

2b \vee \neg 2b

Maßnahmen zur Förderung der Hochschuldidaktik Informatik

Volker Claus

Institut für Formale Methoden der Informatik
Universität Stuttgart, Fakultät 5
Universitätsstraße 38
70569 Stuttgart
claus@informatik.uni-stuttgart.de

Abstract: In den letzten Jahren wurde die Hochschullehre über Preise und Projekte mit Landes- und Bundesmitteln gefördert. Es gilt nun, die vielen Erfahrungen zu bündeln, hieraus weitere Forschungsthemen zu erarbeiten und der "Fachdidaktik Informatik im Hochschulbereich" zu Ansehen in Einrichtungen der Forschungsförderung, z. B. der Deutschen Forschungsgemeinschaft, zu verhelfen. Hierzu bedarf es fundierter Studien, regelmäßiger Lehre/Ausbildung, sichtbarer Fortschritte beim Einsatz der Ergebnisse und anspruchsvoller Forschungsvorhaben. Der vorliegende Artikel regt die Intensivierung der Fachdidaktik und gemeinsame Vorhaben und deren Auswertung an. Beispielhaft werden die Kompaktifizierung und Robustheit betont. Eile tut Not, will man die Umstellung auf die Bachelorstudiengänge nutzen.

1 Begriffsbestimmungen

Mit der Fachdidaktik verlassen wir das auf Formalismen aufgebaute "sichere" Gebiet einer "exakten Wissenschaft" und begeben uns in einen Bereich, in dem Begriffe überwiegend im Rahmen einer (meist nur individuell interpretierbaren) natürlichen Sprache beschrieben werden (können). Die relative Unschärfe der Wortbedeutungen und deren Beziehungen innerhalb von Sätzen zwingen zu umfassenden und oft redundanten Charakterisierungen, um Begriffe möglichst eindeutig zu umreißen und gegeneinander abzugrenzen. Gefährlich ist es, hierbei an das Allgemeinverständnis zu appellieren. Daher beginnt dieser Artikel mit einer Beschreibung der zentralen Begriffe.

1.1 Unter *Didaktik* verstehen wir die Wissenschaft der Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens. Im Zentrum der Didaktik stehen fachübergreifende Fragen:

- Ganzheitliche Theorien und Modelle (des Lernens, Unterrichtens, Auffrischens usw.),
- Zielorientierung: Zusammenstellung klarer Vorgaben und überzeugende Begründungen, Beschreibung von zu erwerbenden Befähigungen, Methodik, Inhaltsauswahl,
- Ordnungskriterien: Strukturierung und Zusammenspiel von Lerneinheiten,
- Initialisierung von Unterricht: generelle Vorgehensweisen, geeignete Strukturen aus einem Wissensgebiet herauszuarbeiten und zielgerichtet zusammenzustellen, Festlegung von Voraussetzungen bei den Lernenden, Planung der Lernumgebungen,

- Gestaltung von Unterricht: Motivation, Zeitrahmen, Schaffung von Rahmenbedingungen (geistig, physisch, psychologisch, ...), Einbeziehung von Medien usw.,
- Nutzung von Ausbildungseinflüssen: Berücksichtigung und Einbeziehung von anderen Wissens- und Erfahrungsquellen (z. B. Tätigkeiten in der Wirtschaft, Praktika, Informationsgewinnung aus Internet, Bibliotheken usw., Vorträge, spezielle Kurse),
- Lerntechniken: Lernbedingungen und Vorgehensweisen, mit denen die Lernenden sich den Stoff und die damit verbundenen Befähigungen erarbeiten sollen,
- Aufspüren und Behandlung von Störungen: Abweichungen von Plänen, Erkennen von hemmenden Einflüssen, Beeinträchtigungen der Lernumgebung,
- Evaluation: Methoden, Erfolge und Auswirkungen (möglichst objektiv und möglichst genau) zu messen und zu bewerten.

Aussagen wie diese:

Didaktik untersucht, "wer was mit wem wo wie womit warum und wozu" lernen soll sind nur als grobe Orientierung geeignet, helfen aber in der Praxis, die wichtigsten Aspekte in hochkomplexen Situationen nicht aus dem Auge zu verlieren. Didaktik in diesem allgemeinen Sinne zählt zur Pädagogik und besitzt enge Bezüge zur Psychologie.

