

Anwenden und Verstehen des Internets – eine Erprobung im Informatikunterricht

Stefan Freischlad

Didaktik der Informatik
Universität Siegen
Hölderlinstraße 3
57076 Siegen

freischlad@die.informatik.uni-siegen.de

Abstract: In diesem Beitrag geht es um die Erprobung eines Unterrichtskonzepts zum Thema „Strukturen des Internets“, die Teil eines größeren Forschungsprojekts ist. Das Ziel ist die Entwicklung eines Didaktischen Systems „Internetworking“. In diesem Kontext wurde eine vierwöchige Untersuchung im Informatikunterricht in der Sekundarstufe II durchgeführt. In diesem Artikel werden die Lernziele mit Wissensstrukturen begründet. Die Auswertung der Konzeption erfolgt auf der Grundlage der Beobachtungen im Unterricht und der Ergebnisse eines Abschluss-tests. Es werden die Schwierigkeiten beschrieben und daraus Rückschlüsse zur Überarbeitung der Konzeption entwickelt.

1 Motivation

Das Ziel des Forschungsprojektes¹, zu dem dieser Artikel einen Beitrag leistet, ist es, das Didaktische System „Internetworking“ zu entwickeln, wobei die theoretischen Ansätze durch den Einsatz im Informatikunterricht erprobt werden. Dabei geht es um drei Komponenten des Didaktischen Systems: Wissensstrukturen, Aufgabenklassen und lernförderliche Unterrichtsmittel. Dazu haben wir Kompetenzen, die im Umgang mit dem Internet im Alltag benötigt werden, bestimmt. Eigenschaften von Informatiksystemen wurden im Zusammenhang von Internetanwendungen untersucht [Fr06b]. Ebenfalls notwendige Vorkenntnisse zu dem Thema Rechnernetze und zur Informationssicherheit wurden spezifiziert. Aus dieser Analyse haben wir einen theoretischen Ansatz für die Wissensstrukturen entwickelt. Zur Erprobung wurden Unterrichtsmaterialien, d.h. Aufgaben, Software für den Einsatz im Informatikunterricht und Unterrichtsentwürfe konzipiert und entwickelt. Die Evaluation der theoretischen Ansätze erfolgt unmittelbar durch die Materialien im Rahmen der Unterrichtserprobung. Dazu werden Beobachtungen während des Unterrichts, eine abschließende Lernerfolgskontrolle, eine Akzeptanzbefra-

¹ Das Forschungsprojekt „Informatikunterricht und E-Learning zur aktiven Mitwirkung am digitalen Medienumbruch“ wird im Zeitraum 7/2005-6/2009 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

gung und Selbsteinschätzung der Lernenden² und ein Interview des Lehrers genutzt. Die Ergebnisse fließen in die Entwicklung des didaktischen Systems und in die Konzeption für eine weitere Erprobung ein. In diesem Artikel geht es um die zweite Unterrichtserprobung als Teil des Projekts [FS06].

2 Theoretisches Konzept

2.1 Forschungsmethodik

Das Ziel der Erprobung im Unterricht ist es, eine Untersuchung zur Theoriebildung durchzuführen. Unsere Erwartungen an die Ergebnisse sind Aufschlüsse darüber, wie die Lernenden das Wissen verknüpfen bzw. wie sich die Lernphasen strukturieren lassen, welche Vorkenntnisse notwendig sind, um Abläufe im Internet zu verstehen, und welche Aufgabenklassen geeignet sind, zur Erarbeitung im Unterricht eingesetzt zu werden. Im ersten Unterrichtsprojekt nahm der Forscher eine beobachtende Teilnehmerrolle ein. In Kooperation mit dem Hochschullehrer und dem Lehrer betreute er Lehramtsstudierende bei der Durchführung des fachdidaktischen Praktikums. In der zweiten Erprobung nahm der Forscher die Rolle des Lehrenden ein. Diese intervenierende Unterrichtsforschung erfordert eine kritische Reflexion. Atteslander beschreibt dazu 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“ [At03, S. 109f]. Die Teilnehmerrolle als Lehrender hat demzufolge den Vorteil, dass der Forscher flexibel agieren und reagieren kann. Das Problem, dass die Rolle bereits angelegt sein muss, spricht für die aktive Teilnahme als Lehrender, wie sie in der zweiten Erprobung praktiziert wurde. Allerdings nimmt dann der Lehrer und in unserem Fall ein hospitierender Forscher eine nicht angelegte Rolle ein. Dies kann sich in einer aktiveren Teilnahme durch Schüler auswirken, die sich der besonderen Beobachtungssituation bewusst sind. Diese Situation trat in beiden Erprobungen ebenso wie die Offenlegung der Forscherrolle auf.

