

Informatik und Bildung zwischen Wandel und Beständigkeit

Werner Hartmann · Jürg Nievergelt

Die Informatik hat unsere Gesellschaft im Laufe weniger Jahrzehnte verändert wie kaum eine andere Wissenschaft zuvor. Die Ausbildung hat mit dieser Entwicklung nicht Schritt gehalten und rund um den Informatikunterricht gibt es heute mehr Fragen als Antworten. Die wohl wichtigste Frage ist, welchen Stellenwert die Informatik als Teil der Allgemeinbildung hat.

ein allgemein-bildender Informatikunterricht genügen müsste.

1 Schulinformatik: ein Sammelbegriff

Computernutzung durch Programmierung

In den 60er-Jahren etablierte sich die Wissenschaft Informatik unter allerlei Namen: automatisches Rechnen, elektronische Datenverarbeitung oder Computertechnik sind einige Beispiele. Parallel zu dieser Entwicklung entstanden die ersten Ausbildungsgänge an Hochschulen und später auch an Gymnasien und berufsbildenden Schulen. Im Mittelpunkt des Unterrichts stand dabei die Nutzung des Computers und damit die Programmierung, in der Anfangsphase ergänzt durch an die Hardware angelehnte Themen wie „Logische Funktionen und Schaltungen“. Der einzige Diskussionspunkt im Unterricht war die Wahl der Programmiersprache.

Unter der Bezeichnung „Informatikunterricht“ verstehen verschiedene Leute ganz unterschiedliche Aspekte der Informatik. Von der Primarstufe bis zur Hochschule wird „Informatik“ unterrichtet. Der historischen Entwicklung folgend betrachten wir die verschiedenen Interpretationen des Begriffs „Schulinformatik“ und stellen uns die Frage, welchen Anforderungen

Computer als Gegenstand gesellschaftlicher Diskussionen

Mit dem Einzug der Informatik in fast alle Lebensbereiche wurde der Computer auch zum Gegenstand gesellschaftlicher Diskussionen. Informatikunterricht umfasste neu „Computer und Society“, die kritische Beurteilung der Informatik als gesellschaftliche Erscheinung samt sozialen, kulturellen und ökonomischen Dimensionen. Im Unterricht hielten Themen wie „Kann der Computer denken?“ oder „Wie verändern Computer die Arbeitswelt?“ Einzug.

Computer als Arbeitswerkzeug

In den 80er-Jahren begann der Siegeszug des Personal Computers als Werkzeug im Alltag. Neben der schon fast unüberschaubaren Anzahl von Anwendungen im Bereich der automatisierten Datenverarbeitung und technischer Anwendungen standen nun fast jedermann Anwendungen wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Datenbanken oder Grafikprogramme zur Verfügung. Um diese Werkzeuge bedienen zu können, benötigte man keine Programmierkenntnisse mehr. An Gymnasien und berufsbildenden Schulen verschob sich deshalb der Fokus weg von der Programmierung zur Handhabung der neuen Werkzeuge. Themen im Unterricht hießen jetzt „Windows für Fortgeschrittene“, „Gestalten einer Schulzeitung mit Word“ oder „Adressverwaltung mit dBase“. An die Stelle eines eigentlichen Informatikunterrichtes trat die informationstechnische Grundbildung, ITG. War früher die Schule der einzige Ort, an dem Schüler und Studentinnen Zugang zu einem Computer hatten, nahm die PC-

Werner Hartmann, Jürg Nievergelt,
Departement Informatik, ETH Zürich

Dichte in den Haushalten nun rasant zu. Immer mehr Jugendliche brachten schon Vorkenntnisse in der Handhabung des Computers als Werkzeug mit und der Unterricht in ITG wurde hinterfragt oder gar als überflüssig erachtet.

Computer als Unterrichtsmedium

Mit dem Aufkommen graphischer Benutzeroberflächen, großer und billiger Speichermedien wie CD-ROM und getrieben durch eine boomende Spielsoftware-Branche etablierte sich ab den 90er-Jahren der Computer zunehmend auch im Heim- und Unterhaltungsbereich. Multimedia wurde zum Schlagwort und in den Schulen war der Computer nicht mehr nur Unterrichtsgegenstand oder ein Anwenderwerkzeug, sondern auch Unterrichtsmedium gepaart mit einer Fülle von „Lernsoftware“ in allen Fächern und auf allen Stufen.

Internet als Informationsmedium

Auf die Multimedia-Welle folgte in kurzem Abstand der Siegeszug des Internets und World Wide Webs. An den Schulen erschallt der Ruf „Schulen ans Netz“, anstelle von Informatik spricht man heute von Informations- und Kommunikationstechnologien, ICT. Und man will uns weismachen, dass heute nicht mehr Wissen gefragt ist, sondern nur die Fähigkeit, „just in time“ die relevanten Informationen im globalen Datenmeer zu finden.

Computer und Internet als Lehrer

Als letzter Trend soll nun E-Learning das Lernen orts- und zeitunabhängig machen und die Wirksamkeit des Lernprozesses nachhaltig verändern. Autorenwerkzeuge zur Herstellung interaktiver, web-basierter Lernumgebungen drängen auf den Markt. Ob computerunterstütztes und netzbasiertes Lernen oder Lehren aber wirklich einen didaktischen Mehrwert bringen, darüber können immer noch keine verlässlichen Aussagen gemacht werden.

Informatikunterricht ein heterogenes Bild

Der Blick auf die Rolle der Informatik in der Ausbildung zeigt also ein heterogenes Bild. Der Computer nimmt in der Ausbildung verschiedene Rollen ein. Zum ersten ist er selber Gegenstand des Unterrichtes, zum zweiten ein Werkzeug im Arbeitsalltag und zum dritten auch ein Medium zur Über- und Vermittlung von Informationen. Diese

verschiedenen Rollen des Computers in der Bildungslandschaft werden in der Regel nicht genügend auseinandergehalten. Man spricht einfach vom „Informatikunterricht“, egal ob es sich um den Einsatz von Lernsoftware in den ersten Schuljahren oder um den Entwurf von eigentlichen Informatiksystemen an einer Fachhochschule handelt.

Fazit

Wenn schon der Begriff „Informatikunterricht“ als Ganzes verschwommen bleibt, kann auch nicht erwartet werden, dass ein Konsens über die Inhalte besteht. Einzig die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnologien wird heute allgemein anerkannt. Der „Informatikunterricht“ steckt trotz 40jähriger Geschichte immer noch in den Anfangsgründen und ist noch weit davon entfernt, sich wie etwa Mathematik oder Geschichte als allgemeinbildendes Fach zu etablieren.

Im Folgenden beschränken wir uns auf den eigentlichen Informatikunterricht, also auf den Unterricht mit der Informatik als Unterrichtsgegenstand. Wir zeigen zuerst auf, welches in der Vergangenheit die Triebfedern für die Entwicklungen in der Informatikausbildung waren. Dann beleuchten wir die Anforderungen, welche an ein Fach mit allgemein bildendem Stellenwert gestellt werden und warum bis heute die Informatik als Schulfach diesen Anforderungen nicht gerecht geworden ist. In einem dritten Teil plädieren wir für die Vermittlung grundlegender Konzepte aus der Theorie der Informatik als Kern jeder informatischen Bildung und gehen der Frage nach, warum bis jetzt den Grundlagen der Informatik im Unterricht zuwenig Gewicht beigemessen wurden.