1.2 Die *Fachdidaktik* untersucht prinzipiell die gleichen Fragen wie die Didaktik, jedoch eingeschränkt auf ein spezielles Wissensgebiet. Nach meiner Überzeugung gehört die Fachdidaktik zu den konstitutionellen Erfordernissen einer heutigen Wissenschaft, d. h., ein Fach, das keine Modellbildung über seine Vermittlung (und damit über seine Ziele, seinen begrifflichen Aufbau, die Präzisierung der inneren Zusammenhänge und seine Lehr- und Lernmethoden) vorantreibt, sollte nicht als Wissenschaft im akademischen Sinne bezeichnet werden. Eine solche rigorose Haltung ist derzeit nicht üblich (würde sie doch manche Wissenschaftsförderung in Frage stellen), aber sie wird sich in den kommenden Jahrzehnten immer mehr durchsetzen. Das Hauptproblem hierbei lautet, wer diese Aufgabe der Umsetzung meist aktueller theoretischer Resultate in praktischen Unterricht an den Hochschulen denn überhaupt leisten kann und in welchem Umfang hier eine besondere Ausbildung aller Wissenschaftler(innen) erforderlich sein könnte, die belebend wirkt und den "Forschungsdrang" der Teilnehmer möglichst noch verstärkt.

1.3 Unter *Unterricht* verstehen wir die Gestaltung, Organisation und Durchführung einer Lehrveranstaltung mit dem Ziel, Wissen, Kenntnisse und Befähigungen zu erwerben. Je nach Zielgruppen, Fächern, Inhalten, Schularten, Kulturkreisen usw. gibt es sehr viele unterschiedliche Formen von Unterricht. Generell ist Unterricht ein sehr komplexer Prozess, auf den jeder und alles einwirken ([Hub00]).

Als ein Grundprinzip gilt, beim Unterrichten attraktive und anregende Umgebungen zu schaffen und möglichst viele Sinne des Menschen zu aktivieren. Hierzu zählt auch die Erfahrung, dass die meisten Menschen bleibende Lernerfolge eher in einer Gruppe erwerben; nur 20% der Studierenden scheinen individuell besser lernen zu können (persönliche Schätzung). Hier spielen psychologische Ursachen eine wichtige Rolle. Ein Grund mag z. B. die Neigung vieler Menschen sein, wichtige Tätigkeiten aufzuschieben (procrastination, vgl. Prof. Rist, Psychologie I, Univ. Münster), was in einer Gruppe leichter verhindert wird. Unterricht in kleinen Gruppen spielt in der Informatikausbildung eine wichtige Rolle und wird mittlerweile an den meisten Hochschulen gepflegt.

In der Informatik sind die Begriffe "Gruppe" (\approx etwas Unverbindliches) und "Team" (beinhaltet Planung, Ziele, Verlässlichkeit, Verantwortung, meist auch Kunden- und Produktbezogenheit) klar zu unterscheiden. Informatik-Übungen werden in der Regel in Gruppen, Projekte und teilweise auch Praktika dagegen im Team durchgeführt.

Welche Unterrichtsmethoden gibt es und wie soll man sie einsetzen (s. auch Stichwort "Liste der Unterrichtsmethoden" in [Wiki])? Eine in Stuttgart entwickelte eigene Liste von nicht überlappungsfreien Methoden listet folgende Vorschläge für individuelles Lernen (hinzu kommen noch Methoden für gemeinschaftliches Lernen) auf:

- Instruktion (Beschreibungen von Arbeitsschritten und Abläufen)
- Vorführen und Nachvollziehen (auch Nachahmung von Vorbildern)
- häufiges Wiederholen (Eintrainieren, einfache Anwendungen)
- Beobachtung der Umweltreaktionen bis hin zu selbst Entdecken und Ausprobieren
- Fehler-Machen und systematische Korrektur (besonders wichtig in der Informatik)
- Konstruieren, Modellieren, Simulieren (besonders wichtig in der Informatik)
- Weitervermitteln (z.B. Lernen durch Lehren; für Gruppen gut geeignet)
- Deduktion aus Abstraktem, schrittweise Vertiefung/Verfeinerung
- Vereinfachen oder Rückführen auf Bekanntes, Variantenbildung

1.4 Die Qualität von Unterricht lässt sich messen, z. B. durch Prüfungen, durch Umfragen unter den Teilnehmern, durch spätere Befragung der Abnehmer, durch Verfolgung der beruflichen Entwicklung usw. Unter *Lernerfolg* verstehen wir ein Maß für die Unterrichtsqualität, wobei hier sehr unterschiedliche Ausprägungen möglich sind. Zur Didaktik gehören auch Evaluationen, also Aufstellung von Zielen und Hypothesen einer Erfolgsüberprüfung, Festlegung von Messmethoden und Auswertungen, Erprobung und Durchführung von Tests, Ursachenanalyse und Empfehlungen für weitere Maßnahmen.