Im Gegensatz zur quantitativen Untersuchung wird die Teilnahme durch den Forscher an der qualitativen Studie mit 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 Vorteile dieser Methode, denn qualitativ-teilnehmende Beobachtungen zeichnen sich gegenüber anderen Methoden ja gerade durch die Authentizität der gewonnenen Daten aus“ [At03, S. 113]. Sowohl zur Unterrichtsvorbereitung wie auch zur Nachbereitung fanden

² Im Text werden weitgehend geschlechtsneutrale Formulierungen gewählt. Wenn die männliche Form verwendet wird, so sind damit immer Frauen und Männer gleichermaßen gemeint, sofern nicht explizit das Gegenteil behauptet wird.

zudem Gespräche mit den Lehrern und der Fachgruppe Didaktik der Informatik und E-Learning der Universität Siegen statt.

2.2 Begründung der Lernziele

Wichtiger Bestandteil des Didaktischen Systems sind die Wissensstrukturen. Brinda beschreibt drei didaktische Funktionen [Br04]. Die Wissensstrukturen veranschaulichen die fachlichen Zusammenhänge. Damit sind sie zum einen ein Gestaltungsmittel für Lehr-Lern-Prozesse und können zugleich auch für Lernende Orientierung im Lehr-Lern-Prozess bieten. Die Möglichkeit der fachdidaktischen Kommunikation und Diskussion ist die dritte Funktion. In Abbildung 1 wird der Ansatz für die Wissensstruktur, die Grundlage zur zweiten Erprobung war, dargestellt. In Tabelle 1 werden die in den Wissensstrukturen angeordneten Grobziele durch Feinlernziele präzisiert.

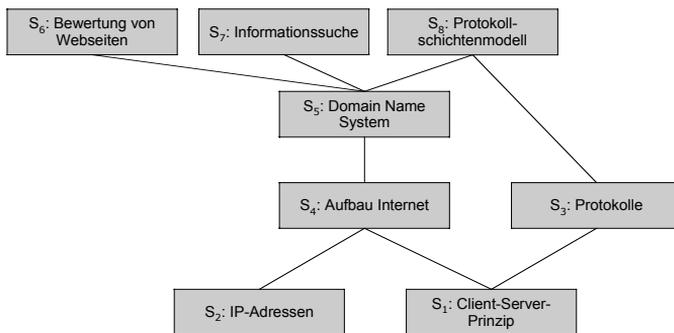


Abbildung 1: Wissensstruktur zu „Strukturen des Internets“

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. Zunächst müssen die Lernenden erkennen, dass ein Server nicht nur einen besonders leistungsfähigen Rechner bezeichnet, sondern auch ein Programm oder einen Prozess bezeichnet, das bzw. der auf eingehende Anfragen von einem Client reagiert. Als Grundlage für die Interaktion der Prozesse wird eine logische Verbindung zwischen den Programmen benötigt. Anknüpfend an die Rollen von Rechnern im Rechnernetz wird deren Adressierung mit IP-Adressen thematisiert. Dazu müssen sie 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. Nur mit einer IP-Adresse können Daten einen Rechner im Internet erreichen. Um den Zusammenhang zwischen IP-Adresse, Rechner- und Netz-ID beschreiben zu können, wird die Netzmaske benötigt. Die Berechnung der einzelnen Komponenten vertieft das Verständnis für den Aufbau der Adressen. Der Zusammenschluss mehrerer Netze zum Internet verdeutlicht den Charakter des Netzes der Netze. Dabei werden auch der Zusammenhang zu den IP-Adressen und die Unterscheidung von weltweit eindeutiger und privater IP-Adresse aufgezeigt. Die Möglichkeit zur Verwendung privater IP-Adres-

sen wird gerade in einem Heimnetzwerk mit einem Internetzugang durch einen Router häufig genutzt. Die Unterscheidung ist für ein Verständnis dafür notwendig, dass auch bei der Verwendung einer selbst vergebenen IP-Adresse eine weltweit eindeutige IP-Adresse zum Datenaustausch im Internet notwendig ist. Anknüpfend an das Client-Server-Prinzip geht es darum, ein Protokoll als Spezifikation von Vorschriften zum Datenaustausch zu verstehen. Das Thema soll am Beispiel des Hypertext Transfer Protocol (HTTP) betrachtet werden. Zur Formalisierung der Abläufe, die durch ein Protokoll beschrieben werden, wird das Interaktionsdiagramm verwendet. 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 Namensraum eine logische Strukturierung des Internets vorgenommen wird, sind wichtige Teilernziele. Außerdem wird so deutlich, dass auf Grundlage des Domainnamens keine geografische, aber eine organisatorische Zuordnung getroffen werden kann. Am Protokollschichtenmodell werden Funktionen der verschiedenen Protokolle besprochen. Dazu wird die Verbindung zur Funktionsweise des World Wide Web und zur Verbindung von Programmen in einem Rechnernetz hergestellt. Das Protokollschichtenmodell ermöglicht eine strukturierte Sicht auf das Internet. Neupert und Friedrich begründen die Thematisierung des Schichtenmodells mit dem sicheren Umgang in Fehlersituationen: „der Schüler kann nur durch Kenntnisse über Netzwerkstruktur und deren Schichtenmodell das Entstehen des Fehlers erklären und richtige Handlungen daraus für sich ableiten“ [NF97, S. 19f]. Dafür müssen die Lernenden den einzelnen Schichten Funktionen zuordnen können. Aufbauend auf ein Verständnis der Funktionsweise des World Wide Web werden Kriterien für die Bewertung von Webseiten erarbeitet und benutzt. Dabei können die Kenntnisse zur Hierarchie des DNS-Namensraumes mit dem URL und zu den Verzeichnisdiensten als Kriterien angewendet werden. Außerdem werden die Funktionsweise von Suchmaschinen und verschiedene Suchstrategien besprochen. Zu einem Verständnis sind das Client-Server-Prinzip und das HTTP für die Funktionsweise des Web-Roboters und der WWW-Benutzungsschnittstelle erforderlich.