2 Vier Jahrzehnte Irrweg gesteuert durch kurzfristige Entwicklungen

Der vorangehende kurze historische Rückblick zeigt, dass sich der Informatikunterricht immer stark an der aktuellen Technik und an den expandierenden Anwendungen orientiert hat. Die nie abbrechende Folge von explosiven Anstößen zur Ausbreitung von Informatikanwendungen schlägt sich auch in Stelleninseraten nieder. Früher wurden Operator, Systemanalytiker und andere EDV-Spezialisten gesucht, vor kurzem Web-Publisher oder Java-Programmierer. Aus dem Mangel an Fachkräften resultiert regelmäßig der Ruf nach mehr Ausbildungsplätzen und die Lancierung von Bildungs-

initiativen wie etwa „Schulen ans Netz“. In eigentlichen Hauruck-Übungen werden neue Ausbildungsgänge aus dem Boden gestampft und Zertifikate geschaffen. So ließen sich in den letzten Jahren tausende von Interessierten zu Web-Publishern, Web-Designern, Web-Mastern, Mediamatikern oder Telematik-Spezialisten ausbilden und müssen heute mitten in der Dotcom-Krise feststellen, dass ihr spezifisch auf einen Teilbereich der Informatik ausgerichtetes Wissen nicht mehr groß gefragt ist.

Welche Konsequenzen hat diese starke Anlehnung des Informatikunterrichtes an die aktuellen Entwicklungen in der Informatik und die Ausrichtung auf produktbezogenes Wissen?

Informatikunterricht besonders praxisorientiert?

Wenn die Entwicklungen in der Wirtschaft in der Vergangenheit schon fast immer der Motor der Schulinformatik waren, kann daraus auf eine besonders praxisnahe Informatikausbildung an den Schulen geschlossen werden? Die Erfahrung zeigt das Gegenteil: Gerade neue Entwicklungen bedingen in der Regel moderne Infrastruktur und Spezialistenwissen. Beides fehlt in den Schulen, zumindest wenn man das Augenmerk auf die den Hochschulen vorgelagerten Schulen, also Gymnasien und berufsbildende Schulen richtet. Neue Entwicklungen fassen im allgemeinen an den Schulen nur zögerlich Fuß. Ein Beispiel dafür ist die E-mail-Kommunikation, die in der Wirtschaft und den Hochschulen längst zum wichtigsten Kommunikationsmittel geworden ist, in den Schulen aber noch wenig genutzt wird. Dies obwohl SMS als komprimierte Version von E-mail unter den Schülerinnen und Schülern längst verbreitet ist. Zu diesem und weiteren Aspekten der ICT-Nutzung im Schulalltag finden sich interessante Ausführungen in „The Big Questions“ [2].

Informatikunterricht auf Konzeptwissen ausgerichtet?

Wenn der Informatikunterricht nicht die neuesten Trends der IT-Branche berücksichtigen kann, werden dann wenigstens allgemein bildende Grundlagen des Fachs Informatik vermittelt? Leider fällt auch hier die Antwort negativ aus. In der Informatik haben sich immer mehr Spezialrichtungen ausgebildet und es ist für einen Informatiker heute unmöglich, die Wissenschaft Computer Science in der

ganzen Breite zu überblicken. Die Vielfalt des Faches und die rasante Entwicklung erschweren die Bildung eines Berufsstands „Informatiklehrer“. Vielen Informatiklehrern fehlen die notwendigen Grundlagen und sie weichen daher auf kurzlebige Produktwissen aus. Und von Seiten der Schüler und Eltern müssen sich Informatiklehrer oft den Vorwurf ungenügender Ausbildung gefallen lassen, ein Vorwurf der in der Sache zwar zutrifft, aber dem Selbstwertgefühl der Informatiklehrer wenig zuträglich ist.

Bedeutung des Informatikunterrichtes

Auch die Entscheidungsträger im Bildungswesen, vom Schulleiter bis hin zu den Leitern der Bildungsministerien, haben oft ein ambivalentes Verhältnis zur Informatik. Die starke Anlehnung des Informatikunterrichtes an die momentanen Entwicklungen bedingt periodisch zu ersetzende Computer-Infrastruktur. Der Unterhalt der Infrastruktur erfordert Zeit und finanzielle Mittel. Informatiklehrer beklagen sich zu recht über außerordentliche Arbeitsbelastung: Neben der eigentlichen, anspruchsvollen Unterrichtstätigkeit mit dauernd wechselnden Inhalten sind sie oft bei keiner oder nur geringer Entlastung auch für die Wartung der Informatikanlagen zuständig. Kurz: Für Schulleiter und Behörden ist der Informatikunterricht in Zeiten knapper öffentlicher Ressourcen ein Sorgenkind erster Güte, und mancher Verantwortliche verdrängt die Problematik „Informatikunterricht“ nur allzu gerne.

Unterstützung seitens der Hochschulen

Auch die Hochschulen tragen wenig zur Klärung der Situation bei. Selber ebenfalls einem ständigen Wandel ausgesetzt, werden neue Konzepte oft unreflektiert als Muss für die Schulen deklariert. So wird heute den Schulen nahegelegt, von Anfang an die Objektorientierung ins Zentrum der Ausbildung zu stellen. Dabei wird übersehen, dass Objektorientierung als Entwurfsmethode für große Softwaresysteme kaum für den Einstieg in die Informatik geeignet ist. Zudem wird nur wenigen Lehrpersonen ausreichend Zeit eingeräumt, sich mit neuen Programmierparadigmen auseinander zu setzen. Erschwerend kommt hinzu, dass wie für eine Fachwissenschaft üblich und zweckmäßig, die Informatik an Hochschulen einer starken Abstraktion unterworfen ist und es Hochschulangehörigen nicht

leicht fällt, die abstrakten Konzepte allgemein verständlich zu vermitteln.

Informatikunterricht – breites Spektrum

Informatikausbildung richtet sich an ein viel breiteres und heterogeneres Zielpublikum als beispielsweise der gymnasiale Physikunterricht. Informationsbeschaffung im Internet, Datenbanken oder Datenschutz und Informationssicherheit sind heute für fast alle Arbeitnehmer von Bedeutung. Betrachten wir kurz Datenbanken: Je nach Zielgruppe muss im Unterricht ein anderer didaktischer Ansatz gewählt werden. In der Hochschule wird man den Schwerpunkt auf die Modellierung und das Design von Datenbanken legen. In einem Ausbildungsgang für IT-Supporter wird man die Anwendung sowie das Anpassen von Datenbanken in den Vordergrund stellen. Für die Mehrzahl der Anwender stehen Datenbankabfragen im Vordergrund. Die verschiedenen Zielgruppen bedingen unterschiedliche Lehrmittel und didaktische Ansätze.