1.5 Definitionen zur *Informatik* gibt es viele. Diese sollen hier nicht wiederholt werden, siehe etwa [Du06], [GI05a] und fast jedes einführende Lehrbuch. Die Informatik gruppiert sich um den Rohstoff "Information". Zurzeit hat sie einen universellen Anspruch, d. h., sie behandelt diesen Rohstoff aus ingenieurwissenschaftlicher, experimenteller und grundlagenorientierter Sicht, empfindet sich als Querschnittstechnologie und allgemein als unverzichtbare Hilfswissenschaft und wirkt nachhaltig in alle Fächer und zugleich in alle Lebens- und Arbeitsbereiche hinein. Diesem breiten Anspruch steht jedoch eine recht einheitliche Auffassung über das gegenüber, was in den ersten Jahren eines Informatikstudiums zu vermitteln ist ([FTI04], [GI05b]).

1.6 Das Ziel dieses ersten Abschnitts ist die Definition des Begriffs "*Hochschuldidaktik Informatik*". Hierunter verstehen wir somit die "Informatik bezogene Didaktik, vorwiegend für die ersten beiden Studienjahre an Hochschulen". Erste Tagung siehe [FDI05]. Die Schwerpunktsetzung auf die ersten beiden Jahre soll darauf hinweisen, dass mit fortschreitendem Verlauf des Studiums die Methoden der Ausbildung eine immer geringere Rolle spielen, da die daran anschließenden Lehrveranstaltungen verstärkt durch innere Motivation, Neugier und die Persönlichkeiten der Lehrenden geprägt werden. Die Hochschuldidaktik Informatik besitzt eine besondere "Schnittstellenkomponente", die die speziellen Probleme beim Übergang einer "konsumierenden Schulzeit" zu einem "selbst aktiven und eigenverantwortlichen, fordernden Studium" mitzubehandeln hat.

2 Förderung der Hochschuldidaktik Informatik: möglichst sofort!

Man mag zum Bachelor für die Informatik stehen, wie man will, aber eine positive Aussage ist die Beteuerung der Politik gewesen, in diesem Studienabschnitt die didaktischen Anstrengungen und die Betreuung und Beratung deutlich zu verstärken. Nun fallen didaktische Konzepte und empirische Resultate nicht vom Himmel und sie entstehen auch nicht automatisch, wenn man einen Forscher vor einige hundert Studienanfänger stellt. Konsequent wäre daher die Einrichtung eines Forschungsressorts zur Hochschul-Fachdidaktik bei der DFG oder den Landesministerien gewesen. *Da dies bisher nicht geschehen ist, muss es "die Community" nachdrücklich einfordern.* Anderenfalls läuft das Bachelorstudium in den gleichen Bahnen wie bisher und jener positive Aspekt der Studienreform wäre sinnlos vertan. Denn genau die Umstellung auf neue Module bietet die beste Chance, zugleich die Unterrichtsmethoden zu überdenken und während der etwa drei-jährigen Umstellungszeit in vergleichenden Studien und umfangreichen Versuchen (mit sehr vielen Probanden!) neue Wege auszuloten, zu erproben und recht objektiv zu bewerten.

Im Zentrum der Hochschuldidaktik steht das zielorientierte Gestalten und die empirische Untermauerung von Lehr-/Lernhypothesen. Welche konkreten Themen fallen in einer Hochschuldidaktik der Informatik an? Wir listen hier wesentliche Themen auf, ohne Gewichtungen zu verteilen (in Klammern stehen ein paar Stichwörter):