Auf der Grundlage dieser Strukturierung der Lernphasen und Lernziele wurde der Unterricht geplant. Neben den informatischen Konzepten wie Protokolle, Verzeichnisdienste und Adressierung, wurde daran anknüpfend die Anwendung WWW zur Recherche im Internet aufgegriffen. Dabei ist es insbesondere für die abstrakten Konzepte notwendig, angemessene Zugänge zu nutzen. „Die Methode der Abstraktion ist oft nützlich, sie macht aber einem Neuling das Leben schwer. [...] Je älter wir werden, umso zugänglicher sind wir für Erklärungen, die bildlich oder lediglich in Textform vorliegen“ [Ha05, S. 54]. Hartmann unterscheidet dazu nach Bruner die drei Repräsentationsebenen enaktiv, ikonisch und symbolisch. Enaktive Repräsentationen eignen sich besonders für den Einstieg in ein neues Thema. Obwohl die Erprobung in Jahrgangsstufe 13 durchgeführt wurde, haben wir zu mehreren Themen einen enaktiven Einstieg benutzt. Zum Thema HTTP haben wir beispielsweise eine Webseite mit Netcat, einem Programm zum Aufbau einer TCP/IP-Verbindung, eine Verbindung zu einem Webserver aufgebaut, eine Webseite abgerufen und mit dem Webbrowser angesehen. In diesem Fall sprechen Hartmann, Näf und Reichert von einer semi-enaktiven Repräsentation [HNR06, S. 117], weil es in Form einer Demonstration durch den Lehrer stattfand. Zu anderen Themen, wie beispielsweise zum Aufbau des Internets, haben wir eine ikonische Repräsentation als Zu-

gang mit einer Grafik, in der mehrere miteinander verbundene Rechnernetze dargestellt werden, gewählt.

Grobziele	Die Schüler
S ₁ : Client-Server-Prinzip	<ul style="list-style-type: none"> - können die Begriffe Client und Server erklären. - können das Client-Server-Prinzip zur Rechner-Rechner-Interaktion an Beispiel der Übertragung einer Datei beschreiben. - kennen die Möglichkeit des Datenaustauschs mit einer TCP/IP-Verbindung.
S ₂ : IP-Adressen	<ul style="list-style-type: none"> - können den Aufbau einer IP-Adresse aus Netz-Identifikationsnummer (Netz-ID) und Rechner-Identifikationsnummer (Rechner-ID) erklären. - können an einem Beispiel beschreiben, wie die Netzmaske zur Aufteilung einer IP-Adresse benutzt wird. - können Netz-ID und Rechner-ID mit der Netzmaske berechnen.
S ₃ : Protokolle	<ul style="list-style-type: none"> - können den Datenaustausch zwischen Webserver und Webclient mit Hilfe des Hypertext Transfer Protocol beschreiben. - können Protokolle als standardisierte Menge von Operationen für den Datenaustausch und für sonstige Aktivitäten in Rechnernetzen erklären. - können die Rechner-Rechner-Interaktion mit Interaktionsdiagrammen beschreiben.
S ₄ : Aufbau Internet	<ul style="list-style-type: none"> - können den Aufbau des Internets aus mehreren Rechnernetzen, die mit Vermittlungsrechnern verbunden sind, beschreiben. - können erklären, welche Information zum Standort eines Rechners in einer IP-Adresse steckt. - können private und öffentliche IP-Adresse unterscheiden. - können Network Address Translation (NAT) erklären.
S ₅ : Domain Name System	<ul style="list-style-type: none"> - können den Ablauf zum Auflösen eines Domainnamens in eine IP-Adresse beschreiben. - können den Namensraum des DNS als logische Struktur des Internets erklären. - können einen Domainnamen einer Person zuordnen.
S ₆ : Bewertung von Webseiten	<ul style="list-style-type: none"> - können die Teile eines Uniform Resource Locator (URL) erklären. - können mindestens 5 Kriterien zur Bewertung der Glaubwürdigkeit von Webseiten anwenden. - können mehrere Methoden zur Bestimmung von Daten über eine Webseite anwenden.
S ₇ : Informationssuche	<ul style="list-style-type: none"> - können wenigstens zwei Strategien zur Informationssuche im WWW beschreiben und anwenden. - können die Funktion der Komponenten einer Suchmaschine – Web-Roboter, Index und Benutzungsschnittstelle – erklären. - können den Ablauf zur Verarbeitung einer Anfrage an eine Suchmaschine beschreiben.
S ₈ : Protokollschichtenmodell	<ul style="list-style-type: none"> - können das Konzept des Schichtenmodells mit einem Beispiel erklären. - können die Schichten des Internet-Referenzmodells benennen. - können jeder Schicht zumindest eine Funktion zuordnen. - verstehen die Bedeutung der Vermittlungsschicht für den Austausch von Daten im Internet.

