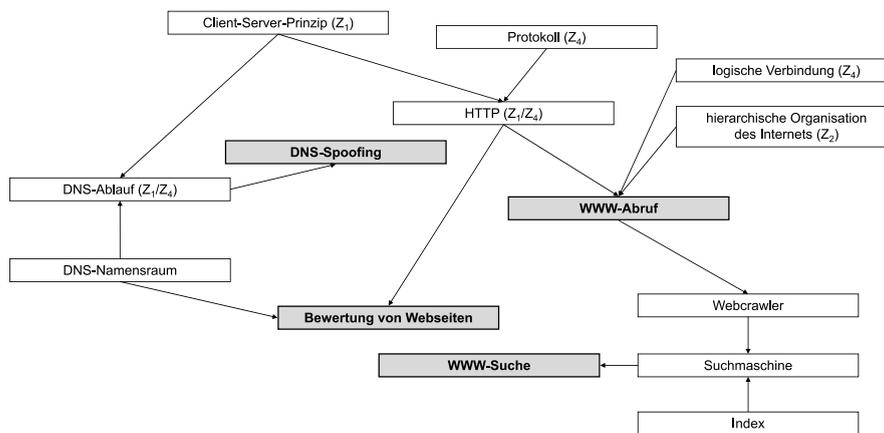


Abbildung 4.11: Wissensstruktur zu Zugriff auf Information im WWW und zugehörigen Fachkonzepten

Zum Abruf von Ressourcen im Web müssen Lernende wissen, wie sie in Fehlersituationen angemessen reagieren können. Dazu gehört das grundlegende Verständnis der Strukturen und Abläufe. HTTP eignet sich als einfaches Beispiel für ein Protokoll, weil es textbasiert ist, im Wesentlichen mit wenigen Kommandos funktioniert und zustandslos ist. Das Verstehen der Client-Server-Interaktion über eine logische Verbindung erlaubt die Erklärung der Beobachtung, dass Webseiten mit Platzhaltern für Bilder angezeigt werden. Worin die Ursachen für Verzögerungen oder Fehler beim Aufbau einer Internetverbindung auftreten, wird deutlich, wenn der Aufbau des Internets aus verbundenen Rechnernetzen in einer hierarchischen Struktur dargestellt wird. Als Beispiel für Angriffsszenarien wird DNS-Spoofing, d. h. die Möglichkeit der Manipulation eines DNS-Datensatzes, untersucht. Dazu ist es notwendig, dass die Lernenden sowohl den Namensraum und damit auch die hierarchische Struktur des DNS verstehen, wie auch den Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens.

Zur Suche im Internet ist es erforderlich, dass die Lernenden zielgerichtet Strategien anwenden können. Dazu ist ein grundlegendes Verständnis zur Unterscheidung von statischen und dynamisch erstellten Webseiten notwendig. Außerdem müssen die Lernenden die Funktionsweise einer Suchmaschine verstehen. So können Daten in einer Datenbank, die über ein Webportal zugänglich sind, in der Regel nicht mit Hilfe einer Suchmaschine gefunden werden, weil der Webroboter diese dynamisch erstellten Seiten nicht erfasst. Zur Bewertung von Webseiten wird

das Datum der letzten Änderung aus dem Kopfteil des HTTP genutzt sowie die Zugehörigkeit zu einer Domain. Dabei ist es wichtig, die Zugehörigkeit zu einer übergeordneten Domain richtig vorzunehmen.

Bereitstellung von Information und Ressourcen im Internet

Im ersten Unterrichtsprojekt wird der Anwendungsbereich der Bereitstellung von Ressourcen im Internet anhand von dynamischen Webseiten mit Cookies untersucht. Wie in Abbildung 4.12 dargestellt, gehört das Verstehen des Aufbaus eines HTML-Dokuments und einer Skriptsprache dazu. Außerdem müssen die Lernenden Cookies auch als Mechanismus verstehen, der das sonst zustandslose HTTP um Zustände erweitert. Die Möglichkeiten der Gestaltung interaktiver Webseiten können dann sowohl client- wie auch serverseitig genutzt werden. Daneben ist es aber auch notwendig, die Risiken hinsichtlich des Schutzes der Privatsphäre zu kennen. Die Lernenden müssen wissen, welche Daten mit einem Cookie verwaltet werden und wie sie an einen Webserver verschickt werden.

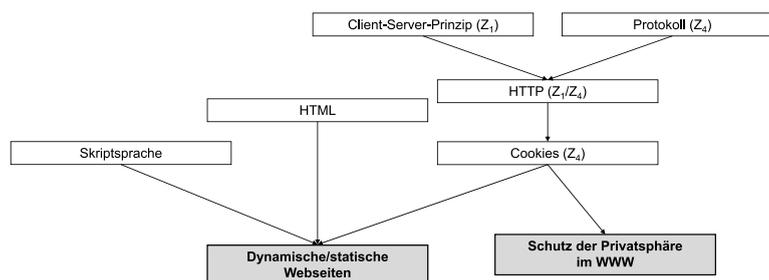


Abbildung 4.12: Wissensstruktur zu Bereitstellung von Ressourcen im WWW und zugehörigen Fachkonzepten

An dieser Darstellung wird deutlich, dass insbesondere Vorwissen zu einer Skriptsprache und zu HTML notwendig ist. Das erfordert einen großen zeitlichen Aufwand im Unterricht. Dieser Anforderungsbereich wurde daher lediglich in einer Erprobung umgesetzt.

4.3.3 Fazit

Die Ausrichtung an dem zu erzielenden Können der Lernenden erfordert, dass Fachinhalte und Alltagserfahrungen verknüpft werden. Dazu muss von unwichtigen Details wie beispielsweise Produktspezifika abstrahiert werden. Die Modellbildung erfolgt, indem von einem Original zu einem bestimmten Zweck eine Abbildung geschaffen wird, die mit dem Original durch eine Verkürzungsrelation verbunden ist (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 151). Sie können daher als Repräsentation der Inhalte auf einer Ebene zur Abstraktion von spezifischen Produkteigenschaften genutzt werden. Diagramme zur Darstellung der Interaktion, der Beziehungen in Internetworks, der Beschreibung von Modulen und des Datenflusses wurden als ikonische Modelle ausgehend von den Minimalzielen zu Internetworking untersucht. Verschiedene Repräsentationen weisen spezifische Vor- und Nachteile auf. Die nahe liegende Verwendung von Diagrammen der UML ist daher nicht immer geeignet, um fachliche Korrektheit und Anschaulichkeit zu verbinden. Ikonische Modelle der Informatik als Hilfsmittel können die Anforderung der Anschaulichkeit und der fachlich korrekten Darstellung unterstützen.

Geeignete Beziehungen zwischen Allgemeinem und Besonderem sind abhängig von den Vorerfahrungen der Lernenden. Bekannte Internetanwendungen und damit verbundene Phänomene werden dazu zielgruppenspezifisch ausgewählt. Mit Wissensstrukturen, die sowohl Fachkonzepte wie auch Phänomene und damit verbundene Produkte einbeziehen, können ausgehend von

Alltagserfahrungen Zusammenhänge mit der zugrunde liegenden Funktionsweise des Internets dargestellt werden. Für das Unterrichtskonzept wird dies anhand der drei Bereiche Kommunikation am Beispiel E-Mail sowie Informationsbeschaffung und Bereitstellung von Ressourcen am Beispiel WWW untersucht. Diese drei Bereiche beschreiben den Kontext, in dem der Unterricht durchgeführt wird. Die Sachanalyse unter didaktischen Gesichtspunkten mit Hilfe von Wissensstrukturen unterstützt die Planung von Lehr-Lernprozessen, indem Beziehungen zwischen Inhalten und Themen – im Sinne von Lankes – aufgedeckt werden.

4.4 Methodische Gestaltung und Auswahl von Unterrichtsmitteln

4.4.1 Ablauf der Unterrichtseinheiten

Neben Zielen und Inhalten müssen in der Unterrichtsplanung auch zu den Methoden Entscheidungen getroffen werden. Meyer (2003) unterscheidet fünf Ebenen des methodischen Handelns. In Tabelle 4.3 sind die Ebenen dargestellt und Beispiele für die Methoden zur Illustration angeführt. Die Ebenen reichen von zeitlich begrenzten „Interaktionseinheiten“ zwischen Lehrer und Schüler (Handlungssituationen) bis zur Organisation zusammenhängender Aufgabenkomplexe (methodische Großformen). Doch nicht auf allen Ebenen methodischen Handelns werden die Entscheidungen bereits in der Planungsphase getroffen. Die Ebene der Handlungssituationen ist Teil der konkreten Durchführung in der Unterrichtsstunde. Als methodische Großform wird der Lehrgang ausgewählt, weil diese Form mit den gegebenen Rahmenbedingungen am besten vereinbar und zur Evaluation durch beobachtende Teilnahme geeignet ist. Hinsichtlich der Sozialformen wird möglichst große Methodenvielfalt angestrebt. In diesem Abschnitt geht es vor allem darum, Handlungsmuster für den Unterricht zu Internetworking zu untersuchen.

Methoden	Beispiele
Handlungssituationen	eine Frage stellen und antworten, einen Arbeitsauftrag formulieren, ein Lob aussprechen, einen Impuls geben, sich melden und drankommen, usw.
Handlungsmuster	Lehrervortrag, Schülerreferat, Schülerdiskussion, gelenktes Gespräch, Tafeltext-Erarbeitung, Rollenspiel, Planspiel, Experiment, usw.
Unterrichtsschritte	Unterrichtseinstieg, Erarbeitungsphase, Auswertungsphase, Ergebnissicherung, Wiederholung
Sozialformen	Frontalunterricht, Gruppenunterricht, Partnerarbeit, Einzelarbeit
Methodische Großformen	Lehrgang, Projekt, Trainingsprogramm

Tabelle 4.3: Fünf Ebenen methodischen Handelns (nach Meyer, 2003, S. 115)

4.4.2 Ansätze der Fachdidaktik

Modellierung und Simulation als Methode

Mit dem informationszentrierten Ansatz (vgl. Abschnitt 2.1.2) tritt Hubwieser für eine ganzheitliche Sichtweise auf Informatiksysteme ein. Es soll nicht mehr der alleinige Schwerpunkt auf der Hardware oder auf Algorithmen liegen. Ebenso muss auch die Schnittstelle zu Benutzern mit berücksichtigt werden. Für Internetworking bedeutet dies, dass das Internet nicht losgelöst von Internetanwendungen Inhalt des Informatikunterrichts ist. Eine systematische Erarbeitung nach

dem Schichtenmodell, wie es in Lehrbüchern zu Rechnernetzen erfolgt, ist für die Sekundarstufe nicht angemessen. Unterricht soll an Problemen aus dem Erfahrungsbereich der Lernenden orientiert sein. Der Unterricht folgt dann immer dem Schema (1) Motivationsstufe, (2) Stufe der Schwierigkeiten, (3) Stufe zur Lösung der Schwierigkeiten durch das zuvor erlernte (vgl. Hubwieser, 2007, S. 69). Diese Stufen werden zu Internetworking so gestaltet, dass eine Unterrichtseinheit mit einem Phänomen im Sinne einer Alltagssituation beginnt. Die im Zusammenhang dieser Alltagssituation auftretenden Schwierigkeiten werden durch die Analyse wichtiger Ausschnitte des verwendeten Informatiksystems untersucht. Zuletzt wird die Ausgangssituation wieder aufgegriffen und auf der Basis des neu erworbenen Wissens analysiert und diskutiert.

Ein weiteres Merkmal des Ansatzes ist, dass Modellbildung nicht in erster Linie Inhalt des Informatikunterrichts ist. Vielmehr versteht Hubwieser Modellbildung und Simulation als methodisches Prinzip. Schulte (2003) bemerkt daher, dass der Ansatz auch „modellierungszentrierter Ansatz“ heißen könnte. Grundlegende Prinzipien von Informatiksystemen werden durch ihre Modellierung erarbeitet. Damit sind für Internetworking zwei wichtige Konsequenzen verbunden. Zum einen tritt die Benutzungsschnittstelle in den Hintergrund. Durch die Modellierung werden für die Benutzer neue Perspektiven auf Internetanwendungen mit graphischen Notationen ermöglicht, die zugrunde liegende Fachkonzepte der Funktionsweise darstellen. Zugleich wird aber auch von Details abstrahiert, die zur Programmierung eigener Internetanwendungen berücksichtigt werden müssen. Damit können sich die Lernenden auf die wesentlichen Fachkonzepte konzentrieren. Modellbildung wird also als methodisches Prinzip eingesetzt, um die für Anwender teilweise verborgenen Prozesse und die Struktur des Informatiksystems angemessen darzustellen.

Dekonstruktion und der Einsatz von Lernsoftware

Die methodische Vorgehensweise der Konstruktion von Informatiksystemen im Unterricht wird aus Perspektive des systemorientierten Ansatzes als grundsätzlich geeignet betrachtet (Magenheim, 2003). Allerdings sind damit spezifische Schwierigkeiten durch die Rahmenbedingungen des Unterrichts verbunden. Neben der eingeschränkten Perspektive auf den Produktzyklus können ausschließlich Informatiksysteme mit eingeschränkter Komplexität betrachtet werden. Ein methodischer Lösungsansatz wurde mit der Dekonstruktion von Informatiksystemen beschrieben. Informatiksysteme, wie sie auch in der Praxis eingesetzt werden, sollen dabei durch die Lernenden analysiert und modifiziert sowie in ihrem Einsatzkontext bewertet werden. Dazu muss didaktisch aufbereitete und dokumentierte Software für den Unterricht zur Verfügung gestellt werden. Damit ist das unterrichtsmethodische Vorgehen skalierbar. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass mehrere Perspektiven auf das Informatiksystem möglich sind. Voraussetzung dazu ist allerdings, dass es um reale und das heißt in der Regel komplexe Anwendungen geht. Damit sind wiederum zwei erhebliche Schwierigkeiten verbunden, die insbesondere für den Anfangsunterricht zutreffen: Die Analyse und Modifikation der komplexen Software erfordert eine vorhergehende Konzept- und Sprachschulung und die mit dem Ansatz verbundene starke Betonung der Reflexion ist eher für fortgeschrittene Lernende geeignet (Schulte, 2003). Unabhängig von diesen Schwierigkeiten bleiben die Vorteile des Einsatzes von geeigneter Lernsoftware bestehen, wenn angemessene Schüleraktivitäten gewählt werden, die zugleich dieses Vorwissen nicht erfordern. Voraussetzung ist, dass die Lernsoftware es ermöglicht, Informatiksysteme in einem realen Einsatzkontext zu untersuchen.

4.4.3 Lerntheoretische Grundlagen

Entdeckendes Lernen

Klafki (1985) nennt Voraussetzungen, die für das selbstständige Lernen im Sinne eines durch den Lehrer unterstützten aktiven Lernens im Gegensatz zur Übermittlung vorgegebenen Wissens und Könnens, notwendig sind. Als erste Voraussetzung führt er an, dass der Lehr-Lernprozess an den Entwicklungsstand der Lernenden, an deren Interessen und an deren Sicht- und Umgangsweisen mit Sachverhalten und Problemen anknüpfen muss. Die zweite von ihm formulierte Bedingung stellt einen direkten Bezug zum entdeckenden Lernen her:

„Die *zweite* Bedingung für selbstständiges Lernen im angedeuteten Sinne besteht darin, daß der Unterricht die Gesetzmäßigkeiten, die Prinzipien, die Strukturen, die Zusammenhänge, die gelernt, besser: erarbeitet, produktiv angeeignet und dann anwendend erprobt und gefestigt werden sollen, nicht in abgeschlossener, fertiger Gestalt darbietet, als Formel, Resultat, Modell, Schema, Faktum usw., sondern daß er den Schülern dazu verhilft, die ‚sachlogischen‘ Stufen der Entwicklung solcher Gesetzmäßigkeiten, Strukturen, Zusammenhänge entweder schrittweise aufbauend nachzuvollziehen bzw. zu entdecken oder aber analytisch, vom ‚fertigen‘ Ergebnis aus rückschreitend, zu rekonstruieren“ (Klafki, 1985, S. 92f, Hervorhebung im Original).

Klafki stellt das genetische Lernen, wie es beispielsweise Wagenschein, Roth und Bruner beschreiben, der „analytisch-rückschreitenden“ Rekonstruktion als eine legitime Methode für den „entdeckenden“ Lehr-Lernprozess gegenüber. Er bezeichnet die zweite Form als rekonstruktiv-entdeckendes Lernen. Dabei geht der Lehr-Lernprozess vom Ergebnis aus, das im weiteren Verlauf untersucht wird. Dies steht dem rezeptiven Lernen gegenüber, wie es Ausubel empfiehlt (Edelmann, 2000). Ausubel u. a. (1978) schlagen beispielsweise vor, mit dem Verfahren der Advanced Organizer vorab einen strukturierten Überblick über den Wissensbereich zu geben. Im Gegensatz dazu wurde in den Unterrichtsprojekten die Strukturierung des Bereichs Internetworking, wie sie insbesondere durch das Schichtenmodell beschrieben wird, schrittweise erarbeitet, bevor das Internetschichtenmodell verwendet wurde. Der notwendige Kontext zur Einordnung neuen Wissens wird durch die Anknüpfung an Alltagserfahrungen und Beobachtungen zu internetbasierten Informatiksystemen hergestellt.

Der Informatikunterricht zu Internetworking soll von der Erfahrungswelt zu Erklärungsmodellen der Informatik führen. Wagenschein (2005) zeigt eine Reihe von Problemen auf, die resultieren, wenn Lernende schon zu Beginn des Lernprozesses mit der fertigen Struktur eines Fachgebietes konfrontiert werden. Die Lernenden nehmen bereits fertig gestellte Strukturen zur Kenntnis. Sie erlernen das „Rückwärtsverstehen“. Eine Folge davon ist nach Wagenschein der Verlust des Wirklichkeitsbezugs. Er beschreibt als Lösungsansatz das genetische bzw. genetisch-sokratisch-exemplarische Lehren für naturwissenschaftliche Fächer. Diese Kritik kann jedoch nur eingeschränkt auf die Informatik übertragen werden, insofern sie sich mit Informatiksystemen als Artefakten beschäftigt. Das Prinzip, dass der Lehr-Lernprozess von dem ausgeht, das den Lernenden in ihrer Umwelt begegnet, muss jedoch auch im Informatikunterricht angewendet werden.

Konstruktivistische Didaktik

Charakteristisch für Lerntheorien, die mit dem Konstruktivismus begründet werden, ist das „Primat der Konstruktion“ anstelle der Instruktion (vgl. Hubwieser, 2007). Die Wurzeln des Konstruktivismus liegen in der Erkenntnistheorie:

„Einfach ausgedrückt handelt es sich da um eine unkonventionelle Weise, die Probleme des Wissens und Erkennens zu betrachten. Der Radikale Konstruktivismus beruht auf der Annahme, dass alles Wissen, wie immer man es auch definieren mag, nur in den Köpfen von Menschen existiert und das denkende Subjekt sein Wissen nur auf der Grundlage eigener

Erfahrungen konstruieren kann. Was wir aus unserer Erfahrung machen, das allein bildet die Welt, in der wir bewusst leben“ (Glaserfeld, 1996, S. 22).

Während der radikale Konstruktivismus also davon ausgeht, dass grundsätzlich alle Wirklichkeit durch ein Subjekt konstruiert wird, hat der gemäßigte Konstruktivismus die Wichtigkeit von konstruierenden Handlungen für den Lernprozess herausgestellt.

„SchülerInnen werden hier nicht als passive Rezipienten von Wissen verstanden, sondern als aktive, selbstgesteuerte Lernende“ (Gudjons, 2006, S. 245).

Obwohl konstruktivistische Didaktik ein neueres Konzept darstellt, gibt es historische Vorschläge der Reformpädagogik für methodische Ansätze, die diesen Grundsätzen entsprechen (vgl. Jank und Meyer, 2005, S. 293).

In der systemisch-konstruktivistischen Didaktik (Reich, 1996) werden drei Perspektiven der Auseinandersetzung von Lernenden mit der Wirklichkeit unterschieden. Die drei Perspektiven stehen für Tätigkeiten im Lernprozess. Sie sind fachübergreifend formuliert und weisen – wie auch Reich einräumt – teilweise Überschneidungen auf. Sie stellen eine theoretische Grundlage für das Lernen dar, indem sie Lernaktivitäten mit der kognitiven Konstruktion von Wissen verbinden. Mit anderen Worten, die Konstruktion von Wissen im Sinne des Konstruktivismus wird durch drei verschiedene Denk- und Handlungsweisen unterstützt: Die Perspektive der Konstruktion umfasst Tätigkeiten wie das Ausprobieren. Die Lernenden „erfinden“ ihre Wirklichkeit unter Einbezug individueller Interessens-, Motivations- und Gefühlslagen. Die Perspektive der Rekonstruktion beschreibt das Nachentdecken der Wirklichkeit. Diese Perspektive erlaubt es, eine fortgeschrittene Beobachterposition einzunehmen. Das Wissen um das fertige Produkt bietet einen Vorsprung, der es ermöglicht, das Produkt in einem weiterführenden Zusammenhang zu betrachten und beispielsweise zu fragen, was unberücksichtigt blieb oder was besser gemacht werden könnte. Wichtig bei der Rekonstruktion ist jedoch, nachzuvollziehen, wieso die Entscheidungen zur Konstruktion so getroffen wurden, wie sie getroffen wurden. Die dritte Perspektive ist die Dekonstruktion. Vorhandene Produkte werden unter der Fragestellung untersucht, warum sie genau so und nicht anders konstruiert wurden. Es geht um ein Hinterfragen, warum etwas eben genau so und nicht anders konstruiert ist und ob andere Möglichkeiten deutlich werden, wenn der Gegenstand aus einem leicht veränderten Blickwinkel betrachtet wird. Mit den Perspektiven Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion wird eine Systematisierung der Ansätze für Lernaktivitäten beschrieben, die unter verschiedenen Voraussetzungen einsetzbar sind.

4.4.4 Anforderungen an Handlungsmuster

Fachkonzepte im Kontext

Die Ausrichtung an alltäglichen Anforderungssituationen im Umgang mit Internetanwendungen soll nicht dazu führen, dass eine Produktschulung durchgeführt wird (vgl. Humbert, 2003, S. 59). Das Verstehen der Funktionsweise von Internetanwendungen gründet auch auf dem Verstehen der den verborgenen Abläufen zugrunde liegenden Fachkonzepte. Das bedeutet im Umkehrschluss aber auch, dass beispielsweise die Infrastruktur, d. h. der Aufbau des Internets, nicht losgelöst von Anwendungen erlernt wird. Die zur Anknüpfung an Alltagserfahrungen der Lernenden geeigneten Internetanwendungen müssen im Lehr-Lernprozess auch aus anderen Perspektiven betrachtet werden. Im systemorientierten Ansatz (Magenheim, 2003) wird dabei mit dem Begriff des sozio-technischen Systems argumentiert, dass sowohl technische und soziale Aspekte von Internetanwendungen berücksichtigt werden müssen.

Es reicht nicht aus, isoliert Funktionsprinzipien von Informatiksystemen zu verstehen. Auch bei Schubert und Schwill (2004) findet sich dieser Anspruch. Sie beschreiben ein Grundmodell für den Informatikunterricht, dem der Produktzyklus von Informatiksystemen zugrunde liegt. Die Phasen der Analyse von Anforderungen an ein Informatiksystem zur Unterstützung geistiger

Tätigkeiten, die praktische Anwendung und die Bewertung der Konsequenzen des Einsatzes müssen neben den Phasen zur Entwicklung des Informatiksystems aus einer Aufgabenstellung bis zum funktionierenden Informatiksystem zumindest in der vertiefenden Informatikausbildung berücksichtigt werden. Die Lernenden sollen auch aus Sicht der Anwender Anforderungen an die Informatiksysteme erleben und verstehen. An Stellen, wo diese nicht erfüllt sind, sollen die Ursachen und Entwurfsentscheidungen, die dazu führen, nachvollzogen werden. Die Lernenden müssen dazu die Perspektive verschiedener Interessensgruppen einnehmen. Gesellschaftliche Bezüge können so zum Start- und Endpunkt des Lehr-Lernprozesses werden.

Alltägliche Anforderungssituationen werden im Lehr-Lernprozess berücksichtigt. Gelernt wird also in authentischen Kontexten. Phänomene, die mit den Informatiksystemen auftreten, werden unter dem Gesichtspunkt der involvierten Fachkonzepte untersucht. Anforderungen an den Datenaustausch können beschrieben werden, wenn der Blick hinter die Benutzungsschnittstelle gelingt. Daraus werden Fragen zur möglichen Realisierung zunächst aufgedeckt. Die Antworten können dann im Unterricht erarbeitet werden. Die Lernenden erwerben damit ein tieferes Verständnis der Zusammenhänge und können damit Situationen fundiert bewerten. Durch ein angemessenes Abstraktionsniveau hinsichtlich der Fachkonzepte wird erreicht, dass konzeptuelles und prozedurales Wissen auch auf andere Situationen übertragen werden kann. Es erfolgt ein anwendungsorientierter Unterricht, der aber nicht in einer missverstandenen Produktschulung enden darf.

Verstehen der Internetanwendungen erfordert die Verknüpfung verschiedener Sichten auf das Informatiksystem. Stechert (2007b) begründet, dass das Verstehen durch die Verknüpfung des nach außen sichtbaren Verhaltens und der inneren Struktur von Informatiksystemen gefördert wird. Für das Internet gilt gerade, dass das Verhalten über die Benutzungsschnittstelle von Internetanwendungen beobachtet werden kann. Das Verstehen der Funktionsweise ist beispielsweise notwendig, um Nebeneffekte während des Datenaustauschs über das Internet berücksichtigen zu können. Das Prinzip Fachkonzepte im Kontext fordert, dass Internetanwendungen aus verschiedenen Perspektiven zum Unterrichtsinhalt werden.

Nachbildung, Modifizierung und Entwicklung

Zum handlungsorientierten Unterricht wurden verschiedene Ansätze spätestens seit der Reformpädagogik vorgeschlagen. Im Unterricht sollen die Lernenden anstatt der Lehrenden aktiv werden. Mit dem Konstruktivismus wurden solche Ansätze auch erkenntnistheoretisch fundiert (vgl. Jank und Meyer, 2005, S. 293). Papert hat auf den Konstruktivismus aufbauend erkannt, dass der Aufbau kognitiver Strukturen durch entsprechende Handlungen unterstützt wird (Ackermann, 2001). In Abschnitt 2.3.2 wurden bereits verschiedene Tätigkeiten im Unterricht zu Internetworking beschrieben. Auch im Sinne der Methodenvielfalt sollen verschiedene Tätigkeiten im Unterricht umgesetzt werden. Die Konstruktivistische Didaktik liefert einen Ansatz für eine Systematisierung verschiedener Handlungen im Lehr-Lernprozess. Die Perspektiven können dazu durch für die Informatik typische Vorgehensweisen konkretisiert werden: Entwicklung neuer, Nachbildung und Modifizierung vorhandener Informatiksysteme. Diese Ansätze verbinden die typischen Tätigkeiten Analyse, Modellierung, Implementierung, Erprobung und Bewertung mit unterschiedlichem Schwerpunkt und verschiedenen Abfolgen. Im Sinne des Grundmodells für den Informatikunterricht, wie es Schubert und Schwill (2004) begründen, können einzelne Tätigkeiten im Unterricht durch entsprechende Vorgaben und erwartete Ergebnisse auch unabhängig voneinander durchgeführt werden.

Die Nachbildung von Informatiksystemen kann auf verschiedenen Abstraktionsebenen erfolgen, die entsprechend unterschiedliche Vorkenntnisse der Lernenden erfordern. Charakteristisch ist, dass eine Aufgabenstellung und eine Zielvorgabe in Form eines existierenden Systems gegeben sind. Lernende vollziehen den Entwicklungsprozess oder einzelne Phasen nach. Modelle werden

hier als anschauliche Darstellung komplexer Sachverhalte und zur Kommunikation benutzt. Mit informatischen Modellen wird zuvor beobachtetes Verhalten von existierenden Informatiksystemen beschrieben oder das erwartete Verhalten als Hypothese formuliert. Das nicht sichtbare Verhalten wird rekonstruiert und die zugrunde liegenden Annahmen können anhand des sichtbaren Verhaltens überprüft werden. Aufgrund des Einblicks in die Funktionsweise können fundierte Annahmen zu dem Verhalten in Sonderfällen formuliert werden. Den Lernenden wird es dann auch möglich sein, das von ihnen beobachtete Verhalten in der Interaktion mit dem Informatiksystem auf der Grundlage des nicht sichtbaren Verhaltens zu erklären. Durch die Rekonstruktion bekommen die Lernenden aktiv handelnd beispielsweise durch die Verwendung textbasierter Protokolle einen Einblick in die Prinzipien, die Internetanwendungen zugrunde liegen. Die Nachbildung von Rechnernetzen und gegebenenfalls deren Verbindung zu einem Internetwork zeigen auf, welche Komponenten zum Datenaustausch im Internet benötigt werden und damit auch die Bedeutung der Konfigurationsmöglichkeiten eines Endsystems. Für Internetworking heißt dies, dass damit nachhaltiges Lernen ermöglicht wird, weil sich die zugrunde liegenden Prinzipien der Anwendungslogik wie auch des Datenaustauschs und der Datenvermittlung nicht in dem Maße verändern, wie dies Benutzungsschnittstellen tun.

Bei der Modifizierung geht es insbesondere darum, Funktionen eines Informatiksystems zu bewerten und alternative Gestaltungsvorschläge umzusetzen. Ausgangspunkt kann aber auch ein fehlerhaftes Informatiksystem sein. Ebenso können Lösungsvorschläge für negativ bewertete Funktionen umgesetzt und erprobt werden. Eine Zielvorgabe liegt in Form einer Spezifikation vor. Die Modifikation erfordert in der Regel, ebenso wie die Entwicklung, Vorkenntnisse zur Programmierung. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Berücksichtigung des Anwendungskontextes und des Rollenwechsels zwischen Entwickler und Anwender.

Bei der Entwicklung von eigenen Anwendungen sind die notwendigen und in der Regel umfangreichen Vorkenntnisse zu berücksichtigen. Modelle werden hierbei zur Beschreibung eines Lösungsplans eingesetzt. Die kreative Entwicklung schafft Motivation zum selbstständigen Lernen und ermöglicht Einblicke in Methoden des Softwareentwicklungsprozesses.

Ein besonderer Schwerpunkt in den Unterrichtsprojekten liegt auf der Nachbildung, weil die Projekte mit einer Ausnahme im ersten Jahr des Informatikkurses durchgeführt werden. Das erfordert die Berücksichtigung der eingeschränkten Vorkenntnisse insbesondere zur Programmierung. Mit der Nachbildung wird zudem entdeckendes Lernen besonders unterstützt, weil mit dem gegebenen Informatiksystem zugleich ein zu untersuchendes System vorhanden ist. Außerdem bietet diese Perspektive die Möglichkeit, mit enaktiven und ikonischen Repräsentationen zu beginnen. Symbolische Darstellungen wie Programmiersprachen werden erst zur Modifizierung und Entwicklung benötigt, die sich damit insbesondere für vertiefende Bildungsabschnitte eignen. Die drei Vorgehensweisen im Unterricht sind durch spezifische Vorteile gekennzeichnet, die sich gegenseitig ergänzen.

4.4.5 Fazit

Das Verstehen komplexer Strukturen erfordert neben ikonischen Modellen enaktive, d. h. handlungsbezogene, Modelle für analytisch-bewertende Zugänge im Unterricht. Sowohl beim Prinzip des entdeckenden Lernens wie auch in der konstruktivistischen Didaktik werden verschiedene Möglichkeiten der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand aufgegriffen. Entweder wird dieser synthetisch durch Nachvollziehen der Strukturen bzw. durch Konstruktion oder aber analytisch vom Lerngegenstand rückschreitend bzw. rekonstruierend erschlossen. Die Voraussetzungen der Lernenden sowie der zeitliche Rahmen in der Jahrgangsstufe 11 sprechen für einen analytischen Zugang. Die Nachbildung vorhandener Informatiksysteme erlaubt die Erarbeitung der zugrunde liegenden Fachkonzepte. Im Unterricht werden dafür Unterrichtsmittel zu enaktiven und ikonischen Modellen benötigt.

Der informationszentrierte Ansatz für den Informatikunterricht betont gerade die Modellierung als methodisches Prinzip, das eingesetzt wird, um die teilweise verborgenen Prozesse und die Struktur des Informatiksystems angemessen darzustellen. Eine alleinige Zuordnung der Modellierung zur Konstruktion ist dann nicht sinnvoll. Auch zur Analyse und Bewertung von Informatiksystemen werden Modelle und damit typische Tätigkeiten der Informatik genutzt. Der Unterricht wird daher soweit möglich an folgendem Ablauf ausgerichtet:

1. Demonstration eines Phänomens im Kontext eines Informatiksystems mit Bezug zu Alltagserfahrungen, zu dessen Verständnis Wissen über die zugrunde liegende Funktionsweise notwendig ist.
2. Analyse der Funktionsweise mit informatischen Methoden. Dazu gehört insbesondere die Modellierung ausgewählter Aspekte.
3. Verknüpfung des erworbenen Wissens mit dem Phänomen, das zu Beginn des Unterrichts demonstriert wurde, und Bewertung der Konsequenzen für die Nutzung der Informatiksysteme.

Typische Tätigkeiten der Informatik wie Abstrahieren, Strukturieren und Formalisieren werden gemäß der Verkürzungsrelation zur Modellbildung zwischen Zweck, Subjekt und Modell (vgl. Schubert und Schwill, 2004, S. 151) insbesondere in der zweiten Phase eingesetzt.

4.5 Auswahl geeigneter Unterrichtsmittel

Unterrichtsmittel verknüpfen Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen. An dieser Stelle wird der Einsatz von Informatiksystemen als Unterrichtsmittel beschrieben. In Tabelle 4.4 wird dargestellt, welche Unterrichtsmittel zu welchen Inhalten eingesetzt werden. Ausgewählt werden Werkzeuge, wie sie beispielsweise zur Fehlersuche in Rechnernetzen eingesetzt werden, eine Visualisierung von Abläufen zum Datenaustausch und Anwendungssoftware, die zur Modifizierung verwendet wird. Aufgrund der begründeten Auswahl der Unterrichtsmethoden werden folgende Auswahlkriterien berücksichtigt:

Den Lernenden wird ein Einblick in die verborgenen Strukturen und Abläufe gegeben. Beobachtungen des sichtbaren Verhaltens können oft nur dann erklärt und in tragfähige Vorstellungen integriert werden, wenn auch die verborgenen Aspekte in ein Gesamtbild integriert werden. Die selbsttätige Strukturierung neuen Wissens ist wesentliches Merkmal des entdeckenden Lernens.

Mit den Lernaktivitäten soll ein hoher Grad der Interaktivität verbunden sein. Verschiedene Repräsentationsstufen müssen im Lehr-Lernprozess integriert werden, um komplexe Zusammenhänge zu verstehen. Die Handlungsorientierung räumt den praktischen Tätigkeiten einen hohen Stellenwert ein. Gerade Informatiksysteme als ausführbare Modelle können dies in besonderer Weise unterstützen.

Die Bedienung soll möglichst intuitiv sein. Die selbsttätige Auseinandersetzung mit neuen Inhalten erfordert, dass die Lernenden möglichst wenig durch unwichtige Details und Schwierigkeiten mit der Handhabung von wesentlichen Aspekten abgelenkt werden.

Neues Wissen muss mit vorhandenem Wissen verbunden werden. Bei der Auswahl der Unterrichtsmittel müssen die Vorerfahrungen der Lernenden im Bezug auf Informatiksysteme berücksichtigt werden. Insbesondere auf die Vertrautheit mit typischen Internetanwendungen kann dabei zurückgegriffen werden.

Telnet ist ein Protokoll, das eine zeichenorientierte Datenübertragung zwischen Client und Server ermöglicht. Zudem bezeichnet Telnet aber auch ein Programm, das als Telnet-Client eingesetzt werden kann. Putty ist ein Client für Telnet, Secure Shell (SSH) und einfache TCP/IP-Verbindungen. Zum Verbindungsaufbau stellt Putty eine graphische Benutzungsschnittstelle zur Verfügung. Telnet und Putty werden dazu verwendet, den Datenaustausch zwischen E-Mail-

Unterrichtsmittel	Bezug zu Inhalten
Telnet, Putty und Netcat	Internetanwendungen und -dienste, Funktionsprinzipien und Schichtenarchitektur des Internets
Traceroute	Aufbau des Internets
NSLookup, Dig-GUI	Aufbau und Funktionsprinzipien des Internets
Schichtenapplet	Schichtenarchitektur und Funktionsprinzipien des Internets
Postamt	Internetanwendungen und -dienste und Funktionsprinzipien des Internets

Tabelle 4.4: Übersicht zu eingesetzten Unterrichtsmitteln

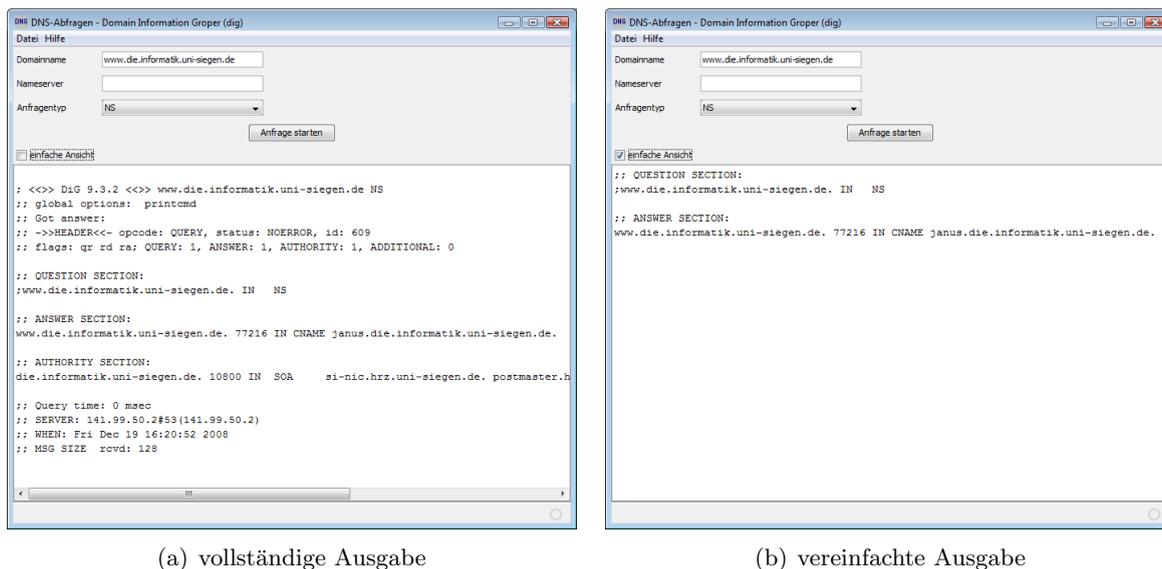
Client und -Server nachzubilden. Die Lernenden stellen mit dem Werkzeug eine Verbindung zu einem E-Mail-Server her und schicken die Befehle, wie sie zum Versenden bzw. Abrufen von E-Mails verwendet werden, an den Server. Telnet wird in den ersten Erprobungen verwendet. Der Grund dafür ist, dass die Lernenden ohne die graphische Benutzungsschnittstelle den Eindruck erhalten sollen, „näher“ am Rechner, also auf der Systemebene zu arbeiten. Ist die Eingabeaufforderung ausschließlich im Kontext graphikorientierter Betriebssysteme bekannt, stellt sie sich für die Lernenden jedoch als eine Anwendungssoftware wie andere Programme auch dar. Ein Nachteil von Telnet ist, dass fehlerhafte Syntax zu einem Befehl nicht rückgängig gemacht werden kann, weil dort jedes eingegebene Zeichen direkt versendet wird. Für den Einsatz von Putty spricht daher die einfachere Bedienung.

Netcat ist ein einfaches Werkzeug zum Aufbau einer TCP/IP-Verbindung ohne graphische Benutzungsschnittstelle. Über Parameter, die beim Aufruf des Programms übergeben werden, kann zwischen verschiedenen Modi für Server und Client ausgewählt werden. Dieses Werkzeug wird dazu genutzt, um eine einfache Verbindung zum Austausch beliebiger Nachrichten zwischen Rechnern herzustellen und die Rollen Client und Server zu veranschaulichen. Außerdem wird es dazu verwendet, eine Webseite mit HTTP-Befehlen abzurufen. Der Einsatz ist mit deutlichen Schwierigkeiten verbunden, wenn grundlegende Funktionen der Eingabeaufforderung nicht bekannt sind.

Traceroute ist ein Werkzeug, um den Übertragungspfad zu einem Zielrechner zu bestimmen. Dazu werden Pakete mit steigender Lebensdauer (TTL – Time To Live) beginnend mit 1 verschickt. Eine Station, bei der die Lebensdauer abgelaufen ist, schickt ein entsprechendes Paket zurück. Damit können die Stationen durch die Absender-IP-Adresse bestimmt werden. Neben einer Variante ohne graphische Benutzungsschnittstelle gibt es kommerzielle Produkte, die den Pfad graphisch auf einer Landkarte abbilden. Außerdem gibt es verschiedene Webseiten, die es erlauben den Pfad vom Webserver zu einem beliebigen Ziel bestimmen zu lassen. Traceroute wird verwendet, um den Aufbau des Internets zu veranschaulichen. Die nicht sichtbaren Stationen auf einem Übertragungspfad werden damit sichtbar. Durch die Verknüpfung von Pfaden zwischen mehreren Start- und Zielstationen können Zyklen und damit auch Redundanzen aufgezeigt werden.

Unter Windows steht auf der Eingabeaufforderung das Werkzeug NSLookup zur Auflösung von Domainnamen zur Verfügung. Als Parameter wird zumindest ein Domainname beim Aufruf übergeben. Zusätzlich ist es möglich, den Typ des Eintrags (Resource Record), sowie den Domainserver, an den die Anfrage geschickt werden soll, zu bestimmen. Dig (Domain Information Groper) ist ein einfaches Programm ohne graphische Benutzungsschnittstelle für verschiedene Plattformen, das eine DNS-Anfrage in einer DNS-Nachricht verschickt und die darauf erhaltenen Daten ausgibt. Im Unterricht sollen auf der Basis der hierarchischen Struktur des DNS-Namensraums Domainnamen manuell aufgelöst werden. NSLookup ist zum einen wenig benutzungsfreundlich, weil es keine graphische Benutzungsschnittstelle zur Verfügung stellt, und zum

anderen über die gewünschte DNS-Anfrage hinaus mehrere Anfragen durchführt. Daher ist nicht nachvollziehbar, welche Daten als Antwort auf die intendierte Anfrage empfangen wurden. Für den Unterricht wird daher eine graphische Benutzungsschnittstelle für Dig verwendet, die eine Parametrisierung der Anfrage erlaubt und auch eine vereinfachte Ausgabe der empfangenen Daten ermöglicht (siehe Abbildung 4.13). In den ersten Unterrichtsprojekten wird NSLookup genutzt. Erst in der Fortführung des letzten Unterrichtsprojekts kann Dig mit der graphischen Benutzungsschnittstelle eingesetzt werden.