Lehrmittel

Die sich schnell ablösenden Unterrichtsinhalte und deren Ausrichtung auf Produkte hat dazu geführt, dass sich nicht wenige Schulbuchverlage aus dem offensichtlich unrentablen Geschäft mit Informatiklehrmitteln zurückgezogen haben. Seitens der Verlage wird argumentiert, das breite Spektrum des Zielpublikums, der permanente Wandel des Faches Informatik sowie die uneinheitlichen Lehrpläne würden eine vernünftige verlegerische Tätigkeit verunmöglichen. Fehlende Lehrmittel erschweren aber wiederum den Informatikunterricht.

Lehrpläne oder Leerpläne?

Die Informatik konnte sich bis heute auf der Sekundarstufe II nicht als eigenständiges Fach etablieren. Bei vielen Diskussionen rund um den Informatikunterricht steht deshalb zuerst die Rechtfertigung der Informatik als eigenständiges Fach im Vordergrund. Jeder Versuch, Informatik als Pflichtfach an den Gymnasien einzuführen, ruft unmittelbar andere Gymnasialfächer auf den Plan, welche die Stundendotation ihres Faches in Gefahr sehen.

Der Fakultätentag Informatik vertritt die gemeinsamen Belange der deutschen Hochschulen im Hinblick auf die Informatik als Wissenschaft und

die Koordination der Ausbildung. Im Jahr 1993 führte seine Forderung, Informatik als obligatorisches Fach in der Sekundarstufe II einzurichten, zu geharnischten Protesten. In einer Stellungnahme seitens renommierter Mathematik-Didaktiker im Auftrag der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, GDM, konnte man damals unter anderem lesen:

„Das alles rechtfertigt nicht die Etablierung der Informatik als obligatorisches Fach irgendeiner Schulstufe des allgemeinbildenden Schulwesens, wohl aber ihre Rolle in speziellen Berufsausbildungsgängen.“

Das Anzweifeln des Stellenwertes der Informatik als allgemeinbildendes Fach rückte vielerorts die Legitimation eines Schulfaches Informatik und die möglichen Inhalte eines solchen Faches in den Mittelpunkt der Diskussion. So entstanden Lehrplandokumente mit einem Umfang von mehr als hundert Seiten, mit überrissenen Zielsetzungen und außer Reichweite der Vorkenntnisse vieler Informatiklehrpersonen. Diese Lehrpläne werden an den Schulen oft schon gar nicht mehr zur Kenntnis genommen und verkommen so zu Makulatur. Den methodischen Aspekten des Informatikunterrichtes, also nicht der Frage nach dem „Was“ sondern nach dem „Wie“ unterrichtet werden soll, werden in der Informatik-Didaktik nur wenig Platz eingeräumt.

Informatik-Didaktik und Lehrerausbildung

Das Fehlen eines etablierten Faches Informatik, Lehrpläne mit wenig Beständigkeit und Akzeptanz bei den Lehrpersonen, fehlende Lehrmittel, ungenügende Infrastruktur und Wartung, fehlendes Bewusstsein bei den schulischen Entscheidungsträgern, teils überrissene Empfehlungen und Erwartungen seitens der Hochschule, unklare Begriffsbildung rund um die Schulinformatik, ein breites Spektrum an Zielschulen, der ständige Wandel und die Ausrichtung des Unterrichtes auf Produktwissen angepasst an die aktuelle Entwicklung, der Mangel an qualifizierten Informatiklehrpersonen: Alle diese Gründe haben dazu geführt, dass sich auch die Informatik-Didaktik noch nicht als eine gefestigte Disziplin etablieren konnte. Der Teufelskreis beginnt wieder von vorne.

Die Frage liegt auf der Hand: Wie kann der Informatikunterricht aus diesem Teufelskreis – ange-

trieben durch kurzfristige Entwicklungen – ausbrechen und sich als Fach im Kanon der allgemeinbildenden Fächer etablieren? Im nächsten Abschnitt wenden wir uns der Frage zu, welche Voraussetzungen ein Fach erfüllen muss, um als allgemeinbildendes Fach auf breiter Ebene anerkannt zu werden und weshalb die Informatik bis heute diese Voraussetzungen nicht erfüllt.

3 Queen and servant of science, technology, and everything else

Der Aufbau einer Basiswissenschaft

Wir leben heute in einer Zeit des Pragmatismus: Politiker, Vertreter der Wirtschaft und auch der Mann von der Straße werden nicht müde zu betonen, wie wichtig es sei, für die Praxis tauglich zu sein. Dabei vergisst man allzu leicht, dass die heutige Praxis auf dem Fundament der Theorie von gestern ruht. Anders ausgedrückt: ohne Bildung auch keine Ausbildung. Es ist unbestritten, dass Fächer wie Mathematik, Physik, Deutsch oder Geschichte zu den Grundlagen unserer Bildung gehören. Der Umgang mit dem Computer ist heute neben Lesen, Schreiben und Rechnen eine weitere Kulturtechnik, hat aber noch nicht in ausreichendem Maß Eingang in die Bildung gefunden.

Was macht eine Basiswissenschaft aus?

Eine Basiswissenschaft wie Mathematik oder Physik orientiert sich nicht an kurzfristigem Zweckdenken und ihre Auswirkungen auf andere Gebiete sind damit auch nicht unmittelbar wahrnehmbar. Erst nach dem Durchlaufen mehrerer Stufen werden die Erkenntnisse einer Basiswissenschaft in der Regel in der Praxis nutzbar. Man denke hier etwa an den weiten Weg von den Grundlagen der Euklidischen Geometrie bis hin zu Geographischen Informationssystemen GIS oder an die Zahlentheorie, deren Erkenntnisse erst Jahrhunderte später zur Grundlage der modernen Kryptologie wurden. Da eine Basiswissenschaft nur indirekten Nutzen bringt, bleibt sie zwangsmäßig eher theoretisch und abstrakt. Es ist gerade die Tugend einer Basiswissenschaft, das abstrakte Denken, die Begriffsbildung, Analogieschlüsse und den Transfer von Erkenntnissen allgemeiner Natur auf spezielle Anwendungen zu schulen. Und nicht nur das Erlernen der grundlegenden Kulturtechniken, sondern auch das Wissen um deren Entstehung ist wichtig. Nur

so und gepaart mit einem hohen Maß an geistiger Flexibilität und Kreativität kann ein vorausgestaltender Blick in die Zukunft gemacht werden.

Physik und Mathematik als Beispiele anerkannter Basiswissenschaften

Die Rolle dieser beiden Wissenschaften für unsere Kultur und unser Leben ist unbestritten. In einer Denkschrift der Deutschen Physikalischen Gesellschaft [4] findet sich folgende Aussage:

Physik muss wesentlicher Teil der Allgemeinbildung sein. Wissenschaft und Technik haben in Deutschland einen hohen Stand. Nur wenn unser Land auch künftig an der vordersten Front der Wissenschaften und ihrer Anwendungen tätig ist, wird es im globalen Wettbewerb bestehen. Die Innovationszeiten für neue Techniken sind sehr kurz – viel kürzer als ein Berufsleben. Der größte Teil der Bevölkerung arbeitet zwar nicht an der vordersten Front der Naturwissenschaften und ihrer Anwendungen, aber er nutzt diese Anwendungen unablässig. Mehr noch: Er ist existenziell auf sie angewiesen.