Tabelle 1: Grobziele und Feinlernziele zu „Strukturen des Internets“

3 Praxiserfahrungen

3.1 Lerngruppe und Rahmenbedingungen

Die erste Erprobung im Rahmen des Forschungsprojekts wurde durch Lehramtsstudierende für das Fach Informatik am Gymnasium im Rahmen des fachdidaktischen Praktikums im Sommersemester 2006 durchgeführt [Fr06a]. Dieses Unterrichtsprojekt fand in der Jahrgangsstufe 11 statt. Es umfasste sieben Doppelstunden. Im Anschluss wurden ein Abschlusstest und eine Akzeptanzbefragung unter den Schülern durchgeführt. Der betreuende Lehrer wurde nach der Erprobung in einem Interview zu seiner Einschätzung befragt. Inhaltliche Schwerpunkte in diesem Unterrichtsprojekt waren Authentifizierung und Vertraulichkeit im Kontext von E-Mail, grundlegende Konzepte wie das Client-Server-Prinzip und Protokolle sowie das Thema Schutz der Privatsphäre im Zusammenhang von Cookies. Im zweiten Halbjahr 2006 haben wir das zweite Unterrichtsprojekt in einem anderen Gymnasium durchgeführt, in der das Thema „Strukturen des Internets“ den Schwerpunkt gebildet hat. Hier konnten bereits Erfahrungen aus dem ersten Unterrichtsprojekt einfließen. Im Weiteren geht es um diese zweite Erprobung.

Das Unterrichtsprojekt im Wintersemester 2006/07 fand in einem Grundkurs Informatik in der Jahrgangsstufe 13 statt, der sich aus 4 Schülerinnen und 15 Schülern zusammensetzte. Vorwissen und Erfahrungen der Kursteilnehmer waren sehr unterschiedlich. Einer der teilnehmenden Schüler betreute das Schulrechnernetz. Ein weiterer Teilnehmer hat immer wieder technische Details beispielsweise zum Aufbau der Header, wie sie durch Protokolle spezifiziert werden, in den Unterricht eingebracht. Aus dem Informatikunterricht waren in dem Kurs keine Vorkenntnisse im Bereich Internet, Rechnernetze und Informationssicherheit vorhanden. Grundlegende Begriffe wie beispielsweise Client und Server mussten im Rahmen der Erprobung im Unterricht eingeführt werden. Vor dem Unterrichtsprojekt wurde in dem Kurs eine Software in Projektarbeit entwickelt. Insgesamt haben wir 12 Unterrichtsstunden durchgeführt und eine weitere Unterrichtsstunde für einen Abschlusstest genutzt. Der dreistündige Kurs setzte sich aus einer Einzelstunde und einer Doppelstunde zusammen. Das Projekt wurde durch einen Feiertag und eine Vortragsreise des Autors für eineinhalb Wochen unterbrochen.

3.2 Auswertung der Lernphasen

In diesem Unterrichtsprojekt standen die Schülertätigkeiten im Vordergrund. Lehrervorträge wurden selten und kurz gehalten. Überwiegend haben die Schüler in Einzel- und Partnerarbeit an Arbeitsaufträgen gearbeitet. In Unterrichtsgesprächen wurde die Verbindung zu Alltagserfahrungen hergestellt und sowohl die Ergebnisse der Schülertätigkeiten besprochen, wie auch weitere Gesichtspunkte diskutiert. Auf einen programmiersprachlichen Zugang haben wir aus zwei Gründen verzichtet. Der erste Grund ist, dass es uns in erster Linie darum geht, ausgehend von Internetanwendungen ein Verstehen der zugrunde liegenden Konzepte und nicht Gestaltungskompetenzen für Informatiksysteme zu fördern. Der zweite Grund ist, dass die Umsetzung der Konzepte weitestgehend unabhängig vom programmiersprachlichen Vorwissen der Lernenden sein soll. In der ersten Erprobung haben wir einen Arbeitsauftrag gegeben, in dem es darum ging, den