(a) vollständige Ausgabe

(b) vereinfachte Ausgabe

Abbildung 4.13: Dig mit graphischer Benutzungsschnittstelle zur Anzeige des erhaltenen Dateneintrags (Resource Record)

Zur Visualisierung der Abläufe auf verschiedenen Schichten des Protokollstapels wird ein Applet genutzt, das an der Universität Siegen entwickelt wurde (siehe Abbildung 4.14). Insbesondere erlaubt das Applet verschiedene Fehlersituationen, die während des Datenaustauschs durch Verluste auftreten können, zu simulieren. Außerdem wird ein Einblick in den Aufbau der Protokolldateneinheiten auf den verschiedenen Schichten ermöglicht. Dabei geht es darum, das statische Schichtenmodell mit den dynamischen Aspekten des Datenaustauschs zu verbinden. Außerdem wird anhand des Applets der Dienst des zuverlässigen Datentransports, wie er durch TCP realisiert wird, erarbeitet. In dem Applet wird der Zusammenhang von funktionalen Einheiten und physischen Komponenten nicht deutlich genug dargestellt. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass die Segmentierung nicht auf der Transportschicht, sondern auf der Vermittlungsschicht stattfindet. Das ist zwar prinzipiell möglich, wird aber aus Gründen der Effizienz in der Regel so nicht realisiert.

Im ersten Unterrichtsprojekt wird ein einfaches, mit Java programmiertes E-Mail-Programm zum E-Mail-Versand und -Empfang eingesetzt. Die Lernenden haben Zugang zu dem Quelltext und können diesen modifizieren. Außerdem müssen die Parameter zum Verbindungsaufbau konfiguriert werden. Der Kopfteil einer Nachricht wird durch das Programm nicht automatisch der eigentlichen Nachricht vorangestellt. Vielmehr muss auch dieser manuell als Teil der Nachricht eingegeben werden (siehe Abbildung 4.15). Im Unterricht geht es darum, das Wissen über die Interaktion zwischen SMTP-Client und -Server sowie das durch ein Zustandsdiagramm spezifizierte Verhalten eines SMTP-Servers zu nutzen, um den Ablauf zum Versenden einer E-Mail im Quelltext zu modifizieren. Außerdem soll deutlich werden, dass der Kopfteil durch den E-Mail-Client manipuliert werden kann. Die Modifizierung des Quelltextes erfordert jedoch bereits eine gewisse Vertrautheit mit dem Lesen von Programmen, um das noch neue Wissen umsetzen zu

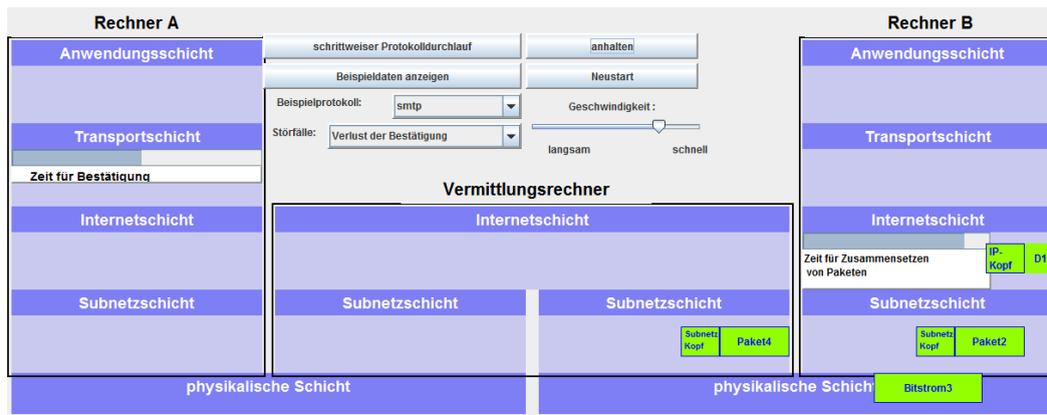
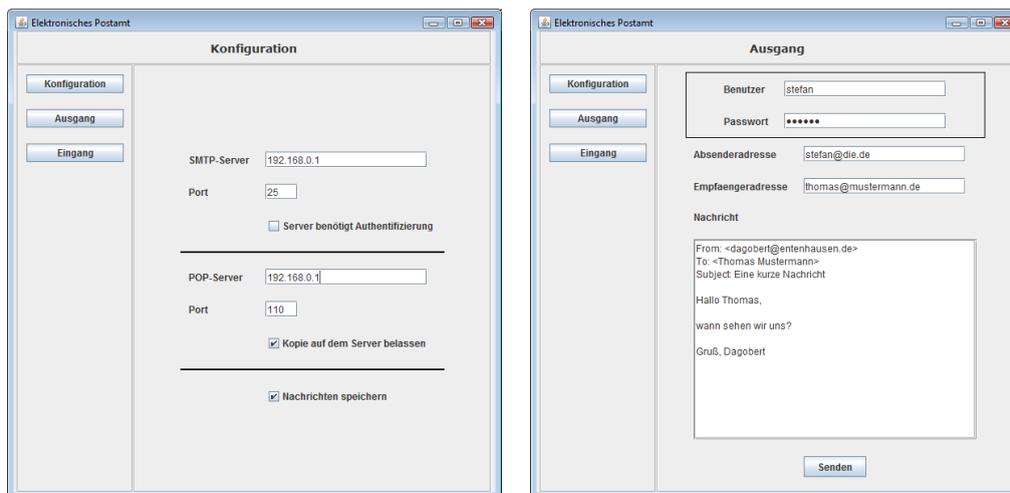


Abbildung 4.14: Schichtenapplet zur Visualisierung des Datenaustauschs über die Schichten des Protokollstapels

können.



(a) Konfiguration des E-Mail-Kontos

(b) Eingabe zum E-Mail-Versand

Abbildung 4.15: Graphische Benutzungsschnittstelle des E-Mail-Programms „Postamt“

Die Berücksichtigung der objektiven und subjektiven Bedürfnisse der Lernenden wird durch den Einsatz interaktiver Unterrichtsmittel unterstützt. Handlungs- bzw. Schülerorientierung erfordert insbesondere die Berücksichtigung praktischer Tätigkeiten, die selbsttätiges Lernen ermöglichen. Die Lernerfahrungen müssen verschiedene Sichten auf Informatiksysteme einbeziehen. Unterrichtsmittel, die diese Bezüge nicht aufzeigen, müssen entsprechend in den Ablauf des Unterrichts integriert bzw. durch weitere Tätigkeiten und damit Handlungsmuster ergänzt werden. Die Auswahl geeigneter Lernaktivitäten hängt mit zur Verfügung stehenden Unterrichtsmitteln zusammen. Die verfügbaren Werkzeuge zur Analyse von Rechnernetzen ermöglichen Einblicke in verborgene Strukturen und Abläufe, werden aber den Anforderungen an intuitive Bedienung kaum gerecht.

4.6 Zusammenfassung

Der Informatikunterricht, wie er für die Jahrgangsstufe 11 geplant und durchgeführt wird, leistet einen Beitrag zu allen Kompetenzen, wie sie in Abschnitt 2.2 bestimmt wurden. Der wissenschaftspropädeutische Auftrag wird dadurch umgesetzt, dass informatische Verfahrensweisen kennen gelernt und informatisches Grundlagenwissen erworben wird. In den Unterrichtsprojekten stehen dabei wegen der zeitlichen Rahmenbedingungen und der Vorkenntnisse der Lernenden im Anfangsunterricht Analysieren und Bewerten von Informatiksystemen im Vordergrund. Modellierung wird im Sinne des informationszentrierten Ansatzes für Informatikunterricht als Methode und nicht als Inhalt eingesetzt. Internetworking leistet zudem einen wichtigen Beitrag zu dem Ziel, ein angemessenes Bild der Informatik zu vermitteln, indem typische Anwendungen und die zugrunde liegenden Fachkonzepte aufgegriffen werden. Außerdem leistet der Unterricht einen Beitrag zu allen vier Kompetenzbereichen, die als Ziele in den EPA formuliert werden. Fachwissenschaftlich fundiertes Wissen über das Internet und dessen Anwendungen sowie die Anwendung informatischer Methoden sind die übergeordneten Ziele des Unterrichts zu Internetworking.

Anhand der begrifflichen Unterscheidung von Inhalt und Thema wurden zwei Fragestellungen der fachdidaktischen Analyse deutlich. Die erste Fragestellung ist, wie ein vorgegebenes Thema durch die Lernenden bearbeitet wird bzw. welche Perspektive darauf wird durch die Lernenden aufgegriffen und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Konstituierung der Inhalte im Lernprozess. Dazu wurden ikonische Modelle untersucht, die einen Zugang zu wichtigen Fachkonzepten unterstützen können. Die Verwendung informatischer Modelle fördert das Erlernen von Verfahrensweisen der Informatik und ermöglicht eine Darstellung, die von produktspezifischen Details abstrahiert. Die zweite Fragestellung ist, wie das Allgemeine und das Besondere in Lehr-Lernprozessen zu Internetworking konkretisiert werden kann. Ausgehend von Anwendungsbereichen, die in nationalen und internationalen Bildungsempfehlungen identifiziert wurden, erfolgte eine Analyse typischer Alltagssituationen hinsichtlich der Fachinhalte. Auf diese Weise konnten mögliche Lernpfade beschrieben werden. Ikonische Modelle sowie Alltagssituationen ermöglichen einen fachlich fundierten und den Vorkenntnissen der Lernenden angemessenen Zugang zu Internetworking.

Zur methodischen Gestaltung des Unterrichts soll die Aktivierung der Lernenden durchgehend berücksichtigt werden. Im Sinne des Prinzips Fachkonzepte im Kontext müssen Handlungsmuster für den Unterricht gewählt werden, die eine Verknüpfung von Wissen über Fachkonzepte und Wissen über Internetanwendungen ermöglichen. Nachbildung, Modifizierung und Entwicklung von Informatiksystemen wurden als Tätigkeiten im Informatikunterricht begründet. Jede dieser Vorgehensweisen hat spezifische Vorteile. In den Unterrichtsprojekten nimmt die Nachbildung dennoch eine besondere Rolle ein, weil damit die formulierten Lernziele unter den gegebenen Rahmenbedingungen am besten umsetzbar sind. Zur Unterstützung angemessener Lernaktivitäten eignet sich im Informatikunterricht der Einsatz von Informatiksystemen. Dazu wurde verschiedene Software untersucht. Der analytische Zugang ist für den geplanten Unterricht in besonderer Weise geeignet und kann durch den Einsatz von Informatiksystemen als Unterrichtsmittel unterstützt werden.

5 Praktische Erprobung durch Unterrichtsprojekte

In diesem Kapitel wird die Umsetzung des Unterrichtskonzepts in Lehr-Lernprozessen dargestellt. Der Forschungsprozess (vgl. Kapitel 1) ist dadurch gekennzeichnet, dass Phasen der Theoriebildung und der empirischen Untersuchung mehrfach zyklisch durchlaufen werden. In den Phasen der Theoriebildung wurde der Bildungsbedarf untersucht, die Komponenten des Didaktischen Systems Internetworking entwickelt und die Fundierung des Ansatzes der Didaktischen Systeme verfeinert. Im vorangegangenen Kapitel werden Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zur Realisierung in der Praxis diskutiert. Die Unterrichtsprojekte werden zur Untersuchung der theoretischen Fundierung benötigt und beschreiben den Transfer in die Unterrichtspraxis.

Erprobt wird Unterricht, der auf dem Didaktischen System und dem Unterrichtskonzept basiert. Die Wissensstrukturen werden eingesetzt, um Lehr-Lernprozesse in der Planungsphase des Unterrichts zu strukturieren. Die Aufgabenklassen werden zur Beschreibung von Aktivitäten der Lernenden in allen Lernphasen verwendet. Die Lernsoftware wird genutzt, um die Möglichkeiten der Lernaktivitäten zu erweitern. Eine Prüfung der Anwendbarkeit erfolgt eingeschränkt auf den Informatikunterricht in der Sekundarstufe II. Wichtig ist jedoch, dass dabei Stärken und Schwächen des Ansatzes aufgedeckt und die daraus resultierenden Erkenntnisse in die Theoriebildung einbezogen werden. In diesem Kapitel werden zunächst erwartete Erkenntnisse zum Didaktischen System erläutert und das Vorgehen zur formativen Evaluation der Unterrichtsprojekte begründet.

Insgesamt werden vier Unterrichtsprojekte dokumentiert. Um eine angemessene Nachhaltigkeit des Forschungsprojekts zu erreichen, ist es notwendig, dass das entwickelte Konzept in der Praxis schrittweise etabliert und die beschriebenen Minimalziele umgesetzt werden. Während in den ersten drei Projekten Lehramtsstudierende bzw. der Forscher unterrichten, wird das letzte Unterrichtsprojekt durch Informatiklehrer der kooperierenden Schule durchgeführt. Die Minimalziele werden nicht alle in den ersten zwei Projekten umgesetzt. Erst mit dem dritten Projekt wird dieses Kriterium erfüllt. Voraussetzung zur Umsetzung der formulierten Anforderungen an die methodische Gestaltung ist, dass geeignete Unterrichtsmittel zur Verfügung stehen. Die Realisierung der Unterrichtsprojekte wird durch die begleitende Weiterentwicklung verbessert und mit dem Einsatz der Lernsoftware vervollständigt. Mit dem vierten Unterrichtsprojekt wird damit die Überführung des theoretischen Ansatzes in regulären Informatikunterricht abgeschlossen.

5.1 Forschungsmethodik

5.1.1 Fallstudien in der praxisorientierten Fachdidaktik

Die empirischen Studien im Forschungsprozess sind darauf ausgerichtet, Stärken und Schwächen zuvor entwickelter, aufeinander abgestimmter Maßnahmen zu bestimmen. Es handelt sich daher im Sinne von Wellenreuther (1982) um Entwicklungsforschung.

„In der Entwicklungsforschung geht es um die schrittweise Entwicklung, Erprobung und Überprüfung eines Programms (einer Neuerung) im gegebenen sozialen Feld, nicht um die Überprüfung von Hypothesen“ (Wellenreuther, 1982, S. 140).

Die durchgeführten Unterrichtsprojekte werden zur Erprobung und zur Überprüfung der Maßnahmen eingesetzt. Wegen der theoretischen Fundierung sowohl des Didaktischen Systems wie auch des Unterrichtskonzepts durch Erkenntnisse der Informatik, der zugehörigen Fachdidaktik, Lernforschung und der Erziehungswissenschaft, weist die Problemstellung eine hohe Komplexität auf. Es ist daher nicht möglich und wird auch nicht angestrebt, einzelne Faktoren abschließend, d. h. in einer summativen Evaluation, zu beurteilen. Es werden vielmehr entscheidende Prozessfaktoren gesucht, die den Erwerb von Kompetenzen zu Internetworking unterstützen.

„Formative Evaluationen, die vor allem bei der Entwicklung und Implementierung neuer Maßnahmen eingesetzt werden, sind im Unterschied zur summativen Evaluation meistens erkundend angelegt. Neben der Identifizierung von Wirkungsverläufen zielt die formative Evaluation u. a. auf die Vermittlung handlungsrelevanten Wissens (Prozeß- und Steuerungswissen)“ (Bortz und Döring, 2002, S. 113).

Die empirischen Studien sind Teil der schrittweisen Entwicklung, Erprobung und Überprüfung des Unterrichtskonzepts zu Internetworking und weisen daher einen Schwerpunkt der formativen Evaluation auf.

Die Unterrichtsprojekte finden als Fallstudien begleitend zum Entwicklungsprozess statt. Sie werden als qualitative Studien durchgeführt, weil es weniger um eine abschließende Bewertung, als vielmehr um die Untersuchung wichtiger Einflussfaktoren im Rahmen der Entwicklung geht. Qualitative Fallstudien werden empfohlen, wenn die Wirkungen, die mit einer Maßnahme verbunden sind, sehr komplex sind (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 113). Ein Grund dafür ist, dass quantitative Studien in diesem Fall selten replizierbar und auch die Ergebnisse nicht zufriedenstellend sind. Bortz und Döring (2002) weisen jedoch darauf hin, dass die externe und teilweise auch interne Validität qualitativer Studien eingeschränkt ist. Die externe Validität ist mit der Forderung verbunden, dass die Resultate auch auf andere Situationen übertragbar sein sollen. Für deren Nachweis sind also über dieses Forschungsprojekt hinaus gehende, weitere Untersuchungen notwendig. Die interne Validität ist mit der Forderung verbunden, dass Untersuchungsergebnis und Forschungsfrage aufeinander bezogen werden können. Der Anspruch der internen Validität, der auf die hier beschriebenen Studien bezogen ist, wird in den folgenden Abschnitten begründet.

Es liegen bisher keine wissenschaftlich fundierten Gesamtkonzepte zu Internetworking in allgemein bildenden Schulen vor. Es werden daher bereits zu einem frühen Zeitpunkt im Forschungsprozess Unterrichtsprojekte durchgeführt. Diese Interventionen ermöglichen bereits in den ersten Phasen, bisher unberücksichtigte Aspekte mit einzubeziehen. Anhand der Zielsetzung von Forschung unterscheiden Bortz und Döring (2002) Exploration und Explanatation.

„Die *empirisch-qualitative Exploration* trägt durch besondere Darstellung und Aufbereitung von qualitativen Daten dazu bei, bislang vernachlässigte Phänomene, Wirkungszusammenhänge, Verläufe etc. erkennbar zu machen“ (Bortz und Döring, 2002, S. 386, Hervorhebungen im Original).

Während explorative Untersuchungen zur Bildung von Theorien und Hypothesen beitragen, werden explanative Untersuchungen zur Prüfung von Theorien und Hypothesen verwendet (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 360). Beide Ziele werden in unterschiedlichem Maße im Rahmen der Unterrichtsprojekte verfolgt. Dabei werden unspezifische Hypothesen untersucht, die lediglich das Vorhandensein eines Effekts behaupten, aber nicht den Betrag einer Effektgröße bestimmen (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 56, 495). Die Interventionen werden also zur Aufdeckung wichtiger Aspekte und zur Überprüfung der Theorie eingesetzt. Schwerpunkt der ersten zwei Unterrichtsprojekte ist Exploration, mit zunehmendem Anteil der Theorieprüfung in den folgenden zwei Projekten.

Die durchgeführten empirischen Studien weisen demnach zwei verschiedene Beziehungen zur Theorie auf, die zugleich den Ablauf der Phasen bestimmen. Ergebnis der Intervention sind zum einen neue Aspekte, die in die Untersuchung mit einbezogen werden, und zum anderen

Erkenntnisse, die aus der theoriegeleiteten Evaluation folgen. Die neuen Aspekte werden zur Verfeinerung der Theorie genutzt und führen damit zu einer weiteren Intervention. Daraus resultiert die Iteration zwischen Entwicklung der Theorie und Intervention. Wellenreuther (1982) beschreibt dies so:

„Hier geht es einmal um die Prüfung zentraler Hypothesen des Programms, zum anderen um die empirische Erprobung des Programms (bzw. von Teilstücken), bis es die gesteckten Ziele in befriedigender Weise erreicht. In der Regel wird man mehrere dieser Erprobungen durchführen müssen. Wichtig ist dabei, daß zunächst diese Erprobungen in kleinerem, überschaubarem Rahmen durchgeführt werden“ (Wellenreuther, 1982, S. 126).

Wenn Wellenreuther von einem kleineren Rahmen spricht, schließt er damit die direkte schulweite oder sogar systemweite Umsetzung aus. Die Erprobungen zum Unterrichtskonzept Internetworking finden jeweils im Rahmen eines Kurses statt. Bevor eine weitere Erprobung mit einem anderen Kurs durchgeführt wird, erfolgt jeweils eine Erweiterung und bzw. oder eine Verfeinerung der Theorie.

5.1.2 Methoden der Evaluation und Instrumente zur Datenerhebung

Um Stärken und Schwächen der Maßnahmen bestimmen zu können, muss auch der Erfolg ermittelt werden. Wegen der Vielzahl der zu beeinflussenden Entscheidungen, ist es notwendig, dass auch vielseitige Daten dazu erfasst werden. Deshalb müssen verschiedene Instrumente zur Datenerhebung genutzt werden. Eine Voraussetzung für eine angemessene Auswertung der Daten ist, dass die Instrumente zielgerichtet ausgewählt werden. Außerdem ist es wichtig, dass verschiedene Personengruppen in die Datenerhebung mit einbezogen werden, damit möglichst viele Sichtweisen berücksichtigt werden (vgl. Wellenreuther, 1982, S. 126). Unabhängig von der Evaluation werden die Ansätze im Rahmen nationaler und internationaler Tagungen und Kolloquien sowie auf Veranstaltungen zur Lehrerfortbildung vorgestellt und die Unterrichtsplanung an der Universität Siegen und mit den betreuenden Lehrern der kooperierenden Schulen vorab und begleitend diskutiert. In den Erprobungen werden neben den Beobachtungen des Forschers Daten von Lehrenden, Lernenden und beobachtenden Lehrern aufgenommen. Zur Auswertung werden dazu verschiedene Instrumente eingesetzt.

Im Rahmen der Unterrichtsprojekte sollen die begründeten Maßnahmen zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen unter Einbezug von Voraussetzungs-Ziel-Mittel-Aussagen untersucht werden. Tulodziecki und Herzig (1998) schlagen zur Untersuchung solcher Aussagen in der praxisbezogenen Forschung ein Verfahren vor, das sich an der Entwicklungsforschung orientiert (vgl. Tulodziecki und Herzig, 1998, S. 29). Ziele und Mittel werden durch das Didaktische System fundiert und durch die Unterrichtskonzeption konkretisiert. Zur Untersuchung der Aussagen müssen folgende Fragen geklärt werden:

1. „Welche Voraussetzungen bringen die Lernenden mit?
2. Welche Lehrhandlungen werden realisiert?
3. Welche Lernaktivitäten sind auf seiten der Lernenden zu beobachten?
4. Welche Nebenwirkungen sind festzustellen?
5. Welche Lernergebnisse werden erreicht?“ (Tulodziecki und Herzig, 1998, S. 16)

Im Rahmen der Unterrichtsprojekte werden die Voraussetzungen, die durch die Lernenden mitgebracht werden, insofern bestimmt, dass die jeweiligen Kurslehrer den vorangegangenen Unterricht des Kurses beschreiben. Eine gegebene Voraussetzung in den Unterrichtsprojekten ist, dass keine in schulischen Bildungsprozessen erworbenen Kenntnisse zu Internetworking vorhanden sind. Insgesamt muss Information zum Lehr-Lernprozess vor, während und nach einer Erprobung bestimmt werden.

Wellenreuther schlägt Befragung, Beobachtung, Laborexperimente und Tests zur formativen Evaluation vor (vgl. Wellenreuther, 1982, S. 128). Im Rahmen der durchgeführten Projekte wer-

den vier Methoden eingesetzt. Beobachtungen während des Unterrichts liefern indirekt Ergebnisse zu den Voraussetzungen der Lernenden und zu Lernerfolgen durch Fragen und Antworten im Unterricht, die außerdem auch Hinweise auf Nebenwirkungen im Sinne von nicht beabsichtigten Wirkungen geben. Handlungen der Lehrenden und Lernenden können in Protokollen direkt festgehalten werden. Durch mündliche Befragung von Lehrern, die beobachtend teilnehmen, sowie durch schriftliche Befragung von Lernenden werden insbesondere Daten zu Nebenwirkungen und Lernergebnissen und zur Bewertung der Lehrhandlungen und Lernaktivitäten erfasst. Ein Abschlusstest liefert Daten zu Nebenwirkungen und Lernergebnissen. Erwartet werden also Daten zu jeder der fünf aufgeführten Fragestellungen.

Unterrichtsbeobachtung

Die durchgeführte qualitative Beobachtung ist gerichtet auf das Verhalten von Lehrenden und Lernenden sowie auf indirekt erschließbare Motivations- und Bedeutungsstrukturen im Lehr-Lernprozess (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 321). Die fortlaufende Aufzeichnung des Verhaltens wird zur Beobachtung der Stärken und Schwächen von Maßnahmen zur formativen Evaluation genutzt. Wegen der Ungenauigkeit der Beobachtungen eignen sie sich nicht zur Hypothesenprüfung (vgl. Wellenreuther, 1982, S. 230). Im Hinblick auf die Wissensstrukturen sollen Schwierigkeiten der Lernenden identifiziert werden. Dazu gehören Fehlvorstellungen im Sinne von nicht tragfähigen kognitiven Modellen sowie fehlende Vorkenntnisse, die zwar möglicherweise bereits Inhalt der schulischen Ausbildung waren, aber nicht aktiviert oder nicht im Kontext Internetworking genutzt werden können. Außerdem werden Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen den vorhandenen Vorkenntnisse und dem Lernerfolg erwartet. Im Bezug auf die Aufgabenklassen sollen die Beobachtungen insbesondere Hinweise zu einem angemessenen Aufgabenniveau beitragen. Daten zum Verhalten mit der Lernsoftware können im Rahmen der Beobachtungen erst im letzten Unterrichtsprojekt gesammelt werden. Die damit verbundenen Schüleraktivitäten erlauben Erkenntnisse zur Motivation der Lernenden. Wichtig ist auch das Merkmal, dass die qualitative Beobachtung offen für neue Einsichten ist (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 321). Ausgangspunkt für die zielgerichtete aber dennoch offene Beobachtung sind also im Besonderen die Komponenten des Didaktischen Systems.

Die Daten zur Beobachtung wurden in Form von Unterrichtsprotokollen erhoben. In einem deskriptiven Teil wird der tatsächliche Verlauf des Unterrichts chronologisch beschrieben und Beobachtungen hinsichtlich der Beobachtungsschwerpunkte festgehalten. In einem reflexiven Teil erfolgt die Interpretation und Bewertung der Beobachtungen. Doch schon im Rahmen des deskriptiven Teils ist mit der teilnehmenden Beobachtung nur eingeschränkte Objektivität möglich. Atteslander (2003) räumt dies auch ein, betont jedoch, dass mit den erhobenen Daten ein hoher Grad der Authentizität verbunden ist. Außerdem ist es nicht möglich, sämtliche Faktoren des Unterrichts zu erfassen. Daher werden fachdidaktische Beobachtungsschwerpunkte ausgewählt. Es sollen insbesondere die Fragen nach erfolgreichem Wissenserwerb, dem diesbezüglichen Einfluss der Tätigkeiten und die Motivation der Lernenden untersucht werden. Dazu werden während des Unterrichts Notizen erstellt, die in einer Nachbesprechung diskutiert werden. Die Nachbesprechung erfolgt mit dem beobachtenden Kurslehrer und mit den Lehramtsstudierenden, wovon jeweils ein Teilnehmer im Unterricht die Rolle des Lehrenden einnimmt und die anderen Studierenden den Unterricht ebenfalls beobachten. Die Protokolle werden genutzt, um die fachdidaktischen Aspekte des Unterrichts festzuhalten, enthalten darüber hinaus aber auch allgemeinpädagogische Gesichtspunkte, soweit sie zur Bewertung der Situation notwendig sind.

Interview mit dem Kurslehrer

Mit den begleitenden Kurslehrern, die am Unterricht teilnehmen, wird eine mündliche Befragung durchgeführt, um die Perspektive aus der Unterrichtspraxis in die Analyse einzubeziehen.

Der Kurslehrer wird dazu als Experte befragt. Die Antworten geben auch Auskunft darüber, inwieweit das Unterrichtskonzept durch Lehrende akzeptiert wird. Es erfolgt eine Bewertung der Schlüssigkeit des Unterrichtskonzepts. Der Kurslehrer kennt die Lernenden in unterschiedlichen Lehr-Lernsituationen. Daher kann er die Reaktionen der Lernenden hinsichtlich Schwierigkeiten beurteilen, die durch Sprünge in der Abfolge des Lehr-Lernprozesses bedingt sind. Gefragt wird zudem nach der Berücksichtigung der Voraussetzungen der Zielgruppe. Dazu gehört, dass der Unterricht einem angemessenen Anforderungsniveau und Lerntempo entspricht. Ebenso wird nach einer Bewertung der Eignung der gewählten Bezüge zu Alltagserfahrungen der Lernenden gefragt. Außerdem werden Fragen gestellt, deren Antworten Hinweise zu inhaltlichen und methodischen Stärken und Schwächen des Konzepts liefern. Dies soll soweit möglich von einer methodischen Beurteilung der Lehrpersonen abstrahieren. Ein wichtiger Aspekt ist dabei, inwieweit die eingesetzten Unterrichtsmittel den Lehr-Lernprozess unterstützt haben. Es werden Erkenntnisse zu den drei Komponenten des Didaktischen Systems erwartet.

Die Interviews werden als Leitfadeninterview als qualitative Befragung durchgeführt (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 315). Das Leitfadeninterview ist nicht standardisiert, aber auch nicht ganz offen. Vielmehr wird in der Planung ein Leitfaden mit den Fragen entwickelt, wobei es möglich ist, von diesen Fragen im Gesprächsverlauf abzuweichen. Dazu werden zunächst Hauptfragen untersucht, die um Detaillierungsfragen ergänzt werden. Es werden jeweils zwei Hauptfragen formuliert, die sich auf das Gesamtkonzept und auf die Gestaltung der Unterrichtseinheiten beziehen. Abschließend folgen Fragen zu biographischen Angaben, soweit dies erforderlich ist. Das Leitfadeninterview ist ein halbstrukturiertes Interview.

Neben den inhaltlichen Aspekten geht es in der Planung aber auch um befragungstechnische Überlegungen, die die Motivation bzw. Aufmerksamkeit des Befragten betreffen (vgl. Bortz und Döring, 2002, S. 244). Das Interview wird unter diesem Aspekt in drei Phasen geführt. Mit einleitenden Fragen in der Intervieweröffnung wird zunächst erreicht, dass der Lehrer sich mit dem Unterrichtsprojekt auseinandersetzt, gesprächsbereit wird und seinen persönlichen Gesamteindruck formuliert, ohne bereits eine systematische Analyse durchzuführen. In der zweiten Phase werden Fragen zu einzelnen Unterrichtseinheiten gestellt, um Einzelheiten zum Ablauf des Unterrichtsprojekts in Erinnerung zu rufen. Dabei werden in der Fragestellung zugleich noch einmal wesentliche Inhalte der Unterrichtseinheiten genannt. In einer dritten Phase werden Fragen zum gesamten Verlauf betrachtet. Dort müssen Zusammenhänge zwischen den Unterrichtseinheiten berücksichtigt werden.

Schriftliche Befragung der Lernenden

Die schriftliche Befragung der Lernenden liefert Daten zur Akzeptanz des Unterrichtskonzepts und zur Selbsteinschätzung bezüglich des Lernerfolgs. Durch den Fragebogen wird die Motivation der Lernenden erfasst. Sie bewerten zudem das Anforderungsniveau der Unterrichtssequenz und das Lerntempo. Ebenso sollen die Lernenden die Möglichkeit der Anwendung des Gelernten in Alltagssituationen beurteilen. Durch die Befragung werden Rückschlüsse auf die Qualität des Unterrichts ermöglicht. Es wird festgestellt, ob der Unterricht den Vorstellungen der Lernenden von angemessenem Unterricht entspricht. Neben einer Aussage zur Akzeptanz des Unterrichtskonzepts durch die Lernenden bildet dies auch die Voraussetzung dafür, dass eine Auswertung des Lernerfolgs und der Qualität der Unterrichtsmittel möglich ist, weil der durchgeführte Unterricht dazu den Bezugsrahmen darstellt. Die Selbsteinschätzung bezieht sich insbesondere auf die Einschätzung der erreichten Ziele der Unterrichtseinheiten. Die Bewertung der Unterrichtsmittel erfolgt allgemein, also nicht bezogen auf einzelne Unterrichtseinheiten. Durch die Einschätzungen insbesondere zur Gestaltung des Unterrichts mit Unterrichtsmitteln werden Erkenntnisse zu Aufgaben und Aufgabenklassen sowie zur Lernsoftware erwartet.

Der Fragebogen besteht im Wesentlichen aus standardisierten Fragen. Eine abschließende offene Frage wird nicht quantitativ sondern qualitativ ausgewertet. Die Fragebögen werden durch

die Lernenden anonym ausgefüllt. Grundsätzlich gelten für die schriftliche Befragung auch die Anforderungen an die mündliche Befragung. Aus befragungstechnischen Überlegungen heraus werden daher zu Beginn Fragen zur Einstellung zum Informatikunterricht gestellt. Ziel dabei ist, zunächst die Befragungsbereitschaft herzustellen. Die zugehörigen Antworten werden jedoch nicht zur Auswertung des Unterrichtskonzepts genutzt. Die weiteren Abschnitte des Fragebogens beziehen sich dann direkt auf die zu erhebenden Daten.

Abschlusstest

Der Test wird genutzt, um den Lehr-Lernprozess qualitativ zu bewerten und Aufgaben und Aufgabenklassen hinsichtlich ihrer Eignung für die Verwendung in Informatikkursen zu prüfen. Der Test wird ausschließlich zur formativen Evaluation genutzt. Konkret werden mit dem Einsatz der Testaufgaben folgende Ziele verfolgt:

- Im Sinne einer Lernerfolgskontrolle gibt die Auswertung der Antworten Aufschluss darüber, welche Lernziele durch die Lernenden tatsächlich erreicht werden.
- Aufgaben werden hinsichtlich ihres angemessenen Schwierigkeitsniveaus beurteilt. Es geht dabei insbesondere um die Auswahl geeigneter Aufgabenmerkmale.
- Die Anforderungen zur Lösung einer Aufgabe, die mit einer Aufgabenklasse verbunden sind, können nur im Hinblick auf den vorangegangenen Lehr-Lernprozess beurteilt werden. Sie ermöglichen also auch Rückschlüsse zur Eignung der gewählten Tätigkeiten im Unterricht.
- Durch die Analyse der Testantworten werden Hinweise dazu erwartet, welche Fehlvorstellungen bei den Lernenden vorhanden sind. Dazu muss die Frage beantwortet werden, welche Vorstellung zu einer gegebenen Antwort führt.

Mit dem Test erfolgt also keine Auswertung im Hinblick auf eine abschließende Beurteilung des Erfolgs der Maßnahmen. Es werden insbesondere Erkenntnisse zur Komponente Aufgabenklassen und Wissensstrukturen erwartet.

Daten werden zur statistischen Auswertung und zur qualitativen Analyse erhoben. Die statistische Auswertung wird genutzt, um Hinweise zum Erfolg des Lehr-Lernprozesses im Hinblick auf eine gestellte Aufgabe zu erhalten. Das darf nicht mit dem Gesamterfolg des Unterrichtskonzepts verwechselt werden. Außerdem wird der Schwierigkeitsgrad einer Aufgabe auf der Basis der statistischen Auswertung beurteilt. Dabei kann aber ausschließlich ein Vergleich der Ergebnisse der gleichen Zielgruppe zu mehreren Aufgaben der gleichen Aufgabenklasse erfolgen. Nur dann können Einflüsse durch Stärken und Schwächen des Lehr-Lernprozesses sowie durch spezifische Interessen der Lernenden als Einflussgrößen ausgeschlossen werden. Kriterium ist also in beiden Fällen das Wissen und Können der Lernenden im Hinblick auf die Ziele des Unterrichts.

Die Validität eines Tests beurteilt das Instrument hinsichtlich der Frage, ob das Testergebnis mit dem zu erfassenden Kriterium korreliert (vgl. Wellenreuther, 1982, S. 203). Das Kriterium wird durch die Ziele des Unterrichts formuliert. Die Validität wird theoretisch nachgewiesen, indem der Zusammenhang zwischen Lernzielen und Testaufgaben aufgezeigt wird. Die Tests gehen bei zwei Unterrichtsprojekten als bewertete Leistungen in die Kursnote der Lernenden ein. Zur qualitativen Analyse ist es auch denkbar, Aufgaben, die während des Unterrichts oder als Hausaufgabe bearbeitet werden, zu untersuchen. Die statistische Auswertung erfordert aber, dass die Aufgaben unter kontrollierten Bedingungen hinsichtlich eingesetzter Hilfsmittel und aufgewendeter Zeit sowie mit einer angemessenen Motivation der Lernenden bearbeitet werden.

5.1.3 Fazit

Durch die Beobachtung, das Interview mit dem begleitenden Kurslehrer, den Abschlusstest und die Befragung der Lernenden können Daten zum Lehr-Lernprozess vor, während und nach der

Erprobung erhoben und evaluiert werden. Die verschiedenen Erhebungsinstrumente ermöglichen, unterschiedliche Perspektiven in die Untersuchung einzubeziehen. In Tabelle 5.1 wird dargestellt, zu welchen Fragestellungen und Komponenten des Didaktisches Systems Internetworking durch die erhobenen Daten Erkenntnisse erwartet werden. Daran wird insbesondere die Bedeutung der Beobachtung durch Forscher und Kurslehrer deutlich. Unterscheidendes Merkmal der Perspektiven, die damit erschlossen werden, ist der Bezugspunkt, der für die Kurslehrer die Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis und für den Forscher die theoretische Fundierung durch das Didaktische System Internetworking ist. Durch schriftliche Befragung und Test wird darüber hinaus die Perspektive der Lernenden erschlossen.

	Beobachtungs- protokoll	Interview	Fragebogen	Abschlusstest
Voraussetzungen der Lernenden	×	×	×	
Lehrhandlungen	×	×	×	
Lernaktivitäten	×	×		
Nebenwirkungen	×	×		×
Lernergebnisse	×	×	×	×
Wissensstrukturen	×	×		×
Aufgabenklassen	×	×	×	×
Lernsoftware	×	×	×	

Tabelle 5.1: Beiträge der Datenerhebung zu Untersuchungskategorien und den Komponenten des Didaktischen Systems

Die Interpretation der erhobenen Daten erfordert die kritische Reflexion der eingesetzten Methoden. Berücksichtigt werden muss, dass der Unterricht in den ersten drei Projekten nicht durch fertig ausgebildete Lehrer durchgeführt wird. Damit sind insbesondere ein anderes Auftreten des Lehrers und methodische Schwächen während des Unterrichts verbunden. Wegen des neuen Themas müssen zudem viele Unterrichtsmittel zur Intervention zunächst entwickelt werden. Damit kommen Intervention und Evaluation aus einer Hand. Eine extern valide Beurteilung des Lernerfolgs durch den Abschlusstest ist daher nicht möglich. Die empirische Erprobung ermöglicht dennoch authentische Daten zur theoretisch fundierten Unterrichtspraxis.

5.2 Unterrichtsprojekt 1: „Kommunikation und Schutz der Privatsphäre“

Im ersten Unterrichtsprojekt werden zunächst drei der fünf Minimalziele aufgegriffen (Z_1, Z_4, Z_5). Zu allen drei Richtzielen wird ein Beitrag geleistet. Mit grundlegenden Fachbegriffen zu Rechnernetzen wird die Grundlage zur Kommunikation über Informatiksysteme, die Vernetzung nutzen, ermöglicht. Das Verstehen der Funktionsweise des Internets erfordert, dass die Lernenden von den beobachtbaren Eigenschaften auch zu den verborgenen zugrunde liegenden Funktionsprinzipien gelangen. Konkret geht es dann darum, welche Komponenten am Datenaustausch beteiligt sind und welche Prinzipien der Interaktion angewendet werden. Insbesondere nicht beobachtbare Nebeneffekte finden dabei Beachtung. Die grundlegenden Verfahrensweisen der Informatik werden durch die Modellierung der Strukturen und des Verhaltens der Informatiksysteme unterstützt. Dabei geht es in dem Unterrichtsprojekt jedoch nicht darum, neue Verfahrensweisen zu erlernen, sondern bereits im Informatikunterricht eingeführte Verfahrensweisen zu vertiefen. Die zeitlichen Rahmenbedingungen des Unterrichts erfordern, dass der Schwerpunkt auf Ziele zu Internetworking gelegt und vorhandenes Wissen in diesem Kontext angewendet wird.

Die Inhalte werden ausgehend von den Anwendungsbereichen Kommunikation und Bereitstellung von Ressourcen im Internet aufgegriffen. Zur Kommunikation im Internet wird zunächst ein Bewusstsein für mögliche Gefahren geschaffen. Die Beobachtung des Datenaustauschs mit textbasierten E-Mail-Protokollen verdeutlicht die Problematik unberechtigten Zugriffs auf ausgetauschte Nachrichten. Das Verständnis der E-Mail-Infrastruktur ist Voraussetzung für ein Bewusstsein, dass die Authentizität von E-Mails nicht immer gewährleistet werden kann. Es werden zugleich aber auch Möglichkeiten zielgerichteter Handlungen aufgezeigt. Die Bereitstellung von Ressourcen im Internet durch Webseiten stellt sich nach außen so dar, dass beim Abruf ausschließlich Daten empfangen werden. Das Protokoll HTTP macht es notwendig, dass zur Realisierung zustandsbasierter Interaktion auch Daten vom Empfänger durch Cookies übertragen werden. Es müssen Möglichkeiten und Grenzen der Interaktion zwischen Client und Server bekannt sein, um angemessene Handlungsentscheidungen zum Schutz der Privatsphäre zu treffen. E-Mail-Übertragung und die Gestaltung von interaktiven Webseiten sind daher exemplarische Anknüpfungspunkte im Unterricht.

5.2.1 Untersuchungsgegenstand

Im ersten Unterrichtsprojekt geht es darum, die Umsetzung des Unterrichts durch Lehramtsstudierende und den ersten Ansatz für eine Wissensstruktur und Aufgaben zu Internetworking zu erproben (Freischlad, 2006b). Das Projekt wird im zweiten Halbjahr in der Jahrgangsstufe 11 im Informatikunterricht durchgeführt. Der Kurs besteht aus 15 Teilnehmern – zwölf Schülern und drei Schülerinnen. Schwerpunkt des vorangegangenen Unterrichts ist die Programmierung mit Java gewesen. Ein Teil der Teilnehmer bringt aus nicht verpflichtenden Kursen Vorkenntnisse zur Gestaltung von Webseiten mit. Der Kurs findet mit einer Doppelstunde und einer Einzelstunde pro Woche statt. Das Unterrichtsprojekt umfasst sechs Doppelstunden und eine abschließende Einzelstunde, die durch vier Lehramtsstudierende im Wechsel durchgeführt werden. Arbeitsphasen ohne und mit Rechner finden in den ersten drei Doppelstunden in verschiedenen Räumen statt. Das führt zu erheblichem Zeitbedarf für Raumwechsel, die daher soweit wie möglich vermieden werden. An zwei anschließenden Terminen erfolgen die abschließende Befragung der Lernenden sowie die Durchführung eines halbstündigen anonymisierten Abschlusstests. Untersucht werden folgende drei Fragen:

Inwieweit ist es möglich, mit der gewählten Konfiguration der Intervention authentische Lernsituationen zu gestalten? Dazu geht es insbesondere darum, festzustellen, wie der Unterricht der Lehramtsstudierenden durch den Kurslehrer und die Lernenden bewertet wird. Der Kurslehrer bewertet den Unterricht im Hinblick auf das Verhalten der Lernenden und die Interaktion zwischen Lehrenden und Schülern. Es muss die Frage beantwortet werden, ob die Schüler Interesse am Unterricht zeigen. Außerdem muss ein angemessenes Lerntempo gewählt worden sein. Zu langsames Vorgehen kann dazu führen, dass die Lernenden sich nicht mit dem Unterrichtsthema beschäftigen. Zu schnelles Vorgehen kann dagegen dazu führen, dass die Lernenden keine Lernerfolge wahrnehmen. Beides äußert sich durch die Beteiligung am Unterricht. Der Kurslehrer kann die Lernenden durch Vergleich mit anderen Lernsituationen einschätzen. Zudem muss die Bewertung des Unterrichts im Hinblick auf Lernerfolg, Auswahl der Inhalte und verwendeter Unterrichtsmittel durch die Lernenden erfasst werden. Die Bewertung der Authentizität der Lernsituationen erfolgt durch Kurslehrer und Lernende im Interview bzw. in der schriftlichen Befragung.