Für viele nichtphysikalische Disziplinen (z. B. Mathematik, Chemie, Biologie, Medizin, Technik- und Ingenieurwissenschaften) sind solide physikalische Grundkenntnisse unabdingbar. Selbst für Gebiete wie die Philosophie, die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, die Wirtschafts- und Finanzwissenschaften ist die Kenntnis physikalischer Arbeitsweisen und Begriffsbildungen von grundsätzlicher Bedeutung. Daher gebietet es die gesellschaftliche Verantwortung unseren Nachkommen gegenüber, ihnen grundlegendes physikalisches Gedankengut in angemessener Weise zu vermitteln. Diese Aufgabe kann nur die allgemeinbildende Schule leisten.

Die allgemeinbildende Schule muss der Bevölkerung das Wissen vermitteln, dass die umwälzenden technischen Entwicklungen im 20. Jahrhundert immer aus der engen Verbindung von Grundlagenforschung und neuen experimentellen und theoretischen Methoden entstanden sind.

In der Physik herrscht auch recht große Einigkeit, welches die wichtigen physikalischen Grundkenntnisse sind. Stellvertretend seien hier einige Beispiele herausgegriffen, die Inhalt eines jeden Physik-Curriculums auf der Gymnasialstufe sind. In der Mechanik werden wissenschaftliche Vorgehensweisen wie Experiment, Modellbildung, Mathematisie-

rung und Interpretation aufgezeigt. Die Schüler lernen die grundlegenden Erhaltungssätze der Mechanik, den Energie- und Impulserhaltungssatz, sowie deren Anwendungen in der Technik kennen. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik stellt den Zusammenhang sichtbarer Makrozustände mit den zugrundeliegenden unsichtbaren Mikrozuständen her. Optik oder Elektromagnetismus zeigen auf, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse technisch umgesetzt werden und diese Umsetzungen die Naturwissenschaft wiederum vor Erkenntnisprobleme stellen können.

Im Unterricht nehmen diese Themen seit jeher die zentrale Stellung ein. Erst nachdem man eine fundierte Basis für das Verständnis der Vorgänge in der Natur gelegt hat, setzt man sich mit „Physiksystemen“ wie Motoren oder Atomkraftwerken auseinander. Die Konzentration auf das Fundamentum der Physik als zentraler Gegenstand des Physikunterrichtes hat sich bewährt. Den Schülerinnen und Schülern werden Grundlagen vermittelt, die es später erlauben, neue Entwicklungen oder Erkenntnisse einzuordnen und vorhandenes Wissen zu transferieren. Den Lehrpersonen und den Herstellern von Lehrmitteln erlaubt die über längere Zeitperioden hinweg stabile Stoffauswahl eine vertiefte Auseinandersetzung und Umsetzung. Physiklehrer sind nicht monatlich mit neuen Updates und Releases konfrontiert.

Der Mathematikunterricht verfolgt verschiedene Zielsetzungen. In den niedrigeren Schulstufen werden „Skills“ vermittelt. Das Einmaleins, Bruchrechnen, einfache Prozentrechnung, der Vergleich von Größen und weitere Themen gehören zu den Fertigkeiten, die heute von jedem Schulabgänger erwartet werden. Hierzu gibt es eine Parallele in der Informatik. Von heutigen Schulabgängern wird erwartet, dass sie mit einer Textverarbeitung umgehen, per E-mail kommunizieren und über das Internet Informationen beschaffen können. Die Versuchung ist groß, diese Fertigkeiten einfach im Stil „drill and practice“ zu vermitteln. Wir wissen aber inzwischen aus den großen internationalen Vergleichsstudien im Bildungswesen (TIMMS, PISA) zur Genüge, dass ein rein auf den Erwerb dieser Fertigkeiten ausgerichteter Unterricht keine nachhaltige Wirkung zeigt. Konfrontiert mit einer neuen, nicht trainierten Situation und schon liegt man mit seiner Prozentrechnung daneben. Ein wirklich nachhaltiger Erwerb von Fertigkeiten setzt auch ein

Verständnis für die grundlegenden Prinzipien und Zusammenhänge der Mathematik voraus. Betrachten wir als Beispiel die Geometrie. Bei den in der Praxis bedeutungsvollen „Geometriesystemen“ handelt es sich in aller Regel um komplizierte, dreidimensionale Objekte. In der Schule hingegen beschäftigt man sich ausführlich mit Dreiecksgeometrie, mit Konstruktionen mit Zirkel und Lineal und freut sich an der Schönheit, Klarheit und Einfachheit einer Beweisführung, also mit Dingen, die keinen unmittelbaren praktischen Nutzen haben. Es herrscht aber – zumindest in der Fachwelt – ein Konsens, dass die Auseinandersetzung mit der Elementargeometrie für ein tieferes Verständnis komplexer Geometriesysteme unerlässlich ist.

Verschiedene Schichten einer Basiswissenschaft

Die Struktur einer Wissenschaft umfasst verschiedene Schichten. Jede Schicht baut auf den Errungenschaften der unteren Schichten auf. Bildlich kann man eine Wissenschaft als Turm mit verschiedenen Stockwerken darstellen. Im untersten Teil befindet sich die Theorie, abstrakt und ohne vertieftes Studium unverständlich. Die Versuchung ist groß, die unteren Stockwerke des Turms zu vernachlässigen und oben einzusteigen. Ganz oben auf der Aussichtsplattform des Turmes hat man eine perfekte Rundschau. In der Ferne steigt der Dampf des Kühlturms eines AKW empor und am Himmel fliegt ein neues Großraumflugzeug vorbei. Und alles fängt man mit wenigen Knopfdrücken mittels der digitalen Videokamera ein. Hält man aber inne, wundert man sich über die spezielle Form des Kühlturms. Man fragt sich, wie sich ein so schweres Objekt in der Luft fortbewegen kann und wie die vielen Bilder auf kleinstem Raum gespeichert werden. Zur Beantwortung dieser Fragen muss man sich in die unteren Stockwerke des Turmes begeben. Ob man bei der Besichtigung des Turms zuoberst, ganz unten oder irgendwo dazwischen startet, ist unwesentlich. Entscheidend ist einzig, dass man alle Stockwerke besucht.