Quelltext eines SMTP-Clients geringfügig zu manipulieren. Trotz Programmiererfahrungen mit der Programmbibliothek „Stifte und Mäuse“ [OOP] fiel es den Lernenden schwer, sich in der Klassenstruktur zurechtzufinden. Im Folgenden werden die einzelnen Lernphasen und die aufgetretenen Schwierigkeiten ausgewertet, wie sie im Unterricht umgesetzt wurden bzw. auftraten.

Client-Server-Prinzip

Am Beispiel des Schulservers wurde der Nutzen von vernetzten Rechnern durch den Zugriff auf zentral bereitgestellte Ressourcen dargestellt. Als zentrales Prinzip wurde die Datenübertragung zwischen Programmen über die Grenzen eines Rechners untersucht. Mit Netcat, einem einfachen Werkzeug zum Aufbau einer TCP/IP-Verbindung, wurde in Partnerarbeit eine solche Verbindung zwischen Programmen hergestellt. Der Umgang mit Netcat hat sich als schwierig erwiesen, weil für die meisten Schüler die Eingabeaufforderung unter Windows nicht bekannt war. 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.

Adressen und physikalische Struktur des Internets

Anknüpfend an Erfahrungen im Umgang mit dem WWW wurde das Thema der Adressierung von Rechnern im Internet, auf denen ein Server läuft, thematisiert. In Einzelarbeit haben die Schüler an Hand eines kurzen Textes den Aufbau einer IP-Adresse und die Bedeutung von Rechner- und Netz-Identifikationsnummer und Netzmaske in Stichpunkten zusammengefasst. Nach einem gemeinsam bearbeiteten Beispiel zur Berechnung der Teile einer IP-Adresse, haben die Schüler die Berechnung der Teile für die IP-Adresse des Rechners an ihrem Arbeitsplatz durchgeführt. Große Schwierigkeiten bereitete die Umrechnung vom Dezimal- zum Binärsystem. Das Vorwissen der Schüler, das sie im Kontext der Implementierung eines Algorithmus zur Umrechnung erworben hatten, konnten nur einzelne anwenden. Abschließend wurde eine Aufgabe bearbeitet, in der eine Grafik zur Darstellung mehrerer Rechnernetze mit End- und Zwischensystemen mit fehlenden IP-Adressen ergänzt wurde. Dazu war es notwendig, die Netz-Identifikationsnummern zu berechnen.

Anwendungsprotokolle

Am Beispiel HTTP wurde die Interaktion zwischen Client und Server mit Protokollen untersucht. Nach der oben beschriebenen Demonstration zum Abruf einer Webseite über eine TCP/IP-Verbindung haben die Schüler ein Interaktionsdiagramm erstellt. Die Repräsentation mit einem Interaktionsdiagramm hat 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.

Domain Name System

Zur vierten Unterrichtseinheit – einer Einzelstunde – war geplant, das Thema DNS zu behandeln. Anschließend sollten die Lernenden Kriterien zur Bewertung von Webseiten kennen lernen. Tatsächlich konnte das Thema DNS nicht abgeschlossen werden. Deshalb wurde für dieses Thema auch noch die erste Stunde der darauf folgenden Doppelstunde verwendet. Zum Thema Namens- und Verzeichnisdienste, wobei das Domain Name System (DNS) im Vordergrund stand, haben die Schüler über ein Web-Portal Information zu Domainnamen (DNS) und IP-Adressen (Whois) gesammelt. 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 Top-Level-Domain „de“ ein neuer Knoten verwendet wurde. Am Beispiel der Top-Level-Domain „vu“ haben sich die Schüler darüber informiert, welche Aussage über den Standort eines Rechners im Domainnamen steckt. Außerdem wurde besprochen, warum eine IP-Adresse deshalb besser zur Datenübertragung geeignet ist. Dazu wurde eine Grafik genutzt, in der mehrere Rechnernetze durch Router miteinander verbunden sind. In diesem Zusammenhang wurde die Frage gestellt, was diese Grafik mit dem Internet zu tun habe. Die Charakteristik des Internets als Zusammenschluss mehrerer Rechnernetze hatten demzufolge noch nicht alle Schüler verstanden. Nach dieser Lernphase haben die Lernenden die Zusammensetzung eines Uniform Resource Locators (URL) verstanden und konnten diese erklären.