Inwieweit unterstützen die gewählten Zugänge die Lehr-Lernprozesse im Hinblick auf Vorerfahrungen und Vorkenntnisse der Lernenden? Unvorhergesehen auftretende Schwierigkeiten in der Abfolge der geplanten Lernschritte werden aufgedeckt, wenn Lernende im Unterricht Aufgaben nicht bearbeiten oder Fragen im Unterrichtsgespräch nicht beantworten können. Ursache

dafür kann sein, dass Lernende falsche Vorstellungen entwickelt haben, die notwendige Schlussfolgerungen nicht zulassen. Ebenso können Sachverhalte, die in typischen Alltagssituationen auftreten, entweder bisher nicht bewusst wahrgenommen oder unzureichend mit vorhandenem Wissen verknüpft worden sein. Die Verknüpfung des neuen Wissens mit bereits vorhandenem Wissen ist aber Voraussetzung für sinnvolles Lernen. Entsprechend müssen angemessene Lernaktivitäten ausgewählt werden, die den Erwerb des neuen Wissens unterstützen. Die Lernaktivitäten müssen sowohl hinsichtlich der methodischen wie auch der inhaltlichen Anforderungen den Voraussetzungen der Lernenden angemessen sein. Die Beobachtungen des Forschers und des Kurslehrers, der diese im Rahmen des Interviews und der Unterrichtsbesprechungen weiter gibt, liefern zu dieser Fragestellung wichtige Erkenntnisse.

Welches Anforderungsniveau zu den gewählten Aufgaben ist angemessen? Zu den Inhalten des Unterrichts werden erste Aufgaben gestaltet. In dieser Phase kann noch nicht auf die theoretische Fundierung durch Aufgabenklassen zurückgegriffen werden. So wie die Unterscheidung von Aufgabe und Problem vom Subjekt abhängig ist – wobei unter einem Problem dann eine nicht durch Anwendung bekannter Regeln lösbare Aufgabe zu verstehen ist –, muss das Anforderungsniveau auf die Voraussetzungen der Lernenden bezogen werden. Ebenso wie zur Analyse der Zugänge werden unvorhergesehene Schwierigkeiten der Lernenden bestimmt. Es werden Erkenntnisse zur geeigneten Komplexität der Aufgaben erwartet. Beobachtungen während der Bearbeitung von Aufgaben im Unterricht sowohl durch den Kurslehrer wie auch durch den Forscher werden dazu ausgewertet.

5.2.2 Unterrichtsdurchführung

In Abbildung 5.1 ist die Wissensstruktur zum ersten Unterrichtsprojekt dargestellt.

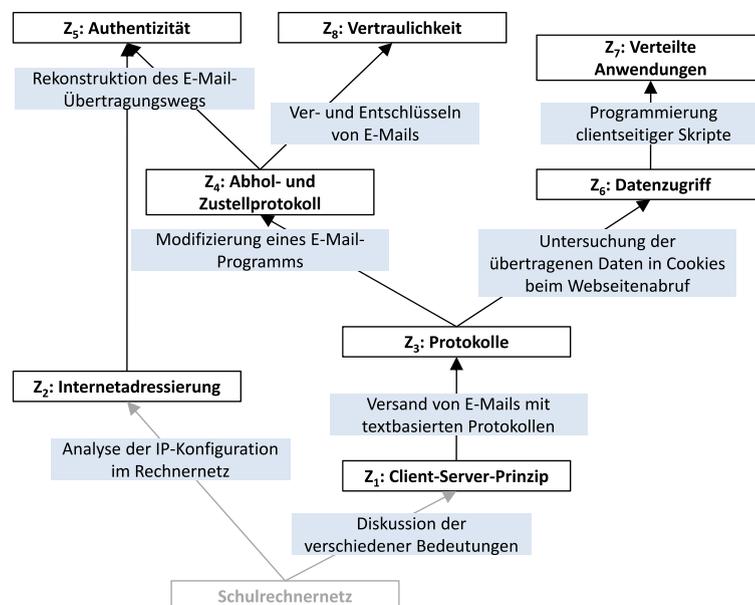


Abbildung 5.1: Wissensstruktur zu „Kommunikation und Schutz der Privatsphäre“

In der ersten Doppelstunde wird an die Alltagserfahrungen bei der Nutzung des Schulrechnernetzes angeknüpft. Der Kurslehrer zeigt den Lernenden das Schulrechnernetz, das die Lernenden mit einem vereinfachten Objektdiagramm skizzieren. Außerdem wird an diesem Beispiel die Adressierung von Rechnern im Internet untersucht. Die Lernenden haben Netzwerk- und Rechnerkennung kennen gelernt und Konsequenzen für die Anzahl von Knoten in Rechnernetzen

bestimmt. Dazu werden einfache Werkzeuge wie IPConfig und NSLookup verwendet. Mit NSLookup kann die Verbindung zwischen den für Anwender bekannten Domainnamen und den in der Regel verborgenen IP-Adressen aufgezeigt werden. Die Begriffe Client und Server werden in ihrer Bedeutung ausgehend von der Bezeichnung für Rechner auch auf Prozesse als Teil eines Informatiksystems erweitert. Damit wird ein grundlegendes Verständnis des Client-Server-Prinzips und der Adressierung im Internet mit IP-Adressen und Domainnamen gefördert.

Anknüpfend an das Wissen zur physischen Struktur eines Rechnernetzes wird die Interaktion zwischen Client und Server untersucht. Dazu wird zunächst am Beispiel E-Mail bestimmt, welche Daten für eine Anwendung ausgetauscht werden müssen. Das Verhalten eines Mailservers wird mit einem Zustandsdiagramm dargestellt. Mit einem Interaktionsdiagramm wird der Ablauf des Datenaustauschs zwischen Client und Server zum Versand einer E-Mail beschrieben. Mit Telnet können die Lernenden dann E-Mails über einen auf einem Rechner im Labor installierten Mailserver austauschen. Dabei wird auch die Notwendigkeit deutlich, dass die ausgetauschten Nachrichten die korrekte Syntax aufweisen. Die Aufzeichnung des Datenaustauschs durch den Mailserver kann durch die Lernenden eingesehen werden. Der Erwerb des Verständnisses, wie Client und Server interagieren, wird mit dem Beispiel E-Mail unterstützt.

Das Wissen zur Interaktion zwischen Client und Server mit SMTP wird genutzt, um die Implementierung eines realen Informatiksystems zu untersuchen. Damit wird die in der Regel nicht beobachtbare Verwendung des SMTP mit der graphischen Benutzungsschnittstelle eines E-Mail-Programms verknüpft. Die Lernenden untersuchen ein einfaches E-Mail-Programm mit einem Klassendiagramm, das die Funktionalität zum E-Mail-Versand beschreibt. Sie analysieren die Elemente der graphischen Benutzungsschnittstelle und modifizieren den Ablauf zum E-Mail-Versand im Quelltext des Programms gemäß den Erkenntnissen zum Ablauf der Interaktion zwischen Client und Server mit SMTP. Die Verknüpfung von nach außen sichtbarem Verhalten und nicht sichtbaren Abläufen, die auch unbeabsichtigte Nebeneffekte auslösen können, wird damit verdeutlicht.

Auf der Grundlage des Wissens zur Internetadressierung mit IP-Adressen und dem Verständnis zum E-Mail-Versand wird untersucht, inwieweit die Authentizität von E-Mails im Internet gewährleistet ist. Verdeutlicht wird damit auch, dass E-Mails in der Regel über mehrere Mailserver versendet werden. Anhand des Quelltextes einer E-Mail wird mit den Angaben zu den Übertragungsstationen der Übertragungsweg mit IP-Adressen rekonstruiert. Mit Whois können die Lernenden die bestimmten IP-Adressen geographisch zuordnen. Strukturell bedingte Schwächen der E-Mail-Infrastruktur werden damit aufgezeigt.

Ausgehend vom Wissen über die Funktionalität der Interaktion zwischen Client und Server wird mit Cookies ein weiterer Nebeneffekt in diesem Fall beim Abruf von Daten aus dem Internet untersucht. Nach einer Erarbeitung der Grundlagen mit Lehrtexten untersuchen die Lernenden die Funktionalität von Cookies mit einer didaktisch aufbereiteten Webseite, die zustandsabhängige Interaktion unterstützt. Zur Bewertung des Schutzes der Privatsphäre notwendiges Wissen wird in dieser Unterrichtseinheit erläutert.

Ausgehend von Wissen über die Daten, die zwischen Webclient und Webserver mit HTTP ausgetauscht werden, kann zustandsbasiertes Verhalten bei der Anzeige von Webseiten untersucht werden. Wegen der heterogenen Voraussetzungen im Hinblick auf die Gestaltung von Webseiten werden zunächst in einfachen Übungen die Grundlagen zu HTML untersucht. Daran schließt sich die Untersuchung einfacher Funktionen an, die mit JavaScript realisiert sind. Die Lernenden modifizieren die Funktionalität interaktiver Webseiten und erweitern die Funktionalität durch die Verwendung von Cookies. Abschließend wird ein einfaches Quiz, das als interaktive Webseite realisiert werden soll, mit einem Zustandsdiagramm modelliert. Die Ausführung eines clientseitig ausgeführten Skripts als Teil der verteilten Anwendung wird damit illustriert.

Ausgehend von den Beobachtungen zum Datenaustausch im Internet und damit von dem Wissen, dass Nachrichten im Internet eingesehen werden können, wird eine Möglichkeit zum Schutz

vor unberechtigtem Zugriff untersucht. Im Unterricht wird der Ablauf zur Verschlüsselung von Nachrichten mit asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren analysiert. Anschließend wird das Wissen in einer praktischen Phase umgesetzt, indem die Lernenden sich Schlüsselpaare erzeugen und verschlüsselte Nachrichten austauschen. Damit wird den Lernenden die Gelegenheit gegeben, eine Möglichkeit zum Schutz vertraulicher Nachrichten kennen zu lernen.

5.2.3 Auswertung der erhobenen Daten

Beobachtungen während des Unterrichts

Die Unterrichtsbeobachtung durch den Forscher wird durchgeführt, um aus den Reaktionen der Lernenden Schwierigkeiten im Lehr-Lernprozess zu bestimmen. Zum einen geht es darum, die Eignung der Zugänge im Unterricht, d. h. die Auswahl der Lernaktivitäten und die Angemessenheit der Berücksichtigung der Voraussetzungen der Lernenden, zu beurteilen. Zum anderen sollen aber auch erste Erkenntnisse zum Anforderungsniveau von Aufgaben gewonnen werden. Beobachtungsschwerpunkte sind die Mitarbeit der Lernenden im Unterricht, d. h. deren Engagement, offensichtliche Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Aufgaben, sowie die Äußerung neuer Erkenntnisse durch die Lernenden.

Das Schulrechnernetz und die Kommunikation mit E-Mail stellten erfolgreiche Anknüpfungspunkte für den Lehr-Lernprozess dar. In der Unterrichtseinheit zum Client-Server-Prinzip und der Internetadressierung wurde zur Verbindung neuen Wissens mit Alltagserfahrungen der Lernenden mit dem Schulrechnernetz ein angemessenes Beispiel gewählt. Eine Schülerin bemerkte bei der Besichtigung des Schulrechnernetzes im Rechnerlabor, dass die gerade gezeigte Komponente zur Verbindung der Rechner also ein Switch sei. Sie erhielt damit eine Anschauung zu dem bereits bekannten Begriff. Die Lernenden haben sich interessiert die Ausführungen zum Aufbau des Rechnernetzes durch den Kurslehrer angehört. Auch die Unterrichtseinheit über Protokolle bereitete den Lernenden keine Schwierigkeiten. Beim Zugang über den Versand mit E-Mails mit Hilfe textbasierter Protokolle arbeiteten die Lernenden engagiert mit. Sie sind auch daran interessiert, wie der Datenaustausch aus der Perspektive des Servers beobachtet werden kann. Der Zugang ist geeignet, weil Vorerfahrungen aus dem Alltag zum Ablauf des E-Mail-Austauschs berücksichtigt werden und die Lernenden durch die Kommunikation motiviert mitarbeiten. In der Unterrichtseinheit zur Authentizität von Nachrichten im Internet konnten die Lernenden ihr Wissen über den E-Mail-Austausch vertiefen. In der einleitenden Wiederholungsphase wurde aufgezeigt, dass auch zwischen Mailservern das ihnen bekannte Protokoll SMTP die Interaktion regelt. In den Praxisphasen, die mit dem Versand von E-Mails verbunden waren, arbeiteten die Lernenden wieder engagiert mit. Ein Schüler erkannte, dass es möglich ist, einen beliebigen Namen als Absender einer E-Mail anzugeben. Bisher nicht zugängliche Perspektiven auf bekannte Sachverhalte hat das Interesse der Lernenden gefördert, die zugrunde liegenden Fachkonzepte zu untersuchen.

Zur Bearbeitung der Aufgaben war teilweise Vorwissen erforderlich, das die Lernenden nicht mitbrachten. Schwierigkeiten gab es mit der Binärdarstellung der IP-Adressen, obwohl die Lernenden bereits in früheren Jahrgangsstufen Zahlensysteme und insbesondere das Dualsystem kennen gelernt hatten. Dadurch konnten sich die Lernenden weniger intensiv mit dem Aufbau der IP-Adressen beschäftigen. Der systemanalytische Zugang zur E-Mail-Übertragung ermöglichte einen Einblick in die Verknüpfung einer einfachen graphischen Benutzungsschnittstelle und dem bereits erarbeiteten Ablauf zur E-Mail-Übertragung mit SMTP. Schwierigkeiten traten auf, als die Lernenden im Quelltext den Ablauf zum E-Mail-Versand in die richtige Reihenfolge bringen mussten. Hierbei konnten große Leistungsunterschiede im Kurs beobachtet werden. Die Unterrichtseinheit zum Datenzugriff und zu verteilten Anwendungen, wie sie im WWW zur Verfügung stehen, bereitete den Lernenden aus verschiedenen Gründen Schwierigkeiten. Bei der Gestaltung von Webseiten haben die heterogenen Vorkenntnisse der Lernenden zu HTML und JavaScript

den Verlauf stark geprägt. Auch die Erweiterung eines Zustandsdiagramms zu einer kleinen Anwendung war zu schwierig. Die Aspekte zu Internetworking konnten nicht angemessen erarbeitet werden. Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von Aufgaben konnten insbesondere dann beobachtet werden, wenn nicht nur auf Wissen aus dem Informatikunterricht zurück gegriffen sondern dieses auch ohne Anleitung angewendet werden musste.

Schwierigkeiten mit eingesetzten Werkzeugen führte zu niedriger Motivation der Lernenden. Die Aufgabe zur Rekonstruktion eines E-Mail-Übertragungsweges konnten nicht alle Lernenden lösen. Schwierigkeiten traten bei der Abfrage von Daten über eine IP-Adresse aus dem Kopfteil der Nachricht auf, weil nicht alle die Verwendung von Whois verstanden hatten. In der letzten Unterrichtseinheit zum vertraulichen Nachrichtenaustausch haben die Lernenden ohne ein vorheriges Erarbeiten der zugrunde liegenden Prinzipien zur asymmetrischen Verschlüsselung die Aufgabenstellungen bearbeiten können. Zur Lösung der Aufgaben, d. h. zum Erzeugen eines Schlüsselpaares und zum Austausch verschlüsselter Nachrichten, gingen sie allerdings nicht zielgerichtet vor. Der Einsatz einfacher Werkzeuge zur Analyse konkreter Sachverhalte im Unterricht erfordert, dass die dem Werkzeug zugrunde liegenden Fachkonzepte in die Gestaltung der Zugänge einbezogen werden.

Lehrerinterview nach der Erprobung

Das Interview mit dem Kurslehrer wird nach der Erprobung durchgeführt. Der Kurslehrer hat zum Zeitpunkt des Interviews seit seinem Staatsexamen in Informatik 19 Jahre Informatik unterrichtet. Das Interview dauert 25 Minuten. Dabei geht es darum, den Lehrer zu seiner Beurteilung der gewählten Zugänge in den einzelnen Unterrichtseinheiten und der Lernsituation zu befragen. Hinsichtlich der Zugänge geht es darum, ob geeignete Lernaktivitäten genutzt und die Vorerfahrungen der Lernenden angemessen berücksichtigt werden. Die Lernsituation wird hinsichtlich des Lerntempos und des kognitiven Anforderungsniveaus bewertet. Dabei gibt der Kurslehrer auch Hinweise zum Anforderungsniveau der eingesetzten Aufgaben. Erfahrungen aus dem Informatikunterricht in der Jahrgangsstufe 11 und Beobachtungen zum Verhalten der Lernenden während des Unterrichtsprojekts können dazu durch den Lehrer einbezogen werden.

Im Unterrichtsprojekt wurden die Inhalte auf unterschiedlichen Repräsentationsniveaus bearbeitet. Als besonders geeigneten Zugang bewertet der Kurslehrer den E-Mail-Versand über den Mailserver, der auf einem Rechner im Labor installiert war.

„Weil das eine Sache war, wo die Schüler konkret sehen konnten was sie machen, was auf dem E-Mail-Server abläuft; war sehr nahe an dem, was Schüler in der Jahrgangsstufe so beherrschen und machen können.“

Weniger geeignet war der Zugang zum E-Mail-Versand mit dem E-Mail-Programm. Die Lernenden konnten diesen Einblick nicht angemessen mit dem vorhandenen Wissen verknüpfen. Der Lehrer begründete das damit, dass sich die Lernenden häufig mit Details beschäftigten, ohne dass sie einen Überblick darüber hatten, in welchem Kontext sie etwas durchführten. Die symbolische Darstellung des Ablaufs zur E-Mail-Übertragung hat den Lehr-Lernprozess nach dieser Einschätzung also nicht angemessen unterstützt. Zugänge, die Handlungen und Beobachtungen mit konkreten internetbasierten Informatiksystemen ermöglichen, sind im Besonderen für die Zielgruppe angemessen, wenn von Implementierungsdetails abstrahiert wird.

Der durchgeführte Unterricht erforderte Vorkenntnisse, die über Alltagserfahrungen der Lernenden hinaus gehen. In der Unterrichtseinheit zu Protokollen, in der es um die Beschreibung des Verhaltens eines SMTP-Servers ging, war ein Ziel, dass die Lernenden ein Zustandsdiagramm dazu erläutern können. Die Lernenden hatten zum Teil Schwierigkeiten damit, dem Lernschritt von der Beschreibung der Interaktion zwischen Client und Server zur Beschreibung des Serververhaltens mit Zustandsdiagramm zu folgen. Notwendig ist nach Ansicht des Lehrers, dass vorab im Kurs eine Unterrichtssequenz zu endlichen Automaten durchgeführt wird. Neben den

damit verbundenen kognitiven Voraussetzungen, kann zu Aspekten der Informationssicherheit wichtig sein, vorab ein Bewusstsein für mögliche Gefährdungen und mögliche Gegenmaßnahmen zu schaffen. Der Kurslehrer schlägt dazu einen historischen Zugang zur Verschlüsselung vor, damit die Schüler zunächst für das Thema sensibilisiert werden. Die Entwicklung von Verschlüsselungsverfahren ermöglicht sowohl einen kognitiven Zugang, wie auch die Veränderung von Einstellungen zur Informationssicherheit. Die Unterrichtseinheit über Protokolle bewertet er explizit als angemessen, weil die Lernenden gut mitgekommen sind und das Anforderungsniveau den Möglichkeiten in Jahrgangsstufe 11 entsprach. Dasselbe gilt seines Erachtens auch für das Thema Authentizität im Kontext des E-Mail-Austauschs. Auch die Unterrichtseinheit zum Einstieg über Cookies, in der die Funktionalität als Erweiterung des HTTP erarbeitet wurde, beurteilt der Lehrer als angemessen. Schwierigkeiten sieht er in den Stunden, in denen Aufgaben mit Programmquelltexten bearbeitet wurden. Die Vorkenntnisse der Lernenden müssen in der Planung des Unterrichts in der Weise berücksichtigt werden, dass entweder zusätzliche Zeit zur expliziten Erarbeitung der Inhalte eingeplant wird oder andere Zugänge gewählt werden.

Zur Beurteilung der Lernsituation ging es unter anderem darum, ob das Lerntempo und damit verbunden der gewählte Stoffumfang angemessen waren. Insgesamt kommt der Kurslehrer zu der Einschätzung, dass die Auswahl der Inhalte zu vielfältig war. Die Aufgaben schätzt er auf Grund der Schülerreaktionen als teilweise zu leicht ein. Dagegen waren Aufgaben, in denen Bezug zu informatischem Vorwissen hergestellt wurde zu anspruchsvoll. Er empfiehlt:

„Ein bisschen mehr Zeit nehmen für die grundlegenden Dinge: OSI-Modell, Netzwerkadressierung, IP-Adressen, Klasse-A-, B-, C-Netze, Zustandsdiagramme. Für die grundlegenden Dinge, die wichtig sind fürs weitere Verständnis, da vielleicht ein bisschen mehr Zeit, mehr Mühe investieren und dafür bestimmte andere Dinge, die dann so sehr ins Detail gehen wie die Java-Programmierung, Java-Code, die dann vielleicht lieber zurückstellen. Ansonsten würde ich sagen, dass der Gesamtumfang der Reihe schon angemessen war und [wir] im Sinne der Evolution darüber nachdenken müssen, wie wir Schwerpunkte ein bisschen verschieben.“

Der Kurslehrer kommt also zu der Einschätzung, dass es insgesamt notwendig ist, in dem angemessenen Gesamtumfang der Unterrichtssequenz gezielt Schwerpunkte zu setzen. Im Unterricht wurden Aspekte zur Struktur der den Anwendungen zugrunde liegenden Rechnernetze aber vor allem auch Fachkonzepte internetbasierter Anwendungen untersucht. Grundlegende Begriffe der Fachsprache, die umgangssprachlich anders verwendet werden, müssen im Unterricht eingeführt werden. Der Kurslehrer spricht insbesondere die Begriffe Client und Server an, die seiner Einschätzung nach zunächst ausschließlich für Rechner verwendet werden. Seine Schlussfolgerung ist, dass im Informatikunterricht die mitgebrachten Vorstellungen der Lernenden korrigiert bzw. präzisiert werden müssen. Das Client-Server-Prinzip sollte gegebenenfalls noch vertieft werden. Für ein tragfähiges Verständnis der Funktionsweise der Anwendungen sollten als Schwerpunkt im Unterricht die grundlegenden Fachkonzepte von Rechnernetzen vertieft werden.

„Die Reihenfolge, würde ich sagen, war in sich schlüssig. Bei bestimmten Doppelstunden muss man hinterfragen: War das für die Klasse 11 adäquat oder war es schon zu schwierig. Wenn ich zum Beispiel an diese Doppelstunden denke wo wir den Client programmiert haben. Da würde ich sagen, wurde es ein bisschen schwierig für Schüler. Aber generell würde ich sagen, dass der grobe Strang schon in Ordnung war.“

Neben der Beurteilung des Anforderungsniveaus in den Unterrichtseinheiten zu Beginn des Unterrichtsprojekts wurde durch den Kurslehrer in anderen Unterrichtseinheiten ein zu hohes Anforderungsniveau beobachtet. Lehr-Lernprozesse, die Anwendung informatischer Vorkenntnisse voraussetzten, waren zu schwierig.

Schriftliche Befragung der Lernenden und Abschlusstest nach dem Unterrichtsprojekt

Die Befragung der Lernenden dient dazu, die Akzeptanz der Unterrichtssequenz durch die Lernenden zu bestimmen. Die Befragung findet eine Woche nach der letzten dargestellten Unter-

richtseinheit statt. Mit dem Fragebogen werden die Lernenden zu ihrer Einstellung zum Informatikunterricht, zur Beurteilung der Unterrichtssequenz und zu ihrer persönlichen Einschätzung des Lernerfolgs befragt. Aufschluss zur Akzeptanz der Unterrichtssequenz geben die Antworten zur Bewertung der Sequenz. Es bearbeiten zwölf Teilnehmer den Abschlusstest und den Fragebogen. Der Abschlusstest kann nicht in die Notengebung für den Informatikkurs einbezogen werden. In dieser Erprobung wird der Test daher ausschließlich hinsichtlich besonderer Schwierigkeiten zu ausgewählten Fachkonzepten ausgewertet.

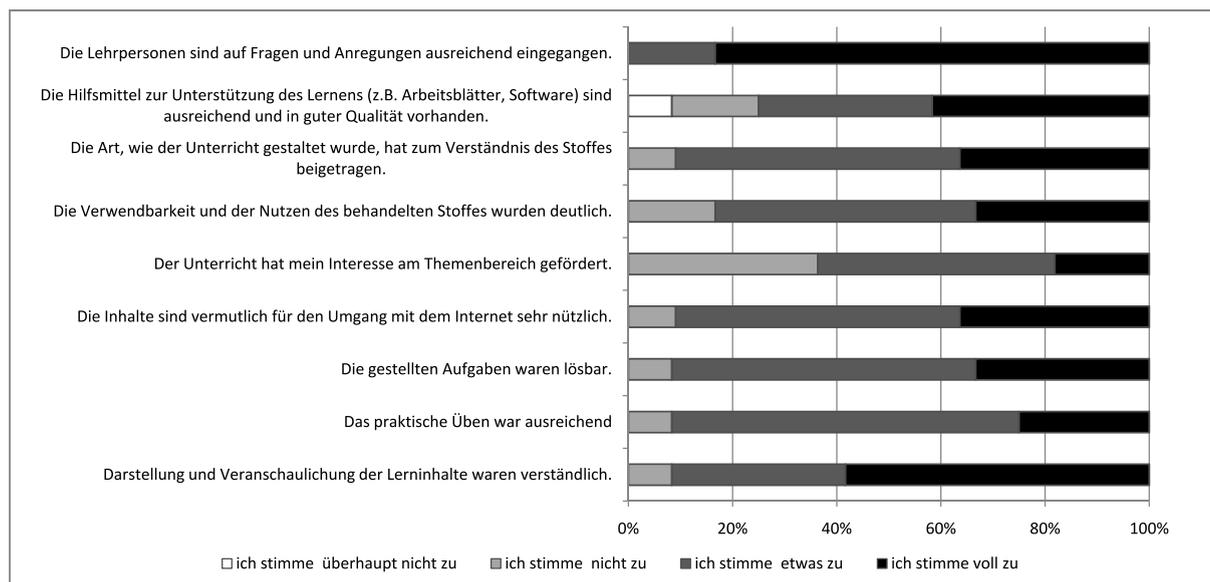


Abbildung 5.2: Bewertung der Unterrichtssequenz durch die Lernenden

Den Schwierigkeitsgrad schätzen die Lernenden fast alle als angemessen ein. Lediglich eine Schülerin und ein Schüler beurteilen den Unterricht als zu schwer und ein Schüler als zu leicht. Den Stoffumfang beurteilen mit einer Ausnahme alle als angemessen. Eine Schülerin antwortet, dass es zu viel gewesen sei. In Abbildung 5.2 wird die Beurteilung der Gestaltung des Unterrichts durch die Lernenden dargestellt. Alle positiv formulierten Aussagen wurden von einer deutlichen Mehrheit zustimmend beantwortet. Das Anforderungsniveau stellte sich für die Lernenden insbesondere durch die Aufgabenstellungen dar, die mit Arbeitsblättern ausgegeben wurden. Zu der Bewertung des Niveaus ist also die Beurteilung der Aussagen über die eingesetzten Unterrichtsmittel zu berücksichtigen. Die Lernenden bestätigen, dass die Veranschaulichung der Inhalte verständlich war. Die Aufgaben waren lösbar. Ein Schüler bewertet die Unterrichtsmittel insgesamt sehr kritisch. Aber auch hier stimmen 75 Prozent der Lernenden der Aussage zu, dass diese ausreichend und in angemessener Qualität zur Verfügung standen. Die eingesetzten Unterrichtsmittel werden also insgesamt als angemessen bewertet.

Anspruch des Unterrichts ist es, dass die Lernenden erkennen, in welchen Situationen das zu erlernende Wissen einsetzbar ist. Tatsächlich bestätigen sie, dass der Nutzen deutlich wurde und dass sie den Eindruck hatten, dass ihr neues Wissen über das Internet nützlich ist. Dass sie insgesamt einen angemessenen Lernfortschritt erreichen konnten, wird auch durch die Beurteilung des eigenen Lernfortschritts zu den einzelnen Inhalten deutlich. Zu allen internetbezogenen Inhalten antwortet eine deutliche Mehrheit, dass sie etwas dazu gelernt haben. Am schlechtesten wird mit 58 Prozent positiver Beurteilung der Lernerfolg zu Dokumenten im Web genannt. Zu den anderen Themen sagen mindestens 73 Prozent, dass sie einiges oder viel dazu lernen konnten. Insgesamt bewertet eine Mehrheit den Unterricht so, dass sie neues, nützliches Wissen erwerben konnten.

Im Abschlusstest bearbeiten die Lernenden drei Aufgaben. In der ersten Aufgabe geht es dar-

um, den Ablauf zur Übertragung einer E-Mail mit SMTP durch ein Interaktionsdiagramm zu beschreiben. Sieben der zwölf Teilnehmer erreichen mit dem Interaktionsdiagramm mehr als die halbe Punktzahl. In der zweiten Aufgabe sollen die Lernenden ein Zustandsdiagramm mit vier Zuständen zu einem einfachen Online-Spiel vervollständigen. Vorgegeben sind die Zustände. Diese einfache Aufgabe können alle Teilnehmer mit mindestens der Hälfte der zu erreichenden Punkte lösen. Die dritte Aufgabe besteht darin, den Ablauf zur Überprüfung einer verdächtigen E-Mail zu beschreiben. Diese Aufgabe wird nur von vier der Teilnehmer mit mindestens der Hälfte der zu erreichenden Punkte gelöst. Es wird also gerade die Aufgabe am besten gelöst, die im Unterricht nicht erfolgreich bearbeitet wurde. Eine mögliche Erklärung ist, dass hier der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben entscheidend ist.

5.2.4 Fazit

Im Unterrichtsprojekt mit Lehramtsstudierenden als Lehrenden konnten authentische Lernsituationen geschaffen werden. Der Kurslehrer beurteilt den Unterricht als angemessen. Er führt Schwierigkeiten insbesondere auf die Auswahl der Zugänge, die zum Teil vertiefte informatische Vorkenntnisse erfordern, und die Gestaltung von Aufgaben zurück. Aus der Perspektive der Lernenden erfolgt durchweg eine positive Bewertung des Unterrichts. Sowohl Lerntempo wie auch Anforderungsniveau werden als angemessen beurteilt. Damit ist eine wichtige Voraussetzung zur Anwendbarkeit der gewählten Methodik erfüllt. Das ist ein Indiz dafür, dass die Durchführung der Evaluation des Unterrichtskonzepts auch mit Lehramtsstudierenden die externe Validität der Untersuchung nicht unzulässig negativ beeinflusst.

Im Unterricht kann an verschiedenen Stellen erfolgreich an Alltagserfahrungen angeknüpft werden. Insbesondere der Bezug zum Schulrechnernetz und zur Kommunikation mit E-Mail ermöglicht, dass die Lernenden Vorerfahrungen einbringen können. Zum Aufbau von IP-Adressen werden jedoch weitere geeignete Zugänge benötigt. Auch zur Vertraulichkeit in Rechnernetzen müssen geeignete Lernaktivitäten ausgewählt werden. Zugänge mit Bezug zu Implementierungsdetails wie zum Ablauf der E-Mail-Übertragung können in dieser Erprobung nicht erfolgreich umgesetzt werden. Es müssen also weitere handlungsorientierte Zugänge für den entdeckenden Unterricht ausgewählt und gegebenenfalls dazu notwendige Unterrichtsmittel entwickelt werden.

Die Bewertung der Angemessenheit des Anforderungsniveaus von Aufgaben verschiedener Aufgabenklassen weist erhebliche Unterschiede auf. Insbesondere zur Erarbeitung neuer Inhalte sind komplexere Aufgabenstellungen erforderlich, die den Lernenden die Möglichkeit zu entdeckendem Lernen geben. Der Unterschied zwischen den Beobachtungen während des Unterrichts zur Gestaltung zustandsbasierter interaktiver Webseiten und den Resultaten des Abschlusstests weisen deutlich darauf hin, dass Bedarf dazu besteht, die Gestaltung geeigneter Aufgaben für verschiedene Phasen des Unterrichts auf der Grundlage von Aufgabenklassen zu untersuchen. Merkmale von Aufgaben unterschiedlicher Niveaustufen müssen insbesondere für weniger erfahrene Lehrpersonen nutzbar gemacht werden.

5.3 Unterrichtsprojekt 2: „Internetstrukturen“

Im zweiten Unterrichtsprojekt wird zusätzlich das Minimalziel Z₃ zum Schichtenmodell aufgegriffen. Bezugspunkt zu Anwendungssituationen ist in diesem Unterrichtsprojekt Informationsbeschaffung und -auswahl im Internet. Inhaltlicher Schwerpunkt sind Strukturen des Internets. Das Wissen über die Struktur von IP-Adressen und von Domainnamen sowie über die grundlegenden Fachkonzepte Client-Server-Prinzip und Protokoll bildet dabei den Ausgangspunkt für das Verstehen der Funktionsweise einer Suchmaschine für den Zugriff auf Information im Web. Daraus können dann Suchstrategien abgeleitet und Kriterien zur Bewertung von Webseiten begründet werden.

5.3.1 Untersuchungsgegenstand

Das Unterrichtsprojekt zeichnet sich durch zwei Besonderheiten aus. Zum einen unterrichtet der Forscher selbst. Vorteile liegen dabei insbesondere darin, dass der Forscher direkt mit den Lernenden interagieren kann und bei auftretenden Schwierigkeiten angesprochen wird. Nachteile ergeben sich daraus, dass der Forscher kein ausgebildeter Lehrer ist. Außerdem findet der Unterricht in einem Informatikkurs der Jahrgangsstufe 13 statt. Die besonderen Rahmenbedingungen müssen bei der Evaluation des Unterrichts berücksichtigt werden.

Schwerpunkt der Untersuchung im zweiten Unterrichtsprojekt liegt darin, Fehlvorstellungen der Lernenden zu identifizieren und daraus Erkenntnisse zur Gestaltung der Wissensstrukturen zu erhalten, sowie weitere Lernaktivitäten in der Unterrichtspraxis zur Erarbeitung der Aufgabenklassen zu evaluieren. Das Projekt findet in einem Grundkurs Informatik statt, der sich aus fünf Schülerinnen und 14 Schülern zusammensetzt. Vorwissen und Erfahrungen der Kursteilnehmer sind sehr unterschiedlich. Einer der teilnehmenden Schüler betreut das Schulrechnernetz. Ein weiterer Teilnehmer verfügt über umfangreiches Detailwissen zu Rechnernetzen. Aus dem Informatikunterricht sind in dem Kurs keine Vorkenntnisse im Bereich Internet, Rechnernetze und Informationssicherheit vorhanden. Grundlegende Begriffe wie beispielsweise Client und Server müssen im Rahmen der Erprobung im Unterricht eingeführt werden. Vor dem Unterrichtsprojekt ist in dem Kurs eine Software in Projektarbeit entwickelt worden. Insgesamt werden zwölf Unterrichtsstunden durchgeführt und eine weitere Unterrichtsstunde für einen Abschlusstest genutzt. Der Kurs findet mit drei Unterrichtsstunden pro Woche statt, die in eine Einzel- und eine Doppelstunde aufgeteilt sind. In einer der Einzelstunden wird aus organisatorischen Gründen von einem Lehramtsstudierenden unterrichtet. Untersucht werden folgende Fragen:

Welche Fehlvorstellungen bringen die Lernenden zu Strukturen des Internets mit? Die Lernenden bringen Vorerfahrungen aus dem Informatikunterricht in den vorangegangenen Jahrgangsstufen mit. Zur Entwicklung von Informatiksystemen bringen sie ein grundlegendes Verständnis mit. Durch Anwendungen im Schulrechnernetz haben sie bereits Erfahrungen mit der Funktionsweise von lokalen Rechnernetzen sowie mit dem Internet gemacht. Erwartet wird, dass im Unterricht und im Abschlusstest Verständnisschwierigkeiten beobachtet werden, die zur Beschreibung von Wissensstrukturen zu Internetworking und damit auch zur Auswahl geeigneter Lernaktivitäten nutzbar gemacht werden können.

Inwieweit unterstützen die gewählten Lernaktivitäten den Lernprozess? In diesem Unterrichtsprojekt werden durch den veränderten inhaltlichen Schwerpunkt zum vorhergehenden Projekt weitere Aufgaben eingesetzt. Zugleich ist aber auch zu erwarten, dass ein höheres Anforderungsniveau als in Jahrgangsstufe 11 als angemessen gilt. Direkte Interaktion zwischen Lernenden und Lehrendem im Unterricht können dazu ausgewertet werden. Der Kurslehrer beurteilt Schwierigkeiten der Lernenden und deren Ursachen auf Grund seiner Beobachtungen. Die Lernenden schätzen das Anforderungsniveau und ihren eigenen Lernfortschritt ein. Erwartet wird, dass Rückmeldungen des Kurslehrers wie auch der Lernenden und Beobachtungen des Forschers zu der Frage Erkenntnisse liefern.

5.3.2 Unterrichtsdurchführung

In Abbildung 5.3 ist die Wissensstruktur zum zweiten Unterrichtsprojekt dargestellt.

Als Vorwissen aus dem Bereich Rechnernetze wird das Client-Server-Prinzip am Beispiel des Schulrechnernetzes aufgegriffen. Neben den Funktionen wie zentraler Druckerzugriff und Dateizugriff geht es um die Verbindung zur Datenübertragung zwischen zwei Rechnern. Als zentrales

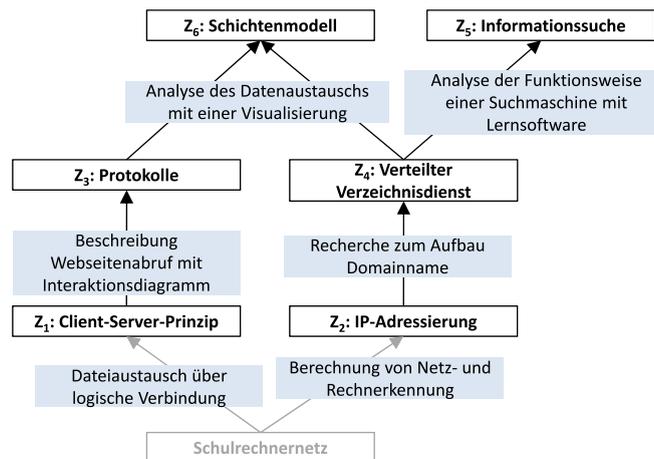


Abbildung 5.3: Wissensstruktur zu „Internetstrukturen“

Prinzip wird die Datenübertragung zwischen Programmen bzw. Prozessen über die Grenzen eines Rechners untersucht. Mit Netcat, einem einfachen Werkzeug zum Aufbau einer TCP/IP-Verbindung, wird in Partnerarbeit eine solche Verbindung zwischen Programmen hergestellt.

Anknüpfend an die Rollen von Rechnern im Rechnernetz wird deren Adressierung mit IP-Adressen thematisiert. Dazu müssen die Lernenden verstehen, dass beim Datenaustausch eine global eindeutige Adresse benötigt wird. Durch die Verbindung von IP-Adresse und der physischen Struktur des Internets wird das verdeutlicht. In Einzelarbeit fassen die Schüler anhand eines kurzen Textes den Aufbau einer IP-Adresse aus Netz- und Rechnerkennung und die Verwendung der Netzmaske in Stichpunkten zusammen. Nach einem gemeinsam bearbeiteten Beispiel zur Berechnung der Teile einer IP-Adresse, führen die Schüler die Berechnung der Teile für die IP-Adresse des Rechners an ihrem Arbeitsplatz durch.

Anknüpfend an das Client-Server-Prinzip geht es darum, ein Protokoll als Spezifikation von Vorschriften zum Datenaustausch zu verstehen. Das Thema wird am Beispiel HTTP betrachtet. Zur Formalisierung der Abläufe, die durch ein Protokoll beschrieben werden, wird das Interaktionsdiagramm verwendet. Dazu wird der Abruf einer Webseite über eine TCP/IP-Verbindung demonstriert und anschließend der Ablauf mit einem Interaktionsdiagramm durch die Lernenden beschrieben.

Das Domain Name System (DNS) wird nach der Adressierung im Internet durch IP-Adressen betrachtet. Die Verbindung zur IP-Adressierung und das Verständnis dafür, dass durch den DNS-Namensraum eine logische Strukturierung des Internets vorgenommen wird, sind wichtige Teillernziele. Dazu sammeln die Lernenden zum Einstieg über ein Web-Portal Information zu Domainnamen (DNS) und IP-Adressen (Whois). Am Beispiel der Top-Level-Domain von Vanuatu informieren sich die Lernenden darüber, welche Aussage über den Standort eines Rechners im Domainnamen steckt. Damit wird verdeutlicht, dass auf Grundlage des Domainnamens keine geographische, aber eine organisatorische Zuordnung getroffen werden kann.

Aufbauend auf das Verständnis der Funktionsweise des World Wide Web werden Kriterien für die Bewertung von Webseiten erarbeitet und angewendet. Dabei können die Kenntnisse zur Hierarchie des DNS-Namensraumes als Kriterien angewendet werden. Außerdem werden die Funktionsweise von Suchmaschinen und verschiedene Suchstrategien besprochen. Zu einem Verständnis der Funktionsweise des Webroboters und der WWW-Benutzungsschnittstelle sind das Client-Server-Prinzip und HTTP erforderlich.

Anknüpfend an das Wissen zur Adressierung auf der Vermittlungsschicht mit IP-Adressen und auf der Anwendungsschicht mit Domainnamen werden weitere Aspekte zum Internetschich-

tenmodell mit einer Visualisierung zum Datenaustausch über den Protokollstapel erarbeitet. Die Lernenden analysieren Funktionen der unterschiedlichen Schichten. Das Schichtenmodell ermöglicht eine strukturierte Sicht auf das Internet.

5.3.3 Auswertung der erhobenen Daten

Unterrichtsbeobachtung und Befragung des Kurslehrers

Sowohl der Forscher wie auch der Lehrer geben Rückmeldungen zu Beobachtungen während des Unterrichts. Dabei geht es um konkrete, beobachtbare Schwierigkeiten der Lernenden und in welchem Kontext diese auftreten. Außerdem beurteilt der Kurslehrer auf Grund der Beobachtungen während des Unterrichts den Schwierigkeitsgrad

Die Erarbeitung des Client-Server-Prinzips mit Netcat bereitete den Lernenden zunächst Schwierigkeiten. Für die meisten Lernenden war die Eingabeaufforderung unter Windows nicht bekannt. Diese Beobachtung des Forschers wurde auch vom Kurslehrer bestätigt. Er hält den Einsatz von Netcat für angemessen, weist jedoch darauf hin, dass eine umfassendere Einführung zur Verwendung dieses Werkzeugs wichtig ist. Anhand der Unterscheidung zwischen einem Programm, das auf eingehende Verbindungen wartet und zuerst gestartet wird, und dem Programm, das eine Verbindung zum wartenden Programm aufbaut, konnten die Begriffe Client und Server im Unterrichtsgespräch dennoch näher bestimmt werden. Von den Schülern wurde aus den Eigenschaften konkreter Beispiele für Client und Server eine verallgemeinerte Begriffsbeschreibung selbstständig formuliert.