Auf die Schule bezogen geht es darum, sich mit den Grundlagen eines Faches auseinander zu setzen. Für die Lehrperson ist es keine einfache Aufgabe, den Schülerinnen und Schülern aufzuzeigen, worin der Gewinn theoretischer Überlegungen liegt und wie man damit einen Zugang zur Welt und den praktischen Gegenständen erhält. In der Physik

Informatikturm

Anwendungsmethodik

z.B. Konfiguration MIS, GIS, ... , CA-x im konkreten Fall
„Eine Lösung verkaufen“
Stark zeitabhängig: „heute, mit Windows 2000!“

System - Realisierung

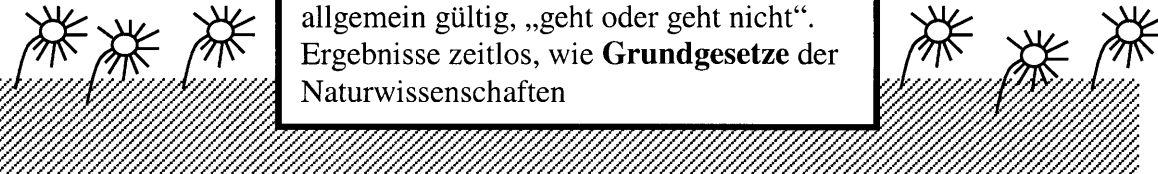
Entwurf und Implementation, in Hardware und Software, von
allgemein verwendbaren Systemen.
z.B. Betriebs-, Reservations-, Text-System.
„Programmieren im Großen“

Algorithmik

Entwurf, Analyse, Optimierung, Testen von
Standardabläufen, z.B. Bibliotheksprogramme
„Programmieren im Kleinen“

Theorie

abstrakt, mathematisch, objektiv,
allgemein gültig, „geht oder geht nicht“.
Ergebnisse zeitlos, wie **Grundgesetze** der
Naturwissenschaften



Der Turm beschreibt die Informatik als ein Gebäude mit vier Stockwerken. Ein riesiger Oberbau ist das Einzige, das die große Mehrheit der Informatikanwender aus der Ferne überhaupt sieht. Hier werden Informatiksysteme zur Lösung konkreter Aufgaben eingesetzt, hier weht die Werbung, hier fließt das Geld – dieses Penthouse hat die ganze Informatik gesellschaftsfähig gemacht. Der Jargon ist benutzerfreundlich: „Wir bieten Lösungen an“, sei es durch ein Management-Informationssystem, ein geographisches Informationssystem, oder ein CA-x-System, das für „computer-aided anything“ steht.

Im zweitobersten Stockwerk ist eine moderne Fabrik untergebracht, mit ihren Managern, Projektleitern, Software- und Hardware-Ingenieuren. Große Hardware- und Software-Komponenten, halb- oder ganzfertige Bausteine, werden eingeliefert und gemäß voluminösen Spezifikationen zu Standardsystemen zusammengesetzt. Hier predigt man gestern Software Engineering, heute

spricht man objektorientiert, morgen wird es ein anderes Tagesthema sein. Dieses Stockwerk wird von den großen Informatikfirmen dominiert, und da die Miete teuer ist, gibt es einen regen Wechsel.

Gleich darunter ist der unscheinbare erste Stock sichtbar. Das Schild an der Haustür verkündet „al Khwarizmi“. Sein Name und Werk inspirierte die Wortschöpfungen Algorithmus und Algebra. Hier arbeiten Einzelkämpfer oder kleine Teams an ...? Das weiß man nicht so recht, denn die Bewohner sprechen eine unverständliche Kürzelsprache, bestehend aus Wörtern wie P oder NP.

Im Erdgeschoss oder schon im Keller stößt man auf ein mit Blumen gut verdecktes Refugium, das man kaum sieht. Man munkelt, hier hielten sich einige unberechenbare Einsiedler auf, die sich aus unverständlichen Gründen für das Fundament des Informatikturms interessierten. Nur selten hört man etwas aus dieser untersten Etage, und es ist schon lange her, dass einige formal unentscheidbare Sätze nach außen drangen.

und Mathematik hat sich über Jahrhunderte hinweg eine Kultur entwickelt, welche die Theorie in den Mittelpunkt stellt. Aktuelle Entwicklungstrends haben kaum einen Einfluss auf die Fundamente dieser Fächer, die Lehrpersonen ordnen sich nicht dem Diktat unmittelbar verwertbarer Dinge unter. Damit soll natürlich nicht postuliert werden, in der Schule sei dem Praxisbezug kein Stellenwert beizumessen. Ganz im Gegenteil! Aufgabe des Lehrers ist es, anhand guter Beispiele aus der Praxis die Bedeutung eines theoretischen, übergreifenden Zugangs zu unserer komplexen Welt aufzuzeigen.

Die Bedeutung der Theorie als Zugang zur Praxis gilt auch für die Informatik, ist aber noch wenig ins Bewusstsein der Gesellschaft eingedrungen. Im Jahr 1995 wurde im Informatik-Spektrum der Informatikturm vorgestellt [7].

In der Ausbildung, bei der Festlegung des Curriculums eines Informatikunterrichts, ist man unweigerlich mit den verschiedenen Stockwerken des Informatikturms konfrontiert. Die Ansprüche an eine zeitgemäße Informatikausbildung sind vielfältig. Zum einen erwartet man von Schulabgängern Fertigkeiten im Umgang mit Standardanwendungen wie Textverarbeitung oder der Nutzung des Internets. Hier geht es um Produktwissen, das bedingt durch die rasch aufeinanderfolgenden Rochaden in den oberen Stockwerken nur eine geringe Halbwertszeit aufweist. Zum anderen erwartet man von Schulabgängern und Arbeitnehmern aber auch ein Verständnis für die grundlegenden Prinzipien, auf denen unsere Informationsgesellschaft aufgebaut ist. Ohne Konzeptwissen kann man den Einsatz und Nutzen von Informatiklösungen nicht beurteilen. Anders ausgedrückt: Eine fundierte, allgemeinbildende und trotzdem praxisorientierte Informatikausbildung setzt voraus, dass man den Informatikturm in seiner ganzen Höhe zumindest beachtigt. Ob man von unten nach oben steigen will oder lieber auf der Dachterrasse anfängt, ist nicht so wesentlich.

Stetiger Trend nach oben im Informatikturm

Wirft man nun einen Blick zurück auf die letzten Jahrzehnte der Informatikausbildung, so stellt man fest, dass die unteren Stockwerke des Informatikturms im Laufe der Zeit immer weniger besucht wurden. Man landet direkt auf dem Dach und bestaunt die immer farbigeren Tools, welche hier

marktschreierisch angeboten werden. Die Unterrichtsinhalte sind Windows, Office, Multimedia, Internet usw. Nur an wenigen Schulen wird ein Abstecher in das zweitoberste Stockwerk unternommen, und wenn, dann gibt man sich bewusst modern. Kleine Programme schreiben ist uninteressant, Umgang mit großen Systemkomponenten ist „in“.

Vielerorts möchte man den Computer als Unterrichtsgegenstand gleich ganz aus den Schulen verbannen, und es wird die Fächerintegration des Computers gepriesen. Es wird argumentiert, Autofahren lerne man auch nicht in der Schule, genauso wenig müsse der Computer im Unterricht thematisiert werden. Dabei unterscheiden sich die Computernutzung und das Autofahren grundlegend. Das Auto hat nur einen Zweck, die Fortbewegung von Punkt A zu Punkt B. Der Computer ist ein Werkzeug mit einem sehr breiten Anwendungsspektrum.

Beim Autofahren können nur wenige Parameter beeinflusst werden, hauptsächlich Gas, Bremse und Steuerrad. Im Gegensatz dazu ist das „Armaturenbrett“ einer modernen Textverarbeitung wie Word ein Vielfaches komplexer. Wer einen Autotyp fahren kann, vermag recht einfach auf einen anderen Autotyp umzusteigen. Der Umstieg vom Release x.y auf Release x.y+1 einer Textverarbeitung bedingt meistens einige Stunden Einarbeitung.