Recherche im WWW

Aufbauend auf das Verständnis der Funktionsweise des WWW wurde im Vergleich zur Literaturrecherche in der Schulbibliothek im Unterrichtsgespräch die besondere Bedeutung davon herausgestellt, wie wichtig eine Bewertung von Webseiten ist. Anhand einer selbst gewählten Webseite zu einem vorgegebenen Thema haben die Schüler Kriterien zur Bewertung der Webseite formuliert. Im Unterrichtsgespräch wurden die Kriterien gesammelt und systematisiert. Ein Anknüpfungspunkt an die vorhergehenden Themen war die Bedeutung des Domainnamens in einem URL. Außerdem bekamen die Schüler den Arbeitsauftrag, zu offenen und geschlossenen Fragen zu recherchieren und ihr Vorgehen zu dokumentieren. Mit der „didaktischen Suchmaschine“ Soekia [Dr06] wurde der Ablauf zur Erstellung eines Suchindexes und zur Bearbeitung einer Suchanfrage durch eine Suchmaschine analysiert. Eine intensivere Auseinandersetzung mit diesem Thema durch die Schüler war wegen der zeitlichen Rahmenbedingungen nicht möglich. Ein Aktivitätsdiagramm zu dem Ablauf vom Webdokument zum Suchergebnis konnte nicht mit den Lernenden erarbeitet werden sondern wurde lediglich im Unterrichtsgespräch besprochen.

Protokollschichtenmodell

Zuletzt ging es darum, das Internet-Referenzmodell kennen zu lernen und den Schichten verschiedene Funktionen zuzuweisen. Am Beispiel Netcat wurde deutlich, dass Vorgänge in unteren Schichten wie beispielsweise der Verbindungsaufbau zwischen zwei Programmen nicht beobachtbar sind. Mit einer Analogie zur Kommunikation zwischen zwei Personen über den Postversand, wurde im Unterrichtsgespräch das Konzept der Schich-

ten erarbeitet. An einem Applet zum Protokollschichtenmodell zur Veranschaulichung von Übertragungsfehlern [DIE03] haben die Schüler die Funktionen der verschiedenen Schichten analysiert.

Die Lernziele zur Unterscheidung von öffentlichen und privaten IP-Adressen und zu Network Address Translation (NAT) (S₄) konnten ebenso wie das Lernziel zur Bedeutung der Vermittlungsschicht für die Datenübertragung im Internet (S₈) wegen der zeitlichen Rahmenbedingungen nicht umgesetzt werden.

4 Erfahrungen für die weitere Forschungsarbeit aus dem Abschlusstest

4.1 Testgestaltung und Testdurchführung

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

1. die Fachbegriffe Client, Server und Protokoll,
2. der Uniform Resource Locator,
3. Interaktion zwischen Client und Server am Beispiel WWW,
4. der Verzeichnisdienst DNS (Namensräume und Ablauf einer Anfrage),
5. Rechner-ID und Netz-ID zu einer IP-Adresse und der Aufbau des Internets,
6. die logische und die physikalische Struktur des Internets und
7. Verzeichnisdienste DNS und Whois.

Der Test wurde zu Beginn einer Doppelstunde durchgeführt. Die Ergebnisse der Lernerfolgskontrolle flossen in die Gesamtnote für den Informatikkurs ein. Die Schüler haben konzentriert an den Aufgaben gearbeitet. Es haben vier Schülerinnen und 14 Schüler am Test teilgenommen. Zur Bearbeitung hatten die Schüler 30 Minuten Zeit. Zwei Schüler beendeten die Bearbeitung wenige Minuten bevor die zur Verfügung stehende Zeit abgelaufen war.

4.2 Erkenntnisse für die weitere Unterrichtsgestaltung

Für das nächste Unterrichtsprojekt haben wir zum Protokollschichtenmodell mehr Zeit eingeplant. Das Wissen darüber soll mit dem Wissen über das Client-Server-Modell verknüpft werden. Die Aufgabe im Abschlusstest zur Interaktion zwischen Client und

Server am Beispiel des WWW (Aufgabe 3) bestand in einer Variante daraus, dass ein Interaktionsdiagramm für den Ablauf zur Abfrage einer Webseite erstellt werden musste. Dabei trat der Fehler auf, dass die Auflösung des Domainnamens nach einer Verbindungsanfrage vom Webserver ausgeht. Ein weiterer Fehler bestand darin, dass die Anfrage an den DNS-Server auch die Anfrage nach dem Port umfasste. Diese Fehler sind damit verbunden, dass die Bedeutung bzw. die verschiedenen Funktionen von IP-Adresse, Domainname und Port nicht verstanden wurden. Eine nähere Betrachtung des Protokollschichtenmodells im Zusammenhang einer Internetanwendung kann die Unterscheidung der Begriffe zur Adressierung verdeutlichen, indem die IP-Adresse der Vermittlungsschicht, der Port der Transportschicht und der Domainname der Anwendungsschicht zugeordnet werden.