In der Unterrichtseinheit zu Protokollen am Beispiel HTTP wurde deutlich, dass bekannte Fachbegriffe aus der Informatik sorgfältig eingeführt werden müssen. Die Beschreibung des Webseitenabrufs mit einem Interaktionsdiagramm hat den Lernenden keine Schwierigkeiten bereitet. Die Antwort auf die Frage nach einer Beschreibung des Begriffs Protokoll machte jedoch deutlich, dass eine klare Abgrenzung zu der Begriffsbedeutung im Sinne eines Stundenprotokolls notwendig ist.

Zu den Unterrichtseinheiten, in denen anhand der Adressierungsschemata Strukturen des Internets aufgezeigt wurden, werden weitere Aufgaben benötigt. Schwierigkeiten bereitete die Umrechnung vom Dezimal- zum Dualsystem. Das Vorwissen der Schüler, das sie im Kontext der Implementierung eines Algorithmus zur Umrechnung vorab erworben hatten, konnten nur einzelne anwenden. Am Ablauf einer Domainnamensauflösung wurde die logische Struktur des Namensraumes beschrieben. In einer Aufgabe wurde dazu ein Baum erstellt, in dem die logische Struktur direkt abgebildet wurde. Die Schüler konnten in der Baumdarstellung die hierarchische Struktur nicht erkennen. Ein typischer Fehler war, dass unterhalb des Wurzelknotens für jeden zu ergänzenden Domainnamen der gleichen Top-Level-Domain ein neuer Knoten verwendet wurde. Außerdem wurde besprochen, dass eine IP-Adresse zur Datenübertragung verwendet wird, weil IP-Adressen auf die physische Struktur bezogen sind. Dazu wurde eine Graphik genutzt, in der mehrere Rechnernetze durch Vermittlungsrechner miteinander verbunden sind. In diesem Zusammenhang wurde die Frage gestellt, was diese Graphik mit dem Internet zu tun habe. Die Charakteristik des Internets als Zusammenschluss mehrerer Rechnernetze haben die Lernenden nicht verstanden.

Der Kurslehrer beurteilt den Schwierigkeitsgrad der Unterrichtssequenz insgesamt als angemessen. Auch die Reihenfolge der Unterrichtsstunden sind seiner Auffassung nach schlüssig. Er hebt hervor, dass das Schichtenmodell zum Ende der Sequenz geeignet ist, das zuvor erworbene Wissen zu strukturieren.

Abschlusstest und Befragung der Lernenden

Die Auswertung des Abschlusstests soll Erkenntnisse zu Fehlvorstellungen der Lernenden und zur Auswahl der Aufgaben im Lehr-Lernprozess beitragen. Die Lernenden beurteilen den Schwierigkeitsgrad des Unterrichts, die eingesetzten Unterrichtsmittel und nehmen eine Selbsteinschätzung zum Lernerfolg vor. Im Abschlusstest werden Fehler im Hinblick auf zugrunde liegende Vorstellungen zur Funktionsweise des Internets untersucht. Aufgaben, die durch die Lernenden nicht gelöst werden können, zeigen auf, zu welchen Inhalten weitere Aufgaben im Lehr-Lernprozess eingesetzt werden müssen. Insgesamt wird ein angemessenes Testergebnis erreicht (vgl. Abbildung 5.4). Die schriftliche Befragung findet etwa einen Monat nach dem Abschlusstest und nachdem die Ergebnisse dazu bekannt sind statt. Es nehmen 18 Teilnehmer des Kurses daran teil.

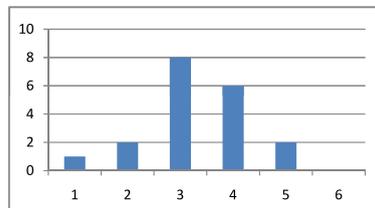


Abbildung 5.4: Notenverteilung zum Abschlusstest im zweiten Unterrichtsprojekt

Der Abschlusstest wird mit zwei Varianten durchgeführt. Jede Variante besteht aus sechs Aufgaben. Die Aufgaben in den zwei Varianten beziehen sich mit einer Ausnahme auf die gleiche Thematik. Die Varianten unterscheiden sich im Aufgabentyp und der Aufgabenreihenfolge. Der Test besteht aus Aufgaben zu folgenden Inhalten:

1. Erläuterung der Fachbegriffe Client, Server und Protokoll als Multiple-Choice-Aufgabe,
2. Erläuterung des Uniform Resource Locator durch Beschriften einer Graphik bzw. Lückentext,
3. Beschreibung der Interaktion zwischen Client und Server am Beispiel WWW mit einem Interaktionsdiagramm bzw. Lückentext,
4. Erläuterung der Funktionsweise des Domain Name System durch Vervollständigen eines Kollaborationsdiagramms bzw. Vervollständigen einer Baumdarstellung des Namensraumes und Beschreibung der Auflösung eines Domainnamens in Stichpunkten,
5. Veranschaulichen der Komponenten einer IP-Adresse durch Berechnung von Rechner- und Netzkennung bzw. durch Zuordnung einer IP-Adresse zu einem Rechnernetz anhand der Netzkennung und Erläuterung des Vorgehens,
6. Begründung der Verwendung von IP-Adressen zur Vermittlung von Daten im Internet (statt Domainnamen),
7. Erläuterung der Verwendung von DNS und Whois zur Bestimmung des Standortes eines Webservers.

Der Test wird zu Beginn einer Doppelstunde durchgeführt. Die Ergebnisse der Lernerfolgskontrolle werden in der Gesamtnote für den Informatikkurs berücksichtigt. Die Schüler arbeiten konzentriert an den Aufgaben. Es nehmen vier Schülerinnen und 14 Schüler am Test teil. Zur Bearbeitung haben die Lernenden 30 Minuten Zeit.

Die Auswertung der Antworten zu Punkt 3 verdeutlicht, dass zur Funktionsweise des Domain Name System weitere Aufgaben benötigt werden. DNS muss als Internetdienst verstanden werden, der unabhängig vom WWW ist. Die Aufgabe besteht in einer Variante daraus, dass ein Interaktionsdiagramm für den Ablauf zur Abfrage einer Webseite erstellt werden muss. Dabei tritt in den Schülerlösungen der Fehler auf, dass die Auflösung des Domainnamens nach einer Verbindungsanfrage vom Webserver ausgeht. Der Fehler kann mit der Fehlvorstellung erklärt

werden, dass der Domainname als Teil des URL die abzurufende Webseite statt dem Rechner bezeichnet. Ein weiterer Fehler ist, dass die Auflösung des Domainnamens als Interaktion zwischen Webclient und Webserver dargestellt wird. Es werden Aufgaben benötigt, die sich unabhängig vom Webseitenabruf auf die Funktionsweise des DNS beziehen.

Auch zur Verbindung der hierarchischen Struktur und dem Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens werden weitere Lernaktivitäten benötigt. Hinsichtlich der Darstellung der Hierarchie des Namensraums mit einem Baum muss deutlich werden, dass ein Knoten eine durch einen Server verwaltete Domain des DNS-Namensraumes ist. In einer Aufgabe zu Punkt 4 zum DNS geht es darum, Domainnamen in einer Baumhierarchie anzuordnen und den Ablauf der Auflösung eines Domainnamens an einem Beispiel zu beschreiben. Dabei tritt der typische Fehler auf, dass gemeinsame Teilbäume nicht erkannt werden. Außerdem ist eine Unterscheidung von DNS-Einträgen danach vorzunehmen, ob auf eine Anfrage die IP-Adresse eines DNS-Servers oder die gesuchte IP-Adresse also Datensätze des Typs NS (Name Server) oder A (Address) zurückgeschickt wird.

Ein typischer Fehler in einer der Aufgaben zu Punkt 5 war eine fehlerhafte Berechnung der Teile einer IP-Adresse. Hierbei werden die Schwierigkeiten mit der Binärdarstellung und der Verknüpfung von Netzmaske und IP-Adresse deutlich. In der Aufgabe zur IP-Adressierung müssen die Schüler die Netz- und Rechnerkennung zu einer IP-Adresse berechnen und die IP-Adresse einem von zwei Rechnernetzen zuordnen. Zudem muss das dazu notwendige Vorgehen beschrieben werden. Sechs von neun Teilnehmern können das Vorgehen zur Bestimmung des richtigen Rechnernetzes durch die Berechnung der Netzkenntung nicht beschreiben. In der Aufgabe zu diesem Thema in der zweiten Variante wird deutlich, dass vor allem die Berechnung für viele ein Hindernis darstellt. Es ist daher notwendig, weitere Aufgabenklassen zu diesem Thema einzusetzen, die nicht davon abhängig sind, dass die Umrechnung vom Dezimal- zum Dualsystem einer IP-Adresse beherrscht wird.

Auch für das Thema Vermittlung von Daten im Internet müssen weitere Aufgabenklassen im Unterricht benutzt werden. Dieses Thema wird im Zusammenhang mit dem Zusammenschluss mehrerer Rechnernetze zum Internet thematisiert, was nicht zu einem angemessenen Verständnis führt. Die Unterscheidung von logischer und physischer Struktur des Internets muss in der Beantwortung der Frage danach, warum zum Verbindungsaufbau zwischen zwei Rechnern im Internet nicht der Domainname sondern die IP-Adresse verwendet wird, angewendet werden. Nur ein Schüler kann eine vollständige Begründung geben, in der mit der Funktionsweise der Datenvermittlung argumentiert wird.

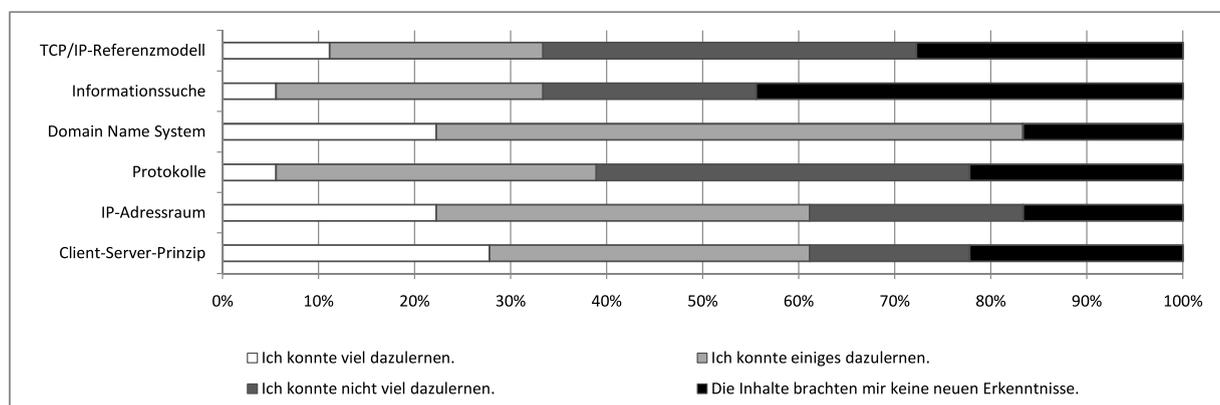


Abbildung 5.5: Selbsteinschätzung der Lernenden zum Lernfortschritt

Die Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der Aufgaben im Abschlusstest werden durch die Selbsteinschätzung der Lernenden nur zum Teil bestätigt. Der Schwierigkeitsgrad der Unterrichts-

quenz wird von 13 Teilnehmern als angemessen, von zwei als hoch und von drei als niedrig bewertet. Der Lernfortschritt zum Schichtenmodell, zur Informationssuche und zu Protokollen wird von über der Hälfte so eingeschätzt, dass sie wenig oder gar nichts dazu gelernt haben (siehe Abbildung 5.5). Die Beobachtung im Unterricht lässt den Schluss zu, dass für die Lernenden nicht deutlich wurde, wozu sie das Wissen zur Funktionsweise einer Suchmaschine nutzen können. Zu den Themen Protokolle und Internetschichtenmodell müssen dagegen geeignete Lernaktivitäten für die Unterrichtspraxis entwickelt werden.

5.3.4 Fazit

Durch die beschriebenen Beobachtungen während des Unterrichtsprojekts und die Auswertung des Abschlusstests, können verschiedene Schwierigkeiten im Lehr-Lernprozess aufgezeigt werden. Die Berechnung von Komponenten einer IP-Adresse ist als Zugang im Unterricht nicht geeignet, wenn kein vertieftes Wissen zur Umrechnung zwischen Zahlensystemen vorhanden ist. Der Aufbau des Internets aus mehreren Rechnernetzen, die durch Vermittlungsrechner miteinander verbunden sind, kann den Zugang zu IP-Adressen dadurch erleichtern, dass Netzkennung und Rechnerkennung als Komponenten einer zweistufigen Hierarchie zur Adressierung verstanden werden können. Für eine Vertiefung zu Anwendungsprotokollen, haben sich in der ersten Erprobung die E-Mail-Protokolle SMTP und POP3 – im Vergleich zu HTTP komplexere Protokolle – bewährt, deren Betrachtung auch die Verwendung eines Zustandsdiagramms als weitere ikonische Repräsentation zuließ. Die zugrunde liegende Wissensstruktur muss daher um den Aufbau von Internetworks erweitert werden, um ein angemessenes Verstehen der Internetstrukturen zu erreichen.

Deutlich wird, dass Aufgaben benötigt werden, die einen expliziten Bezug zu Alltagssituationen aufzeigen. In diesem Unterrichtsprojekt ging es darum, weitere Inhalte für den Unterricht durch geeignete Lernaktivitäten zu erschließen. Im Kontext der Verzeichnisdienste muss die hierarchische Gliederung des DNS-Namensraumes mit einer Baumdarstellung durch weitere Aufgaben unterstützt werden. Zur Strukturierung des Wissens über die Adressierung im Internet und für ein tieferes Verständnis der Interaktion zwischen Client und Server müssen Aspekte des Internetschichtenmodells mit weiteren Aufgaben in den Lehr-Lernprozess einbezogen werden. Durch die Befragung der Lernenden und auch durch die Auswertung der Testergebnisse wird jedoch aufgezeigt, dass die Zusammenhänge zwischen beobachtbaren Phänomenen im Kontext von Internetanwendungen und die zugrunde liegenden Fachkonzepte deutlich heraus gestellt werden müssen, indem zusätzliche Aufgabenklassen und Kontexte zur Gestaltung von Aufgaben im Unterricht eingesetzt werden.

5.4 Unterrichtsprojekt 3: „Funktionsweise und Anwendungen des Internets“

In diesem Unterrichtsprojekt werden alle fünf Minimalziele im Lehr-Lernprozess umgesetzt. Eine inhaltliche Erweiterung gegenüber der vorangegangenen Projekte findet zum Aufbau des Internets statt. Außerdem wird die Wissensstruktur hinsichtlich des fachlichen Grundlagenwissens im Bereich des Domain Name System als Beispiel eines Verzeichnisdienstes und im Hinblick auf Verschlüsselungsverfahren zur Realisierung von Vertraulichkeit und Authentizität ergänzt. Funktionsweise, innere Struktur sowie Möglichkeiten und Grenzen von Informatiksystemen werden im Kontext von WWW mit Suchmaschinen und hinsichtlich des Aufbaus von Internetworks untersucht. Grundlegende Erkenntnis- und Verfahrensweisen der Fachwissenschaft werden am Beispiel DNS zusätzlich vertieft. Im Vergleich zum ersten Unterrichtsprojekt werden keine Zugänge gewählt, die Vorwissen zur Programmierung erfordern. Statt dessen wird die Beschreibung von Informatiksystemen durch informatische Modelle verstärkt eingesetzt.

In diesem Unterrichtsprojekt wird Informationsbeschaffung und -auswahl aufgegriffen. Ausgehend von den grundlegenden Fachkonzepten zur Beschreibung des Datenzugriffs im WWW wird auch die Suche eingeschlossen. Die Eigenschaft von HTTP, das im Kopfteil das letzte Änderungsdatum eines Dokuments mit versendet, sowie Wissen über die Information, die mit einem Domainnamen verknüpft ist, können dann zur Bewertung von Webseiten genutzt werden. Zusätzlich wird wie in der ersten Erprobung die Kommunikation im Internet thematisiert. Nach den Grundlagen zur Funktionsweise des Internets wird dazu E-Mail als Beispiel einer Anwendung zur asynchronen Kommunikation untersucht. Zusätzlich liegt dabei ein besonderer Schwerpunkt auf der Gewährleistung der Vertraulichkeit. Grundlegende Prinzipien der Verschlüsselung werden systematisch erarbeitet und angewendet. Die Problematik der Authentizität von Nachrichten wird auf die Problematik des Schlüsselaustauschs zurückgeführt und der Lösungsansatz mit Zertifikaten erläutert.

5.4.1 Untersuchungsgegenstand

In diesem Unterrichtsprojekt werden die Erkenntnisse aus den zwei vorangegangenen Projekten aufgegriffen und, soweit dies möglich ist, bei der Planung des Unterrichts umgesetzt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Gestaltung angemessener Aufgaben (Freischlad, 2008a). Das dritte Unterrichtsprojekt wird im zweiten Schulhalbjahr in Jahrgangsstufe 11 in einem Informatikkurs mit 24 Lernenden am Gymnasium durchgeführt. Am Kurs nehmen drei Schülerinnen und 21 Schüler teil. Insgesamt werden acht Wochen mit jeweils drei Unterrichtsstunden – eine Einzel- und eine Doppelstunde – geplant und durchgeführt. In dieser Erprobung sind vier Lehramtsstudierende die Lehrenden, die sich im Wochenrhythmus abwechseln. Schwerpunkt des vorangegangenen Unterrichts ist auch in diesem Kurs die Programmierung mit Java gewesen. Vor dem Unterrichtsprojekt ist im Unterricht das Rechnen mit Dualzahlen wiederholt worden. Außerdem sind endliche Automaten als Akzeptoren erarbeitet worden. Die Lernenden haben Akzeptoren interpretiert und konstruiert. Im Rahmen dieses Projekts werden folgende Fragen untersucht:

Welche Aufgabenmerkmale sind dazu geeignet, das Anforderungsniveau von Aufgaben zu variieren? Ausgangspunkt zur Aufgabengestaltung sind die Aufgabenklassen zu Internetworking. Bewertet werden soll, ob ausgewählte Merkmale, die bei der Gestaltung der Aufgaben berücksichtigt werden, eine Möglichkeit bieten, das Anforderungsniveau der Aufgaben anzupassen. Auf Grund des Erfolgs der Lernenden bei der Bearbeitung von Aufgaben der gleichen Aufgabenklasse können die Auswirkungen der Variation weiterer Merkmale untersucht werden. Voraussetzung für die Auswertbarkeit der Resultate der Aufgabenbearbeitung ist, dass die Bearbeitung in einer authentischen Lernsituation erfolgt. In der Erprobung wird eine Lernerfolgskontrolle durchgeführt, deren Bewertung in die Kursnote der Lernenden eingeht. Die Notenverteilung erlaubt eine Aussage darüber, ob die Lernerfolgskontrolle insgesamt angemessen ist. Zur Untersuchung der Frage wird also der abschließende Test ausgewertet.

Inwieweit sind die gewählten Unterrichtsmittel und die damit verbundenen Lernaktivitäten dazu geeignet, den Lernprozess zu unterstützen? Die Unterrichtsgestaltung orientiert sich methodisch daran, dass entdeckendes Lernen ermöglicht wird. Nicht zu allen Fachkonzepten liegen jedoch Unterrichtsmittel vor, die einen solchen Zugang ermöglichen. Untersucht wird, inwieweit die Auswahl schüleraktivierender Unterrichtsmittel die Mitarbeit der Lernenden fördert. Wichtige Kriterien zur Bewertung sind, ob die Lernenden engagiert im Unterricht mitarbeiten und ob beim Lernen mit den Unterrichtsmitteln Erkenntnisse der Lernenden geäußert und damit beobachtet werden können. Berücksichtigt wird auch, welche Methoden zur Erarbeitung neuer Inhalte die Lernenden beherrschen. Zur Bewertung werden die Beobachtungen aus dem Unter-

richt durch Forscher und Kurslehrer und die Einschätzung der Lernenden in der abschließenden Befragung herangezogen.

Inwieweit unterstützt der Lehr-Lernprozess den Kompetenzerwerb, d. h. erwerben die Lernenden Wissen, das sie in Anforderungssituationen anwenden können? Wie im Rahmen der Arbeit begründet wurde, leistet die informatische Bildung einen Beitrag zum Kompetenzerwerb im Kontext des Internets. Die Kompetenzen beziehen sich immer auf Anforderungssituationen. Der systemorientierte Ansatz für den Informatikunterricht ist mit der Forderung verbunden, dass technische und gesellschaftsbezogene Aspekte von Informatiksystemen im Informatikunterricht in Beziehung zueinander gebracht werden. Im Unterricht wird eine Alltagssituation als Ausgangspunkt zur Untersuchung der Fachkonzepte verwendet. Damit wird auch den Lernenden aufgezeigt, wie das Fachwissen im Alltag genutzt werden kann. Die Lernenden bewerten, wie sie den Nutzen für ihren Alltag einschätzen. Beobachtungen im Unterricht ermöglichen das Aufdecken von Verständnisschwierigkeiten, die im Unterricht bei der Anwendung neuen Wissens in Aufgaben mit konkretem Bezug zu Alltagssituationen auftreten. Ebenso bilden im Abschlusstest Alltagssituationen den Kontext der Aufgaben. Durch die Befragung der Lernenden, durch Beobachtungen während des Unterrichts sowie durch die Ergebnisse des Abschlusstests werden zu dieser Frage Erkenntnisse erwartet.

5.4.2 Unterrichtsdurchführung

In Abbildung 5.6 ist die Wissensstruktur zum dritten Unterrichtsprojekt dargestellt.

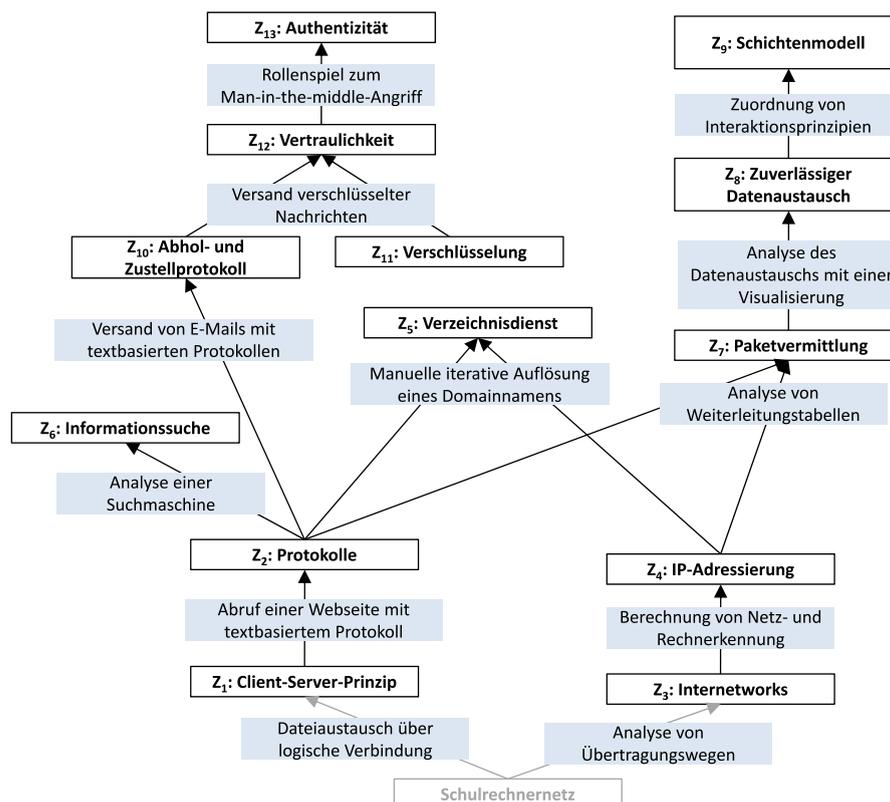


Abbildung 5.6: Wissensstruktur zu „Funktionsweise und Anwendungen“

Ausgehend von der Beobachtung eines Fehlers beim Zugriff auf eine Datei, die auf einem Dateiserver gespeichert ist, wird in der ersten Unterrichtseinheit das Client-Server-Prinzip untersucht.

Mit dem Werkzeug Netcat stellen die Lernenden eine logische Verbindung zwischen zwei Rechnern her, über die beliebige Nachrichten verschickt werden können. Dazu wird das Programm an einem Rechner im Modus gestartet, der auf eingehende Verbindungsanfragen wartet. Auf einem zweiten Rechner wird der Verbindungsaufbau mit Angabe der Ziel-IP-Adresse und des TCP-Ports initiiert. Die Rollenverteilung von Client und Server verdeutlicht die grundlegende Funktionsweise eines Dienstzugriffs über eine logische Verbindung und dass zur Verbindung ein Serverprozess Verbindungsanfragen entgegen nehmen muss.

Anknüpfend an die Alltagserfahrungen zum Abruf einer Webseite wird zunächst ein möglicher Ablauf zur Interaktion zwischen Webclient und -server beschrieben. Es wird heraus gestellt, dass durch das Protokoll Befehle und Regeln zur Realisierung der Funktionalität spezifiziert werden. Mit Netcat kann dann eine logische Verbindung zu einem beliebigen Webserver hergestellt werden. Die Antwort wird in einer Textdatei gespeichert. Dort können die Lernenden den Kopfteil und die Nutzdaten der Serverantwort finden. Nach entfernen des Kopfteils ist es möglich die Textdatei als Webseite anzusehen. Damit wird wieder der Bezug zu den Vorerfahrungen der Lernenden hergestellt. Mit dem Blick hinter die Benutzungsoberfläche zum Ablauf wird dargestellt, dass die Interaktion durch Protokolle geregelt wird.

Eine unvollständig angezeigte Webseite wird als Einstieg zur Untersuchung des Aufbaus von Internetworks genutzt. Die Lernenden verwenden Traceroute, um die Vermittlungsrechner zwischen Rechnern sichtbar zu machen. Dazu werden mehrere Server verwendet, die über eine Webschnittstelle das Ausführen von Traceroute zu beliebigen Zielen erlauben. Aus den Verbindungswegen zwischen diesen Rechnern kann eine graphische Darstellung der Vernetzung erstellt werden, wie sie in Abbildung 5.7 abgebildet ist. Die Auswahl der Rechner erlaubt das Aufzeigen von redundanten Verbindungen durch Zyklen und alternative Pfade. Die Darstellung von Stationen und deren Verbindungen im Internet illustriert den Aufbau von Internetworks aus mehreren miteinander verbundenen Rechnernetzen und alternative Verbindungswege zwischen Rechnern.

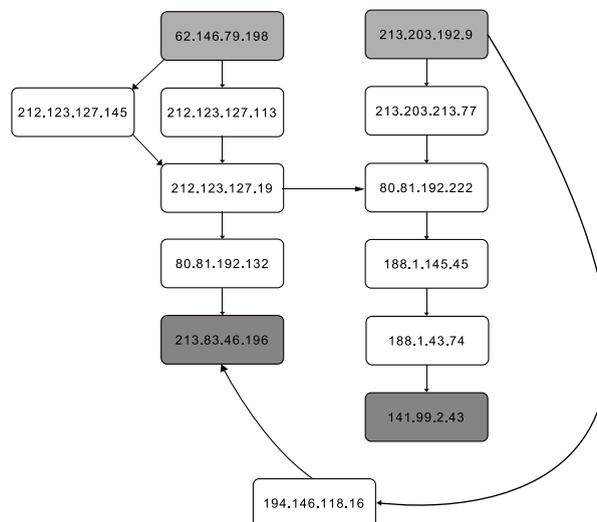


Abbildung 5.7: Rekonstruktion der Verbindungen zwischen Vermittlungsrechnern mit Traceroute (hervorgehoben sind Start- und Zielknoten)

Ausgehend von einem Presseartikel zur Vorratsdatenspeicherung von Verbindungsdaten durch Internet Service Provider wird die Frage nach Anonymität zum Einstieg der Unterrichtseinheit aufgegriffen. Die Lernenden kennen IP-Adressen aus vorangegangenen Unterrichtseinheiten. Sie berechnen die Netzkenung zu IP-Adressen, indem sie die Netzmaske und die IP-Adresse mit bitweisem logischem Und-Operator verknüpfen. Anschließend ordnen sie die Adressen verschiedenen Rechnernetzen zu. Durch die Unterscheidung von Netz- und Rechnerkennung wird deut-

lich, dass die Zuordnung einer IP-Adresse zu einem Rechner bzw. Anwender dann möglich ist, wenn die Organisation, die das Rechnernetz verwaltet, eine Zuordnung zwischen Rechnerkennung und Anwender aufzeichnet. Die Verknüpfung der Komponenten einer IP-Adresse und des Aufbaus von Internetworks veranschaulicht, dass eine IP-Adresse mit eindeutigen Informationen zu einem Rechner verknüpft ist, die durch die Speicherung von Verbindungsdaten Anwendern zugeordnet werden können.

Nach einer Einführung zur hierarchischen Strukturierung des DNS-Namensraums wird ein Webseitenabruf durchgeführt, wobei als Ergebnis die falsche Webseite angezeigt wird. Anknüpfend an das Client-Server-Prinzip vollziehen die Lernenden die iterative Namensauflösung nach und beschreiben den Ablauf mit Kollaborationsdiagrammen. In einer anschließenden Gruppenarbeit untersuchen die Lernenden eine textuelle Beschreibung eines DNS-Spoofing-Angriffs. Als Schwachpunkt wird die Zwischenspeicherung von Datensätzen bestimmt. Der Ablauf wird dann mit Kollaborationsdiagrammen illustriert. Zugleich wird damit aufgezeigt, dass es Möglichkeiten der Manipulation einer solchen symbolischen Adresse im Internet gibt.

Am Beispiel der Suche nach einem Buch in der Schulbibliothek über das Internet wird verdeutlicht, dass nicht immer die direkte Suche durch Eingabe der Suchbegriffe in einer Websuchmaschine erfolgreich ist. Das Wissen über die Funktionsweise von Suchmaschinen kann zur Auswahl einer geeigneten Suchstrategie genutzt werden. Eine Einführung in die historische Entwicklung des Internets bis zum WWW führt zum Thema Recherche im Web. Zur Funktionsweise einer Suchmaschine wird an die Vorkenntnisse zum Abruf von Webseiten mit HTTP angeknüpft. Der Ablauf zur Webrecherche unter Einbezug des Webroboters zur Erstellung des Indexes und der Verarbeitung einer Suchanfrage wird mit einem Aktivitätsdiagramm beschrieben. Mit der Suchmaschine Soekia¹, die lokal gespeicherte Dokumente als Suchraum verwendet, können die Funktionsweise der Erstellung des Indexes durch Wortstammreduktion und Stoppwortelimination sowie die Rangierung der Ergebnisse nach einfachen Kriterien nachvollzogen werden. Mit diesem Wissen können Handlungen zur Websuche zielgerichtet vorgenommen werden.

Anknüpfend an das Vorwissen zu IP-Adressen und Protokollen wird der Unterschied zwischen paket- und leitungsvermittelnden Netzen besprochen. Ausgehend von den Angaben im Kopfteil eines Datagramms bestimmen die Lernenden den Übertragungsweg in verbundenen Rechnernetzen. Dazu analysieren sie die Weiterleitungstabellen der Vermittlungsrechner. Den Lernenden wird durch den Einblick in die Weiterleitungstabellen veranschaulicht, wie die Angaben zu Absender und Empfänger in einem Datagramm zur Datenvermittlung genutzt werden.

Mit dem Wissen über die Notwendigkeit einer logischen Verbindung auf Anwendungsebene und des Datenaustauschs im Internet als paketvermittelndes Netz wird der Dienst der zuverlässigen Übertragung, der durch die Transportschicht bereit gestellt wird, verdeutlicht. Dazu nutzen die Lernenden die Visualisierung der Abläufe zum Datenaustausch zwischen zwei Rechnern über einen Vermittlungsrechner. In der Unterrichtseinheit wird deutlich, dass Mechanismen im Internet den zuverlässigen Datenaustausch gewährleisten können.

Das Internetschichtenmodell wird im Unterricht genutzt, um zuvor erworbenes Wissen zu strukturieren. Damit wird bewusst nicht vorab bereits eine Strukturierung aller zu betrachtenden Aspekte eingeführt. Dafür gibt es zwei Gründe. Zum einen ist ein charakteristisches Merkmal des entdeckenden Lernens, dass eine Strukturierung der Inhalte im Lehr-Lernprozess durch die Lernenden erfolgt. Zum anderen stellt das Wissen über die verschiedenartigen Anforderungen, die an Internetworks gestellt werden, notwendiges Wissen dar, um der Modularisierung durch ein Schichtenmodell auch einen Sinn zu geben. Das Wissen über die Funktionsprinzipien, die verschiedenen Schichten der Internetarchitektur zuzuordnen sind, bilden daher die Grundlage für das Verständnis des Internetschichtenmodells. Anhand einer Analogie wird den Lernenden das Prinzip der Modularisierung und des Ende-zu-Ende-Datenaustauschs illustriert. Das Wissen über die physische Verbindung auf der Netzzugangsschicht, über Paketvermittlung auf der

¹Siehe <http://www.swisseduc.ch/informatik/soekia/> (URL geprüft: 05/2009).

Internetschicht, über die zuverlässige Datenübertragung auf der Transportschicht und über das Client-Server-Prinzip auf der Anwendungsschicht wird mit dem Schichtenmodell strukturiert.

Den Einstieg in die nächste Unterrichtseinheit bildet eine Phishing-Mail. Damit wird ein Bezug zwischen dem Ablauf der E-Mail-Übertragung und Alltagserfahrungen hergestellt. Wie schon im ersten Unterrichtsprojekt tauschen die Lernenden E-Mails mit Hilfe des textbasierten Protokolls SMTP über einen Mailserver aus, der auf einem Rechner im Labor installiert ist. Mit Hilfe von Interaktionsdiagrammen und Zustandsdiagrammen wird die Interaktion zwischen Client und Server beschrieben. SMTP und POP3 werden durch die Begriffe Zustell- und Abholprotokoll charakterisiert. Die Analyse der E-Mail-Übertragung mit textbasierten Protokollen sowie die Möglichkeit der Rekonstruktion eines Übertragungswegs durch den Quelltext einer E-Mail zeigt eine Möglichkeit der Überprüfung verdächtiger E-Mails auf.

Die häufiger auftretende Anforderung, vertrauliche Nachrichten auszutauschen, führt zu Verschlüsselungsverfahren. In kleinen Gruppen erarbeiten die Lernenden entweder die Funktionsweise der Caesar- oder der Skytale-Chiffre. In neuer Gruppenzusammensetzung erläutern die Lernenden sich gegenseitig das jeweils erarbeitete Verfahren. Damit lernen sie ein einfaches Beispiel zur (monoalphabetischen) Substitution und zur Permutation kennen. Anschließend entschlüsseln sie kurze Texte. Für einen Text, der mit dem Verfahren der Caesar-Chiffre verschlüsselt ist, nutzen sie die statistische Analyse der vorkommenden Buchstaben. Der Text, der mit dem Verfahren der Skytale-Chiffre verschlüsselt ist, wird durch Ausprobieren aller möglichen Schlüssel entschlüsselt. Anhand von symmetrischen Verschlüsselungsverfahren werden damit die grundsätzlichen Anforderungen an statistische Robustheit und Schlüssellänge nachvollziehbar veranschaulicht.

Ausgehend von der Schwierigkeit des Schlüsselaustauschs wird der Versand vertraulicher Nachrichten im Internet aufgegriffen. Nachdem das zugrunde liegende Prinzip der asymmetrischen Verschlüsselung mit öffentlichem und geheimem Schlüssel erläutert worden ist, tauschen die Lernenden verschlüsselte Nachrichten per E-Mail miteinander aus. Dazu erzeugen sie sich ein Schlüsselpaar, tauschen die öffentlichen Schlüssel untereinander aus und verschlüsseln Nachrichten mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers. Das Verständnis über die prinzipielle Funktionsweise asymmetrischer Verschlüsselungsverfahren wird durch den Austausch verschlüsselter E-Mails angewendet.

Eine gefälschte E-Mail zur Ankündigung von Unterrichtsausfall liefert den Einstieg zu der Frage nach authentischen Nachrichten im Internet. Dazu wird an das Vorwissen zur Verschlüsselung mit asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren angeknüpft. In einem Rollenspiel wird der Ablauf beim Man-in-the-middle-Angriff untersucht. Damit wird verdeutlicht, dass der Nachweis der Authentizität von der Nachricht zum öffentlichen Schlüssel verlagert wird. Die Lernenden untersuchen dann Zertifikate, die zur Authentifizierung von Webservern genutzt werden. Signatur und Zertifikate werden zur Überprüfbarkeit der Authentizität von Nachrichten genutzt.

5.4.3 Auswertung der erhobenen Daten

Beobachtungen während des Unterrichts

Die Beobachtungen des Unterrichts durch den Forscher verfolgen das Ziel, die Auswahl der Unterrichtsmittel zu bewerten, wie auch mögliche Schwierigkeiten der Lernenden bei der Anwendung neu erworbenen Wissens in konkreten Anforderungssituationen zu bestimmen. Als Beobachtungsschwerpunkte geht es daher darum, den Beitrag der Lernaktivitäten zum Lernerfolg sowie Erkenntnisse der Lernenden zu erfassen. Außerdem wird die Motivation und die engagierte Mitarbeit der Lernenden beobachtet, um die Angemessenheit der Lernaktivitäten zu bewerten.

Beobachtet wurde, dass die Lernenden den Schichten des Internetschichtenmodells bereits erarbeitete Aspekte des Datenaustauschs zuordnen konnten. Bei der Formulierung der Sachverhalte

traten jedoch auch Schwierigkeiten zur Verwendung der Fachsprache auf. Zur Anwendungsschicht sagte ein Schüler: „Die Anwendungsschicht überträgt die Daten in Protokolle“. Der Begriff Protokoll wurde also im Sinne einer Datenrepräsentation verwendet, wie es auch ein Stundenprotokoll darstellt. Richtig ist dagegen, dass auf der Anwendungsschicht der Datenaustausch mit einer spezifizierten Datenrepräsentation zum Austausch mit einem entfernten Prozess stattfindet. Die Transportschicht wurde folgendermaßen beschrieben: „Die Transportschicht ist dafür da, damit eine Datei zwischen zwei Rechnern fehlerfrei übertragen werden kann“. Die Internetschicht wurde fälschlich so beschrieben, dass sie für die „Umwandlung“ in Pakete zuständig ist. Eine mögliche Erklärung für diese Beschreibung ist, dass in der verwendeten Visualisierung des Datenaustauschs auf der Internetschicht Fragmentierung dargestellt wird. Eine richtige Antwort lautete: „Sie überträgt Daten zwischen Rechnern in verschiedenen Netzen“. Die Netzzugangsschicht können die Lernenden nicht beschreiben. Ein möglicher Zugang zum Internetschichtenmodell besteht also darin, ausgewählte Aspekte der Dienstmodelle einzelner Schichten sowie die grundlegenden Fachkonzepte Protokoll und Protokolldateneinheit in Lehr-Lernprozessen zu erarbeiten.

Eine schlüssige Beschreibung des DNS-Spoofing und der E-Mail-Übertragung konnte nicht gegeben werden, wenn entweder Verständnis der Struktur oder des Ablaufs fehlte. Der Versand von E-Mails mit dem textbasierten Protokoll SMTP wurde durch die Lernenden untersucht. Die Aufgaben zur Beschreibung von SMTP und POP3 durch ein Zustandsdiagramm konnten erfolgreich bearbeitet werden. Auf dieser Grundlage konnte auch ein Vergleich der Protokolle durchgeführt werden. Nach der Erläuterung des Übertragungswegs einer E-Mail anhand des Quelltextes einer E-Mail wurde der Versand mit einer Graphik erläutert, in der vier Rechner dargestellt sind, die über das Internet miteinander verbunden sind. Auf die Frage, welches Protokoll zur Übertragung zwischen den Mailservern eingesetzt wird, kann keiner der Lernenden antworten. Der erste Schritt – die Übertragung der E-Mail zum Mailserver des Absenders – konnte von den Schülern noch beschrieben werden. Auf die Frage zur Übertragung zwischen den Mailservern konnten die Lernenden nicht antworten. Sie konnten ihr Wissen zum Ablauf der Übertragung nicht mit der für sie neuen E-Mail-Infrastruktur verknüpfen. In der Unterrichtseinheit zu DNS wurde zunächst die hierarchische Struktur des DNS-Namensraums und damit verbunden die Struktur der Nameserver untersucht. Die anschließende Aufgabe zur manuellen iterativen Auflösung eines Domainnamens mit NSLookup konnten viele Lernende nicht bearbeiten, weil sie nicht verstanden hatten, dass zur Auflösung des Domainnamens eine Traversierung des Baumes notwendig ist. Nach einem Austausch zum Ablauf konnten die Lernenden den Vorteil der Verwendung eines Zwischenspeichers durch reduzierten Aufwand bei der Namensauflösung erklären, indem sie den Bezug zur Struktur des Namensraumes herstellten. Deutlich wurde dies an dem Beispiel, dass ein weiterer Domainname aufgelöst werden soll, zu dessen Anfragen bereits ein Teilresultat im Zwischenspeicher vorhanden ist. Nach der Analyse eines DNS-Spoofing-Szenarios konnten daran anknüpfend Maßnahmen diskutiert werden, die zur Vermeidung solcher Angriffe beitragen können. Ein Schüler machte den Vorschlag, dass ein zweiter DNS-Server zur Prüfung abgefragt werden sollte. Ein solches Vorgehen wird mit Reverse-DNS angewendet. Die Anwendung konzeptuellen Wissens über die Funktionsweise internetbasierter Informatiksysteme erfordert deshalb Lernaktivitäten, die die Verknüpfung von Wissen über die Struktur und über die zugrunde liegenden Abläufe unterstützen.

Die Beschränkung auf einen E-Mail-Server beim Nachrichtenaustausch ist nicht ausreichend, um das Wissen in unterschiedlichen Alltagssituationen anzuwenden. E-Mail-Protokolle wurden im Unterricht anschaulich, indem die Lernenden E-Mails mit den Kommandos des SMTP und POP3 über eine TCP/IP-Verbindung zum Mailserver versendet bzw. abgeholt haben. Dazu wurde ein Mailserver auf einem Rechner im lokalen Rechnernetz installiert. Das Verstehen des Übertragungswegs einer E-Mail über mehrere Mailserver bis zur Mailbox des Empfängers ist notwendig, um zu verstehen, warum es nicht möglich ist, den Versand von Spoofing-Mails zu verhindern. Im anschließenden Unterrichtsgespräch konnten die Erkenntnisse zu den Protokollen

jedoch nicht auf diese Situation übertragen werden.