Auswahl von Inhalten (orientiert an der Wissenschaft, an Berufsbildern, an zu erwartenden Entwicklungen, an allgemeinen Prinzipien, Betonung und Charakterisierung der "formalen" Bildung), Möglichkeiten der Aufbereitung und der Gestaltung von Lernangeboten (Aktualität, typische Beispiele, Animation hochkomplexer Situationen, Anbiedern an den Zeitgeist), Klärung der Darstellungen, der Kalküle und des Abstraktionsniveaus, Gestaltung von Lernumgebungen (mit/ohne technische Geräte, innerhalb/außerhalb von virtuellen Räumen, kommunikativ/isoliert, kooperativ/frontal usw.), Einsatz von Medien, E-learning und dessen viele Varianten, Autorensysteme, intelligente Tutorssysteme und interaktive Animationssysteme (Analyse der Denkweisen, Lösungshilfen, Veranschaulichung von Beispielen der Lernenden, Aufwandsbetrachtungen), Verschiebung vom Lehren zum Selbst-Lernen, handlungsbetontes Lernen, durchgängige Langzeitkonzepte (ganzheitliche Ansätze von der Grundschule bis zur Klasse 10, von der Sekundarstufe II bis zum Diplom/Master, von der beruflichen Schule über Abendkurse bis zu Weiterbildungsstudiengängen mit Abschlüssen), Auswirkungen der Heterogenität auf das Lernen (interdisziplinäre Projekte, Frauen-Männer, Teilnehmer aus verschiedenen Kulturkreisen, Sprache), Identifizierung und Abbau hemmender Einflüsse, begleitende Industriepraktika (Werkstudenten, Einbeziehen der Dozenten, gemeinsame Projekte/integrierte Studien), Turbokurse, Vorteile des internationalen Austauschs, Unterrichtssprache, Förderung überfachlicher Befähigungen, Einfluss von Rahmenbedingungen (finanzielle Förderung, Studiengebühren, Prüfungssystem, Räumlichkeiten, Elitedenken, Verschulung).

Auf alle diese Fragen hat sicher jede(r) eine persönliche Antwort oder Vermutung. Doch genau hiervon muss man abstrahieren, siehe Abschnitt 4.

Besonders wichtig ist der Brückenschlag zu den Fachwissenschaftlern. Auf der einen Seite gibt es Bemühungen, dass alle Studierenden oder zumindest die, die eine Hochschulkarriere anstreben, fachdidaktische Veranstaltungen besuchen müssen. Andererseits müssen die, die sich verstärkt auf die Lehre konzentrieren, von den Forschern auf einen aktuellen Stand gebracht werden. Die bisherige Leitidee geht von der "Einheit von Forschung und Lehre" aus, bei der der Lehrende sich "seine Didaktik" im Wesentlichen selbst erwirbt, doch lässt sich dieses Konzept bei einem Studierenden-Anteil an dem jeweiligen Jahrgang von $\geq 30\%$ und bei einer wachsenden Orientierungslosigkeit der Studienanfänger nicht mehr aufrecht erhalten.

Diese "Vermassung" des Bachelorstudiums wird in den kommenden Jahrzehnten dazu führen, dass sich der Bachelor (aus heutiger Sicht) als verlängertes Abitur mit zusätzlichen Fachkenntnissen darstellen wird. Daher werden in den kommenden Jahren die derzeitige auf die Sekundarstufe bezogene Fachdidaktik und die Hochschuldidaktik Informatik enger zusammenrücken und verstärkt voneinander profitieren. Dies muss sich auch in didaktischen Forschungsprogrammen widerspiegeln.

Konkrete Vorschläge für Maßnahmen zur Förderung der Didaktik der Informatik:

- a) Allgemein: Einrichtung eines Sonderprogramms bei Einrichtungen der Forschungsförderung von Bund und Ländern zur Förderung der Fachdidaktiken. Hierbei sind auch die Ziele des Bologna-Prozesses (Wissenschaftler austausch, Mobilität, ...) zu beachten. Für die Fächergruppen können spezielle Ausrichtungen betont werden.
- b) Begleitend hierzu für die Informatik: Ausarbeitung einer Fachklassifikation der Fachdidaktik Informatik in Schule und Hochschule; Aufforderung an die Informatik, sich mit Anträgen zu beteiligen; Anregung, geeignete Professuren zu schaffen; Anregung, Forschergruppen, Schwerpunktprogramme und Ähnliches zu installieren.
- c) Einrichtung eines fachdidaktischen Kolloquiums an jedem Informatikfachbereich mit etwa 8 Vorträgen pro Jahr.
- d) Etablierung einer Fachdidaktikveranstaltung (mit mindestens 4 Leistungspunkten) in jedem Informatikstudiengang. Die Dozenten hierfür könnten ebenso unter den Hochschullehrern wechseln, wie dies bei den Grundvorlesungen heute meist der Fall ist.
- e) Strukturelle Verankerung: Ausbau der bestehenden Vereinigungen für Fachdidaktik und Bündelung ihrer Aktivitäten (die Fachdidaktiken sind recht unterschiedlich organisiert und treten nur wenig in Erscheinung, verglichen mit Fachgesellschaften und Lehrerverbänden).

Nochmals: Eile tut Not, wenn man die zurzeit sehr günstigen Versuchsbedingungen im Rahmen der Umstellung auf die Bachelorstudiengänge ausnutzen will.