Und auch die Bedeutung von Autofahren und Umgang mit Informatikmitteln ist verschieden: Man kann sich problemlos ohne Führerschein durch das Leben schlagen. Die Beherrschung von Informatikmitteln ist heute aber neben Lesen, Schreiben und Rechnen eine weitere Kulturtechnik.

4 Beispiel eines Grundprinzips: Vom intuitiven Verständnis zur formalen Spezifikation

Wir haben ausgeführt, dass sich der Einstiegspunkt im Informatik-Unterricht, im Unterschied etwa zur Physik oder Mathematik, im Laufe der Zeit immer weiter nach oben im Informatikturm verschoben hat und die Grundlagenstockwerke häufig nicht mehr oder nur kurz besucht werden. Wenn sich die Informatik als Basiswissenschaft auch in den Schulen etablieren will, muss sie sich stärker an die bewährte Tradition anderer Basiswissenschaften anlehnen und die Grundlagenkenntnisse in den Vordergrund stellen. Nur so lassen sich die Probleme

im Bereich der Lehrerbildung, der Curricula oder der Entwicklung von Lehrmitteln langfristig lösen.

Eine systematische Übersicht wichtiger Grundprinzipien der Informatik wäre ein lehrreiches Unterfangen, das zwar implizit in Lehrbüchern aufgegriffen wird, aber unseres Wissens in der Fachliteratur kaum behandelt wird. Einen Ansatz dazu findet man in „What (else) should computer science educators know?“ [5]. Hier beschreiben Gal-Ezer und Harel das Hintergrundwissen, über welches jeder Informatiklehrer verfügen sollte. Wir wagen uns nicht an dieses anspruchsvolle Thema, sondern wählen ein einziges Grundprinzip aus, das wir an konkreten Beispielen illustrieren, ohne tiefe Vorkenntnisse voraussetzen zu müssen. Es handelt sich um die einfache aber grundlegende Idee, dass Computer als formale Systeme aufzufassen sind. Was heißt das?

Der alltägliche Umgang mit Mitmenschen und Institutionen aller Art ist selten oder nie formal streng definiert – stets vertraut man auf den gesunden Menschenverstand, um allerlei Anweisungen vernünftig zu interpretieren. Dass der Empfänger hin und wieder eine Anweisung anders als beabsichtigt interpretiert, das gehört zum Leben – meistens gibt es eine zweite Gelegenheit, den Fehler zu korrigieren. Man kann diese „Trial-and-error-Kommunikation“ auch gegenüber Computern verwenden – „schauen wir mal, was dieses Programm bewirkt, und korrigieren es danach“. In Ausnahmesituationen mag dies angemessen sein, die Allgemeinheit sollte aber vom Vorgehen der Informatik nicht diesen Eindruck haben. Das Wesen der Informatik liegt vielmehr in der Verwendung mathematisch streng definierter formaler Systeme, um eine Vielfalt von Verhaltensweisen von Maschinen genau zu beschreiben und auszuführen. Wir illustrieren das an einem Beispiel, dessen Thematik von der Primarschule bis zur theoretischen Informatik reicht.

Der Begriff „Algorithmus“ wird bereits in der Primarschul-Mathematik eingeführt, zum Beispiel für die Ausführung arithmetischer Operationen. Dabei darf „Algorithmus“ durchaus intuitiv, nicht streng formal interpretiert werden. Beim Multiplizieren zweier Zahlen nimmt man unter anderem an, die korrekte Position der einzelnen Ziffern sei anhand von Beispielen zu lernen. „Learning by doing“ ist für Menschen natürlicher und wirksamer als eine genaue aber komplizierte Formel zu befol-

gen. Bevor aber ein Computer diese „Häuschen-Papier-Rechnung“ ausführen kann, muss genau festgelegt werden, welche Ziffern wo geschrieben werden und wie man im richtigen Moment auf die richtige Ziffer zugreift.

Vom Informatik-Standpunkt aus gesehen ist es wichtig, vom intuitiv zu verstehenden Algorithmus, der für Menschen durchaus angebracht ist, zum streng formal beschriebenen Algorithmus vorzudringen. Hier kommt der Begriff des „formalen Systems“ aus der mathematischen Logik ins Spiel. Was ein formales System im Sinne der mathematischen Logik und der Informatik ist, das ist (noch) nicht Bestandteil der Allgemeinbildung. Es ist aber ein entscheidender Begriff zum Verständnis dessen, was Computer ausführen können und was nicht. Denn jeder Computer, mitsamt seiner Software, ist ein formales System, das genau das ausführt, was der Benutzer und die Programmierer gesagt haben (wenn auch nicht unbedingt das, was sie gemeint haben). Am Beispiel der Addition zweier natürlicher Zahlen skizzieren wir nachfolgend eine Möglichkeit, den Übergang von einem intuitiven Verständnis zu einer formalen Beschreibung zu vollziehen und gleichzeitig wichtige Begriffe wie Berechnungsmodell, Algorithmus und Programm, Invarianten und Korrektheitsbeweise zu thematisieren.

Zuerst müssen wir ein formales System wählen, in dem die vorgesehenen Algorithmen möglichst klar und knapp ausgedrückt werden können. Dazu gibt es beliebig viele Möglichkeiten – jede Programmiersprache ist ein solches System. Wenn wir jedoch begriffliche Einfachheit suchen, dann bieten sich logische Kalküle an. Diese wurden genau mit der Zielsetzung entworfen, dass sie nur ein Minimum an primitiven Objekten und Operationen enthalten, also leicht erlernbar sind. Diese Einfachheit der Primitiven ist natürlich eine schwierige Hürde, wenn man „realistische“ Aufgaben programmieren will. Sie muss es aber nicht sein, wenn die Aufgaben nur didaktischen Charakter haben, also so gewählt werden, dass sie mit den Primitiven des gewählten logischen Kalküls leicht lösbar sind. Wir ziehen die Folgerung, dass die Begriffswelt der Theoretischen Informatik nicht nur als exotisches Hobby für Spezialisten zu sehen ist, sondern auch eine Rolle in der Didaktik spielen kann, die bisher noch nicht ausgeschöpft wird.

Betrachten wir als Beispiel für obige These, wie die Algorithmik der Primarschularithmetik, die

„Häuschen-Papier-Rechnung“, formal exakt dargestellt werden kann. Wir wählen als formales System endliche Automaten („finite state machines“), welche sich in einer gitterförmigen Welt bewegen und diese auch verändern können. Falls diese Welt unbeschränkt groß ist, haben wir eine Turingmaschine, welche an Stelle eines unendlichen Bandes ein unendliches Blatt Papier bearbeitet. Turings Analyse dessen, was bei der formalen Definition des Begriffs „Algorithmus“ zugelassen sei, fängt genau beim karierten Blatt Papier an. Er ersetzt das Blatt dann durch einen Streifen, wohl einfach deshalb, weil er als Logiker das einfachste mögliche Berechnungsmodell suchte [9].