Auch zum Thema DNS haben wir in der nächsten Erprobung eine zusätzliche Unterrichtsstunde eingeplant. DNS muss als Internetdienst verstanden werden, der unabhängig vom WWW ist. In Aufgabe 3 trat der Fehler auf, dass die Auflösung des Domainnamens als Interaktion zwischen Webclient und Webserver dargestellt wurde. Bezüglich der Darstellung der Domainhierarchie mit einem Baum muss zudem deutlicher werden, dass ein Knoten eine durch einen Server verwaltete Domain des DNS-Namensraumes ist. In Aufgabe 4 zum DNS ging es darum, Domainnamen in einer Baumhierarchie anzuordnen und den Ablauf der Auflösung eines Domainnamens an einem Beispiel zu beschreiben. Dabei trat der typische Fehler auf, dass gemeinsame Teilbäume nicht erkannt wurden. Außerdem ist eine Unterscheidung von DNS-Einträgen danach vorzunehmen, ob die IP-Adresse eines DNS-Servers oder die gesuchte IP-Adresse zurückgeschickt wurde. In Aufgabe 4 trat mehrfach der Fehler auf, dass der letzte Schritt zur Auflösung des Domainnamens durch zwei Abfragen beschrieben wurde, d. h., dass zunächst die IP-Adresse eines DNS-Servers für die den vollständigen Domainnamen zur Bezeichnung des Webserver zurückgegeben und danach erst von diesem DNS-Server die IP-Adresse des eigentlichen Webserver abgefragt wurde.

Ein typischer Fehler in Aufgabe 5 war eine fehlerhafte Berechnung der Teile einer IP-Adresse. Hierbei wurden die Schwierigkeiten mit der Binärdarstellung und der Verknüpfung von Netzmaske und IP-Adresse deutlich. In der Aufgabe zur IP-Adressierung mussten die Schüler die Rechner-ID und die Netz-ID zu einer IP-Adresse berechnen und die IP-Adresse einem von zwei Rechnernetzen zuordnen. Zudem musste das dazu notwendige Vorgehen beschrieben werden. Sechs von neun Teilnehmern konnten das Vorgehen zur Bestimmung des richtigen Rechnernetzes durch die Berechnung der Netz-ID nicht beschreiben. In der Aufgabe zu diesem Thema in der zweiten Variante wurde 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 von Dezimal- zur Binärdarstellung einer IP-Adresse beherrscht wird.

Auch für das Thema Vermittlung von Daten im Internet müssen weitere Aufgabenklassen im Unterricht benutzt werden. Dieses Thema wurde ausschließlich im Zusammenhang mit dem Zusammenschluss mehrerer Rechnernetze zum Internet thematisiert, was nicht zu einem angemessenen Verständnis geführt hat. Die Unterscheidung von logischer und physischer Struktur des Internets musste in der Beantwortung der Frage da-

nach, warum zum Verbindungsaufbau zwischen zwei Rechnern im Internet nicht der Domainname sondern die IP-Adresse verwendet wird, angewendet werden. Nur ein Schüler konnte eine vollständige Begründung geben, in der mit Entscheidungen zur Datenvermittlung argumentiert wurde.

Die Möglichkeit über die Verzeichnisdienste beispielsweise über ein Webportal Information über einen Webserver bzw. über einen Domainnamen zu erhalten, muss im Unterricht mit weiteren Aufgabenklassen durchgeführt werden. In Aufgabe 7 mussten die Schüler beschreiben, wie man zu Daten zum Standort eines Webbrowsers gelangen kann. Zwei Teilnehmer konnten diese Frage mit der Information einer IP-Adresse in Verbindung bringen. In keiner Antwort wurden die Verzeichnisdienste Whois und DNS angeführt.

5 Schlussfolgerungen

Durch die beschriebenen Beobachtungen während des Unterrichtsprojekts und die Auswertung des Abschlusstests, konnten verschiedene Schwierigkeiten im Lehr-Lern-Prozess aufgezeigt werden. Zur Strukturierung des Wissens über die Adressierung im Internet und für ein tieferes Verständnis der Interaktion zwischen Client und Server muss das Protokollschichtenmodell mit weiteren Aufgabenklassen integriert werden. Für ein Verständnis dafür, was ein Anwendungsprotokoll ist, haben sich in der ersten Erprobung die E-Mail-Protokolle Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) und Post Office Protocol (POP3) – im Vergleich zu HTTP komplexere Protokolle – bewährt, deren Betrachtung auch die Verwendung eines Zustandsdiagramms als weitere ikonische Repräsentation zuließ. Im Kontext der Verzeichnisdienste muss die hierarchische Gliederung des DNS-Namensraumes mit einer Baumdarstellung und die Anwendung von Whois durch weitere Aufgabenklassen unterstützt werden.