Wesentliche Tätigkeiten im Unterricht waren Analyse von Fachkonzepten und Rekonstruktion darauf basierender Sachverhalte. Beobachtet werden konnte, dass die Lernenden engagierter und erfolgreicher mitgearbeitet haben, wenn Analyse und Rekonstruktion verbunden wurden. In der ersten Unterrichtseinheit erarbeiteten die Lernenden das Client-Server-Prinzip, indem sie eine logische Verbindung zwischen zwei Rechnern aufbauten. Netcat wurde als einfaches Werkzeug zum Aufbau einer TCP/IP-Verbindung eingesetzt. Die Lernenden konnten dadurch selbst eine solche Verbindung herstellen, aber nicht die Funktionsweise eines realen Systems analysieren. Lediglich in einer Gruppe wurde so engagiert mitgearbeitet, dass eine Verbindung aufgebaut werden konnte. Erst in der folgenden Unterrichtseinheit ging es dann auch darum, über eine mit Netcat hergestellte Verbindung mit einem Webserver zu interagieren. Der Aufbau des Internets wurde durch die Lernenden mit Traceroute erkundet. Die Lernaktivität war eine Analyse ohne Möglichkeit der Modifizierung und einer interaktiven Rückmeldung. Die Ergebnisse der Analyse wurden dann als Graph dargestellt. Nur wenige Lernende arbeiteten in dieser Unterrichtsphase engagiert mit. Die Analyse der E-Mail-Übertragung mit SMTP anhand des Zustands- und des Interaktionsdiagramms ermöglichte den Lernenden einen Einblick in die Funktionsweise, die auch zum späteren Vergleich mit POP3 genutzt werden konnte. Die Aufgaben zur Rekonstruktion des E-Mail-Clients mit Einblick in die Nachrichten, die durch den Server aufgezeichnet werden, wurden durch die Lernenden engagierter bearbeitet und unterstützten das Bewusstsein dafür, dass unverschlüsselte Nachrichten im Internet nicht vor unbefugtem Zugriff geschützt sind. Geeignet sind insbesondere solche Unterrichtsmittel, die Lernaktivitäten zur Analyse und zur Rekonstruktion ausgewählter Sachverhalte ermöglichen.

Auswertung der Lernerfolgskontrolle

Der Abschlusstest wird hinsichtlich der Gestaltung der Aufgaben auf der Grundlage von Aufgabenklassen und hinsichtlich der Anwendbarkeit des erworbenen Wissens in konkreten Anforderungssituationen ausgewertet. Der Test wurde nach der Unterrichtseinheit zur Vertraulichkeit geschrieben. Zur Bearbeitung standen 30 Minuten zur Verfügung. 22 Schüler nehmen daran teil. Als Indiz dafür, dass der Test insgesamt ein angemessenes Anforderungsniveau aufweist, wird die Notenverteilung angesehen (siehe Abbildung 5.8). Die Testaufgaben bestanden jeweils aus einem Stimulus und drei Fragen bzw. Teilaufgaben. Wobei sich jeweils die ersten zwei Fragen auf ein informatives Fachkonzept beziehen und die dritte Frage Fachkonzepte aus den zwei vorherigen verknüpft und sich stark auf ein bestimmtes Phänomen bezieht. Hinweise dazu, ob die Lernenden das erworbene Wissen auch in Alltagssituationen anwenden können, werden daher aus den Resultaten zu den jeweils letzten Teilfragen erwartet. Die Aufgaben werden zunächst vorgestellt und anschließend werden die Resultate des Abschlusstests ausgewertet.

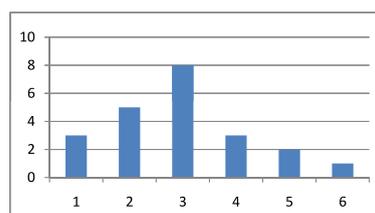


Abbildung 5.8: Notenverteilung zum Abschlusstest im dritten Unterrichtsprojekt

Die Gestaltung der Aufgaben basiert auf den vorab formulierten Lernzielen zur Erprobung. Daraus wurden Inhaltskategorien, d. h. Aufgabenklassen zu Internetnetworking, und Wissenskategorien bestimmt. Die Zuordnung in der Struktur von Aufgabenklassen erfolgt nach Bezeichnungen, wie sie in einer früheren Struktur verwendet wurde, als sie in Abschnitt 3.2 dargestellt wird. Danach

wird der kognitive Prozess, der aus dem Lernziel bestimmt wird, zur Formulierung der Frage genutzt. Daraus kann eine existierende Aufgabe angepasst oder eine neue Aufgabe gestaltet werden. Zuletzt wird ein Stimulus und ein Antworttyp ausgewählt, der einem angemessenen Repräsentationsniveau zuzuordnen ist. Die Gestaltung der Aufgaben bezieht also zugrunde liegende Aufgabenklassen unter Einbezug der Art des Wissens, die Einordnung der kognitiven Anforderung des Lösungsprozesses und die Repräsentation der Aufgabe ein. Bei der Gestaltung der Aufgaben wurde darauf geachtet, dass sich die Unterschiede mit den ausgewählten Merkmalen erklären lassen.

Aufgabe 1: Domain Name System In der ersten Aufgabe sollen die Lernenden zeigen, inwieweit sie beurteilen können, ob ein gegebener Domainname zuverlässige Information über die Authentizität der Internetressource enthält, auf die ein Zugriff erfolgt. Es geht also um die Aufgabenklasse zum Domain Name System (AK₃₂). Die Lernziele dazu sind, dass die Lernenden

1. die hierarchische Struktur des DNS-Namensraums anhand eines Baumdiagramms darstellen können.
2. den Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens beschreiben können.
3. DNS-Zwischenspeicherung erklären können.

Aufgabe 1: Domain Name System

Julia ruft eine Webseite auf und hat den Verdacht, dass die angezeigte Seite nicht die „echte“ Webseite ist. Sie möchte gerne wissen, ob und wie das möglich ist. Erklären Sie das Domain Name System, indem Sie die folgenden Aufgaben bearbeiten:

- (a) Beschreiben Sie die logische Struktur des Internets, indem Sie folgende Domainnamen in einem Baumdiagramm graphisch einordnen: `www.google.de`, `de.wikipedia.org`, `en.wikipedia.org` und `www.die.informatik.uni-siegen.de`.
- (b) Erklären Sie, unter Verwendung der Fachbegriffe, den Aufbau des Domainnamens `www.uni-siegen.de` (Domainname geändert)!
- (c) Sie kennen die Auflösung eines Domainnamens mit und ohne Zwischenspeicher. Erklären Sie, warum in einem der beiden Fälle die fehlerhafte Auflösung zu einer IP-Adresse, wie sie im Unterricht behandelt wurde, nicht möglich ist.

Die ersten zwei Fragen adressieren Faktenwissen über die DNS-Hierarchie, d. h. über die Struktur des DNS-Namensraums. Die dritte Frage zielt auf Konzeptwissen über den Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens ab. Die kognitive Prozessdimension wechselt zwischen Verstehen, Erinnern und Verstehen. Die erste Frage ist der ikonischen und die zwei folgenden der symbolischen Repräsentationsebene zuzuordnen. Damit ist die zweite Frage der niedrigsten kognitiven Schwierigkeitsstufe zuzuordnen und die erste Frage auf dem niedrigsten Repräsentationsniveau. Die dritte Frage wäre demzufolge der höchsten Schwierigkeitsstufe zuzuordnen.

Aufgabe 2: Internetadressierung In der zweiten Aufgabe geht es darum, die Authentizität einer E-Mail zu prüfen und das Ergebnis hinsichtlich der Verlässlichkeit zu beurteilen. Die Internetanwendung E-Mail ist in diesem Fall lediglich der Kontext. Die informatischen Fachkonzepte werden durch Aufgabenklassen der Teilbereiche Internetadressierung (AK₃), Datenaustausch (AK₄) und Aufbau (AK₅) repräsentiert. Die Lernziele sind, dass die Lernenden

1. die Funktionsweise eines Vermittlungsrechner erklären können.
2. Netz- und Rechnerkennung als Bestandteile einer IP-Adresse auf die physische Netzstruktur des Internets abbilden können.

3. die Bestimmung von Netz- und Rechnerkennung aus IP-Adresse und Netzmaske durchführen können.

Aufgabe 2: Aufbau des Internets und IP-Adressierung

Mario möchte herausbekommen, woher er eine E-Mail erhalten hat. Er möchte dazu eine IP-Adresse überprüfen. Bestimmen Sie, ob Mario mit der IP-Adresse tatsächlich den Standort des Rechners bestimmen kann, indem Sie folgende Teilaufgaben bearbeiten:

- (a) Das Internet besteht aus mehreren Rechnernetzen, die miteinander verbunden werden. Womit werden zwei Rechnernetze verbunden und welche Aufgabe hat diese Komponente beim Datenaustausch?
- (b) Tragen Sie die IP-Adressen 141.99.64.200 und 141.99.200.200 in die leeren Felder der Abbildung ein (siehe Abbildung 5.9) und vervollständigen Sie die IP-Adressen in den Feldern 3 und 6.
- (c) Begründen und beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Zuordnung der IP-Adressen in Stichpunkten.

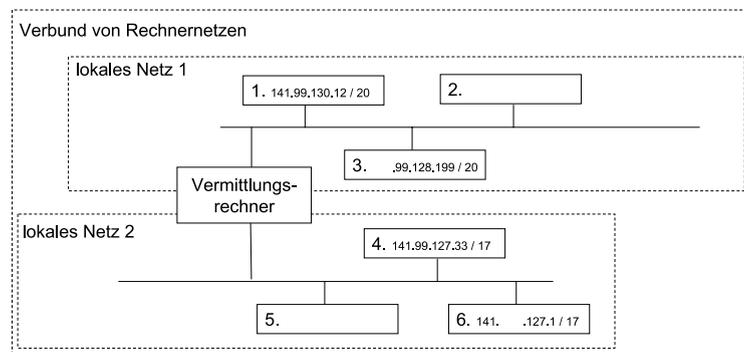


Abbildung 5.9: Verbundene Rechnernetze zu Testaufgabe 2(b)

Die zwei ersten Fragen beziehen sich auf Konzeptwissen und die dritte auf prozedurales Wissen. Die erste Frage adressiert IP-Adressierung (AK₃₁), Paketvermittlung (AK₄₃) und verbundene Rechnernetze (AK₅₂). Die Lernenden müssen die Funktionalität eines Vermittlungsrechners mit Hilfe der Begriffe Weiterleitungstabelle und Ziel-IP-Adresse erläutern. Die zweite Frage bezieht sich auf die Verbindung zwischen den Bestandteilen einer IP-Adresse (AK₃₁) und der Zuordnung der Adressen zu einem von mehreren miteinander verbundenen Rechnernetzen (AK₅₂). Die erste Frage wird der kognitiven Prozesskategorie Erinnern zugeordnet, weil die Lernenden die Funktionsweise lediglich wiedergeben müssen. Die zweite Frage gehört zur Kategorie Anwenden, weil die Lernenden eine ihnen bekannte Tätigkeit ausführen müssen. Und die dritte Frage ist von der Kategorie Verstehen, weil die Lernenden die Zuordnung von IP-Adressen zu verschiedenen Rechnernetzen erklären müssen. In der ersten und zweiten Frage wird jeweils eine symbolische und für die zweite Frage eine ikonische Repräsentation verwendet. Während sich alle Fragen auf zwei Aufgabenklassen beziehen und daher kein unterschiedlicher Schwierigkeitsgrad begründet wird, legt die Wissenskategorie nahe, dass die Schwierigkeit jeweils steigt. Die kognitive Prozesskategorie beschreibt die erste Frage als leichteste und die zweite Frage als schwierigste Teilaufgabe. Die Repräsentation zeichnet dagegen die zweite Frage als leichteste aus.

Aufgabe 3: Informationsrecherche im WWW Mit der dritten Aufgabe wird geprüft, ob die Lernenden eine indirekte Suche im WWW planen und durchführen können. Sie bezieht sich also

Bereich vom Minimal- zum Maximalwert der Ergebnisse. Die erreichten Punkte werden relativ zur vollen Punktzahl dargestellt.

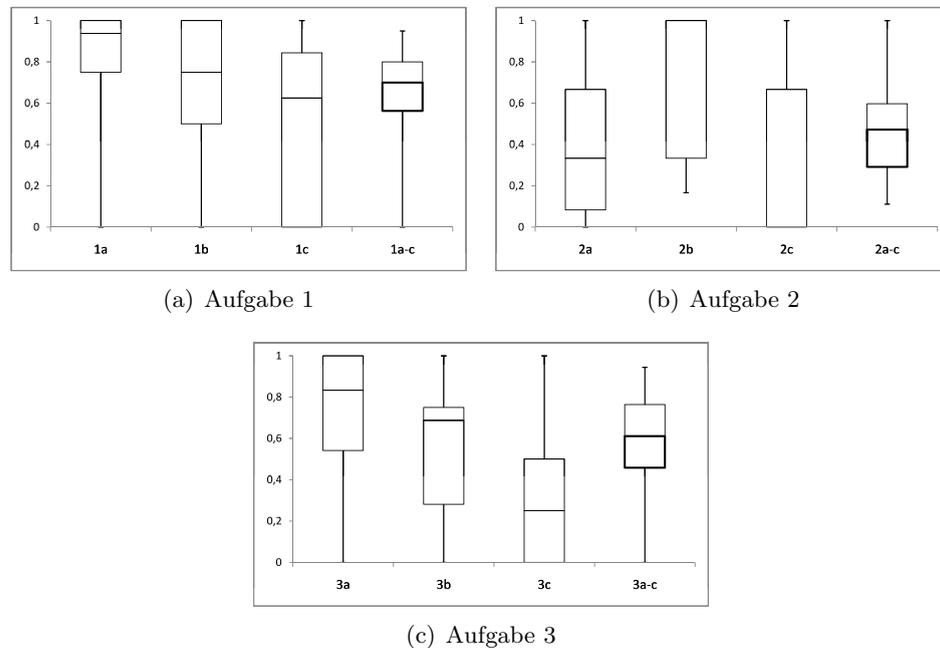


Abbildung 5.11: Boxplots zu den Testergebnissen

Das linke Diagramm zeigt die Ergebnisse der Aufgabe 1 für jede Teilaufgabe. Die schlechtesten Ergebnisse liegen für die dritte Teilaufgabe vor. Acht Lernende konnten diese Frage überhaupt nicht beantworten. Dennoch erreichten bei dieser Teilaufgabe vier Lernende die volle Punktzahl. Besonderheiten in den Ergebnissen zur zweiten Aufgabe sind, dass die erste Teilaufgabe von weniger als der Hälfte ausreichend (d. h. weniger als die Hälfte der Punkte) und dass die zweite Aufgabe von zwölf Lernenden vollständig richtig beantwortet werden konnte. Die dritte Aufgabe wurde von vier Lernenden richtig gelöst. Der Median liegt jedoch bei 0 Punkten. Im ersten Teil der dritten Aufgabe konnten drei Viertel mehr als der Hälfte der Punkte erreichen. Die zweite Frage konnte durch die meisten Lernenden ausreichend beantwortet werden. Doch die dritte Frage wurde von drei Vierteln der Lernenden nicht ausreichend beantwortet. Lediglich vier Lernende konnten die indirekte Suche als Suchstrategie in der beschriebenen Situation richtig anwenden.

Die Testergebnisse werden hinsichtlich der Einordnung der Aufgaben nach den ausgewählten Merkmalen diskutiert. Es erfolgt jedoch keine unterschiedliche Gewichtung der Merkmale im Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad. Es ist jedoch nur sinnvoll, die Fragen einer einzelnen Aufgabenstellung miteinander zu vergleichen, um Effekte, die auf Grund des unterschiedlichen Wissens der Lernenden zu verschiedenen Inhalten gegeben sind, zu vermeiden. Diese Effekte müssen auch in Aufgabe 2 berücksichtigt werden, weil sich die Aufgaben nicht alle auf die gleichen Aufgabenklassen beziehen. In Tabelle 5.2 werden die Aufgaben mit den Angaben zu den beschriebenen Merkmalen in einer Übersicht dargestellt. Soweit dies möglich ist, wird in den Klammern die relative Schwierigkeitsstufe der Attribute angezeigt.

Die Ergebnisse von Aufgabe 1 (a) und (b) deuten darauf hin, dass die Repräsentation den Schwierigkeitsgrad stark beeinflussen. Obwohl Teilaufgabe (b) nach der Prozesskategorie einer niedrigeren Stufe zugeordnet werden müsste, sind die Ergebnisse für Teilaufgabe (a) besser. Die Erklärung, die aus den Gestaltungsmerkmalen abgeleitet wird, ist, dass die ikonische Repräsentation gegenüber der symbolischen Repräsentation einen deutlich niedrigeren Schwierigkeitsgrad aufweist. Außerdem weist der Vergleich der Ergebnisse zu den Teilaufgaben (b) und (c) darauf

Aufgabe	Inhalt	Prozess	Repräsentation
A1	a AK ₃₂ ; Fakten (0)	Verstehen (1)	ikonisch (1)
	b AK ₃₂ ; Fakten (0)	Erinnern (0)	symbolisch (2)
	c AK ₃₂ ; Konzept (1)	Verstehen (1)	symbolisch (2)
A2	a AK ₃₁ , AK ₄₃ , AK ₅₂ ; Konzept (3)	Erinnern (0)	symbolisch (2)
	b AK ₃₁ , AK ₅₂ ; Konzept (2)	Anwenden (2)	ikonisch (1)
	c AK ₃₁ , AK ₅₂ ; Prozedural (3)	Verstehen (1)	symbolisch (2)
A3	a AK ₁₂ ; Konzept (1)	Verstehen (1)	ikonisch (1)
	b AK ₁₂ ; Fakten (0)	Erinnern (0)	symbolisch (2)
	c AK ₁₂ ; Prozedural (2)	Anwenden (2)	symbolisch (2)

Tabelle 5.2: Übersicht zur Bewertung der Aufgaben auf der Grundlage ausgewählter Merkmale

hin, dass die Wissenskategorie und die Prozesskategorie den Schwierigkeitsgrad beeinflussen. Der Vergleich von A2 (a) und (c) zeigt auf, dass die Verknüpfung von drei statt zwei Aufgabenklassen den Schwierigkeitsgrad nicht in dem Maße steigert, wie eine schwerere Wissens- und Prozesskategorie. Unter der Annahme, dass die stärkere Verknüpfung von Aufgabenklassen einen weniger starken Effekt auf den Schwierigkeitsgrad ausübt, wird dagegen die Vermutung gestützt, dass das Repräsentationsniveau einen großen Einfluss auf den Schwierigkeitsgrad ausübt, weil andernfalls die Ergebnisse zu Teilaufgabe (b) schlechter als für Teilaufgabe (a) sein müssten. Die Ergebnisse von Aufgabe 3 indizieren ebenfalls die besondere Bedeutung der Repräsentationsstufe, weil Frage (a) nach Inhalt- und Prozesskategorie ein höherer Schwierigkeitsgrad als Frage (b) zugewiesen wird. Dennoch sind die Ergebnisse für (a) besser. Des Weiteren wird der Einfluss des Inhalts in Kombination mit der Prozesskategorie durch den Vergleich der Ergebnisse zu den Teilaufgaben (b) und (c) bestätigt.

Die Ergebnisse indizieren, dass der Schwierigkeitsgrad von Aufgaben durch die Merkmale beeinflusst werden kann. Ein Nachweis dazu sollte und konnte nicht erbracht werden. Einen besonders starken Effekt zeigt in der vorliegenden Erprobung die Wahl der Repräsentationsstufe. Während die Einordnung hinsichtlich Inhalt- und die Prozesskategorie durch die Lernziele erfolgt, die zur Planung des Lehr-Lernprozesses genutzt werden, ist es in der Regel möglich die Repräsentationsstufe zur Gestaltung der Aufgaben und damit zur Variation des Schwierigkeitsgrads frei zu wählen. Diese Wahlfreiheit wird jedoch eingeschränkt, wenn die Repräsentation selbst der Lerninhalt ist. Zu einer quantitativen Untersuchung zur Überprüfung der hier beschriebenen Hypothesen müsste ein anderes Untersuchungsdesign gewählt werden.

Die Anwendung des Wissens in konkreten Alltagssituationen, wie es in den jeweils letzten Teilaufgaben erforderlich ist, konnte erfüllt werden. In jeder der drei Teilaufgaben konnte die volle Punktzahl von mindestens einem Kursteilnehmer erreicht werden. Nach dem Unterricht sind dann die kognitiven Aspekte der entsprechenden Kompetenz vorhanden. Ein Nachweis dafür, dass diese im Rahmen des durchgeführten Unterrichtsprojekts erworben wurden, kann nicht erbracht werden. Aber die Beobachtungen während des Unterrichts zu den Voraussetzungen der Lernenden unterstützt diese Annahme.

Auswertung des Lehrerinterviews und der Befragung der Lernenden

Kurslehrer und Lernende werden zu den verwendeten Unterrichtsmitteln und damit verbunden zu den Lernaktivitäten sowie zur Anwendbarkeit des erworbenen Wissens in Alltagssituationen

befragt. Der Kurslehrer bewertet insbesondere, ob die eingesetzten Unterrichtsmittel geeignete Lernaktivitäten für den Unterricht unterstützen. An der Befragung nehmen 20 Lernende teil.

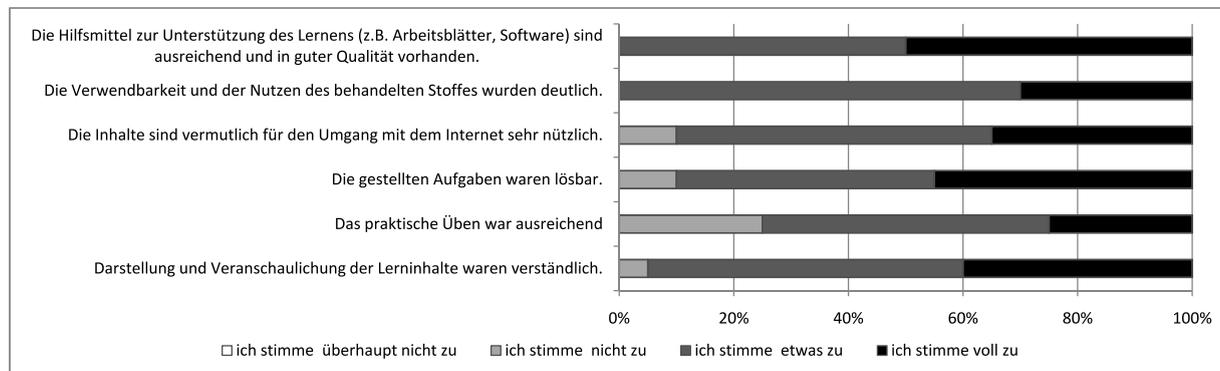


Abbildung 5.12: Gestaltung des Lehr-Lernprozesses und Relevanz der Inhalte

In Abbildung 5.12 sind Antworten der Lernenden zu der Gestaltung der Unterrichtsstunden dargestellt. Mindestens 75 Prozent stimmen den positiv formulierten Aussagen zu, keine wurde voll abgelehnt. Die Antworten zur Darstellung und zur Übung deuten darauf hin, dass die Unterrichtsmittel als angemessen angenommen werden. Die Frage dazu, ob die Lernenden von den Unterrichtseinheiten profitieren konnten, zeigt eine überwiegende Zustimmung auf. Die Mehrheit der Lernenden bestätigt, dass sie etwas für den alltäglichen Umgang mit Informatiksystemen lernen konnten. Der Kurslehrer empfiehlt, dass das Thema Informationsrecherche bereits in der Sekundarstufe I behandelt werden sollte, weil die Lernenden dies auch schon in früheren Phasen nutzen müssen. Er weist außerdem im Interview darauf hin, dass die Unterrichtseinheiten nicht zu schwierig waren und dass die Lernenden insbesondere davon profitieren konnten, dass sie im Umgang mit realen vernetzten Rechnern über das Internet lernen konnten. Er äußert jedoch auch, dass es Stunden gab, in denen weniger geeignete Unterrichtsmittel verwendet wurden. Als positive Beispiele hinsichtlich der Tätigkeiten der Lernenden nannte er die Unterrichtsstunden zum Schichtenmodell und zum E-Mail-Versand.

5.4.4 Fazit

Mit Aufgabenklassen wird zunächst eine fachdidaktisch begründete Systematisierung von Aufgaben zu Internetworking bereit gestellt. Für den Einsatz in Lehr-Lernprozessen werden darüber hinaus Kriterien zur Gestaltung konkreter Aufgaben benötigt. Im durchgeführten Abschlusstest werden dazu ausgewählte Merkmale genutzt. Im Rahmen dieses Unterrichtsprojekts geht es darum, deren Anwendbarkeit aufzuzeigen. Daher kann auch keine abschließende Aussage zur Gewichtung einzelner Aufgabenmerkmale getroffen werden. Schließlich wird bei diesem Vorgehen, das nicht den Anspruch hat, alle möglichen Merkmale zu erfassen, nicht ausgeschlossen, dass die beobachteten Effekte nicht durch weitere Aufgabenmerkmale verursacht sind. Eine weitere Einschränkung der Schlussfolgerungen ergibt sich daraus, dass jeweils mehrere Merkmale variiert werden. Mit dem Test wird dennoch aufgezeigt, wie die Gestaltung von Aufgaben mit unterschiedlichem Anforderungsniveau durchgeführt werden kann.

Die Ergebnisse der Beobachtung des Unterrichts sowie die Befragung des Kurslehrers zeigen auf, dass mit dem Einsatz der Unterrichtsmittel unterschiedlich geeignete Lernaktivitäten verbunden sind. Zum Versand von Nachrichten konnten die erwarteten Lernerfolge mit der Einschränkung hinsichtlich der Infrastruktur zum E-Mail-Versand beobachtet werden. Auch der Kurslehrer beurteilt gerade diese Unterrichtseinheit als besonders gut, weil dort die Lernenden angemessen aktiviert wurden. Andere Lernaktivitäten, die im Wesentlichen die Analyse eines gegebenen

Sachverhalts umfassten, wie beispielsweise die Analyse des Internetaufbaus mit Traceroute, waren weniger erfolgreich. Es werden daher weitere Unterrichtsmittel benötigt, die entdeckendes Lernen durch die Analyse existierender Informatiksysteme, zugleich aber auch die Rekonstruktion ausgewählter Bestandteile ermöglichen.

Die Beobachtungen während des Unterrichts und die Befragung der Lernenden liefern Erkenntnisse dazu, wie Lehr-Lernprozesse gestaltet werden müssen, die zum Erwerb notwendiger Kompetenzen beitragen. Die Lernenden beurteilen das erworbene Wissen so, dass dieses bei der Verwendung von internetbasierten Anwendungen nützlich ist. Aus der Beurteilung der Lernenden wird gefolgert, dass der Nutzen im Unterricht deutlich geworden ist. Ein wichtiges Gestaltungskriterium für Informatikunterricht, dass der Sinn des erlernten deutlich gemacht werden muss, wird also erfüllt. Mit den Beobachtungen wird begründet, dass verschiedene Phänomene erklärt und daraus angemessene Handlungen abgeleitet werden können, wenn zum Verstehen der Funktionsweise des Internets Wissen über Strukturen und über Abläufe miteinander verknüpft wird.

5.5 Unterrichtsprojekt 4: „Internetaufbau und Datenaustausch“

Mit der Lernsoftware Filius ist es in besonderer Weise möglich, den formulierten Anforderungen an Handlungsmuster im Unterricht durch Fachkonzepte im Kontext und Nachbildung von Informatiksystemen zu genügen. Fachkonzepte im Kontext wird durch den Blick hinter die Benutzungsschnittstelle ermöglicht. Dennoch werden die grundlegenden Prinzipien des Internets nicht losgelöst von Anwendungen und Alltagserfahrungen der Lernenden untersucht. Die Nachbildung erfordert Analyse, Rekonstruktion und Simulation von Informatiksystemen. Es wird also die Möglichkeit genutzt, Strukturen und Abläufe realitätsnaher Szenarios mit Hilfe der verschiedenen Sichten, die Filius bereit stellt, zu untersuchen, eigene Bestandteile des Rechnernetzes zu konstruieren und die Funktionsweise durch Simulation zu überprüfen. Aus den vorangegangenen Unterrichtsprojekten wird deutlich, dass es, insbesondere um komplexe Alltagssituationen zu betrachten, notwendig ist, möglichst realistische Umgebungen zur Analyse zur Verfügung zu stellen. Zugleich ist es aber auch notwendig, die Komplexität, die durch den Umfang des Internets gegeben ist, zu reduzieren. Mit Filius stehen Möglichkeiten zur Verfügung realistische Anforderungssituationen zu simulieren.

Die Auswahl der Unterrichtsinhalte erfolgt auf Grund der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Unterrichtsprojekten. Ausgewählt werden solche Inhalte, zu denen bisher geeignete Lernaktivitäten fehlen. Konkret geht es um das Client-Server-Prinzip und IP-Adressierung im Kontext des Schulrechnernetzes, um den Aufbau von Internetworks und Paketvermittlung und um zuverlässigen Datenaustausch in paketvermittelnden Rechnernetzen. Damit liegt ein Schwerpunkt auf Inhalten zur Vermittlungs- und zur Transportschicht, die in anschließenden Unterrichtseinheiten ergänzt werden.

5.5.1 Untersuchungsgegenstand

In diesem Unterrichtsprojekt geht es darum, die Lernsoftware Filius als Komponente des Didaktischen Systems Internetworking zu erproben. Die Forschungsfragen richten sich dabei auf die didaktische Konzeption der Lernsoftware (Freischlad, 2007b) und die Anwendung in der Unterrichtspraxis. Der Informatikkurs in der Jahrgangsstufe 11 setzt sich aus vier Schülerinnen und elf Schülern zusammen. Das Unterrichtsprojekt wird mit vier Doppelstunden und einer Einzelstunde zwischen der zweiten und dritten Doppelstunde durchgeführt. Schwerpunkt des vorangegangenen Unterrichts ist auch in diesem Kurs die Programmierung mit Java gewesen. Es unterrichtet zunächst der Lehrer, der das erste und dritte Unterrichtsprojekt beobachtend begleitet hat. Aus organisatorischen Gründen seitens der Schule führt nach der Einzelstunde der

reguläre Kurslehrer den Unterricht fort, der den vorangegangenen Unterricht beobachtend begleitet hatte. Im folgenden wird, soweit dies zur Unterscheidung notwendig ist, von begleitendem Lehrer und Kurslehrer gesprochen. Die Unterrichtsplanung erfolgt durch die Lehrer in Absprache mit dem Forscher. Die Befragung der Lernenden findet im Rahmen der letzten Doppelstunde statt. In diesem Projekt werden folgende Fragen untersucht:

Inwieweit ist die didaktische Konzeption, die der Lernsoftware zugrunde liegt, geeignet, die bereits untersuchten Lehr-Lernprozesse zu unterstützen? Untersucht wird, ob den Lernenden die Verknüpfung von Strukturen des Internets und den damit verbundenen Abläufen im Lernprozess gelingt. Erwartet wird, dass die Lernenden verschiedene Strategien zur Untersuchung von Internetanwendungen anwenden. Daraus können Hinweise auf Fehlvorstellungen, die bei den Lernenden existieren, abgeleitet werden, die dann zu weiteren Anforderungen an die Lernsoftware führen. Lösungen der Lernenden werden daraufhin untersucht. Die Verknüpfung von Alltagserfahrungen und von Einblicken in nicht sichtbare Strukturen und Abläufe des Internets soll dazu führen, dass die Lernenden eigene Fragen stellen, die sie dann gezielt untersuchen. Es wird daher beobachtet, ob die Lernenden selbstständig mit der Lernsoftware arbeiten. Zur Beantwortung der Frage werden daher die Beobachtungen des Forschers, die Resultate der Aufgabenbearbeitung und die schriftliche Befragung der Lernenden analysiert.

Inwieweit profitieren Lernende und Lehrende durch die Verwendung der Software? Zur Akzeptanz durch Lehrende gehört, dass die Lernanwendung flexibel genug ist, um zielgruppenspezifisch eingesetzt zu werden. Außerdem muss die Lernanwendung für die sinnvolle methodische Unterrichtsgestaltung einsetzbar sein. Hinostroza u. a. (2000) führen an, dass Lernsoftware häufig schwer in den Unterricht eingebunden werden kann, wenn der Schwierigkeitsgrad nicht angemessen ist oder es zu lange dauert, bis nützliche Ergebnisse erzielt werden konnten. Als einen weiteren Grund für fehlende Akzeptanz nennen sie den häufig sehr großen Aufwand, damit die Software im Klassenraum eingesetzt werden kann. Der Lehrer beurteilt die Flexibilität beim Einsatz der Software hinsichtlich methodischer Unterrichtsgestaltung und zielgruppenspezifischer Anforderungen. Außerdem bewertet er den Schwierigkeitsgrad und den Nutzen des Einsatzes und die Motivation der Lernenden im Vergleich zu anderen Unterrichtssituationen. Der Lehrer kann zudem wünschenswerte Erweiterungen und Hinweise zur Handhabbarkeit für Lehrende nennen. Hinsichtlich des Lernprozesses ist die Frage nach dem Lernerfolg der Lernenden und zu Schwierigkeiten mit der Benutzungsoberfläche zu klären. Hinweise dazu werden durch die Beobachtung im Unterricht durch die Lehrer und den Forscher erwartet. Die Lernenden bewerten das Anforderungsniveau der Lernaktivitäten, die mit der Lernsoftware ermöglicht werden, und das Lernen mit der Software. Neben der expliziten Befragung der Lernenden und der Lehrenden zur Bewertung der Software werden auch die Beobachtungen des Forschers in die Analyse des Softwareeinsatzes einbezogen.

5.5.2 Forschungsmethodik zur Erprobung der Lernsoftware

Hinostroza u. a. (2000) nennen drei Ansätze zur Evaluation von Lernsoftware. Experimentelle Methoden nutzen ein Kontrollgruppendesign um die Effektivität einer Software zu bewerten. Der Checklisten-Ansatz beruht auf einer Liste von zuvor bestimmten Kriterien, die zur Bewertung angewendet werden. Der dritte Ansatz ist die qualitative Evaluation. Dies ermöglicht eine Auswertung in einem situierten Kontext.

„So, in order to evaluate a piece of software, we argue that it is not possible to assess it as an isolated element, rather it needs to be evaluated in a specific social context and set of circumstances“ (Hinostroza u. a., 2000, S. 107).

Mit qualitativen Methoden kann neben der Interaktion mit dem Rechner auch die Interaktion um den Rechner herum mit berücksichtigt werden. In der Untersuchung werden mögliche Ursachen für Schwierigkeiten qualitativ und nicht das Ergebnis des Lehr-Lernprozesses quantitativ bestimmt. Deshalb wird die Erprobung als qualitative Studie durchgeführt. Zur Untersuchung werden auch in dieser Erprobung vier Methoden eingesetzt, die jedoch den Anforderungen und den Rahmenbedingungen angepasst werden.

Im Lehrerinterview geht es um die Einschätzung der Lernsoftware durch den Lehrer. Diese Befragung kann auch mit mehreren Befragten durchgeführt werden. Bortz und Döring (2002) zählen zu den Vorteilen der Gruppenbefragung, dass in der Regel eine entspanntere Atmosphäre herrscht, weil die einzelne Person nicht so stark gefordert ist. Außerdem kann das Mithören der Antworten Anderer eigene Gedanken anregen und somit können mehr Ideen entwickelt werden. Zu den Nachteilen gehört, dass die Situation für den Interviewer bei größeren Gruppen unübersichtlich wird und die Auswertung der Aufzeichnung erschwert wird, wenn mehrere Teilnehmer zugleich sprechen. Geeignet ist das Gruppeninterview also besonders dann, wenn die Gruppen klein und möglichst homogen sind (Bortz und Döring, 2002, S. 243). Die Nachteile des Gruppeninterviews nehmen mit der Anzahl der Teilnehmer zu. An der Erprobung von Filius waren zwei Informatiklehrer beteiligt. Daher werden die positiven Effekte des Gruppeninterviews genutzt.

Um die Schwierigkeiten der Lernenden in der Erarbeitungsphase des Unterrichts untersuchen zu können, werden in diesem Unterrichtsprojekt die Lösungen der Lernenden einbezogen, die im Unterricht mit der Lernsoftware erstellt werden. Die Ergebnisse werden durch den Kurslehrer nach den Unterrichtsstunden gesammelt. Sie werden aber nicht zur Bewertung des Lernerfolgs ausgewertet.

5.5.3 Unterrichtsdurchführung

In Abbildung 5.13 ist die Wissensstruktur zur vierten Erprobung dargestellt.

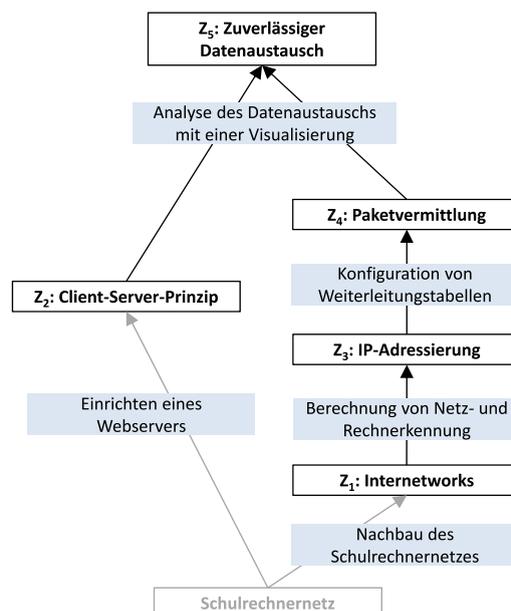


Abbildung 5.13: Wissensstruktur zu „Internetaufbau und Datenaustausch“

Ausgangspunkt ist die Besichtigung des Schulrechnernetzes. Der Lehrer zeigt und erläutert den Aufbau des Rechnernetzes und seiner Komponenten. Die Lernenden untersuchen anschließend

die IP-Konfiguration der Rechner in verschiedenen Rechnerräumen. Die Rechnerkennung besteht im Schulrechnernetz aus zwei Bytes. Das erste dieser Bytes ist für alle Rechner eines Raumes identisch. Die Funktion eines Vermittlungsrechners zur Verbindung mehrerer lokaler Rechnernetze wird erläutert. Die Lernenden bauen zunächst das Schulrechnernetz mit Filius nach. Dann ersetzen sie die manuelle Konfiguration der Rechner dadurch, dass auf dem Schulserver der DHCP-Server aktiviert und die Arbeitsplatzrechner darüber konfiguriert werden. Der Aufbau des Internets wird dadurch veranschaulicht, dass ein lokales Rechnernetz untersucht wird und die Verbindung von Rechnernetzen in Internetworks durch Vermittlungsrechner erfolgt.

Bekannt war den Lernenden der Abruf einer Webseite vom Schulserver mit Hilfe der IP-Adresse. Das nachgebildete Schulrechnernetz wird mit einem Webserver und Webbrowser auf die korrekte Funktion getestet. Außerdem richten die Lernenden eine eigene Webseite auf dem Webserver ein. Damit wird das Client-Server-Prinzip an einem einfachen Beispiel veranschaulicht, wobei sowohl der Rechner, von dem die Webseite abgerufen wird, wie auch der Rechner, auf dem der Server installiert und die Webseite gespeichert ist, durch die Lernenden beobachtet werden kann.

Ausgehend vom Aufbau des Internets und der Konfiguration der IP-Adressen im Schulrechnernetz wird die Adressierung mit IP-Adressen untersucht. Erläutert wird, wie mit logischen Operatoren die IP-Adresse und Netzmaske in binärer Schreibweise miteinander verknüpft werden. Anhand der Netzkenntnis werden IP-Adressen verschiedenen Rechnernetzen zugeordnet. Die Erfahrungen im Schulrechnernetz zur Konfiguration von Rechnern werden damit auf das Internet erweitert.

Anknüpfend an das Wissen, dass Datagramme anhand der Komponenten einer IP-Adresse zugestellt werden, ist es möglich, die Weiterleitung von Datagrammen im Internet näher zu untersuchen. Unter Einbezug der IP-Adressen, die für den eigenen Rechner reserviert sind (127.0.0.0/8), wird der Ablauf zur Verarbeitung eintreffender IP-Pakete an einem Vermittlungsrechner erläutert und als Algorithmus beschrieben. Die Lernenden konfigurieren dann die Weiterleitungstabellen zu einem gegebenen Internetwork. Damit wird der Übertragungsweg beispielhafter Datagramme bestimmt. Das Internetwork und die Weiterleitungstabellen werden dann mit Filius nachgebaut und die Funktionsweise simuliert. Im Unterricht wird der Ablauf zur Weiterleitung mit dem Aufbau eines Internetwork durch die Analyse der Weiterleitung miteinander verknüpft.

Das Wissen zum Nachrichtenaustausch zwischen Client und Server und dem Versand von Paketen im Internet führt zu der Frage, wie die Daten zuverlässig ausgetauscht werden können. Am Beispiel einer Musikdatei wird erläutert, dass die Daten in mehreren Paketen verschickt werden müssen. Der dazu notwendige Datenaustausch wird mit einem Interaktionsdiagramm dargestellt. Die Lernenden beobachten den Verbindungsauf- und -abbau sowie die Datenübertragung mit Filius und bestimmen damit die Bedeutung der Bestandteile eines TCP-Segments. Ergebnis der Unterrichtseinheit ist ein Interaktionsdiagramm zum Drei-Wege-Handshake und eine Beschreibung ausgewählter Felder des Kopfteils eines TCP-Segments.

5.5.4 Auswertung der erhobenen Daten

Beobachtungen im Unterricht

Bei der Beobachtung geht es darum, Rückmeldungen zur didaktischen Konzeption und der Einsatzmöglichkeit zu erhalten. Zur Bewertung der didaktischen Konzeption, die mit Filius umgesetzt wurde, sollen daher Schwierigkeiten der Lernenden und deren Lösungsstrategien sowie das Engagement und das selbstständige Arbeiten bestimmt werden. Zur Bewertung des Softwareeinsatzes geht es insbesondere darum, konkrete Schwierigkeiten bei der Verwendung der Software und die notwendige Zeit zur Erreichung nützlicher Ergebnisse zu bestimmen.

Die Lernaktivitäten mit einer komplexen Umgebung eines virtuellen Rechnernetzes führte dazu, dass bisher nicht beobachtbare Schwierigkeiten der Lernenden erkannt werden konnten. In den vorangegangenen Unterrichtsprojekten wurde zumeist ein kleiner Ausschnitt nachgebildet oder untersucht. Das Vorhandensein des Internets wurde als selbstverständlich angenommen. Beim Lernen mit Filius traten daher schon beim Beispiel WWW Verständnisschwierigkeiten auf. Den Lernenden war nicht bewusst, dass vor dem Webseitenabruf ein Webserver installiert und gestartet werden muss. Nach einem entsprechenden Hinweis fragte ein Schüler, ob auf jedem Rechner ein Webserver installiert werden müsse. Außerdem trat die Frage auf, wo die zu bearbeitende Webseite zu finden ist. Es war nicht allen klar, dass diese Datei auf dem Rechner gespeichert ist, auf dem der Webserver installiert wurde. Weitere Schwierigkeiten traten auf, wenn das zuvor theoretisch erarbeitete Wissen zur Datagramm-Weiterleitung angewendet werden sollte. So wurde zunächst für jeden entfernten Rechner ein eigener Eintrag in der Weiterleitungstabelle vorgenommen. Die Verwendung von Netzkennungen zur Weiterleitung hatten die Lernenden also noch nicht verstanden. Darüber hinaus wurden falsche Einträge für die nächste Station vorgenommen. Lernende verwendeten die IP-Adresse einer beliebigen Netzwerkkarte des nächsten Vermittlungsrechners. Es lag also ein fehlendes Verständnis dafür vor, dass immer ein nächstes Ziel in einem angrenzenden Rechnernetz angegeben werden muss. Als wichtig hat sich herausgestellt, dass die Lernenden die Fachkonzepte in einen Gesamtzusammenhang einordnen und anwenden konnten.