Computing is normally done by writing certain symbols on paper. We may suppose this paper is divided into squares like a child's arithmetic book. In elementary arithmetic the two-dimensional character of the paper is sometimes used. But such a use is always avoidable, and I think that it will be agreed that the two-dimensional character of paper is no essential of computation. I assume then that the computation is carried out on one-dimensional paper, i.e., on a tape divided into squares.

Wir kehren zum zweidimensionalen, karierten Blatt zurück, weil damit viele Programme einfacher werden. Ohne jedes Detail zu erklären, zeigen wir zuerst die Darstellung einer Additionsaufgabe mehrerer binärer Zahlen (Abb. 1), danach einen endlichen Automaten, der diese Addition ausführt (Abb. 2). Dieses Beispiel ist dem Programmiersystem Kara [8] entnommen. Die zu addierenden Zahlen sind untereinander geschrieben und durch Marken # begrenzt, die in einem Abstand von k Häuschen angebracht sind. Die Summe wird modulo 2^k berechnet, also exakt, falls k genügend groß ist. Die erste Zeile wird zur zweiten addiert und die partielle Summe überschreibt diese, danach geht es Zeile um Zeile weiter, bis zuletzt nur noch die Zeile mit der Summe übrigbleibt.

Ausführliche Erklärungen, weitere Aufgabenstellungen sowie die einfach zu bedienende Programmierumgebung TuringKara finden sich auf www.educeth.ch/informatik/karatojava/.

Unser Beispiel zeigt, dass sich die Theorie als Ausgangspunkt für Betrachtungen im Informatikunterricht eignet. Endliche Automaten und Turingmaschinen sind zwei Beispiele für einen theorieori-

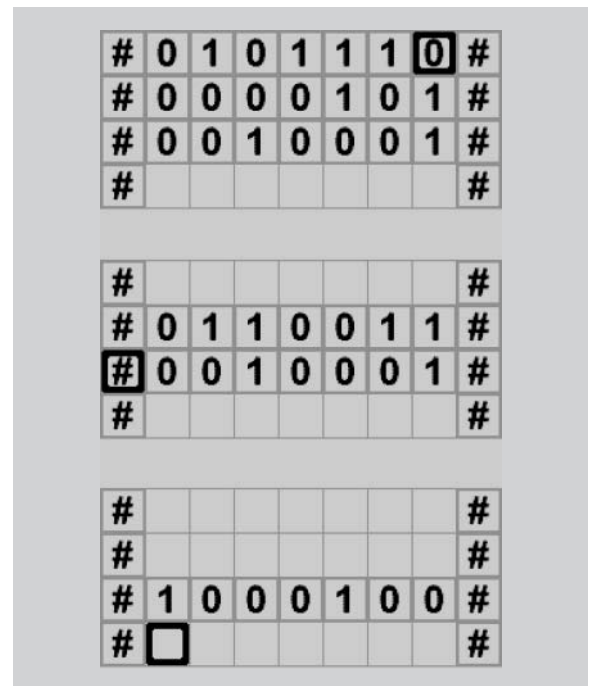
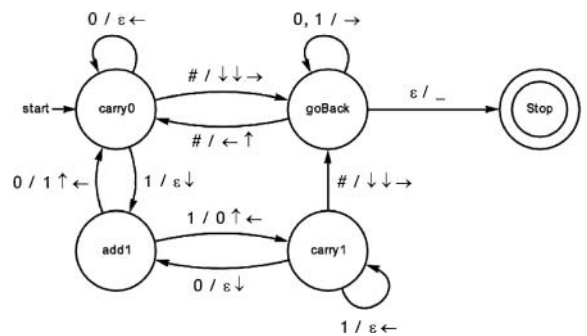


Abb. 1 Drei Summanden als Input, Zwischenresultat und Resultat



entierten Ansatz im Unterricht. Wir sind überzeugt, dass für einen guten Informatikunterricht der Konzentration auf die wesentlichen Grundlagen aus der Theorie eine große Bedeutung zukommt.

Die Lernumgebung Kara zeigt, dass Theorie nicht a priori abstrakt und „schwer“ sein muss. Im Gegenteil: Kara hat geradezu einen spielerischen Charakter und trägt damit einem kürzlich von Gzudial und Soloway aufgebrauchten Aspekt Rechnung. In „Teaching the Nintendo Generation to Program“ [6] wird argumentiert, dass die hohe Ausfallsquote in heutigen Informatik-Kursen teilweise Lehrpersonen mit einem veraltetem Bild der heutigen Informationsgesellschaft zuzuschreiben ist. Während in Zeiten textbasierter Computerterminals „Hallo-Welt-Programme“ Studierende faszini-

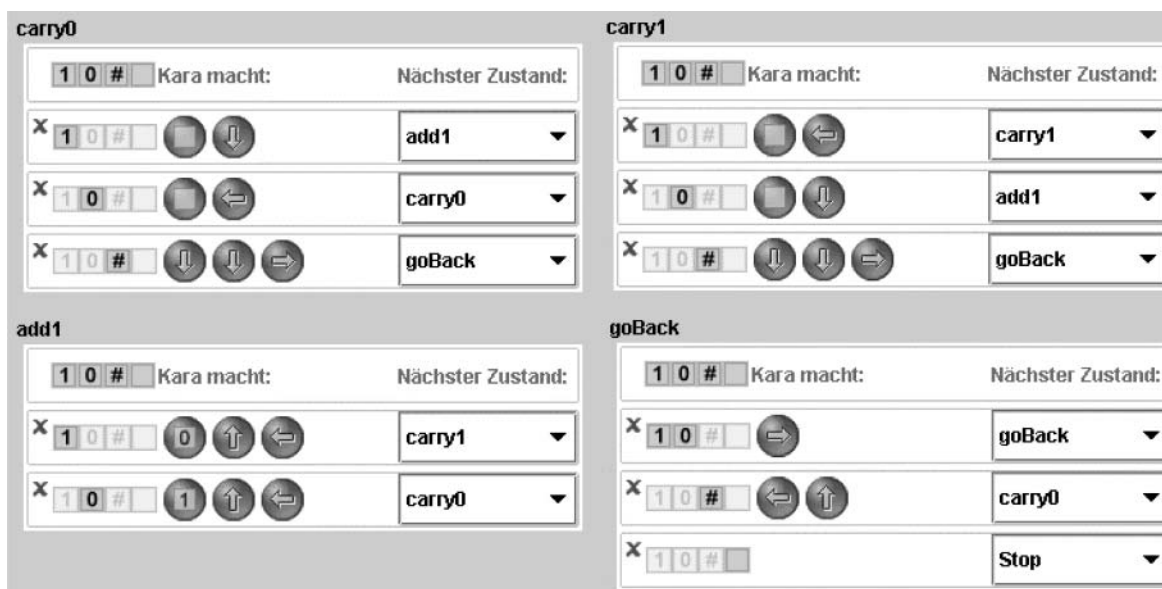


Abb. 2 Der endliche Automat und seine Übergänge

nierten, wächst die heutige „Nintendo-Generation“ in einer von Multimedia geprägten Welt auf. Der Unterricht muss auf dieses veränderte Umfeld Rücksicht nehmen, wenn es gelingen soll, die Lernenden zu faszinieren und aktiv im Lernprozess mit einzubeziehen.