Für das erste Halbjahr 2007 ist deshalb eine weitere Erprobung mit Lehramtsstudierenden in einem Kurs der Jahrgangsstufe 11 geplant. Die Ergebnisse aus den vorangegangenen Erprobungen werden in acht Wochen mit jeweils drei Unterrichtsstunden aufbauend auf den bisherigen Materialien umgesetzt. In der ersten Woche geht es um die Frage, wie Client und Server zunächst im Schulrechnernetz und schließlich im Internet Daten austauschen. Dazu wird HTTP als Beispiel betrachtet. In der zweiten Woche geht es um den Aufbau des Internets aus mehreren Rechnernetzen. Zentrale Fragestellung ist, ob es möglich ist, sich im Internet anonym zu bewegen. Dabei wird zum einen die Hierarchie der Internet Service Provider und zum anderen der Aufbau der IP-Adressen untersucht. In der dritten Woche geht es darum, wie es möglich ist, unter einem bekannten Domainnamen eine falsche Webseite zu erreichen. Dazu wird zunächst die logische Struktur durch den DNS-Namensraum und schließlich der Ablauf zur Auflösung eines Domainnamens untersucht. Internetrecherche wird im Anschluss daran mit den Schwerpunkten Funktionsweise einer Suchmaschine, Suchstrategien und Bewertung von Webseiten thematisiert. Zum Protokollschichtenmodell werden in der fünften Woche Verbindungen zum Wissen aus den vorangegangenen Stunden hergestellt. Unter der Fragestellung, wie es möglich ist, sich vor Spoofing-Mails zu schützen, wird am Beispiel E-Mail das Thema Authentifizierung sowie der Verzeichnisdienst Whois untersucht. Dazu werden die

Protokolle SMTP und POP3 und der Übertragungsweg einer E-Mail analysiert. Zudem wird die Bedrohung der Vertraulichkeit und Authentizität in zwei aufeinander folgenden Wochen umgesetzt. In der letzten Woche wird im Zusammenhang zum Thema Network Address Translation das Thema Firewall behandelt.

Um einen Zugang auch auf der enaktiven Repräsentationsebene zu Konzepten wie Aufbau des Internets, die für den Benutzer verborgen bleiben, zu schaffen, kann eine Lernsoftware eingesetzt werden. Eine solche Software wird im Rahmen einer studentischen Projektgruppe seit dem Sommersemester 2006 entwickelt. Sie ermöglicht es, ein virtuelles Rechnernetz mit ausgewählten Internetanwendungen aufzubauen, zu manipulieren und zu simulieren. Mehrere auf diese Weise erstellte Rechnernetze können über Rechengrenzen hinweg verbunden werden. Sie stellt damit ein Mittel dar, den Informatikunterricht mit Rechnerexperimenten zum Thema Internetworking zu ergänzen.

Literaturverzeichnis

- [At03] Atteslander, P.: Methoden der empirischen Sozialforschung. Walter de Gruyter, Berlin, 2003.
- [Br04] Brinda, T. (2004) Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II. Dissertation, Universität Siegen, 2004.
- [DIE03] Applet zum Protokollschichtenmodell.
URL: http://rvs.die.informatik.uni-siegen.de/Wilus/ProtokolleDienste/ContentContainer/sl_tc_jar_cong (Januar 2007)
- [Dr06] Dreier, M.: Soekia – eine didaktische Suchmaschine.
URL: <http://www.swisseduc.ch/informatik/soekia/> (Januar 2007)
- [Fr06a] Freischlad, S.: Beitrag des Informatikunterrichts zur Entwicklung von Medienkompetenzen. In: Schwill, A.; Schulte, C.; Thomas, M. (Hrsg.), Didaktik der Informatik. Gesellschaft für Informatik, 2006, S. 29-38.
- [Fr06b] Freischlad, S.: Learning Media Competences in Informatics. In: Proceedings of Second International Conference on "Informatics in Secondary Schools. Evolution and Perspectives - ISSEP", November 7-11, 2006 Vilnius, Lithuania, S. 591-599.
- [FS06] Freischlad, S.; Schubert, S.: Media Upheaval and Standards of Informatics. In: Proceedings of IFIP Conference "Imagining the future for ICT and Education", June 26-30, 2006, Alesund, Norway.
- [HNR06] Hartmann, W.; Näf, M.; Reichert, R.: Informatikunterricht planen und durchführen. Springer, Berlin, 2006.
- [Ha05] Hartmann, W.: Informatik – EIN/AUS – Bildung. In: Friedrich, S. (Hrsg.), Unterrichtskonzepte für informatische Bildung. Gesellschaft für Informatik, 2005, S. 43-56.
- [NF97] Neupert, H.; Friedrich, S.: Lernen mit Netzen – Lernen über Netze. LOG IN 17, Heft 6, S. 18-23, 1997.
- [OOP] Objektorientierte Programmierung.
URL: <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/oop/> (Januar 2007)