Die Möglichkeit der Verbindung von Konstruktion bzw. Modifizierung und der Simulation unterstützte den entdeckenden Zugang zu den Unterrichtsinhalten. Der Test des Schulrechnernetzes erfolgte, indem die Lernenden Webserver und -client installierten und die vorhandene Webseite abriefen. Fehler traten auf, wenn eine IP-Adresse mehrfach vergeben wurde. Als ersten Schritt prüften die Lernenden die IP-Adresseinstellungen. Besonders motiviert waren die Lernenden bei der anschließenden Umgestaltung der Webseite. Sie ergänzten diese um eigene Bilder und experimentierten mit Formatierungsangaben für die Darstellung des HTML-Quelltextes. Auch Lernende, die keine Erfahrung mit der Gestaltung von Webseiten hatten, probierten mit Unterstützung anderer Veränderungen im Quelltext und deren Wirkungen aus. Nach einer ersten Konfiguration der Komponenten eines Internetwork wurden mit dem Abruf einer Webseite über mehrere Rechnernetze die Einstellungen getestet. Anhand der Darstellung des Datenaustauschs in der Netzwerksicht konnten verschiedene Fehler erkannt werden. Zum einen fehlten Einträge in Vermittlungsrechnern auf dem Übertragungsweg oder die Übertragung des ersten Segments zum Server funktionierte, aber es fehlten Einträge für den Rückweg. Ein anderer Fehler war, dass das Standard-Gateway entweder am Client- oder am Server-Rechner nicht eingestellt worden war. Fehler, die während der Simulation auftraten, konnten also dazu beitragen, dass die Lernenden ein Bewusstsein für notwendige Einstellungen zum Datenaustausch erhalten. Die selbstständige Bearbeitung unterstützte zudem schülerorientierte Lernprozesse.

Die Rückmeldung durch die Lernsoftware ermöglichte, dass die Lernenden in unterschiedlichem Tempo arbeiten konnten. Ein Schüler konfigurierte das Schulrechnernetz mit Hilfe eines DHCP-Servers selbstständig, bevor dessen Funktion erläutert wurde. Mit Ausnahme von Fragen zur Benutzungsoberfläche von Filius löste er diese zusätzliche Aufgabe ohne Hilfe. Nachdem seine Einstellungen funktionierten, erläuterte er diese weitere Möglichkeit seinen Nachbarn. Auch bei der Konfiguration des Internetwork versuchte ein Schüler die Einstellungen der Weiterleitungstabelle selbstständig vorab zu ergänzen. Was er in der Unterrichtsstunde jedoch nicht erfolgreich abschließen konnte. Nach der theoretischen Vorarbeit in der nächsten Unterrichtsstunde hatte ein Schüler nach etwa 25 Minuten eine lauffähige Konfiguration erstellt. Am Ende der Unterrichtsstunde hatten fast alle Lernenden erfolgreich einen Webseitenabruf durchführen können. Das Engagement der Lernenden wurde dadurch gefördert, dass intuitiv bekannte Sachverhalte systematisch untersucht werden konnten.

Bisher wegen ihrer fehlenden Anschaulichkeit unberücksichtigte bzw. intuitiv verwendete Fachkonzepte konnten mit angemessenem Aufwand im Lehr-Lernprozess aufgegriffen werden. Der Ab-

lauf zur zuverlässigen Datenübertragung wurde erst in diesem Unterrichtsprojekt systematisch erkundet. Die Lernenden setzten sich dazu zunächst mit der Nachrichtensicht zur Beobachtung des Datenaustauschs auseinander. Danach untersuchten sie zielgerichtet Verbindungsauf-, -abbau und Datenübertragung. Am Ende dieser Unterrichtsphase hatten alle den Verbindungsaufbau, einzelne auch die Segmentierung untersucht. Im anschließenden Unterrichtsgespräch wurde deutlich, dass die Lernenden die Funktionen der zu untersuchenden Felder im Kopfteil eines TCP-Segments korrekt zuordnen konnten. Die Nachrichtensicht als zusätzliche Sicht auf Rechnernetze zur Verknüpfung der Struktur und der Abläufe konnte im Unterricht zielführend eingesetzt werden.

Schwierigkeiten bereitete den Lernenden zunächst eine Einschätzung der Möglichkeiten und Grenzen der durch Filius simulierten Umgebung. Die Arbeit mit Filius lief dennoch schon in der ersten Unterrichtsstunde problemlos. Lernende verwendeten teilweise viel Zeit dazu, alle Möglichkeiten, die die Benutzungsschnittstelle von Filius zur Verfügung stellt, auszuprobieren. Zunächst war beispielsweise vielen Lernenden nicht klar, wie sie den Webbrowser verwenden können. So gaben sie dort ihnen bekannte Domainnamen ein. Als hilfreich hat sich erwiesen, dass die Komplexität der Internetstruktur auf einen überschaubaren Abschnitt reduziert wird.

Lehrerinterview

Im Interview mit den Lehrern geht es darum, den Einsatz der Lernsoftware als Unterrichtsmittel im Unterricht zu beurteilen. Die Lehrer werden zu drei Bereichen befragt. Zunächst geht es um die Einschätzung des Vorteils für Lernende. Dazu beurteilen die Lehrer sowohl die Motivation wie auch den beobachteten Lernerfolg. Im zweiten Teil werden die Lehrer dazu befragt, inwieweit die Lernsoftware die Unterrichtsgestaltung unterstützt. Es geht konkret um Konsequenzen für die Auswahl von Unterrichtsmethoden und um die Eignung für Lerngruppen mit heterogenen Voraussetzungen. Im dritten Teil werden die Lehrer dazu befragt, welche Anforderungen sie über die gegebenen Möglichkeiten hinaus an die Lernsoftware stellen. Erwartet werden Erkenntnisse zu Eigenschaften der Lernsoftware, die den Einsatz im Unterricht positiv und negativ beeinflussen.

Die Lehrer schätzen die Motivation der Lernenden beim arbeiten mit der Lernsoftware als ausgesprochen positiv ein. Der begleitende Lehrer sieht den Grund für die höhere Motivation in den zusätzlichen praktischen Übungen zu den Unterrichtsinhalten. Der Kurslehrer berichtet von positiver Rückmeldung durch Lernende zum Einsatz der Lernsoftware. Er weist zudem darauf hin, dass insbesondere solche Schüler, die nicht so viel Interesse an der Programmierung haben, beim Lernen mit der Lernsoftware besser in den Unterricht einbezogen wurden. Außerdem beobachtete er, dass im Vergleich zu anderen Unterrichtsstunden erworbenes Wissen in Folgestunden präsenter war und direkt daran angeknüpft werden konnte.

In der Beurteilung der Lernsoftware aus der Perspektive der Lehrenden geht es darum, inwieweit die Gestaltung von zielgruppenspezifischen Lehr-Lernprozessen unterstützt wird. Der begleitende Lehrer hebt insbesondere die Unterstützung für entdeckendes Lernen hervor, die dadurch möglich wird, dass die Lernenden handelnd aktiv sind und dazu individuelle Rückmeldung erhalten. Außerdem bewertet er den Unterricht in diesem Projekt dahingehend positiv, dass durch den Einsatz der Software zusätzliche Variabilität in der Unterrichtsgestaltung möglich ist. Der Kurslehrer sieht in der Möglichkeit, realistische Nachbildungen komplexer Sachverhalte zu erstellen einen erheblichen Vorteil, weil dies mit realen Geräten entweder gar nicht oder nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Die Lernsoftware unterstützt zudem das selbstständige Lernen, Üben und Vertiefen zu Hause. Eine Binnendifferenzierung im Unterricht hat sich seinen Beobachtungen zufolge automatisch dadurch ergeben, dass leistungsstarke Lernende über die gestellten Aufgaben hinaus weitere Funktionen des virtuellen Rechnernetzes erkundet haben. Der Zugang für die Lernenden bestand dann darin, weitere Geräte oder Anwendungen zu erkunden. Die Lehrer schätzen den Schwierigkeitsgrad der Lernsoftware so ein, dass diese sowohl

für einen Einstieg auch in niedrigeren wie auch zur Vertiefung in höheren Jahrgangsstufen eingesetzt werden könnte. Durch motivierende Tätigkeiten und individuelle Rückmeldungen wird das selbstständige entdeckende Lernen durch die Lernsoftware unterstützt.

Vorschläge zur Verbesserung der Lernsoftware beziehen sich darauf, den Einsatz im Unterricht zu erleichtern. Die Lehrer halten den Aufwand zur Einarbeitung durch die Lehrer für angemessen. Der Kurslehrer merkt an, dass eine Funktion nützlich wäre, die nur Lehrenden zur Verfügung steht und die es ermöglicht, ein lauffähiges Rechnernetz mit wenig Aufwand zu erstellen. An einem solchen Rechnernetz könnten dann wichtige Aspekte erläutert werden. Der begleitende Lehrer schlägt eine Hilfsfunktion vor, die auf unterschiedlichen Detaillierungsstufen die zugrunde liegenden Funktionsprinzipien der virtuellen Rechnernetze erläutert, um den Lernenden einen weiteren Zugang zur Funktionsweise von Rechnernetzen zu ermöglichen. Die Lehrer sehen also Verbesserungsmöglichkeiten darin, unterstützende Funktionen hinzuzufügen.

Befragung der Lernenden

Auch die Befragung der Lernenden trägt zur Beantwortung beider Fragestellungen dieser Erprobung bei. Hinsichtlich der Konzeption der Lernsoftware steht dabei die Motivation der Lernenden und der Lernerfolg im Vordergrund. Außerdem werden die Lernenden zum Lernen mit Filius als Unterrichtsmittel befragt. An der Befragung haben zwei Schülerinnen und elf Schüler teilgenommen.

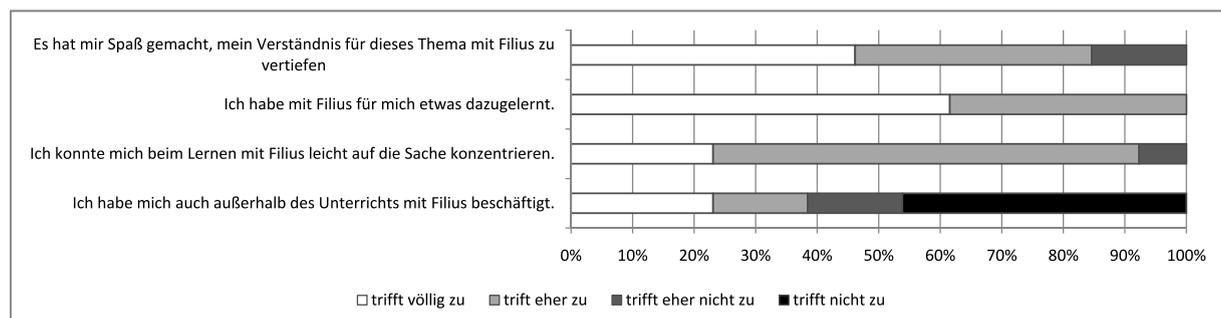


Abbildung 5.14: Beurteilung der Motivation zum Lernen mit Filius

Insgesamt arbeiteten die Lernenden motiviert mit der Lernsoftware. In den frei formulierten Antworten wird differenziert darauf eingegangen, was Lernenden gefallen hat. Eine Person schreibt:

„Ich finde es interessant mit Filius ein Rechnernetz aufzubauen und die Rechner so zu verbinden, dass man von jedem Rechner X nach Rechner Y [Daten] schicken kann.“

Als positive Eigenschaft wird auch genannt, dass es mit Filius möglich ist, ein Heimrechnernetz zu simulieren. In Abbildung 5.14 sind Resultate der Befragung zur Motivation dargestellt. Sowohl die Frage danach, ob sich die Lernenden auf das Lernen konzentrieren konnten, wie auch ob sie Freude am Lernen gehabt haben, wird von über 80 Prozent positiv beantwortet. Etwa 40 Prozent der Lernenden setzen sich außerdem auch außerhalb des Informatikunterrichts mit der Lernsoftware auseinander. Insbesondere die realitätsnahe Darstellung trug zur hohen Motivation der Lernenden bei.

Der Lernerfolg wird, wie in Abbildung 5.15 dargestellt, positiv eingeschätzt. Schwierigkeiten gab es für etwa 20 Prozent der Lernenden zum Thema Aufbau des Internets. Ein Grund dafür könnte sein, dass die meisten Aufgaben im Kontext lokaler Rechnernetze insbesondere des Schulrechnernetzes bearbeitet wurden.

Der Einsatz der Lernsoftware wird unterschiedlich eingeschätzt. In Abbildung 5.16 wird dargestellt, wie die Lernenden das Anforderungsniveau beim Lernen mit Filius beurteilen. Deutlich

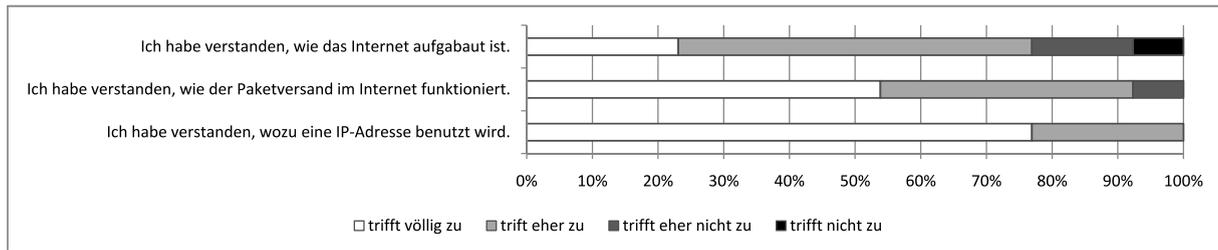


Abbildung 5.15: Selbsteinschätzung des Lernerfolgs mit Filius

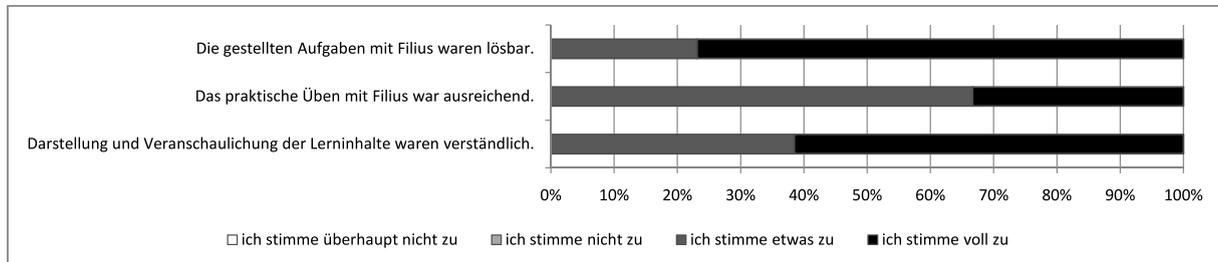


Abbildung 5.16: Beurteilung des Anforderungsniveaus

wird vor allem, dass die Aufgaben nicht zu schwer waren. Obwohl die Befragung gezeigt hat, dass alle Teilnehmer der Aussage, dass das praktische Üben mit Filius ausreichend war, zumindest etwas zustimmen, wird in der frei formulierten Antwort als negativ angemerkt, dass nicht ausreichend Zeit für das Lernen am Rechner zur Verfügung stand. Positiv wird angemerkt, dass die Darstellung der Rechnernetze mit Filius gut verständlich und die Benutzungsschnittstelle einfach und übersichtlich ist. Außerdem werden die vielfältigen Möglichkeiten durch die verschiedenen Programme positiv angemerkt. In einer freien Antwort wird herausgestellt, dass durch die praktischen Tätigkeiten mit Filius die Theorie besser verständlich wurde. Negativ werden teilweise sporadisch auftretende Fehler beurteilt. Auch im Hinblick darauf, dass fünf der Teilnehmer die Software auch zu Hause verwendet haben, wird die Verwendung von Filius insgesamt positiv bewertet.

5.5.5 Fazit

Fachkonzepte im Kontext und Nachbildung als methodische Prinzipien zur methodischen Gestaltung des Unterrichts zu Internetworking werden durch den Einsatz der Lernsoftware Filius unterstützt. Beobachtungen und Befragung zeigen, dass der Einsatz der Software die Lernenden motivierte und geeignet ist, selbstständiges Lernen, Üben und Vertiefen der Unterrichtsinhalte zu fördern. Erkenntnisse zu weiteren Anforderungen an die Unterrichtsgestaltung können begründet werden. So wurde im Rahmen der Unterrichtsbeobachtung deutlich, dass es für das Verstehen durch die Lernenden wichtig ist, dass die Fachkonzepte nicht allein isoliert an einem kleinen Teilausschnitt des durch die vernetzten Stationen gebildeten Systems untersucht, sondern vielmehr im Kontext eines Gesamtsystems zugänglich gemacht werden.

Die Handhabung der Lernsoftware wird von Lehrenden und Lernenden als angemessen beurteilt. Aufgetretene Schwierigkeiten hingen insbesondere mit Softwarefehlern zusammen. Die Lernsoftware ist flexibel einsetzbar und erweitert die Möglichkeiten im Besonderen für praktische Lernaktivitäten. Den Lehrenden wird damit ein größerer Gestaltungsspielraum gegeben. Für Lernende äußert sich dies insbesondere darin, dass selbstständiges entdeckendes Lernen motiviert und bessere Lernergebnisse erzielt werden. Der handelnde Zugang wird von Lehrenden wie Lernenden

als angemessenes Anforderungsniveau beurteilt.

5.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde dargestellt, wie das Unterrichtsmodell, das durch das Didaktische System beschrieben wird, erprobt und das Unterrichtskonzept im Informatikunterricht implementiert wurde. Dazu ist die Forschungsmethodik zur formativen Evaluation begründet und die Unterrichtsprojekte sind dokumentiert und ausgewertet worden. Zur Integration des Unterrichtskonzepts in den regulären Informatikunterricht ist die Akzeptanz durch Lehrende und Lernende notwendige Voraussetzung. Die Ergebnisse der Befragungen lassen den Schluss zu, dass die Akzeptanz vorliegt. Außerdem müssen die Minimalziele für die Sekundarstufe II in Lehr-Lernprozessen realisiert werden. Als Ergebnis liegen begründete Erkenntnisse zum Didaktischen System Internetworking und erprobte Unterrichtssequenzen vor.

	Wissensstrukturen	Aufgabenklassen	Lernsoftware
P ₁		Bedarf für Kriterien zur Gestaltung niveaubestimmender Aufgaben	Bedarf für Unterrichtsmittel zur Unterstützung handlungsorientierter Lernaktivitäten
P ₂	Erweiterung der Wissensstrukturen um notwendige Fachkonzepte	Konkretisierung der Anforderungen zur Aufgabengestaltung	
P ₃	Erfolgreiche Erprobung einer umfassenden Wissensstruktur	Erfolgreiche Erprobung der Kriterien zur Aufgabengestaltung	Konkretisierung der Anforderungen an Lernsoftware zur Unterstützung geeigneter Lernaktivitäten
P ₄			Erfolgreiche Erprobung der Lernsoftware im Unterricht

Tabelle 5.3: Beitrag der Unterrichtsprojekte zur Untersuchung der Komponenten des Didaktischen Systems

In Tabelle 5.3 werden die Ergebnisse der empirischen Studien im Hinblick auf die Komponenten des Didaktischen Systems Internetworking zusammengefasst. Im ersten Unterrichtsprojekt (P₁) wurde der erste Ansatz für eine Wissensstruktur und zur Gestaltung von Aufgaben zu Internetworking erprobt. Die verwendeten Wissensstrukturen wurden durch den Kurslehrer als schlüssig bewertet. Es wurde jedoch deutlich, dass weitere handlungsorientierte Zugänge für den entdeckenden Unterricht ausgewählt und gegebenenfalls dazu notwendige Unterrichtsmittel entwickelt werden müssen. Auf Grund der Unterrichtsbeobachtungen und der Testergebnisse wurde deutlich, dass Gestaltungsmerkmale von Aufgaben bestimmt werden müssen, um diese insbesondere für weniger erfahrene Lehrpersonen nutzbar zu machen. In dem Projekt wurde die Forschungsmethodik erfolgreich angewendet und Anforderungen an die Komponenten Aufgabenklassen und Lernsoftware aufgedeckt. Die Akzeptanz der Unterrichtssequenz durch die Lernenden konnte nachgewiesen werden.

Im zweiten Unterrichtsprojekt, in dem der Forscher selbst unterrichtete, ging es um die Frage nach Fehlvorstellungen der Lernenden und um die Bewertung der Lernaktivitäten. Aufgezeigt wurde, dass die zugrunde liegende Wissensstruktur um weitere Fachkonzepte erweitert werden muss, um ein angemessenes Verstehen der Internetstrukturen zu erreichen. Außerdem werden zusätzliche Aufgabenklassen und Kontexte zur Gestaltung von Aufgaben benötigt. Ergebnis des zweiten Projekts sind die Ergänzung der verwendeten Wissensstruktur und die Konkretisierung der Anforderung zur Gestaltung von Aufgaben. Als wichtige Voraussetzung zur Akzeptanz durch

die Lernenden wurde die explizite Verbindung von Alltagsanforderungen und Fachkonzepten bestimmt.

Vor dem dritten Unterrichtsprojekt lagen Erkenntnisse zu Anforderungen der drei Komponenten des Didaktischen Systems vor. Die fünf Minimalziele zu Internetworking konnten umgesetzt werden. Die Lernsoftware konnte aber noch nicht eingesetzt werden. Ein besonderer Schwerpunkt lag daher auf der Gestaltung angemessener Aufgaben. Mit dem Test konnte die Aufgabengestaltung erfolgreich erprobt werden. Ergebnis der Beobachtungen war, dass Problemsituationen erklärt und daraus angemessene Handlungen abgeleitet werden können, wenn das Verstehen der Funktionsweise des Internets Wissen über Strukturen und über Abläufe miteinander verknüpft. Als geeignete Lernaktivitäten zum entdeckenden Lernen wurde die Analyse existierender Informatiksysteme und die Rekonstruktion ausgewählter Bestandteile bestätigt. Daraus konnte eine wichtige weitere Anforderung an die Lernsoftware bestimmt werden. Die Gestaltungsmerkmale für Aufgaben auf der Basis von Aufgabenklassen wurden erfolgreich angewendet und Anforderungen an Lernaktivitäten und damit auch an Lernsoftware konkretisiert. Die Unterrichtssequenz wurde sowohl durch den Kurslehrer wie auch durch die Lernenden positiv bewertet.

Zum Abschluss der empirischen Studien musste die Erprobung der Lernsoftware im Unterricht und der Transfer des Unterrichtskonzepts in den regulären Informatikunterricht durchgeführt werden. Im Rahmen der Unterrichtsbeobachtung wurde deutlich, dass es für das Verstehen durch die Lernenden wichtig ist, dass die Fachkonzepte nicht allein isoliert an einem kleinen Teilausschnitt des durch die vernetzten Stationen gebildeten Systems untersucht werden, sondern diese im Kontext eines abgeschlossenen Systems zugänglich gemacht werden müssen. Im vierten Projekt wurde die Lernsoftware Filius erfolgreich eingesetzt und der Transfer des Unterrichtskonzepts in den regulären Informatikunterricht durchgeführt.

6 Zusammenfassung, Fazit und offene Fragen

6.1 Zusammenfassung

In dem beschriebenen Forschungsprojekt ging es um eine theoretische und eine praktische Forschungsfrage, die durch das Didaktische System Internetworking verschränkt sind. Im Rahmen der theoretischen Fragestellung wurden die Bildungsanforderungen an Informatikunterricht analysiert und dazu ein Unterrichtsmodell entwickelt. Die praktische Fragestellung bezog sich darauf, wie das theoretisch begründete Unterrichtsmodell in der Unterrichtspraxis implementiert werden kann. Der Forschungsprozess wurde durch ein zyklisches Vorgehen aus theoretischer Fundierung und praktischer Exploration und Erprobung im Rahmen von Unterrichtsprojekten geprägt. Erkenntnisse der Informatik und der zugehörigen Fachdidaktik, der Erziehungswissenschaft und der Lernforschung wurden im Forschungsprojekt zueinander in Bezug gesetzt. Das Ergebnis ist das theoretisch fundierte und in der Unterrichtspraxis erfolgreich implementierte Didaktische System Internetworking.

Die Analyse der Bildungsanforderungen erforderte, Kriterien für Informatikunterricht und Bildungsziele als Kompetenzen zu verknüpfen. Fundamentale Ideen der Informatik sowie der informationszentrierte und der systemorientierte Ansatz für Informatikunterricht beschreiben Kriterien zur Auswahl geeigneter Inhalte für Lehr-Lernprozesse im Informatikunterricht. Die Untersuchung von Besonderheiten rechnerbasierter Medien lieferte Anforderungssituationen zu Internetworking. Nationale und internationale Bildungsempfehlungen für die informatische Bildung zeigen mögliche Schwerpunkte der Lehr-Lernprozesse auf. So konnten sechs Kompetenzen mit Bezügen zu informatischen Inhalten identifiziert und beschrieben werden. Erkenntnisse der Didaktik der Informatik wurden an die Bildungsanforderungen anknüpfend hinsichtlich ihres Beitrags zur Entwicklung des Unterrichtsmodells untersucht. Bis dahin fehlte ein schlüssiges umfassendes Unterrichtsmodell zu Internetworking, das zur Umsetzung der identifizierten Bildungsanforderungen in die Unterrichtspraxis geeignet ist.

Die Komponenten des Didaktischen Systems Internetworking beschreiben das Unterrichtsmodell, indem Lehr-Lernprozesse strukturiert, die Beschreibung von Tätigkeiten der Lernenden systematisiert und Unterrichtsmittel für den Kompetenzerwerb zur Verfügung gestellt werden. Wissensstrukturen sind anwendbar, um sowohl Erarbeitungsstrukturen wie auch den Lernstand darzustellen. Die Beziehungen zwischen Wissens-elementen beschreiben mögliche Vorwissensbeziehungen. Mit zugeordneten Lernaktivitäten können dann Zugänge zu Wissens-elementen beschrieben werden. Die Wissens-elemente werden zur Unterrichtsplanung durch Grob- und Feinziele konkretisiert. Der Lernstand kann durch das Erreichen von konkreten Wissens-elementen dargestellt werden. Zur Untersuchung der Beziehungen zwischen Wissens-elementen zu Internetworking musste die theoretische Fundierung verfeinert werden.

Aufgabenklassen beschreiben das notwendige informatikbezogene Wissen, das zur Bearbeitung einer Aufgabe erforderlich ist. Die Aufgabenbearbeitung besteht daraus, dass ein informatischer Sachverhalt aus dem Stimulus und daraus eine Tätigkeit zur Erweiterung dieses Sachverhalts bestimmt sowie ausgeführt und schließlich ein Ergebnis als Antwort dargestellt wird. Die durch den Lehrenden gegebenen Einflussgrößen sind dann der Stimulus, die Fragestellung und das notwendige Wissen. Es wurde eine Strukturierung von Aufgabenklassen aufgrund verschiedener Möglichkeiten der Vernetzung notwendigen Wissens in Aufgaben entwickelt. Dazu wurden die Teilbereiche Internetanwendungen und -dienste, Aufbau des Internets, Schichtenarchitektur,

Funktionsprinzipien und Informationssicherheit unterschieden. Die so beschriebenen Aufgabenklassen bildeten den Ausgangspunkt dazu, Möglichkeiten der Erstellung und Modifikation von Aufgaben zu diskutieren.

Die Lernsoftware Filius unterstützt entdeckendes Lernen. In den Entwicklungsprozess der Lernsoftware wurden Erkenntnisse aus der Unterrichtspraxis einbezogen. Die Simulation internetbasierter Informatiksysteme erlaubt, dass Lernende Erkenntnisse über Aufbau und Funktionsweise des Internets erwerben. Die Übertragbarkeit der Simulationsergebnisse hängt von der Qualität des zugrunde liegenden Simulationsmodells ab. Komplexitätsreduktion wurde daher auf der Grundlage fachdidaktischer Erkenntnisse vorgenommen. Die Realisierung des Sichtenkonzepts zu Internetworking erfolgte mit vier synchronisierten Sichten, die den Lernenden den für entdeckendes Lernen notwendigen hohen Interaktionsgrad bereit stellen. Wissensstrukturen, Aufgabenklassen und Lernsoftware ergeben ein Unterrichtsmodell, das theoretisch fundiert und in der Unterrichtspraxis erprobt wurde, um ein in sich schlüssiges umfassendes Konzept zu Internetworking im Informatikunterricht zu beschreiben.

Die Realisierung des Unterrichtsmodells im Informatikunterricht erforderte die zielgruppenspezifische Konkretisierung des Didaktischen Systems Internetworking. Die Analyse der Bildungsvorgaben für die Sekundarstufe II in Nordrhein-Westfalen führte zur Formulierung von Minimalzielen und Anforderungen an die methodische Gestaltung des Unterrichts. Zur Gestaltung von Unterrichtsmitteln wurden ikonische Modelle für die Darstellung der Unterrichtsinhalte untersucht. Die Auswahl der Methoden für den Unterricht zu Internetworking erfolgte auf der Basis von Ansätzen der Fachdidaktik, der Erziehungswissenschaft und der Lernforschung. In den ersten Unterrichtsprojekten stand die Lernsoftware Filius noch nicht zur Verfügung. Daher mussten geeignete Unterrichtsmittel zur Realisierung praktischer Tätigkeiten untersucht und ausgewählt werden. Ziele, Inhalte und Methoden für die Realisierung der Unterrichtsprojekte wurden ausgewählt und begründet.

In insgesamt vier Unterrichtsprojekten wurde das Didaktische System Internetworking erprobt. Die Durchführung der empirischen Studien erfolgte im Sinne der Entwicklungsforschung zur schrittweisen Entwicklung, Erprobung und Überprüfung von aufeinander abgestimmten Maßnahmen. Zur Datenerhebung wurden Beobachtungsprotokolle, Lehrerinterviews, schriftliche Befragungen der Lernenden und Lernerfolgskontrollen erstellt bzw. durchgeführt, um notwendige unterschiedliche Perspektiven in die Auswertung einzubeziehen. Im ersten Unterrichtsprojekt konnte aufgezeigt werden, dass die gewählte Methodik, dass Lehramtsstudierende den Unterricht durchführen, die externe Validität nicht unzulässig beeinflusst. Es wurden erste Erkenntnisse zur Eignung von grundsätzlich unterschiedlichen Zugängen und eingesetzten Aufgaben gewonnen. Im zweiten Unterrichtsprojekt wurden weitere Inhalte für den Unterricht erschlossen. Als wichtiges Ergebnis konnten Fehlvorstellungen der Lernenden identifiziert werden, die insbesondere in der Entwicklung der Lernsoftware berücksichtigt wurden. Darüber hinaus konnten Erkenntnisse zu erforderlichen Aufgabenklassen bestimmt werden. Im dritten Unterrichtsprojekt wurden Ergebnisse der vorherigen Erprobungen erfolgreich umgesetzt. Einen Schwerpunkt bildete die Erprobung von Merkmalen zur Gestaltung von Aufgaben zur Erfolgskontrolle. Die Resultate im Abschlusstest weisen darauf hin, dass mit dem gewählten Ansatz unterschiedliche Anforderungsniveaus beschrieben werden können. Besonderheit des vierten Unterrichtsprojekts war, dass Kurslehrer in Absprache mit dem Forscher den Unterricht geplant und durchgeführt haben. Außerdem konnte erstmals die Lernsoftware Filius im Unterricht eingesetzt werden. Der Einsatz der Lernsoftware wurde von Lehrenden und Lernenden positiv bewertet. Damit konnte zudem die Überführung in regulären Informatikunterricht abgeschlossen werden. Die vier- bis achtwöchigen Unterrichtsinterventionen deckten Schwachpunkte auf, bestätigten die theoretische Fundierung und realisierten die Implementierung des Didaktischen Systems Internetworking im Informatikunterricht.

6.2 Fazit

Ausgangspunkt des Projekts waren zwei Forschungsfragen mit einem theoretischen und einem praktischen Schwerpunkt. Die erste Frage zielt darauf, zu einem erweiterten Verständnis von Bildungsprozessen zu Internetworking beizutragen. Die zweite Frage zielt darauf ab, die theoretische Fundierung in der Praxis nutzbar zu machen.

Wie kann aus dem Bildungspotential der Informatik im Bereich Internetworking ein theoretisch fundiertes Unterrichtsmodell, das Didaktische System Internetworking, gestaltet werden?

Die Verfeinerung der theoretischen Fundierung der Komponenten des Didaktischen Systems ermöglichte die Übertragung auf einen weiteren Bereich der Informatik. Die theoretische Fundierung zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen zu den identifizierten Bildungsanforderungen konnte mit dem Didaktischen System Internetworking beschrieben werden. Das wurde durch die empirische Erprobung aufgezeigt. Schubert und Schwill (vgl. 2004, S. 56) begründen den Aufbau eines Gesamtkonzeptes für den Informatikunterricht aus Bildungsmodulen, die unterschiedlich verknüpft und organisiert werden können. Das Didaktische System Internetworking beschreibt ein Modul für Informatikunterricht, in dem Voraussetzungen der Lernenden und Ziele dargestellt sowie die Grundlagen für zielgruppenspezifische Anpassungen berücksichtigt werden. Anforderungen an Informatikunterricht werden daran anknüpfend durch die Auswahl geeigneter Lernaktivitäten und durch die Entwicklung entsprechender Lernsoftware umgesetzt. Das Rahmenkonzept der Didaktischen Systeme, das um einen weiteren Bereich der Informatik erweitert wurde, leistet damit einen Beitrag zur Beschreibung von Bildungsmodulen.

Die fachliche Analyse erforderlicher Kompetenzen und die Aufdeckung von Vorwissensbeziehungen bereitet die Beschreibung von Kompetenzniveaus vor. Das Bildungspotential des Informatikunterrichts als Teil der informatischen Bildung wird nutzbar gemacht, indem fundamentale Ideen der Informatik identifiziert und darauf bezogene Lehr-Lernprozesse durch konkretere Vorgehensweisen und Prinzipien der Informatik zu Internetworking realisiert werden. Kompetenzen zu einem Ausschnitt der Informatik werden für den Bereich Internetworking formuliert und begründet. Bezüge zwischen Anforderungssituationen und informatischen Fachkonzepten konnten aufgezeigt werden. Die Messung von Kompetenzen wird durch Aufgabenklassen und Gestaltungskriterien für niveaubestimmende Aufgaben vorbereitet. Fachbezogene Unterrichtsinhalte und deren Beitrag zu erforderlichen Kompetenzen wurden begründet.

Wie kann das theoretisch begründete Didaktische System Internetworking in der Bildungspraxis implementiert werden?

Der Ansatz der Didaktischen Systeme fördert insbesondere Entscheidungen zu Zielen und Inhalten des Unterrichts. Mit Explorationsmodulen bzw. Lernsoftware zur Unterstützung entdeckenden Lernens ist zusätzlich eine unterrichtsmethodische Entscheidung für entdeckendes Lernen verbunden. Eine Auswahl geeigneter Unterrichtsmethoden auf der Stufe der Handlungsmuster erfolgt erst in einer Konkretisierung des Unterrichtskonzepts. Diese Entscheidungen beeinflussen die Gestaltung der Wissensstrukturen durch die Lernaktivitäten. Die Gestaltung institutionalisierter Lehr-Lernprozesse erfordert neben den Vorgaben zu Zielen, Inhalten und Methoden auch die Berücksichtigung zeitlicher Rahmenbedingungen des Lehrplanes. Diese Vorgaben beeinflussen auch die Gestaltung von Wissensstrukturen. Die Verwendung des Didaktischen Systems Internetworking, wie es entwickelt wurde, erfordert daher für andere Zielgruppen spezifische Anpassungen.

Die Verbindung theoretischer und empirischer Phasen im Forschungsprozess in mehreren Zyklen ermöglichte, wichtige Erkenntnisse aus der Praxis in die theoretische Fundierung einzubeziehen und die Überführung in den regulären Unterricht zu begleiten. Die Konkretisierung der Ziele und der methodischen Gestaltung auf der Grundlage von Bildungsvorgaben sowie die Auswahl geeigneter Repräsentationen für den Unterrichtseinsatz sind Voraussetzung zur Realisierung

des fachdidaktisch begründeten Konzepts. Die Unterrichtsbeobachtungen und die Lernerfolgskontrollen lieferten dann wertvolle Erkenntnisse zu Lernschwierigkeiten. Die Einschätzung der Lernenden zeigte insbesondere auf, wie die Lernenden die Anwendbarkeit in Situationen der Lebens- und Arbeitswelt beurteilten. Eine dahingehend positive Bewertung wird als wesentliche Eigenschaft kompetenzorientierten Unterrichts erachtet (vgl. Heymann, 2004, S. 8). Durch das Unterrichtskonzept ist es möglich, das Didaktische System empirisch zu erproben. Die kontinuierliche Schulkooperation, die damit verbundene Diskussion der Unterrichtspraxis mit Informatiklehrern und die Entwicklung geeigneter Unterrichtsmittel auf der Basis der Erkenntnisse aus Unterrichtsprojekten leisteten wesentliche Beiträge zur Realisierung.

Es wurde begründet, dass Zugänge zum Internetschichtenmodell Vorwissen der Lernenden zu Aufbau und Funktionsweise des Internets erfordern. Das Internetschichtenmodell konnte erfolgreich dazu eingesetzt werden, um einen zuvor erarbeiteten komplexen Sachverhalt zu strukturieren. Vermutet wird, dass Schichtenmodelle einen wichtigen Beitrag zum Verstehen von Informatiksystemen leisten (Kollee u. a., 2009). Die Implementierung im Informatikunterricht ist Voraussetzung für eine Evaluation im Hinblick auf diesen Beitrag. Zur Strukturierung der Lehr-Lernprozesse wurden fachdidaktische Kriterien und nicht das Internetschichtenmodell verwendet, weil zunächst eine übergreifende Betrachtung funktionaler Zusammenhänge erforderlich ist.

6.3 Offene Fragen

Wie hängen Aufgabenmerkmale und Kompetenzniveaus zusammen?

Aus der Beschreibung der Aufgabenbearbeitung wurde begründet, dass die untersuchten Aufgabenmerkmale sich gerade auf die vorgegebenen Objekte beziehen, die nicht Ergebnis von Aktivitäten der Lernenden sind. Die Beschreibung von Kompetenzniveaus erfolgt dagegen gerade im Hinblick auf die Aktivitäten, die zur Aufgabenbearbeitung erforderlich sind (siehe Abschnitt 3.2.5). Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Aufgabenmerkmalen und Kompetenzniveaus erfordert empirische Studien. Schlüter (2008) beschreibt einen Ansatz dafür.

Ist eine Umsetzung des Unterrichtskonzepts oder zumindest von Teilen auch in der Sekundarstufe I möglich?

Das Unterrichtsmodell wurde in der Sekundarstufe II erprobt. Sowohl in der Einschätzung des begleitenden Kurslehrers im Rahmen des Interviews, wie auch in Rückmeldungen anderer Lehrender, die Filius im Unterricht eingesetzt haben, wird darauf hingewiesen, dass Teile in der Sekundarstufe I realisiert werden können. Ausgewählte Inhalte werden auch in den Bildungsstandards der GI (GI, 2008) für die Sekundarstufe I gefordert. Erkenntnisse im Hinblick auf die unterschiedlichen Voraussetzungen der Lernenden werden durch die praktische Erprobung einer Untersuchung zugänglich.

Welcher Beitrag zur Kompetenzentwicklung wird durch die Umsetzung des Unterrichtskonzepts geleistet?

Die Erfolgskontrollen, die im Rahmen der Unterrichtsprojekte durchgeführt wurden, konnten zur Identifizierung von Fehlvorstellungen, zur Erprobung der Gestaltungskriterien und zur Einschätzung des Anforderungsniveaus ausgewertet werden. Es konnte jedoch keine Messung des Kompetenzniveaus erfolgen, die eine theoretische Fundierung durch ein Kompetenzmodell erfordert. Kollee u. a. (2009) entwickeln zur Zeit ein Kompetenzmodell für die Informatik. Auf dieser Grundlage soll es in Zukunft möglich sein, auch das Kompetenzniveau zu messen. In dieser Arbeit wurde dies durch die Beschreibung von Kompetenzen und durch Gestaltungskriterien für Aufgaben vorbereitet.

Welche Erkenntnisse resultieren aus einem Vergleich mit anderen – bisher nicht publizierten – Vorgehensweisen zu Internetworking?

Aus Gesprächen im Rahmen von Fortbildungsveranstaltungen für Lehrende und mit Lehramtsstudierenden ist dem Autor bekannt, dass weitere, nicht publizierte Zugänge zum Internet im Informatikunterricht bestehen. Mit der Publikation der Ergebnisse des Forschungsprojekts mit dem Ansatz des Didaktischen Systems ist eine Grundlage für die weitere fachdidaktische Diskussion unterschiedlicher Vorgehensweisen gelegt worden.