5 Abstraktes konkret vermitteln

Soviel zum „Was“, wenden wir uns dem „Wie“ zu. Wie die oben genannten Themen im Unterricht behandelt werden, ist ebenso wichtig wie die Auswahl der Inhalte. Und hier ist Handlungsbedarf angesagt! Themen aus der Theorie der Informatik werden vielerorts zu formal auf einer abstrakten Ebene präsentiert. Statt einen konkreten Graphen aufzuzeichnen und daran die Idee von Dijkstras-Algorithmus für kürzeste Wege zu illustrieren, werden die Schüler und Studenten zuerst mit einer formalen Definition eines gerichteten, gewichteten Graphen konfrontiert. Und anschließend wird das Verfahren in meist textlastiger Form so beschrieben, dass die Argumentation zwar formal hieb- und stichfest ist, dafür aber jede Einsicht verloren geht. Analoge Vorgehensweisen, stark geprägt durch die Sprache der jeweiligen Hochschuldisziplin, kennen wir auch aus anderen Fächern. Wir alle kennen die „Epsilonantik“, wenn es in der Mathematik um Konvergenzbeweise geht oder um die Sequenzen von Definitionen, Lemmata und Hilfslemmata, die schlussendlich zu einem mathematischen Beweis führen, den wir zwar so Zeile für Zeile nachvollziehen können, dessen eigentliche Idee uns aber ver-

borgen bleibt und somit die Erkenntnisse auch nicht auf andere Situationen transferiert werden können.

Die Aussage „nichts ist nützlicher als eine gute Theorie“ trifft dann zu, wenn ein Gedankengerüst von allgemeiner Anwendbarkeit als „Datenkompression“ wirkt. Viele Einzelfälle werden in einer übergeordneten, abstrakten Struktur zusammengefasst, welche die wesentlichen Eigenschaften der Einzelfälle darstellt. Abstraktion ist ein äußerst nützlicher Prozess zur Reduktion auf das Wesentliche. Abstraktion heißt aber nicht, dass die zugrundeliegenden Gedankengänge in aller Allgemeinheit, eben abstrakt, vermittelt werden sollen. Gerade für den Unterricht an allgemeinbildenden Schulen gelten weniger strenge Anforderungen als in der entsprechenden Fachdisziplin an einer Hochschule. Die zentralen Themen sollten an einfachen, überzeugenden Beispielen dargestellt werden, und auch spielerische Aspekte müssen nicht zu kurz kommen.

Jeder Lehrer muss über eine reichhaltige Sammlung guter Beispiele verfügen. Das Finden einfacher und schöner Darstellungen eines Sachverhaltes ist ein aufwendiger und schwieriger Prozess. Die Hochschulinformatik und die Informatik-Didaktik sind aufgerufen, solche Beispielsammlungen zu erstellen und zugänglich zu machen. Im Mathematics Magazine haben sich seit mehreren Jahren „proof without words“ eingebürgert. Anhand geschickt gewählter grafischer Darstellungen werden wichtige mathematische Sätze augenfällig und

ohne unnötige Notationen und Formalismen bewiesen. Wie wäre es mit einer Rubrik „algorithms without words“ im Informatik-Spektrum, in der Kernpunkte der Informatik bildlich hervorgehoben werden? Oder Beiträge in der Art von Dewdney's Turing Omnibus [3]? Attraktive, für den Informatikunterricht gedachte Darstellungen grundlegender Sachverhalte der Wissenschaft Informatik, verfasst von ausgewiesenen und erfahrenen Spezialisten. Das Informatik Spektrum könnte damit in den nächsten 25 Jahren Meilensteine setzen und dazu beitragen, dass beim fünfzigjährigen Jubiläum der Zeitschrift der Titel eines Nachfolgeartikels heißt „Informatik und Bildung, vom Wandel zur Beständigkeit“.

6 Besinnen auf das Wesentliche: Das Ende des Irrwegs

In der Mathematik und anderen Basiswissenschaften gelingt es, im Unterricht gleichzeitig drei Ziele zu erreichen. Erstens werden die für den Alltag unabdingbaren Fertigkeiten vermittelt. Zweitens erhalten Schülerinnen und Schüler einen Einblick in das Wesen und die intellektuellen Errungenschaften des Fachs. Und drittens wird ein Bewusstsein geschaffen für die Bedeutung und Rolle des Fachs in einem größeren gesellschaftlichen Rahmen.

Im Informatikunterricht ist es bis heute noch nicht in ausreichendem Maß gelungen, diesen drei Ansprüchen gerecht zu werden. Primäres Ziel der zukünftigen Entwicklung des Informatikunterrichtes muss es sein, diese drei Zielsetzungen unter einen Hut zu bringen. Ausgehend von der Theorie der Informatik muss der Weg der Schulinformatik

festgelegt werden. Kurzfristige und zufällige Entwicklungen dürfen nicht dazu verleiten, dauernd neue Wege einzuschlagen.

Soll der bisherige Irrweg in der Schulinformatik beendet werden, sind alle gefordert: Die Entscheidungsträger im Bildungswesen müssen zur Überzeugung gelangen, dass (zumindest auf den oberen Schulstufen) ein eigenständiges Fach Informatik unabdingbar ist. Überzeugende Argumente dafür finden sich zum Beispiel bei Assmann u. Ungerer [1]. Die Schülerinnen und Schüler müssen bereit sein, sich den anspruchsvollen Gedankengängen der Theorie zu stellen. Die Lehrpersonen müssen sich bemühen, die Lernenden für die Methoden und die Schönheit der Theorie zu interessieren. Und die Fachinformatiker aus Hochschulen und Industrie sollen Grunderkenntnisse nicht nur im Fachjargon besprechen, sondern auch dem größeren Zielpublikum der Theorie-Nutzer zugänglich machen.

Literatur

1. Assmann, U., Ungerer T.: Informatik in der Schule, Informatik-Spektrum 24/6: 401–405 (2001)
2. Berg, G.A.: „The Big Questions“, International Journal on E-Learning 1/2: 5–6 (2002)
3. Dewdney A.K.: Der Turing Omnibus – Eine Reise durch die Informatik mit 66 Stationen. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer (1997)
4. DPG Denkschrift 2001, 3. erweiterte Aufl. 7 (2001)
5. Gal-Ezer J., Harel, D.: What (else) should CS educators know? Communications of the ACM, 41/9: 77–84 (1998)
6. Guzdial, M., Soloway, E.: Teaching the Nintendo generation to program. Communications of the ACM 45/4: 17– 21 (2002)
7. Nievergelt, J.: Welchen Wert haben theoretische Grundlagen für die Berufspraxis? Gedanken zum Fundament des Informatik-Turms. Informatik-Spektrum 18/6: 342–344 (1995)
8. Reichert, R., Nievergelt, J., Hartmann, W.: Ein spielerischer Einstieg in die Programmierung mit Kara und Java. Informatik-Spektrum, 23/5: 309–315 (2000)
9. Turing, A.M.: On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London Mathematical Society 2/42: 230–265 (1936–1937)