Literaturverzeichnis

- [Ackermann 2001] ACKERMANN, Edith: *Piaget's Constructivism, Papert's Constructivism: What's the difference?* 2001. – URL http://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget_Papert.pdf. – (URL geprüft: 05/2009)
- [ACM 2003] TUCKER, Allen ; DEEK, Fadi ; JONES, Jill ; MCCOWAN, Dennis ; STEPHENSON, Chris ; Verno, Anita ; TUCKER, Allen (Hrsg.): *A model curriculum for K-12 computer science*. 1. Auflage. New York (USA) : Association for Computing Machinery (ACM), 2003
- [ACM 2006] TUCKER, Allen ; DEEK, Fadi ; JONES, Jill ; MCCOWAN, Dennis ; STEPHENSON, Chris ; Verno, Anita ; TUCKER, Allen (Hrsg.): *A model curriculum for K-12 computer science*. 2. Auflage. New York (USA) : Association for Computing Machinery (ACM), 2006
- [Anderson u. a. 2001] ANDERSON, Lorin W. ; KRATHWOHL, David R. ; AIRASIAN, Peter W. ; CRUIKSHANK, Kathleen A. ; MAYER, Richard E. ; PINTRICH, Paul R. ; RATHS, James ; WITTRICK, Merlin C. ; ANDERSON, L. W. (Hrsg.) ; KRATHWOHL, D. R. (Hrsg.): *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing*. New York : Longman, 2001
- [Asschoff u. a. 2007] ASSCHOFF, André ; BADE, Johannes ; DITTICH, Carsten ; GERDING, Thomas ; HASSLER, Nadja ; KLEBERT, Ernst J. ; WEYER, Michell: *Abschlussbericht: Projektgruppe FILIUS*. Universität Siegen. 2007. – URL <http://www.die.informatik.uni-siegen.de/pgfilius/download/Dokumentation2.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Asschoff 2009] ASSCHOFF, André L.: *Fachdidaktische Diskussion ausgewählter Protokolle zur Übertragung kontinuierlicher Medien*. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für Lehrämter an Schulen, Universität Siegen. 2009
- [Atteslander 2003] ATTESLANDER, Peter: *Methoden der empirischen Sozialforschung*. Berlin : Walter de Gruyter, 2003
- [Ausubel u. a. 1978] AUSUBEL, D. P. ; NOVAK, J. D. ; HANESIAN, H.: *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1978
- [Baumann 1996] BAUMANN, Rüdiger: Informationssicherheit durch kryptologische Verfahren. Vorschläge für den Unterricht. In: *LOG IN* 16 (1996), Nr. 5/6, S. 52–61
- [Baumann 1999a] BAUMANN, Rüdiger: Digitale Unterschrift. Sichere Rechtsgeschäfte im Internet (Teil 1). In: *LOG IN* 19 (1999), Nr. 2
- [Baumann 1999b] BAUMANN, Rüdiger: Digitale Unterschrift. Sichere Rechtsgeschäfte im Internet (Teil 2). In: *LOG IN* 19 (1999), Nr. 3/4
- [Bell u. a. 2006] BELL, Tim ; WITTEN, Ian H. ; FELLOWS, Mike ; ADAMS, Robyn ; MCKENZIE, Jane ; POWELL, Matt: *Computer Science Unplugged*. Dezember 2006. – URL <http://www.google.com/educators/activities/unpluggedTeachersDec2006.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Benzie und Iding 2007] BENZIE, D. (Hrsg.) ; IDING, M. (Hrsg.): *Informatics, Mathematics and ICT: A Golden Triangle*. 2007

- [BLK 1995] BLK: Medienerziehung in der Schule – Orientierungsrahmen. In: *Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung* Bd. 44. Bonn : Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, 1995
- [Bortz und Döring 2002] BORTZ, Jürgen ; DÖRING, Nicola: *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin : Springer, 2002
- [Braun 2008] BRAUN, Wolfgang: *IT-Grundwissen – Informatik für berufliche Gymnasien*. 6. Auflage. Braunschweig : Winklers, 2008
- [Breier 1994] BREIER, Norbert: Informatische Bildung als Teil der Allgemeinbildung. In: *LOG IN* 14 (1994), Nr. 5/6, S. 90–93
- [Brinda 2004] BRINDA, Torsten: *Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II*, Universität Siegen, Dissertation, 2004
- [Brinda 2006] BRINDA, Torsten: Discovery Learning of Object-Oriented Modelling with Exploration Modules in Secondary Informatics Education. In: *Education and Information Technologies* 11 (2006), S. 105–119
- [Brinda und Schubert 2002] BRINDA, Torsten ; SCHUBERT, Sigrid: Didactic System for Object-oriented Modelling. In: WATSON, D. (Hrsg.) ; ANDERSEN, J. (Hrsg.): *Networking the Learner – Computers in Education*. Boston : Kluwer Academic Publisher, 2002, S. 473–482
- [Broy 1998] BROY, Manfred: *Informatik – Eine grundlegende Einführung, Band 1: Programmierung und Rechnerstrukturen*. 2. Auflage. Berlin : Springer, 1998
- [Bruner 1976] BRUNER, Jerome S.: *Der Prozess der Erziehung*. Düsseldorf : Berlin-Verlag, 1976
- [Bruner u. a. 1966] BRUNER, Jerome S. ; OLVER, Rose R. ; GREENFIELD, Patricia M.: *Studies in Cognitive Growth*. New York : John Wiley, 1966
- [Büchter und Leuders 2005] BÜCHTER, Andreas ; LEUDERS, Timo: *Mathematikaufgaben selbst entwickeln*. Berlin : Cornelsen Scriptor, 2005
- [Claus und Schwill 2006] CLAUS, Volker ; SCHWILL, Andreas: *Duden Informatik – Ein Fachlexikon für Studium und Praxis*. 4. Auflage. Mannheim : Bibliographisches Institut, 2006
- [Corbesero 2003] CORBESERO, S. G.: Teaching System and Network Administration in a Small College Environment. In: *JCSC* 19 (2003), Nr. 2, S. 155–163
- [ECDL 2007] ECDL FOUNDATION (Hrsg.): *European Computer Driving License / International Computer Driving License Syllabus Version 5.0*. 2007. – URL http://www.ecdl.org/files/products/docs/20080425123440_ECDL_ICDL_Syllabus_Version_5..pdf. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Eckert 2004] ECKERT, Claudia: *IT-Sicherheit*. 3. Auflage. München : Oldenbourg, 2004
- [Edelmann 2000] EDELMANN, Walter: *Lernpsychologie*. 6. Auflage. Weinheim : Beltz, 2000
- [Engelmann 2004] ENGELMANN, Lutz (Hrsg.): *Informatik bis zum Abitur*. 1. Auflage. Berlin : Paetec, 2004
- [EPA 2004] KULTUSMINISTERKONFERENZ (Hrsg.): *Einheitliche Prüfungsanforderungen Informatik*. 2004
- [Federal Networking Council 1995] FNC Resolution: Definition of “Internet”, 10 1995. – URL http://www.nitrd.gov/fnc/Internet_res.html. – (URL geprüft: 05/2009)

- [Freischlad 2006a] FREISCHLAD, Stefan: Beitrag des Informatikunterrichts zur Entwicklung von Medienkompetenzen. In: SCHWILL, Andreas (Hrsg.) ; SCHULTE, Carsten (Hrsg.) ; THOMAS, Marco (Hrsg.): *Didaktik der Informatik* Bd. P-99. Bonn : GI, 2006, S. 29–38
- [Freischlad 2006b] FREISCHLAD, Stefan: Learning Media Competences in Informatics. In: DAGIENE, V. (Hrsg.) ; MITTERMEIR, R. (Hrsg.): *Proceedings of Second International Conference on "Informatics in Secondary Schools. Evolution and Perspectives - ISSEP"*, 2006, S. 591–599
- [Freischlad 2007a] FREISCHLAD, Stefan: Anwenden und Verstehen des Internets – eine Erprobung im Informatikunterricht. In: (Schubert, 2007), S. 195–206
- [Freischlad 2007b] FREISCHLAD, Stefan: Exploration Module for Understanding the Functionality of the Internet in Secondary Education. In: LISTER, Raymond (Hrsg.) ; SIMON (Hrsg.): *Proceedings of the 7th Baltic Sea Conference on Computing Education Research* Bd. 88, CRPIT, 2007, S. 183–186. – URL <http://crpit.com/confpapers/CRPITV88Freischlad.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Freischlad 2008a] FREISCHLAD, Stefan: Design of Exercises and Test Items for Internetworking Based on a Framework of Exercise Classes. In: KENDALL, Michael (Hrsg.) ; SAMWAYS, Brian (Hrsg.): *Learning to Live in the Knowledge Society*. New York : Springer, 2008, S. 261–268
- [Freischlad 2008b] FREISCHLAD, Stefan: Didaktisches System „Internetworking“. In: SCHUBERT, Sigrid (Hrsg.) ; STECHERT, Peer (Hrsg.): *Bildungskonzepte für Internetworking und eingebettete Mikrosysteme. Didaktik der Informatik für E-Learning, Schule und Hochschule*. Bd. Band 8. Siegen : universi, 2008, S. 83–111
- [Freischlad 2008c] FREISCHLAD, Stefan: Knowledge Networks for Internetworking in the Process of Course Design. In: WHEELER, S. (Hrsg.) ; BROWN, D. (Hrsg.) ; KASSAM, A. (Hrsg.): *Proceedings of IFIP conference on "ICT and Learning for the Net Generation"*, URL <http://cs.anu.edu.au/iojs/index.php/ifip/article/view/1014/18>, 2008. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Freischlad 2008d] FREISCHLAD, Stefan: Zur theoretischen Fundierung von Wissensstrukturen am Beispiel „Internetworking“. In: BRINDA, T. (Hrsg.) ; FOTHE, M. (Hrsg.) ; HUBWIESER, P. (Hrsg.) ; SCHLÜTER, K. (Hrsg.): *Didaktik der Informatik - Aktuelle Forschungsergebnisse. 5. Workshop der GI-Fachgruppe „Didaktik der Informatik“*. Erlangen : Köllen, 2008 (Lecture Notes in Informatics (LNI) 135), S. 45–54
- [Freischlad und Schubert 2006] FREISCHLAD, Stefan ; SCHUBERT, Sigrid: Media Upheaval and Standards of Informatics. In: WATSON, D. (Hrsg.): *Proceedings of IFIP-Conference on "Imagining the future for ICT and Education"*, 2006
- [Freischlad und Schubert 2007] FREISCHLAD, Stefan ; SCHUBERT, Sigrid: Towards High Quality Exercise Classes for Internetworking. In: (Benzie und Iding, 2007)
- [Freischlad und Stechert 2008] FREISCHLAD, Stefan ; STECHERT, Peer: Discovery Learning about Informatics Systems. In: WHEELER, S. (Hrsg.) ; BROWN, D. (Hrsg.) ; KASSAM, A. (Hrsg.): *Proceedings of IFIP conference on "ICT and Learning for the Net Generation"*, URL <http://dl.ifip.org/iojs/index.php/ifip/article/view/1025/29>, 2008. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Frey u. a. 2001] FREY, Elke ; HUBWIESER, Peter ; HUMBERT, Ludger ; SCHUBERT, Sigrid ; VOSS, Siglinde: Informatik-Anfangsunterricht. In: *LOG IN* 21 (2001), Nr. 1, S. 20–32
- [Frey u. a. 2004] FREY, Elke ; HUBWIESER, Peter ; WINHARD, Ferdinand: *Informatik 1 – Objekte, Strukturen, Algorithmen*. Stuttgart : Ernst Klett Verlag, 2004

- [Frey 1960] FREY, Gerhard: Symbolische und ikonische Modelle. In: *Synthese* 12 (1960), Nr. 2-3, S. 213–221
- [GI 1999] GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK (GI) (Hrsg.): *Informatische Bildung und Medienerziehung*. 1999
- [GI 2000] GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK (GI) (Hrsg.): *Empfehlungen für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen*. 2000. – URL http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/gesamtkonzept_26_9_2000.pdf. – (URL geprüft: 05/2009)
- [GI 2006] GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK (GI) (Hrsg.): *IT-Sicherheit in der Ausbildung – Empfehlung zur Berücksichtigung der IT-Sicherheit in der schulischen und akademischen Ausbildung*. 2006. – URL <http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/GI-Empfehlung-IT-Sicherheit-in-der-Ausbildung-2006.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [GI 2008] GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK (GI) (Hrsg.): *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I*. 2008
- [Glasersfeld 1996] GLASERSFELD, Ernst v.: *Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme*. Frankfurt/Main : Suhrkamp, 1996
- [Goldwasser und Letscher 2007] GOLDWASSER, Michael H. ; LETSCHER, David: Introducing network programming into a CS1 course. In: *ITiCSE '07: Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*. New York, NY, USA : ACM, 2007, S. 19–22
- [Gudjons 2006] GUDJONS, Herbert: *Pädagogisches Grundwissen*. Bad Heilbrunn : Klinkhardt, 2006
- [Haberman u. a. 2008] HABERMAN, Bruria ; MULLER, Orna ; AVERBUCH, Haim: Multi-facet Problem Comprehension: Utilizing an Algorithmic Idea in Different Contexts. In: *Informatics Education – Supporting Computational Thinking*. Berlin : Springer, 2008 (Lecture Notes in Computer Science), S. 180–191
- [Hartmann u. a. 2007] HARTMANN, Werner ; NÄF, Michael ; REICHERT, Raimond: *Informatikunterricht planen und durchführen*. Berlin : Springer, 2007
- [Hartmann u. a. 2000] HARTMANN, Werner ; NÄF, Michael ; SCHÄUBLE, Peter: *Informationsbeschaffung im Internet*. Zürich : Orell Füssli, 2000
- [Heming u. a. 2007] HEMING, Matthias ; HUMBERT, Ludger ; RÖHNER, Gerhard: Vorbereitung aufs Abitur – Abituranforderungen transparent gestalten – mit Operatoren. In: *LOG IN* 148/149 (2007), S. 63–68
- [Hertelendi 2002] HERTELENDI, Bela: *Das Internet – Protokolle, Dienste und Anwendungen*. 2. Auflage. Europa-Lehrmittel, 2002 (Computerpraxis Schritt für Schritt)
- [Heuer 2007] HEUER, Ute: Lauschen am Internet – Experimente mit einem Nachrichtenrekorder im Informatikunterricht. In: (Schubert, 2007), S. 101–112
- [Heymann 2004] HEYMAN, Hans W.: Besserer Unterricht durch Sicherung von „Standards“? In: *Pädagogik* 6 (2004), S. 6–9
- [Hinostroza u. a. 2000] HINOSTROZA, Enrique ; REHBEIN, Lucio E. ; MELLAR, Harvey ; PRESTON, Christina: Developing Educational Software: A Professional Tool Perspective. In: *Education and Information Technologies* 5 (2000), Nr. 2, S. 103–117

- [Hubwieser 2005] HUBWIESER, Peter: Von der Funktion zum Objekt – Informatik für die Sekundarstufe 1. In: FRIEDRICH, Steffen (Hrsg.): *Unterrichtskonzepte für informatische Bildung* Bd. P-60, 2005, S. 27–41
- [Hubwieser 2007] HUBWIESER, Peter: *Didaktik der Informatik*. 3. Auflage. Berlin : Springer, 2007
- [Hubwieser und Broy 1996] HUBWIESER, Peter ; BROY, Manfred: Der informationszentrierte Ansatz – Ein Vorschlag für eine zeitgemäße Form des Informatikunterrichtes am Gymnasium / Technische Universität München. 1996 (TUM-I9624). – Forschungsbericht
- [Humbert 2003] HUMBERT, Ludger: *Zur wissenschaftlichen Fundierung der Schulinformatik*, Universität Siegen, Dissertation, 2003
- [Humbert 2006] HUMBERT, Ludger: *Didaktik der Informatik*. 2. Auflage. Teubner, 2006 (Leitfäden der Informatik)
- [ITU 1991] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU) (Hrsg.): *Security Architecture for Open Systems Interconnection for CCITT Applications (Recommendation X.800)*. 1991
- [Jank und Meyer 2005] JANK, Werner ; MEYER, Hilbert: *Didaktische Modelle*. Berlin : Cornelsen, 2005
- [Jonietz 2003] JONIETZ, Daniel: *Protokolle*. Pädagogische Hausarbeit zur Zweiten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien. 2003
- [Khalil 2006] KHALIL, Fida: *Gestaltung von PISA-Items für die Informatik zum Thema Informationssicherheit im Internet*, Universität Siegen, Diplomarbeit, 2006. – URL http://www.die.informatik.uni-siegen.de/e-publikationen/Diplom-Staatsexamen/Materialien/Diplomarbeit_Khalil.pdf. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Klafki 1985] KLAFKI, Wolfgang: *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik*. Weinheim : Beltz Verlag, 1985
- [Klieme u. a. 2007] KLIEME, E. ; AVENARIUS, H. ; BLUM, W. ; DÖBRICH, P. ; GRUBER, H. ; PRENZEL, M. ; REISS, K. ; RIQUARTS, K. ; ROST, J. ; TENORTH, H.-E. ; VOLLMER, H. J. ; BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (Hrsg.): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – Expertise*. 2007
- [Klieme 2004] KLIEME, Eckhard: Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? In: *Pädagogik* 6 (2004), S. 10–13
- [Kohler 2001] KOHLER, Britta: Problemorientiert lehren und lernen. In: SCHWETZ, H. (Hrsg.) ; ZEYRINGER, M. (Hrsg.) ; REITER, A. (Hrsg.): *Konstruktives Lernen mit neuen Medien*. Innsbruck : Studien-Verlag, 2001, S. 100–118
- [Kollee u. a. 2009] KOLLEE, Christian ; MAGENHEIM, Johannes ; NELLES, Wolfgang ; RHODE, Thomas ; SCHAPER, Niclas ; SCHUBERT, Sigrid ; STECHERT, Peer: Computer Science Education and Key Competencies. In: *IFIP World Conference on Computers in Education*. Bento Gonçalves (Brasilien), Juli 2009. – im Druck
- [Kornelsen u. a. 2005] KORNELSEN, L. ; LUCKE, U. ; TAVANGARIAN, D.: Expedition in das Datenreich: Exploratives Erlernen von Internetdiensten. In: HAAKE, J. M. AND LUCKE, U. AND TAVANGARIAN, D. (Hrsg.): *DeLFI 2005*, 2005 (LNI), S. 271–282
- [Koubek 2005] KOUBEK, Jochen: E-Mail-Kompetenzen – Ein Beispiel zu Standards für die informatische Bildung. In: *LOG IN* 135 (2005), S. 61–65

- [Koubek und Kurz 2007] KOUBEK, Jochen ; KURZ, Constanze: Informatik – Mensch – Gesellschaft im Schulunterricht. In: (Schubert, 2007), S. 125–133
- [Koubek und Witten 2008] KOUBEK, Jochen ; WITTEN, Helmut: *Informatik im Kontext*. Fachdidaktische Gespräche Königstein. Februar 2008. – URL <http://waste.informatik.hu-berlin.de/koubek/forschung/inik.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Kurose und Ross 2002] KUROSE, James F. ; ROSS, Keith W.: *Computernetze – Ein Top-Down-Ansatz mit Schwerpunkt Internet*. Amsterdam : Addison-Wesley, 2002
- [Lankes 1991] LANKES, Eva-Maria: *Deutsche Hochschuledition*. Bd. 19: *Vom Amtlichen Lehrplan zum Klassenlehrplan: eine empirische Untersuchung im Praxisfeld*. München : Ars Una, 1991
- [Lankes u. a. 2006] LANKES, Eva-Maria ; LORENZEN, Hinrich ; PETERSEN, Christiane ; URBAN, Sabine v. ; ZELEWSKI, Hans-Dieter v. ; ZIELINSKI, Dieter ; SCHULEN SCHLESWIG-HOLSTEIN (IQSH), Institut für Qualitätsentwicklung an (Hrsg.): *Kompetenzorientierter Mathematikunterricht*. 2006
- [Ley 1997] LEY, R.: JAVA-Script und CGI-Script in der Schule. Schüler programmieren für das World Wide Web. In: *LOG IN* 17 (1997), Nr. 5
- [LISA 2005] LANDESINSTITUT FÜR LEHRERFORTBILDUNG, LEHRERWEITERBILDUNG UND UNTERRICHTSFORSCHUNG VON SACHSEN-ANHALT (LISA) (Hrsg.): *Der neue Lehrplan für die Grundschule in Sachsen-Anhalt*. 2005. – URL <http://www.rahmenrichtlinien.bildung-lsa.de/pdf/dialog13.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Magenheim 2000] MAGENHEIM, Johannes: *Informatiksysteme und Dekonstruktion als didaktische Kategorien – Theoretische Aspekte und unterrichtspraktische Implikationen einer systemorientierten Didaktik der Informatik*. 2000. – URL http://ddi.uni-paderborn.de/fileadmin/Informatik/AG-DDI/Veroeffentlichungen/Paper/2000/sytemorientierter_ansatz.pdf. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Magenheim 2001] MAGENHEIM, Johannes: Deconstruction of Socio-technical Information Systems with Virtual Exploration Environments as a Method of Teaching Informatics. In: MONTGOMERIE, C. (Hrsg.) ; VITELI, J. (Hrsg.): *Proceedings of ED-MEDIA 2001, World conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*. Norfolk (VA), 2001, S. 1199ff
- [Magenheim 2003] MAGENHEIM, Johannes: Informatik Lernlabor – Systemorientierte Didaktik in der Praxis. In: HUBWIESER, Peter (Hrsg.): *Informatische Fachkonzepte im Unterricht* Bd. P-32. Bonn : GI, 2003, S. 13–31
- [Meyer 2003] MEYER, Hilbert: *Unterrichtsmethoden. Band I (Theorieband)*. Berlin : Cornelsen, 2003
- [Meyer 2005] MEYER, Hilbert: *Unterrichtsmethoden. Band II (Praxisband)*. Berlin : Cornelsen, 2005
- [Modrow 2003] MODROW, Eckart: *Pragmatischer Konstruktivismus und fundamentale Ideen als Leitlinien der Curriculumentwicklung*. Halle-Wittenberg, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Dissertation, 2003
- [MSWWF 1999] MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSWWF) (Hrsg.): *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Informatik*. Frechen : Ritterbach, 1999. – URL http://www.ritterbach.de/lp_online/4725.pdf. – (URL geprüft: 05/2009)

- [Müller 2006] MÜLLER, J.: Elektronisch unterschreiben. Teil 1: Gefahren im Internet. In: *LOG IN* 140 (2006)
- [Neupert und Friedrich 1997] NEUPERT, Heiko ; FRIEDRICH, Steffen: Lernen mit Netzen – Lernen über Netze. In: *LOG IN* 17 (1997), Nr. 6, S. 18–23
- [Nievergelt 1999] NIEVERGELT, J.: „Roboter programmieren“ – ein Kinderspiel. Bewegt sich auch etwas in der Allgemeinbildung? In: *Informatik-Spektrum* 22 (1999), S. 364–375
- [OECD 2004] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (Hrsg.): *Lernen für die Welt von morgen*. 2004
- [Oliver u. a. 2007] OLIVER, Iain ; GETCHELL, Kristoffer ; MILLER, Alan ; ALLISON, Colin: Using Disruptive Technology for Explorative Learning. In: *ITiCSE '07: Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*. New York, NY, USA : ACM, 2007, S. 96–100
- [Pelikan 2004] PELIKAN, Carsten: *Konstruktivistisches Lernen im Schulunterricht durch den Einsatz multimedialer Lernumgebungen*, RWTH Aachen, Diplomarbeit, 2004
- [Peterson und Davie 2004] PETERSON, Larry L. ; DAVIE, Bruce S.: *Computernetze*. Heidelberg : dPunkt, 2004
- [Peterßen 1994] PETERSEN, Wilhelm H.: *Handbuch Unterrichtsplanung: Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen*. München : Ehrenwirth, 1994
- [Poloczek 2007] POLOCZEK, Jürgen: *Kompetenzorientierter Unterricht*. September 2007. – URL http://www.informatik.uni-frankfurt.de/~poloczek/MNU-Tagung-2007-09-27/kompetenzorientierter_Informatikunterricht.pdf. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Pólya 1988] PÓLYA, George: *How to solve it*. 2. Auflage. Princeton : Princeton University Press, 1988
- [Rechenberg und Pomberger 2006] RECHENBERG, P. (Hrsg.) ; POMBERGER, G. (Hrsg.): *Informatik Handbuch*. München : Hanser, 2006
- [Reich 1996] REICH, Kersten: *Systemisch-konstruktivistische Didaktik – Eine allgemeine Zielbestimmung*. Neuwied : Luchterhand, 1996
- [RFC1122 1989] BRADEN, R. ; BRADEN, R. (Hrsg.): *Request For Comments 1122: Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*. 10 1989. – URL <http://www.rfc.net/rfc1122.html>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Rusch u. a. 2007] RUSCH, G. ; SCHANZE, H. ; SCHWERING, G.: *Theorien der Neuen Medien. Kino – Radio – Fernsehen – Computer*. Paderborn : Fink, 2007
- [Samways 2005] SAMWAYS, Brian (Hrsg.): *The eighth IFIP World Conference on Computers in Education (WCCE 2005)*. 2005
- [Schiffer und Templ 2006] SCHIFFER, S. ; TEMPL, J.: *Informatik Handbuch*. Kap. Das Internet, S. 1081–1110. München : Hanser, 2006
- [Schlüter 2008] SCHLÜTER, Kirsten: Je schwieriger die Aufgabe, desto klüger der Kopf? In: BRINDA, Torsten (Hrsg.) ; FOTHE, Michael (Hrsg.) ; HUBWIESER, Peter (Hrsg.) ; SCHLÜTER, Kirsten (Hrsg.): *Didaktik der Informatik – Aktuelle Forschungsergebnisse*. Bonn : Köllen, 2008 (Lecture Notes in Informatics (LNI) 135), S. 77–86

- [Schlüter und Brinda 2008] SCHLÜTER, Kirsten ; BRINDA, Torsten: From exercise characteristics to competence dimensions – exemplified by theoretical computer science in secondary education. In: WHEELER, S. (Hrsg.) ; BROWN, D. (Hrsg.) ; KASSAM, A. (Hrsg.): *Proceedings of IFIP conference on “ICT and Learning for the Net Generation”*, 2008
- [Schneier 2006] SCHNEIER, Bruce: *Angewandte Kryptographie*. München : Pearson Studium, 2006
- [Schnell 2000] SCHNELL, Ralf: *Medienästhetik. Zu Geschichte und Theorie audiovisueller Wahrnehmungsformen*. Stuttgart : Metzler, 2000
- [Schubert 2007] SCHUBERT, Sigrid (Hrsg.): *Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis*. Bd. P-112. Bonn : GI, 2007. (LNI)
- [Schubert u. a. 2007] SCHUBERT, Sigrid ; FREISCHLAD, Stefan ; STECHERT, Peer ; KEMPF, Wolfgang ; KOCH, Hartmut: Internetworking und Verstehen von Informatiksystemen. In: STECHERT, P. (Hrsg.): *Informatische Bildung in der Wissensgesellschaft*. Siegen : universi, 2007, S. 65–74
- [Schubert und Schwill 2004] SCHUBERT, Sigrid ; SCHWILL, Andreas: *Didaktik der Informatik*. Heidelberg : Spektrum, 2004
- [Schulmeister 2002] SCHULMEISTER, Rolf: Taxonomie der Interaktivität von Multimedia – Ein Beitrag zur aktuellen Metadaten-Diskussion. In: *Informationstechnik und Technische Informatik* 44 (2002), Nr. 4, S. 193–199
- [Schulte 2003] SCHULTE, Carsten: *Lehr- Lernprozesse im Informatik-Anfangsunterricht. Theoriegeleitete Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zur Objektorientierung in der Sekundarstufe II*, Universität Paderborn, Dissertation, 2003
- [Schwill 1993] SCHWILL, Andreas: Fundamentale Ideen der Informatik. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25 (1993), Nr. 1, S. 20–31. – URL <http://www.informatikdidaktik.de/Forschung/Schriften/ZDM.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Schwill 2004] SCHWILL, Andreas: Philosophical aspects of fundamental ideas: Ideas and concepts. In: MAGENHEIM, J. (Hrsg.) ; SCHUBERT, S. (Hrsg.): *Informatics and Student Assessment – Concepts of Empirical Research and the Standardisation of Measurement in the Area of Didactics of Informatics*. Bonn : GI, September 2004 (LNI), S. 145–157. – URL <http://www.informatikdidaktik.de/Forschung/Schriften/SchwillDagstuhl2004.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Spiro u. a. 1988] SPIRO, R. J. ; COULSON, R. L. ; FELTOVICH, P. J. ; ANDERSON, D. K.: Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. URL <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accno=ED302821>, Oktober 1988 (441). – Forschungsbericht. (URL geprüft: 05/2009)
- [Stechert 2007a] STECHERT, Peer: Understanding of Informatics Systems – A theoretical framework implying levels of competence. In: BERGLUND, M. (Hrsg.): *Proceedings of the 6th Baltic Sea Conference on Computing Education Research, Koli Calling*, 2007
- [Stechert 2007b] STECHERT, Peer: Von vernetzten fundamentalen Ideen zum Verstehen von Informatiksystemen – Eine Unterrichtserprobung in der Sekundarstufe II. In: (Schubert, 2007), S. 183–194
- [Stechert und Schubert 2007] STECHERT, Peer ; SCHUBERT, Sigrid: A Strategy to Structure the Learning Process Towards Understanding of Informatics Systems. In: (Benzie und Iding, 2007)

- [Steinert 2007] STEINERT, Markus: Lernzielgraphen und Lernzielerfolgsanalyse. In: (Schubert, 2007), S. 147–158
- [Steinkamp 1999] STEINKAMP, Dirk: *Informatik-Experimente im Schullabor*, Universität Dortmund, Diplomarbeit, 1999
- [Tanenbaum 2005] TANENBAUM, Andrew S.: *Computernetzwerke*. 4. Auflage. München : Pearson Studium, 2005
- [Tjaden und Tjaden 2006] TJADEN, Brian ; TJADEN, Brett: Training students to administer and defend computer networks and systems. In: *ITICSE '06: Proceedings of the 11th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*. New York, NY, USA : ACM, 2006, S. 245–249
- [Tulodziecki und Herzig 1998] TULODZIECKI, Gerhard ; HERZIG, Bardo: Praxis- und theorieorientierte Entwicklung und Evaluation von Konzepten für pädagogisches Handeln / Universität-Gesamthochschule Paderborn. 1998. – Forschungsbericht
- [Tusche 1997] TUSCHE, R.: OOP mit grafischer Benutzeroberfläche. OOP für Client-Server-Anwendungen. In: *LOG IN* 14 (1997), Nr. 3/4
- [Tusche 1998a] TUSCHE, R.: Rechnerstützung von Prozessen im Internet. In: *LOG IN* 18 (1998), Nr. 1
- [Tusche 1998b] TUSCHE, R.: Rechnerstützung von Prozessen im Internet (Teil 2). In: *LOG IN* 18 (1998), Nr. 3/4
- [Tusche 1999] TUSCHE, R.: Konferenz im Internet. 100% JAVA. In: *LOG IN* 19 (1999), Nr. 1
- [Ulbricht 1999] ULBRICHT, I.: Kryptologie mit der Turingmaschine. In: *LOG IN* 19 (1999), Nr. 6
- [UNESCO/IFIP 2002] WEERT, Tom van (Hrsg.): *Information and communication technology in secondary education – A Curriculum for Schools*. 2002. – URL <http://www.edu.ge.ch/cptic/prospective/projets/unesco/en/curriculum2000.pdf>. – (URL geprüft: 05/2009)
- [Voß 2006] VOSS, Siglinde: *Modellierung von Standardsoftwaresystemen aus didaktischer Sicht*, Technische Universität München, Dissertation, 2006
- [Wagenschein 2005] WAGENSCHN, Martin: *Verstehen lehren*. Weinheim : Beltz, 2005
- [Weigend 2007] WEIGEND, Michael: *Intuitive Modelle der Informatik*. Potsdam, Universität Potsdam, Dissertation, 2007
- [Weinert 1999] WEINERT, Franz E.: *Concepts of competence. Definition and Selection of Competencies*. April 1999
- [Wellenreuther 1982] WELLENREUTHER, Martin: *Grundkurs: Empirische Forschungsmethoden*. Königstein/Ts. : Athenäum, 1982
- [Werner 2004] WERNER, Laurie: Teaching principled and practical information security. In: *Journal of Computing Sciences in Colleges* 20 (2004), Nr. 1, S. 81–89
- [Witten und Schulz 2006] WITTEN, H. ; SCHULZ, R.-H.: RSA & Co. in der Schule. Moderne Kryptologie, alte Mathematik, raffinierte Protokolle. In: *LOG IN* 140 (2006)
- [Wittmann 1981] WITTMANN, Erich: *Grundfragen des Mathematikunterrichts*. 6. Auflage. Braunschweig : Vieweg & Sohn, 1981

- [Yue und Ding 2004] YUE, Kwok-Bun ; DING, Wei: Design and evolution of an undergraduate course on web application development. In: *ITiCSE '04: Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*. New York, NY, USA : ACM, 2004, S. 22–26
- [Zwaneveld 2000] ZWANEVELD, Bert: Structuring mathematical knowledge and skills by means of knowledge graphs. In: *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 31 (2000), Nr. 3, S. 393–414

Abbildungsverzeichnis

1.1	Phasen im Forschungsprozess	5
3.1	Komponenten des Didaktischen Systems und Kompetenzentwicklung	41
3.2	Vorwissen in Lehr-Lernprozessen	45
3.3	Verschiedene Beziehungstypen zu Internetworking	48
3.4	Darstellung von Lernpfadvarianten unter Berücksichtigung der Zugänglichkeit	53
3.5	Zugrunde liegende Beschreibung zur Bearbeitung einer Aufgabe	57
3.6	Internetwork zu Beispielaufgaben	58
3.7	Übersicht zu den Teilbereichen zu Internetworking	63
3.8	Abhängigkeiten der Fachkonzepte zum Aufbau des Internets	64
3.9	Abhängigkeiten der Fachkonzepte zur Schichtenarchitektur	65
3.10	Beziehungen zwischen Fachkonzepten zu Funktionsprinzipien des Internets	66
3.11	Strukturierung von Aufgabenklassen zu Internetworking	67
3.12	Aufgabe zur Verschlüsselung mit privatem Schlüssel	70
3.13	Dimensionen von Aufgabenmerkmalen	77
3.14	Entwicklung der Lernsoftware Filius im Rahmen des Forschungsprojekts	79
3.15	Paketdiagramm zur Architektur der Lernsoftware Filius	89
3.16	In Filius implementierter Protokollstapel	89
3.17	Virtuelle Arbeitsflächen in der Anwendungssicht	91
3.18	Aufbau eines Rechnernetzes und Konfiguration der Stationen in der Netzwerksicht	92
3.19	Ausschnitt aus dem aufgezeichneten Datenaustausch in der Nachrichtensicht	94
3.20	Bearbeitung eines Programms in der Quelltextansicht	95
4.1	Interaktion zwischen Prozessen im Rechnernetz	110
4.2	Kollaborationsdiagramme zur Darstellung der Interaktion	110
4.3	Darstellung eines lokalen Rechnernetzes	112
4.4	Darstellung der hierarchischen Strukturen	113
4.5	Schichtenmodelle zur Beschreibung der Internetarchitektur	114
4.6	Ein einfaches Zustandsdiagramm für einen SMTP-Server	114
4.7	Darstellung des Kopfteils von Protokolldateneinheiten	115
4.8	Beschreibung des Datenflusses zum Man-in-the-middle-Angriff	115
4.9	Modellierung des Datenflusses mit Aktivitätsdiagrammen	116
4.10	Wissensstruktur zu Kommunikation mit E-Mail	117
4.11	Wissensstruktur zu Zugriff auf Information im WWW	118
4.12	Wissensstruktur zu Bereitstellung von Ressourcen im WWW	119
4.13	Dig mit graphischer Benutzungsschnittstelle	128
4.14	Schichtenapplet zur Visualisierung des Datenaustauschs	129
4.15	Graphische Benutzungsschnittstelle des E-Mail-Programms „Postamt“	129
5.1	Wissensstruktur zu „Kommunikation und Schutz der Privatsphäre“	139
5.2	Bewertung der Unterrichtssequenz durch die Lernenden	144
5.3	Wissensstruktur zu „Internetstrukturen“	147
5.4	Notenverteilung zum Abschlusstest im zweiten Unterrichtsprojekt	149
5.5	Selbsteinschätzung der Lernenden zum Lernfortschritt	150
5.6	Wissensstruktur zu „Funktionsweise und Anwendungen“	153

5.7	Rekonstruktion der Verbindungen zwischen Vermittlungsrechnern mit Traceroute	154
5.8	Notenverteilung zum Abschlusstest im dritten Unterrichtsprojekt	158
5.9	Verbundene Rechnernetze zu Testaufgabe	160
5.10	Aktivitätsdiagramm Suchmaschine zu Testaufgabe	161
5.11	Boxplots zu den Testergebnissen	162
5.12	Gestaltung des Lehr-Lernprozesses und Relevanz der Inhalte	164
5.13	Wissensstruktur zu „Internetaufbau und Datenaustausch“	167
5.14	Beurteilung der Motivation zum Lernen mit Filius	171
5.15	Selbsteinschätzung des Lernerfolgs mit Filius	172
5.16	Beurteilung des Anforderungsniveaus	172
A.1	Beispiel zur Darstellung der Interaktion	195
A.2	Vorgegebener Teil des Zustandsdiagramms	196
A.3	Interaktionsdiagramm zum Webseitenabruf	197
A.4	Vorgegebener Teil der Baumdarstellung für Domainnamen	197
A.5	Kollaborationsdiagramm zur Auflösung eines Domainnamens	199
A.6	Verbund von Rechnernetzen	199
A.7	Verbund von Rechnernetzen	200
A.8	Aktivitätsdiagramm zur Suchmaschine	201

Tabellenverzeichnis

1.1	Forschungstätigkeiten im Verlauf des Forschungsprojekts	6
2.1	Ziele der Medienerziehung für informatische Bildung zu Internetworking	20
2.2	Fachkonzepte und fundamentale Ideen	25
2.3	Schutzziele und informatische Fachkonzepte im Kontext Internetworking	27
2.4	Übersicht zu Inhalten in den Bildungsempfehlungen	28
2.5	Kompetenzen und Inhalte des Informatikunterrichts	30
3.1	Beispiel für Grob- und Feinziele zu Internetworking	50
3.2	Repräsentationsstufen	68
3.3	Aufgabenformen in PISA-Testitems	71
3.4	Aufgabentypen als Ergebnis der Aufgabenanalyse	71
3.5	Aufgabentypen zur Beschreibung der Offenheit von Aufgaben	72
3.6	Vernetzungsmöglichkeiten von Aufgabenklassen	74
3.7	Identifizierte Zugänge für Fachkonzepte zu Internetworking	82
3.8	Perspektiven zu Internetworking	86
3.9	Vorgehensweisen im Unterricht und Interaktivitätsstufen	87
3.10	Realisierung der Perspektiven auf Informatiksysteme durch vier Sichten	97
4.1	Kompetenzen und Ziele des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II	106
4.2	Übersicht zu Inhalten in den Vorgaben für Informatikunterricht	106
4.3	Fünf Ebenen methodischen Handelns	120
4.4	Übersicht zu eingesetzten Unterrichtsmitteln	127
5.1	Beiträge der Datenerhebung	137
5.2	Übersicht zur Bewertung der Aufgaben auf der Grundlage ausgewählter Merkmale	163
5.3	Beitrag der Unterrichtsprojekte zur Untersuchung	173
A.1	Beschreibung der Zustände	196
A.2	Tabelle zur Berechnung von Rechner- und Netzkennung	198

A Lernerfolgskontrollen

A.1 Unterrichtsprojekt 1

Datum: 20.06.2006

Aufgabe 1 (8,5 Punkte)

Sie möchten eine E-Mail versenden. Wie sieht die Kommunikation zwischen Client und E-Mail-Server mit dem Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) ohne Authentifizierung aus?

- Formulieren Sie die einzelnen Schritte von Client und Server. Erstellen Sie dazu ein Diagramm nach dem folgenden Muster (siehe Abbildung A.1)!
- Welche Angaben werden für den Verbindungsaufbau zu einem Server benötigt und weshalb?

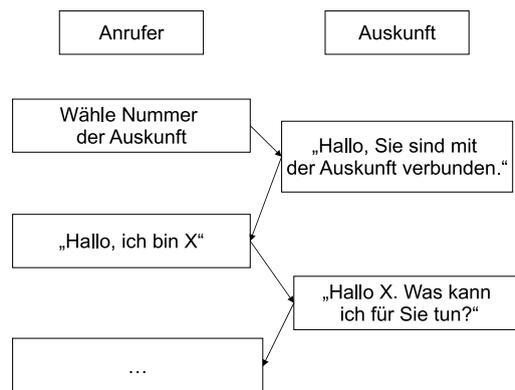


Abbildung A.1: Beispiel zur Darstellung der Interaktion zu Aufgabe 1(a)

Aufgabe 2 (6 Punkte)

Sie möchten im Web ein Online-Spiel anbieten. Es soll darin drei Spielstufen geben: „Anfänger“, „Fortgeschrittene“ und „Profis“. Ziel des Spiels ist es 60 Punkte zu erreichen. Um von der ersten zur zweiten Schwierigkeitsstufe zu gelangen benötigt man 20 Punkte auf dem Punktekonto. Ab der Spielstufe „Fortgeschrittene“ (zweite Spielstufe) gibt es auch Minuspunkte. Wenn das Punktekonto wieder auf einen Stand mit weniger als 20 Punkten sinkt, gelangt man wieder zur ersten Spielstufe. Zur dritten Schwierigkeitsstufe gelangt man mit 40 Punkten. Auch von hier kann man wieder zur vorhergehenden Spielstufe zurückfallen. Mit 60 Punkten erreicht man das Ziel.

Bestimmen Sie Anfangs- und Endzustand und vervollständigen Sie das Zustandsdiagramm (siehe Abbildung A.2) mit Zuständen und Zustandsübergängen zu folgender Tabelle (siehe Tabelle A.1)!

Zustand	Punktekonto
„Anfänger“	0–19
„Fortgeschrittene“	20 – 39
„Profis“	40 – 59
„Ziel“	60

Tabelle A.1: Beschreibung der Zustände zu Aufgabe 2



Abbildung A.2: Vorgegebener Teil des Zustandsdiagramms zu Aufgabe 2

Zusatzaufgabe (4 Punkte)

Wie können Sie vorgehen, wenn Sie einen Newsletter von einem Internet-Händler per E-Mail erhalten, der Ihnen verdächtig erscheint? Beschreiben Sie Ihr Vorgehen in Stichpunkten.

A.2 Unterrichtsprojekt 2

Datum: 01.12.2006

A.2.1 Variante A

Aufgabe 1 (4 Punkte)

Kreuzen Sie die richtigen Antworten an!

	Richtig	Falsch
In einem Protokoll wird der Ablauf der Interaktion zwischen zwei Programmen gespeichert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ein Server wartet auf eingehende Verbindungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ein Client nutzt Dienste, die von einem Server zur Verfügung gestellt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unter einem Server ist grundsätzlich ein besonders leistungsfähiger Rechner zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Setzen Sie in den folgenden Text sieben der unten aufgeführten Begriffe ein:

Ein _____ beinhaltet drei wichtige Angaben. An erster Stelle steht _____. Ein Beispiel dafür ist das _____. Nach einem Doppelpunkt und zwei Schrägstrichen folgt _____. Dieser wird von hinten durch Bereiche – so genannte _____ – zusammengesetzt. Hinter dem Domainname steht _____. Daraus kann man Rückschlüsse auf die Verzeichnisstruktur auf dem _____ ziehen. Um die Startseite einer Website zu sehen, ist es in der Regel ausreichend, diesen Teil aus dem URL zu entfernen.

Begriffe (7 aus 9):

das Protokoll, der Dateipfad, der Domainname, der Router, Domains, Hypertext Transfer Protocol (HTTP), Uniform Resource Locator, Webbrowser, Webserver

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Ergänzen Sie das folgende Interaktionsdiagramm (siehe Abbildung A.3) zum Ablauf der Anfrage an den Webserver mit dem folgenden URL:

`http://www.uni-siegen.de/studium/angebot/index.html`

Berücksichtigen Sie auch die Auflösung des Domainnamens zur IP-Adresse!

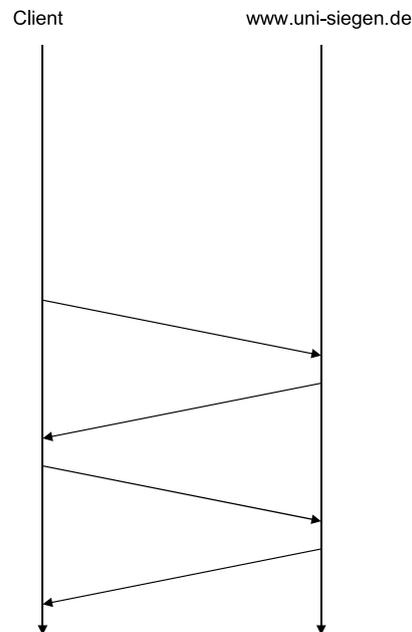


Abbildung A.3: Interaktionsdiagramm zum Webseitenabruf zu Aufgabe 3

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Erweitern Sie unten stehenden Baum zur logischen Struktur von Domainnamen (siehe Abbildung A.4) um:

`de.wikipedia.org`, `en.wikipedia.org`, `www.luftrettung-info.de.vu`, `www.bundesregierung.de`, `www.fb12.uni-siegen.de`



Abbildung A.4: Vorgegebener Teil der Baumdarstellung für Domainnamen zu Aufgabe 4

Beschreiben Sie in Stichwörtern den Ablauf der Auflösung des Domainnamens `de.wikipedia.org`. Berücksichtigen Sie dabei den lokalen DNS-Server.

(Gegeben ist der zweite von fünf Schritten: „Anfrage an Wurzel-DNS-Server → Antwort: IP-Adresse des ‚org‘-DNS-Servers“)

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Gegeben ist die IP-Adresse 141.99.50.133/17. Benennen Sie die Bestandteile und führen Sie deren Berechnung durch. Ergänzen Sie die leeren Zellen der folgenden Tabelle (siehe Tabelle A.2)!

IP-Adresse	141	99	50	133
binär	1000 1101		0011 0010	
Netzmaske	255	255		
binär	1111 1111	1111 1111		

Tabelle A.2: Tabelle zur Berechnung von Rechner- und Netzkenung zu Aufgabe 5

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Erläutern Sie, warum ein Domainname nicht dazu geeignet ist, eine Verbindung zwischen zwei Rechnern im Internet aufzubauen. Berücksichtigen Sie in Ihrer Erläuterung, dass dazu IP-Adressen genutzt werden.

A.2.2 Variante B

Aufgabe 1 (7 Punkte)

Setzen Sie in den folgenden Text sieben der unten aufgeführten Begriffe ein:

Die Interaktion zwischen Server und Client wird in Rechnernetzen mit _____ geregelt. Dabei wartet der _____ auf Anfragen und nimmt eingehende Verbindungsanfragen entgegen. Er ist damit also in einem _____. Der _____ startet einen Verbindungsaufbau. In dem Fall, dass vom Server ausschließlich der Domainname bekannt ist, wird zunächst der _____ nach der IP-Adresse gefragt. Erst dann wird mit der IP-Adresse des Servers die Verbindung aufgebaut. Die Interaktion mit dem _____ besteht immer aus einer _____ des Clients und der Antwort des Webservers.

Begriffe (7 aus 9):

Anfrage, Bereitschaftsmodus, Client, DNS-Server, Hypertext Transfer Protocol (HTTP), Interaktion, Protokollen, Rechner, Server

Aufgabe 2 (10 Punkte)

In der folgenden Abbildung (siehe Abbildung A.5) wird die Auflösung des Domainnamens `www.uni-siegen.de` in eine IP-Adresse beschrieben. Ergänzen Sie fehlende Komponenten in der Darstellung und beschriften Sie alle Pfeile und Felder!

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Notieren Sie den Uniform Resource Locator (URL) für die Datei `/studium/angebot/index.html` auf dem Webserver `www.uni-siegen.de`. Berücksichtigen Sie dabei auch das verwendete Protokoll. Benennen Sie die drei Teile des URL.

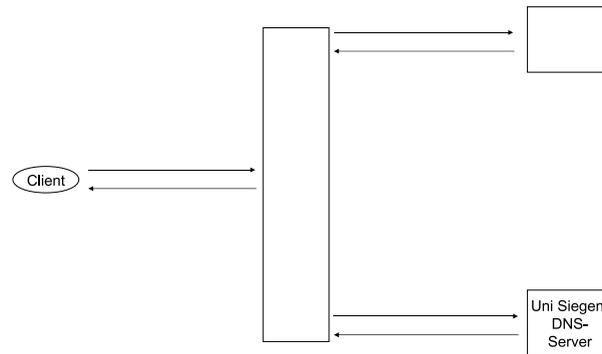


Abbildung A.5: Kollaborationsdiagramm zur Auflösung eines Domainnamens zu Aufgabe 2

Aufgabe 4 (8 Punkte)

Tragen Sie die IP-Adresse 141.99.64.200 in ein Feld der Abbildung (siehe Abbildung A.6) ein. Begründen und beschreiben Sie Ihr Vorgehen in Stichwörtern.

(Gegeben ist ein Teil des zweiten Schritts: „Berechnung der Netz-ID im lokalen Netz 1: ...“)

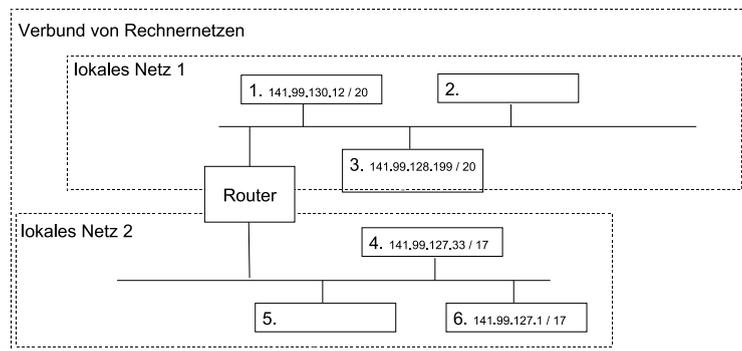


Abbildung A.6: Verbund von Rechnernetzen zu Aufgabe 4

Aufgabe 5 (4 Punkte)

Beschreiben Sie ein mögliches Vorgehen, um herauszufinden, wo ein Webserver steht. Beachten Sie dabei, welche geographische Information in einem Domainnamen und in einer IP-Adresse enthalten ist.

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Kreuzen Sie die richtigen Antworten an!

- | | Richtig | Falsch |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Ein Client initiiert einen Verbindungsaufbau zu einem anderen Programm. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ein Protokoll bestimmt Regeln und Dienste, die für die Interaktion zwischen zwei Programmen genutzt werden. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ein Server stellt zentrale Dienste in einem Rechnernetz zur Verfügung. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Unter einem Client ist grundsätzlich ein gewöhnlicher Arbeitsplatzrechner zu verstehen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

A.3 Unterrichtsprojekt 3

Datum: 30.05.2007

Aufgabe 1: „Domain Name System“

Julia ruft eine Webseite auf und hat den Verdacht, dass die angezeigte Seite nicht die „echte“ Webseite ist. Sie möchte gerne wissen, ob und wie das möglich ist. Erklären Sie das Domain Name System, indem Sie die folgenden Aufgaben bearbeiten:

- Beschreiben Sie die logische Struktur des Internets, indem Sie folgende Domainnamen in der im Unterricht kennen gelernten Darstellung grafisch einordnen: `www.google.de`, `de.wikipedia.org`, `en.wikipedia.org` und `www.die.informatik.uni-siegen.de`.
- Erklären Sie, unter Verwendung der Fachbegriffe, den Aufbau des folgenden Domainnamens `www.uni-siegen.de` (*Domainname geändert*)!
- Sie kennen die Auflösung eines Domainnamens mit und ohne Zwischenspeicher. Erklären Sie warum in einem der beiden Fälle die fehlerhafte Auflösung zu einer IP-Adresse, wie sie im Unterricht behandelt wurde, nicht möglich ist.

Aufgabe 2: „Aufbau des Internets und IP-Adressierung“

Mario möchte herausbekommen, woher er eine E-Mail erhalten hat. Er möchte dazu eine IP-Adresse überprüfen. Bestimmen Sie, ob Mario mit der IP-Adresse tatsächlich den Standort des Rechners bestimmen kann, indem Sie folgende Teilaufgaben bearbeiten:

- Das Internet besteht aus mehreren Rechnernetzen, die miteinander verbunden werden. Womit werden zwei Rechnernetze verbunden und welche Aufgabe hat diese Komponente beim Datenaustausch?
- Tragen Sie die IP-Adressen `141.99.64.200` und `141.99.200.200` in die leeren Felder der Abbildung (siehe Abbildung A.7) ein und vervollständigen Sie die IP-Adressen in den Feldern 3 und 6.
- Begründen und beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Zuordnung der IP-Adressen in Stichpunkten.

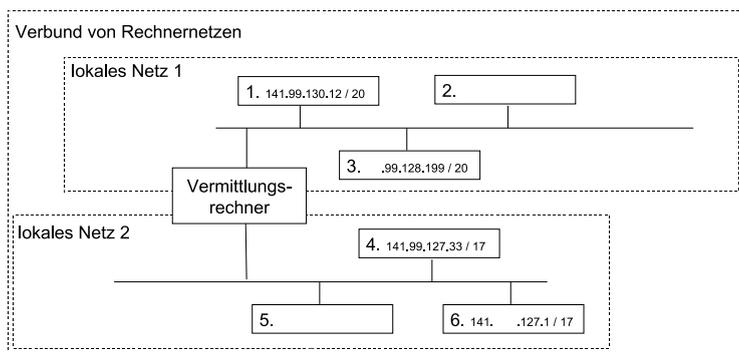


Abbildung A.7: Verbund von Rechnernetzen zu Aufgabe 2(b)

Aufgabe 3: „Internetrecherche mit Aktivitätsdiagramm“

Julia möchte ein Buch in der Schulbibliothek ausleihen. Im Internet möchte sie nachsehen, ob es überhaupt verfügbar ist. Leider weiß sie nicht, wo sie nach dem Buch suchen soll.

- Erklären Sie die Funktionsweise einer Suchmaschine, indem Sie das Aktivitätsdiagramm (siehe Abbildung A.8) vervollständigen!

- (b) Beschreiben Sie mit jeweils zwei Stichpunkten die Begriffe Webroboter und Index!
- (c) Wonach kann Julia mit der Suchmaschine suchen und bei welchem Vorgehen wird eine Suche nicht erfolgreich sein? Begründen Sie Ihre Antwort!

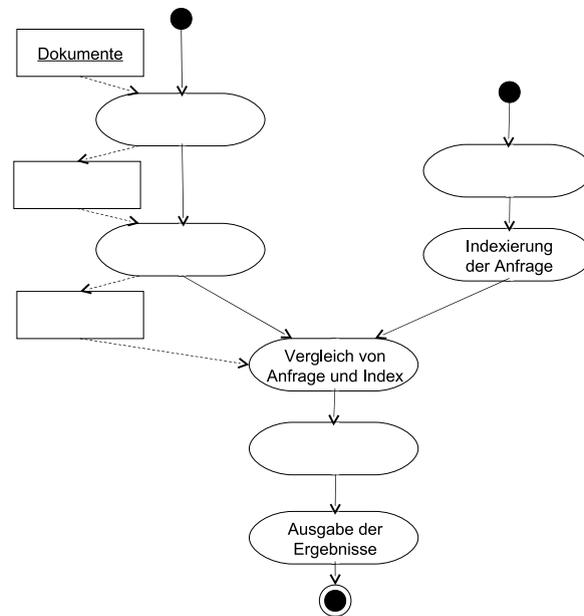


Abbildung A.8: Aktivitätsdiagramm zur Suchmaschine zu Aufgabe 3(a)

B Schriftliche Befragung

B.1 Unterrichtsprojekt 1

B.1.1 Fragebogen

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich im Informatikunterricht wohl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe ausreichend Zeit, um über die gestellten Fragen nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es darum, Programme zu erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es darum, Problemstellungen zu modellieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Themen des Informatikunterrichts sind nützlich für mich (für mein tägliches Leben).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Inhalte im Informatikunterricht interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde gerne Einfluss auf die Themen im Unterricht nehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Schüler verhalten sich im Unterricht diszipliniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Unterricht arbeiten die Schüler gut mit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich beteilige mich am Unterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Interesse am Informatikunterricht ist ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe im Unterricht gelernt ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das praktische Üben war ausreichend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die gestellten Aufgaben waren lösbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Inhalte sind vermutlich für den Umgang mit dem Internet sehr nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht hat mein Interesse am Themenbereich gefördert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verwendbarkeit und der Nutzen des behandelten Stoffes wurden deutlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Art, wie der Unterricht gestaltet wurde, hat zum Verständnis des Stoffes beigetragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Hilfsmittel zur Unterstützung des Lernens (z.B. Arbeitsblätter, Software) sind ausreichend und in guter Qualität vorhanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Lehrpersonen sind auf Fragen und Anregungen ausreichend eingegangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Der Unterricht war abwechslungsreich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht beschäftigte sich mit Aufgaben, die mir im täglichen Leben begegnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte im Unterricht etwas Neues entdecken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige Themen haben mich besonders interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über die Aufgaben nachgedacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte mich leicht auf die Sache konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe das Gefühl, für mich etwas dazugelernt zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, dass ich das erworbene Wissen in Zukunft gebrauchen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema zu vertiefen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was hat Ihnen an der Veranstaltung besonders gut oder schlecht gefallen? Nutzen Sie den Platz für weitere Anmerkungen und Anregungen!

Gut:	Schlecht:

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) Client-Server-Prinzip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Kommunikation mit Protokollen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) Java-Programmierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(d) Cookies und persönliche Daten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(e) Dokumente im WWW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(f) Sichere Kommunikation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wie zwei Rechner miteinander kommunizieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie eine E-Mail übertragen wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man eine verdächtige E-Mail prüfen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, was ein Cookie ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man eine vertrauliche E-Mail verschickt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welche Probleme hatten Sie mit den Aufgaben?

B.1.2 Befragungsergebnisse

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	4	5	2	0	1
Ich fühle mich im Informatikunterricht wohl.	4	4	3	0	1
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	3	5	3	0	1
Ich habe ausreichend Zeit, um über die gestellten Fragen nachzudenken.	5	5	2	0	0
Im Informatikunterricht geht es darum, Programme zu erstellen.	3	2	4	1	2
Im Informatikunterricht geht es darum, Problemstellungen zu modellieren.	3	3	3	0	3
Die Themen des Informatikunterrichts sind nützlich für mich (für mein tägliches Leben).	1	1	9	0	1
Ich finde die Inhalte im Informatikunterricht interessant.	2	6	4	0	0
Ich würde gerne Einfluss auf die Themen im Unterricht nehmen.	6	4	2	0	0
Die Schüler verhalten sich im Unterricht diszipliniert.	3	4	3	1	1
Im Unterricht arbeiten die Schüler gut mit.	2	6	3	1	0
Ich beteilige mich am Unterricht.	2	6	2	2	0
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	1	2	5	2	2

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	2	9	1
Mein Interesse am Informatikunterricht ist ...	4	8	0
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	1	11	0
Ich habe im Unterricht gelernt ...	0	9	3

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	0	1	4	7	0
Das praktische Üben war ausreichend	0	1	8	3	0
Die gestellten Aufgaben waren lösbar.	0	1	7	4	0
Die Inhalte sind vermutlich für den Umgang mit dem Internet sehr nützlich.	0	1	6	4	1
Der Unterricht hat mein Interesse am Themenbereich gefördert.	0	4	5	2	1
Die Verwendbarkeit und der Nutzen des behandelten Stoffes wurden deutlich.	0	2	6	4	0
Die Art, wie der Unterricht gestaltet wurde, hat zum Verständnis des Stoffes beigetragen.	0	1	6	4	1
Die Hilfsmittel zur Unterstützung des Lernens (z.B. Arbeitsblätter, Software) sind ausreichend und in guter Qualität vorhanden.	1	2	4	5	0
Die Lehrpersonen sind auf Fragen und Anregungen ausreichend eingegangen.	0	0	2	10	0

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Der Unterricht war abwechslungsreich	3	5	2	1	1
Der Unterricht beschäftigte sich mit Aufgaben, die mir im täglichen Leben begegnen.	2	2	6	2	0
Ich konnte im Unterricht etwas Neues entdecken.	3	6	2	1	0
Einige Themen haben mich besonders interessiert.	3	6	2	1	0
Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über die Aufgaben nachgedacht.	2	1	6	3	0
Ich konnte mich leicht auf die Sache konzentrieren.	2	6	3	0	1
Ich habe das Gefühl, für mich etwas dazugelernt zu haben.	2	4	3	1	2
Ich kann mir vorstellen, dass ich das erworbene Wissen in Zukunft gebrauchen kann.	4	1	4	1	2
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema zu vertiefen.	3	6	1	1	1

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) Client-Server-Prinzip	3	5	2	1
(b) Kommunikation mit Protokollen	2	6	1	1
(c) Java-Programmierung	4	2	4	1
(d) Cookies und persönliche Daten	3	5	2	1
(e) Dokumente im WWW	2	4	3	2
(f) Sichere Kommunikation	2	9	0	0

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wie zwei Rechner miteinander kommunizieren.	6	5	0	0	0
Ich habe verstanden, wie eine E-Mail übertragen wird.	7	4	0	0	0
Ich weiß, wie man eine verdächtige E- Mail prüfen kann.	4	3	3	1	0
Ich habe verstanden, was ein Cookie ist.	6	4	1	0	0
Ich weiß, wie man eine vertrauliche E- Mail verschickt.	6	5	0	0	0

B.2 Unterrichtsprojekt 2

B.2.1 Fragebogen

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es dar- um, Programme zu erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es dar- um, Problemstellungen zu modellie- ren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Inhalte im Informatikun- terricht interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich beteilige mich am Unterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe im Unterricht gelernt ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das praktische Üben war ausreichend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die gestellten Aufgaben waren lösbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Inhalte sind vermutlich für den Umgang mit dem Internet sehr nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verwendbarkeit und der Nutzen des behandelten Stoffes wurden deutlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Hilfsmittel zur Unterstützung des Lernens (z.B. Arbeitsblätter, Software) sind ausreichend und in guter Qualität vorhanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Der Unterricht beschäftigte sich mit Aufgaben, die mir im täglichen Leben begegnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte im Unterricht etwas Neues entdecken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige Themen haben mich besonders interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über die Aufgaben nachgedacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte mich leicht auf die Sache konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe das Gefühl, für mich etwas dazugelernt zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, dass ich das erworbene Wissen in Zukunft gebrauchen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema zu vertiefen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) Client-Server-Prinzip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) IP-Adressraum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) Protokolle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(d) Domain Name System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(e) Bewertung von Suchergebnissen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(f) Informationssuche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(g) TCP/IP-Referenzmodell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wie zwei Rechner miteinander interagieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wozu eine IP-Adresse benutzt wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, was ein Protokoll ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie ein Domainname aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie mehrere Protokolle mit unterschiedlichen Funktionen im TCP/IP-Referenzmodell organisiert sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man die Glaubwürdigkeit einer Webseite bewerten kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie eine Suchanfrage bei einer Suchmaschine verarbeitet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anmerkungen:

B.2.2 Befragungsergebnisse

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	1	7	9	1	0
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	5	8	5	0	0
Im Informatikunterricht geht es darum, Programme zu erstellen.	7	9	2	0	0
Im Informatikunterricht geht es darum, Problemstellungen zu modellieren.	5	9	3	0	1
Ich finde die Inhalte im Informatikunterricht interessant.	2	7	8	1	0
Ich beteilige mich am Unterricht.	3	9	5	0	1
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	0	3	10	4	1

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	2	13	3
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	0	17	1
Ich habe im Unterricht gelernt ...	1	7	10

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	3	5	9	1	0
Das praktische Üben war ausreichend	2	4	7	5	0
Die gestellten Aufgaben waren lösbar.	0	3	10	5	0
Die Inhalte sind vermutlich für den Umgang mit dem Internet sehr nützlich.	3	4	9	2	0
Die Verwendbarkeit und der Nutzen des behandelten Stoffes wurden deutlich.	3	7	8	0	0
Die Hilfsmittel zur Unterstützung des Lernens (z.B. Arbeitsblätter, Software) sind ausreichend und in guter Qualität vorhanden.	2	4	7	5	0

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Der Unterricht beschäftigte sich mit Aufgaben, die mir im täglichen Leben begegnen.	1	2	10	5	0
Ich konnte im Unterricht etwas Neues entdecken.	1	7	6	4	0
Einige Themen haben mich besonders interessiert.	4	3	7	4	0
Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über die Aufgaben nachgedacht.	0	3	5	10	0
Ich konnte mich leicht auf die Sache konzentrieren.	3	7	7	1	0
Ich habe das Gefühl, für mich etwas dazugelernt zu haben.	1	9	5	3	0
Ich kann mir vorstellen, dass ich das erworbene Wissen in Zukunft gebrauchen kann.	0	4	8	6	0
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema zu vertiefen.	0	4	13	1	0

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) Client-Server-Prinzip	5	6	3	4
(b) IP-Adressraum	4	7	4	3
(c) Protokolle	1	6	7	4
(d) Domain Name System	4	11	0	3
(e) Bewertung von Suchergebnissen	0	6	6	6
(f) Informationssuche	1	5	4	8
(g) TCP/IP-Referenzmodell	2	4	7	5

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wie zwei Rechner miteinander interagieren.	9	8	1	0	0
Ich habe verstanden, wozu eine IP-Adresse benutzt wird.	16	2	0	0	0
Ich weiß, was ein Protokoll ist.	8	5	5	0	0
Ich habe verstanden, wie ein Domainname aufgebaut ist.	10	7	1	0	0
Ich habe verstanden, wie mehrere Protokolle mit unterschiedlichen Funktionen im TCP/IP-Referenzmodell organisiert sind.	4	7	5	2	0
Ich weiß, wie man die Glaubwürdigkeit einer Webseite bewerten kann.	12	5	1	0	0
Ich habe verstanden, wie eine Suchanfrage bei einer Suchmaschine verarbeitet wird.	6	6	2	1	3

B.3 Unterrichtsprojekt 3

B.3.1 Fragebogen

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es dar- um, Programme zu erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es dar- um, Problemstellungen zu modellie- ren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Inhalte im Informatikun- terricht interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich beteilige mich am Unterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe im Unterricht gelernt ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das praktische Üben war ausreichend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die gestellten Aufgaben waren lösbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Inhalte sind vermutlich für den Umgang mit dem Internet sehr nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verwendbarkeit und der Nutzen des behandelten Stoffes wurden deutlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Hilfsmittel zur Unterstützung des Lernens (z.B. Arbeitsblätter, Software) sind ausreichend und in guter Qualität vorhanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Der Unterricht beschäftigte sich mit Aufgaben, die mir im täglichen Leben begegnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte im Unterricht etwas Neues entdecken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige Themen haben mich besonders interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über die Aufgaben nachgedacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte mich leicht auf die Sache konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe das Gefühl, für mich etwas dazugelernt zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, dass ich das erworbene Wissen in Zukunft gebrauchen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema zu vertiefen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) Client-Server-Prinzip	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Protokolle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) Aufbau des Internets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(d) IP-Adressierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(e) Domain Name System	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(f) Internetrecherche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(g) Bewertung von Webseiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(h) Internetschichtenmodell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(i) Ablauf beim E-Mail-Versand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(j) Vertrauliche E-Mails	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(k) Authentische E-Mails	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(l) Zertifikate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wie zwei Rechner miteinander interagieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wozu eine IP-Adresse benutzt wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, was ein Protokoll ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie ein Domainname aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie mehrere Protokolle mit unterschiedlichen Funktionen im Internetschichtenmodell organisiert sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man die Glaubwürdigkeit einer Webseite bewerten kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie eine Suchanfrage bei einer Suchmaschine verarbeitet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie eine E-Mail übertragen wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man eine verdächtige E-Mail prüfen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man eine vertrauliche E-Mail verschickt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß, wie man eine authentische E-Mail versenden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anmerkungen:

B.3.2 Befragungsergebnisse

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	3	17	0	0	0
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	4	15	1	0	0
Im Informatikunterricht geht es darum, Programme zu erstellen.	1	3	11	2	3
Im Informatikunterricht geht es darum, Problemstellungen zu modellieren.	2	9	4	0	5
Ich finde die Inhalte im Informatikunterricht interessant.	3	14	2	0	1
Ich beteilige mich am Unterricht.	3	9	6	1	1
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	0	4	11	5	0

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	1	16	3
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	10	10	0
Ich habe im Unterricht gelernt ...	3	16	1

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	0	1	11	8	0
Das praktische Üben war ausreichend	0	5	10	5	0
Die gestellten Aufgaben waren lösbar.	0	2	9	9	0
Die Inhalte sind vermutlich für den Umgang mit dem Internet sehr nützlich.	0	2	11	7	0
Die Verwendbarkeit und der Nutzen des behandelten Stoffes wurden deutlich.	0	0	14	6	0
Die Hilfsmittel zur Unterstützung des Lernens (z.B. Arbeitsblätter, Software) sind ausreichend und in guter Qualität vorhanden.	0	0	9	9	2

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Der Unterricht beschäftigte sich mit Aufgaben, die mir im täglichen Leben begegnen.	3	9	7	1	0
Ich konnte im Unterricht etwas Neues entdecken.	6	12	2	0	0
Einige Themen haben mich besonders interessiert.	6	12	2	0	0
Ich habe auch außerhalb des Unterrichts über die Aufgaben nachgedacht.	0	8	10	2	0
Ich konnte mich leicht auf die Sache konzentrieren.	1	14	4	1	0
Ich habe das Gefühl, für mich etwas dazugelernt zu haben.	6	11	3	0	0
Ich kann mir vorstellen, dass ich das erworbene Wissen in Zukunft gebrauchen kann.	4	9	5	1	1
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema zu vertiefen.	3	12	5	0	0

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) Client-Server-Prinzip	3	10	5	2
(b) Protokolle	4	10	6	0
(c) Aufbau des Internets	5	7	4	4
(d) IP-Adressierung	4	13	1	2
(e) Domain Name System	8	7	5	0
(f) Internetrecherche	2	11	6	1
(g) Bewertung von Webseiten	3	7	9	1
(h) Internetschichtenmodell	8	6	5	1
(i) Ablauf beim E-Mail-Versand	6	6	6	2
(j) Vertrauliche E-Mails	9	6	4	1
(k) Authentische E-Mails	9	7	3	1
(l) Zertifikate	6	6	6	1

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wie zwei Rechner miteinander interagieren.	9	8	2	1	0
Ich habe verstanden, wozu eine IP-Adresse benutzt wird.	14	6	0	0	0
Ich weiß, was ein Protokoll ist.	4	12	3	1	0
Ich habe verstanden, wie ein Domainname aufgebaut ist.	16	3	0	1	0
Ich habe verstanden, wie mehrere Protokolle mit unterschiedlichen Funktionen im Internetschichtenmodell organisiert sind.	3	13	3	1	0
Ich weiß, wie man die Glaubwürdigkeit einer Webseite bewerten kann.	12	5	2	1	0
Ich habe verstanden, wie eine Suchanfrage bei einer Suchmaschine verarbeitet wird.	10	7	3	0	0
Ich habe verstanden, wie eine E-Mail übertragen wird.	11	6	3	0	0
Ich weiß, wie man eine verdächtige E-Mail prüfen kann.	7	8	4	1	0
Ich weiß, wie man eine vertrauliche E-Mail verschickt.	12	3	5	0	0
Ich weiß, wie man eine authentische E-Mail versenden kann.	7	7	5	1	0

B.4 Unterrichtsprojekt 4

B.4.1 Fragebogen

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es dar- um, Programme zu erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im Informatikunterricht geht es dar- um, Problemstellungen zu modellie- ren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Inhalte im Informatikun- terricht interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich beteilige mich am Unterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe im Unterricht gelernt ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das praktische Üben mit Filius war ausreichend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die gestellten Aufgaben mit Filius waren lösbar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe mich auch außerhalb des Unterrichts mit Filius beschäftigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte mich beim Lernen mit Filius leicht auf die Sache konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mit Filius für mich etwas dazugelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema mit Filius zu vertiefen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) IP-Adressierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) Weiterleitung von IP-Paketen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) Datenübertragung zwischen Programmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(d) Internetschichtenmodell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wozu eine IP-Adresse benutzt wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie der Paketversand im Internet funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe verstanden, wie das Internet aufgebaut ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was hat Ihnen beim Lernen mit Filius besonders gefallen bzw. was hat Ihnen nicht gefallen?

B.4.2 Befragungsergebnisse

Befragung zum Informatikunterricht allgemein

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Informatikunterricht macht mir Spaß.	6	5	2	0	0
Ich verstehe den Unterrichtsstoff im Fach Informatik.	5	8	0	0	0
Im Informatikunterricht geht es darum, Programme zu erstellen.	0	6	4	2	0
Im Informatikunterricht geht es darum, Problemstellungen zu modellieren.	1	6	2	0	3
Ich finde die Inhalte im Informatikunterricht interessant.	5	6	1	1	0
Ich beteilige mich am Unterricht.	4	5	3	1	0
Ich bin im Unterricht abgelenkt.	1	2	6	4	0

Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad des vorgestellten Lernstoffs ein?

	hoch	angemessen	niedrig
Der Schwierigkeitsgrad war ...	3	8	2
	viel	angemessen	wenig
Der Stoffumfang war ...	4	8	1
Ich habe im Unterricht gelernt ...	3	8	0

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	ich stimme über- haupt nicht zu	ich stimme nicht zu	ich stimme etwas zu	ich stimme voll zu	kann ich nicht beurtei- len
Darstellung und Veranschaulichung der Lerninhalte waren verständlich.	0	0	5	8	0
Das praktische Üben mit Filius war ausreichend	0	0	8	4	1
Die gestellten Aufgaben mit Filius waren lösbar.	0	0	3	10	0

Befragung zum Unterrichtsthema

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe mich auch außerhalb des Unterrichts mit Filius beschäftigt	3	2	2	6	0
Ich konnte mich beim Lernen mit Filius leicht auf die Sache konzentrieren.	3	9	1	0	0
Ich habe mit Filius für mich etwas dazugelernt.	8	5	0	0	0
Es hat mir Spaß gemacht, mein Verständnis für dieses Thema mit Filius zu vertiefen.	6	5	2	0	0

Wie schätzen Sie selbst Ihren Lernfortschritt in den einzelnen Lernbereichen ein

	Ich konnte viel dazulernen.	Ich konnte Einiges dazulernen.	Ich konnte nicht viel dazulernen.	Die Inhalte brachten mir keine neuen Erkenntnisse.
(a) IP-Adressierung	3	7	2	1
(b) Weiterleitung von IP-Paketen	6	7	0	0
(c) Datenübertragung zwischen Programmen	3	7	2	1
(d) Internetschichtenmodell	6	7	0	0

Geben Sie bitte an, in welchem Maße Sie den vorgegebenen Aussagen zustimmen.

	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	kann ich nicht be- urteilen
Ich habe verstanden, wozu eine IP-Adresse benutzt wird.	10	3	0	0	0
Ich habe verstanden, wie der Paketversand im Internet funktioniert.	7	5	1	0	0
Ich habe verstanden, wie das Internet aufgebaut ist.	3	7	2	1	0

C Fragen zum Lehrerinterview

C.1 Unterrichtsprojekt 1

Interview-Datum: 23.06.2006

Eröffnungsfrage

1. Welche Unterrichtsstunde hat Ihnen am Besten gefallen: 1. Client-Server-Modell bzw. Schulrechnernetz, 2. Kommunikation mit Protokollen, 3. E-Mail-Programm, 4. E-Mail u. Authentifizierung, 5. Cookies und persönliche Daten, 6. Dynamische Webseiten, 7. Vertrauliche E-Mail?

Fragen zu den einzelnen Unterrichtsstunden

2. In der ersten Doppelstunde ging es inhaltlich um die Komponenten eines Rechnernetzes, Server, Arbeitsplatzrechner, Switch, und um Adressierung im Internet. Wie schätzen Sie den Stoffumfang für eine Doppelstunde ein?
3. Als Alltagsbezug wurde das Schulrechnernetz angeführt. Die Topologie wurde grafisch dargestellt. IP-Adressen wurden in der Binardarstellung betrachtet. Wie bewerten Sie die Aufbereitung des Stoffes durch die Betrachtung von Netzklassen?
4. In der zweiten Doppelstunde ging es darum, ein Verständnis für Protokolle zu erwerben. Ist das gelungen bzw. wurde deutlich, welche Bedeutung ein solch formaler Ablauf für den Datenaustausch zwischen Rechnern hat?
5. In der dritten Doppelstunde ging es darum, ein E-Mail-Programm im Quelltext zu betrachten. Hatten die Schülerinnen und Schüler mehr mit dem Quelltext zu kämpfen, als dass sie die Übertragung von einem Zustandsdiagramm zum Quelltext beurteilen konnten?
6. In der vierten Doppelstunde ging es um den Sicherheitsdienst Authentifizierung. Dazu wurden Protokolle mit und ohne Authentifizierung verglichen und der Übertragungsweg einer E-Mail anhand der Kopfzeilen in der E-Mail rekonstruiert. Wurde in dieser Stunde prinzipiell deutlich, welche Bedeutung dieser Sicherheitsdienst für die Kommunikation im Internet hat?
7. In den Doppelstunden fünf und sechs ging es um Cookies. Konnten die Schülerinnen und Schüler den Bezug insbesondere zu dem Thema Protokolle herstellen?

Fragen zum Gesamtkonzept

8. Das Server-Client-Modell wurde in der ersten Doppelstunde unter diesem Thema nicht explizit betrachtet. Welche Bedeutung würden Sie diesem Thema für das Verständnis der folgenden Themen beimessen? Müsste dieses Thema intensiver behandelt werden?
9. Für wie wichtig halten Sie die Betrachtung des Schulrechnernetzes in der ersten Doppelstunde für das Verständnis der weiterführenden Themen? Oder sehen Sie es lediglich als Motivation zur einsteigenden Behandlung von IP-Adressen?

10. Hat sich die Reihenfolge von der Internet-Adressierung über Protokolle zur Authentifizierung bewährt?
11. Konnten Kenntnisse zu der Kommunikation in Rechnernetzen mit Protokollen auch im Themenbereich Cookies zu einem vertieften Verständnis beitragen?
12. Welche Bedeutung messen Sie den Inhalten wie Zustandsdiagramm (Protokolle, Webseiten), Sequenzdiagramm (Protokolle), Klassen- bzw. Beziehungsdiagramm (E-Mail-Programm), Baum (HTML) im Rahmen dieser Unterrichtsstunden ein? Sollten Sie intensiver behandelt werden?
13. Wie haben Sie die Aufgabenauswahl empfunden, in denen es darum ging, Teillösungen zu ergänzen oder falsche Lösungen zu korrigieren?
14. In den Vorüberlegungen tauchen Netzdienste (wie DNS) und Netzschichten (TCP/IP-Schichtenmodell) als Voraussetzung für ein Verständnis des Client-Server-Modells auf. Halten Sie eine explizite Auseinandersetzung mit diesen Themen in diesem Kontext für notwendig?
15. Welche Voraussetzungen müssten Ihrer Ansicht nach außerdem zuvor erlernt werden?
16. Welche Inhalte fänden Sie aufbauend zu diesen Stunden für wertvoll?
17. Wie bewerten Sie den Stoffumfang in den sieben Doppelstunden? An welchen Stellen halten Sie eine Vertiefung der Inhalte für sinnvoll oder notwendig?

Gesprächsabschluss

18. Seit wie vielen Jahren unterrichten Sie Informatik?
19. Wann haben Sie Ihre Ausbildung zum Informatiklehrer gemacht?
20. Wie sind Sie zur Informatik gekommen?
21. Wo lag der thematische Schwerpunkt im Informatikunterricht des besuchten Kurses in diesem Jahr?

C.2 Unterrichtsprojekt 2

Interview-Datum: 18.12.2006

Eröffnungsfrage

1. Wie war der Schwierigkeitsgrad im Unterrichtsprojekt zu Strukturen des Internet: zu niedrig, zu hoch oder angemessen?

Fragen zu Wochenthemen

2. In der ersten Woche haben die Schülerinnen und Schüler eine TCP/IP-Verbindung herstellen sollen. Das Ziel war, dass sie verstehen, wie zwei Programme, die nicht am gleichen Rechner ausgeführt werden, Daten miteinander austauschen können. Wie schätzen sie den Schwierigkeitsgrad zu Beginn des Projekts ein?
3. Wir haben anschließend über IP-Adressen gesprochen und damit die physische Struktur des Internet aufgezeigt. Danach haben wir im Kontext des WWW die logische Struktur mit dem Domain Name System aufgegriffen. In welcher Reihenfolge würden Sie die Themen aufgreifen?
4. Wie schätzen Sie die Betrachtung des Protokollschichtenmodells ganz am Ende des Unterrichtsprojekts ein?

Fragen zum Gesamtprojekt

5. War die Reihenfolge der Unterrichtsthemen sinnvoll?
6. Warum fanden Sie die Reihenfolge sinnvoll bzw. nicht sinnvoll?
7. Gibt es inhaltliche Schwerpunkte zu dem Thema, die Sie vermisst haben oder die nicht deutlich genug geworden sind?
8. Mein Ziel war es, dass die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis dafür bekommen, was hinter der Benutzungsoberfläche beispielsweise eines Webbrowsers oder E-Mail-Programms passiert bzw. „wer“ dahinter steckt. Welche konkreten Schüleraufträge haben Sie dazu vermisst?
9. Zu ausgewählten Themen haben wir Lernsoftware eingesetzt. Zur Suche im Internet haben wir Soekia verwendet und zur Veranschaulichung des Protokollschichtenmodells ein Applet. Zur Herstellung einer TCP/IP-Verbindung haben wir Netcat benutzt. Welche Unterrichtsmittel halten Sie außerdem für erforderlich, um ein tieferes Verständnis der Schülerinnen und Schüler zu konkreten Themen zu ermöglichen?
10. Welche Kooperation und Kommunikation zwischen Schülerinnen und Schülern empfehlen Sie?
11. Rückblickend auf das gesamte Unterrichtsprojekt, haben Sie dazu abschließend drei Ratschläge?

C.3 Unterrichtsprojekt 3

Interview-Datum: 29.06.2007

Eröffnungsfragen

1. Wie war der Schwierigkeitsgrad im Unterrichtsprojekt: zu niedrig, zu hoch oder angemessen?
2. Welche Unterrichtsstunde hat Ihnen am besten gefallen?

Fragen zu Wochenthemen

3. In der ersten Woche haben die Schülerinnen und Schüler eine TCP/IP-Verbindung herstellen sollen. Das Ziel war, dass sie verstehen, wie zwei Programme, die nicht am gleichen Rechner ausgeführt werden, Daten miteinander austauschen können. Im Anschluss daran haben wir am Beispiel des Hypertext Transfer Protocol untersucht, wie der Datenaustausch zwischen Client und Server aussieht. Wie schätzen sie den Schwierigkeitsgrad zu Beginn des Projekts ein?
4. Wir haben anschließend den Aufbau des Internets aus verschiedenen Rechnernetzen thematisiert. Im Anschluss wurden dann IP-Adressen mit der physischen Struktur des Internets verknüpft. Danach haben wir im Kontext des WWW die logische Struktur mit dem Domain Name System aufgegriffen. Halten Sie diese Reihenfolge für sinnvoll?
5. Was hat Ihnen bei dem Thema Informationsrecherche, in dem es um die Funktionsweise von Suchmaschinen und die Bewertung von Webseiten ging, gefehlt?
6. Wie schätzen Sie die Anordnung des Themas Internetschichtenmodell nach der ersten Hälfte des Unterrichtsprojekts ein?
7. Das Thema E-Mail-Versand war bereits im letzten Jahr Teil der Erprobung. Was hat Ihnen besser und was schlechter gefallen?

8. Dieses Mal haben die Lernenden, bevor verschlüsselte Nachrichten per E-Mail versandt wurden, zwei sehr einfache symmetrische Verschlüsselungsverfahren im Unterricht erarbeitet. Hat das das Verständnis auch für die asymmetrische Verschlüsselung gefördert und waren die dazu eingesetzten Aufgaben angemessen?
9. Wie schätzen Sie den Umfang und die eingesetzten Aufgaben zu den Themen digitale Signatur, Authentizität und Zertifikate ein?

Fragen zum Gesamtprojekt

10. War die Reihenfolge der Unterrichtsthemen sinnvoll? Und warum fanden Sie die Reihenfolge sinnvoll bzw. nicht sinnvoll?
11. Gibt es inhaltliche Schwerpunkte zu dem Thema, die Sie vermisst haben oder die nicht deutlich genug geworden sind?
12. Ein Ziel war es, dass die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis dafür bekommen, was hinter der Benutzungsoberfläche beispielsweise eines Webbrowsers oder E-Mail-Programms passiert. Welche konkreten Schüleraufträge haben Sie dazu vermisst?
13. Zu ausgewählten Themen haben wir einfache Werkzeuge, Anwendungen und Lernsoftware eingesetzt: Zu Anfang haben wir mit Netcat gearbeitet. Zur Suche im Internet haben wir Soekia verwendet und zur Veranschaulichung des Protokollschichtenmodells ein Applet. Im Zusammenhang mit dem Thema E-Mail haben wir ein entsprechendes Programm mit einer kryptografischen Erweiterung verwendet. Welche Unterrichtsmittel halten Sie außerdem für erforderlich, um ein tieferes Verständnis der Schülerinnen und Schüler zu konkreten Themen zu ermöglichen?
14. Rückblickend auf das gesamte Unterrichtsprojekt, haben Sie dazu abschließend drei Ratschläge?

C.4 Unterrichtsprojekt 4

Interview-Datum: 16.06.2008

Eröffnungsfrage

1. Welche Unterrichtsstunde hat Ihnen am besten gefallen?

Frage zur Motivation der Lernenden und dem Nutzen

2. Wie schätzen Sie die Motivation der Schülerinnen und Schüler beim Lernen mit Filius ein?
3. Konnten Sie eine höhere oder niedrigere Motivation im Vergleich zu einer vergleichbaren Unterrichtsstunde beobachten – z. B. eine Unterrichtsstunde mit Programmieraufgaben?
4. Worin sehen Sie Vor- bzw. Nachteile des Einsatzes einer solchen Lernsoftware hinsichtlich der Motivation der Lernenden?
5. Wie schätzen Sie den Nutzen hinsichtlich des beobachtbaren Lernerfolgs ein bzw. gab es Situationen in denen die Lernenden unerwartet schnell oder langsam Zusammenhänge erfasst haben?

Fragen zur Flexibilität

6. Wie schätzen Sie die Flexibilität von Filius hinsichtlich der methodischen Gestaltung des Unterrichts ein?
7. Hatten Sie den Eindruck, dass sie bei der Gestaltung des Unterrichts durch den Programmeinsatz eingeschränkt wurden?
8. Können Sie sich auch anderen – d. h. besseren – Unterricht zu diesem Thema vorstellen, bei dem der Einsatz von Filius störend wäre?
9. Wie schätzen Sie den Schwierigkeitsgrad der Software ein?
10. Wie schätzen Sie die Flexibilität von Filius hinsichtlich des Einsatzes in verschiedenen Jahrgangsstufen ein?
11. Könnten Sie sich den Einsatz bereits in Jahrgangsstufe 5 oder zumindest in der Sekundarstufe I vorstellen? (Herausfordernd, Motivierend)
12. Sehen Sie Möglichkeiten, Filius auch in einer höheren Jahrgangsstufe für anspruchsvollen bzw. angemessenen Unterricht einzusetzen?

Fragen zu wünschenswerten Erweiterungen

13. Wie beurteilen Sie die Handhabbarkeit der Software durch den Lehrer ein bzw. erfordert Filius einen besonders hohen Aufwand zur Einarbeitung?
14. Welche Erweiterungen würden Sie sich wünschen?

D Inhalt der Begleit-CD

Auf der Begleit-CD befinden sich Materialien zu den durchgeführten Unterrichtsprojekten:

- Planung der Unterrichtseinheiten
 - Unterrichtsentwürfe
 - Arbeitsmaterialien
- Entwickelte Software (die in Unterrichtsprojekten eingesetzt wurde)
 - Lernsoftware Filius
 - DigGUI – eine graphische Benutzungsschnittstelle für Dig
 - Postamt – ein einfaches E-Mail-Programm
- Auswertung: Interview-Aufzeichnungen

Die Unterrichtsmaterialien sind auch über die Projektseite im Web verfügbar:

<http://www.die.informatik.uni-siegen.de/inel/internetworking/> – (URL geprüft: 10/2009)