Im Folgenden werden die "Kompaktifizierung" und die "Robustheit" beleuchtet. Diese Auswahl ist eine persönliche Sicht und darf nicht als Versuch verstanden werden, diese Bereiche verbindlich zu etablieren. Vielmehr sind alle aufgerufen, gut begründbare Gebiete mit hohem Forschungsbedarf zu identifizieren und nachdrücklich zu vertreten.

3 Zielsetzung: Kompaktifizierung

Das Wissen wächst, die Produkte und Abläufe werden ständig komplexer, an die Absolvent(inn)en werden daher immer höhere Anforderungen gestellt - die Ausbildungszeit bleibt jedoch konstant bzw. wird als Bachelorstudium sogar verkürzt. Es könnte die Lernzeit pro Woche erhöht werden, was die Politik aber ablehnt, da sie die Gesamtlernzeit der Studierenden mit 60 Leistungspunkten mal 30 Stunden je Leistungspunkt = 1800 Stunden pro Jahr fest schreibt. Folglich muss in Zukunft pro Zeiteinheit mehr gelernt, d. h. der zu erlernende Stoff verdichtet werden. Heutige Lehrbücher haben auf diese unausweichliche Kompaktifizierung der Ausbildungsinhalte noch nicht reagiert. Eher werden die Informatiklehrbücher in jedem Teilgebiet mit jeder Auflage dicker; sie fügen neuen Stoff additiv hinzu, suchen aber kaum nach neuen Darstellungstechniken und zusammenfassenden Abstraktionen. Die Fachdidaktik muss also folgende Aufgaben lösen:

- Wie kann man Wissen und Erkenntnisse so komprimieren, dass gegenüber heute mehr Inhalte pro Zeiteinheit und pro Druckseite präsentiert und vermittelt werden können?
- Wie muss man Darstellungen, Unterrichtsmethoden und Lernumgebungen ändern, um diese Verdichtung zu unterstützen?
- Wie lassen sich hemmende Einflüsse abbauen?
- Vor allem Nicht-Informatikern muss der erforderliche Stoff wesentlich gestraffter und mit viel medialer Veranschaulichung griffiger und komprimierter präsentiert werden. Einige Aspekte seien im Folgenden herausgegriffen.

3.1 Komprimierung

Wenn jemand heute ein Forschungsvorhaben beantragen würde mit dem Ziel, ein Lehrbuch ohne Verringerung des Inhalts neu zu schreiben, sodass es um $x\%$ rascher ($x < 90$) durchgearbeitet werden kann, so würde der Antrag vermutlich abgelehnt. Dabei werden derartige Vorgehensweisen schon in Kürze wichtiger als viele neue rein fachliche Forschungsergebnisse sein. Eine solche "Verstehensbeschleunigung" kann vor allem durch bessere Kalküle, geeignete Makros, typischere Beispiele, mediale Ergänzung, anderen Aufbau des Stoffs usw. erreicht werden. Man betrachte die Überschrift $2b \vee \neg 2b$ dieses Artikel oder folgendes Beispiel (M sind Markierungen, t Transitionen in Netzen)

$\dots M_j [t_j > M_{j+1} [t_{j+1} > \dots (j \text{ in } 0.. \infty)$ heißt stark fair $:\Leftrightarrow \forall t \in T (\exists^{\infty} i (M_i [t >] \Rightarrow \exists^{\infty} i (t_i = t))$.

Starke Fairness ist für Stellen-Transitionsnetze nicht leicht zu definieren; wer aber einen geeigneten Kalkül beherrscht, dem genügt eine Zeile. Ein Ziel könnte also sein, den Jugendlichen frühzeitig (spätestens in Klasse 10?) hoch verdichtete Kalküle zu vermitteln, in denen sie denken und arbeiten können. Dies bedeutet eine komplette Umstellung aller Schul- und Lehrbücher. Keiner will eine solche Umstellung, doch unter den aktuellen Rahmenbedingungen in Deutschland scheint mir dies ein gangbarer Weg zu sein, damit Deutschland intellektuell dem Rest der Welt mindestens ebenbürtig bleiben kann.

Hinzu können Anstrengungen treten, viele erklärende Teile konsequent durch konkrete Übungen und gute Beispiele zu ersetzen. Dadurch würden einige klassische Lehrveranstaltungen den Charakter von Werkstätten bekommen, die ohnehin für Jugendliche attraktiver als "sterile Hörsäle" sein mögen ([Cl04], Dienstleistungsdidaktik).

3.2 Konzentrationssteigerung und Intensivierung

In den Schulen ist das Phänomen längst angekommen: Zu große Klassen, heterogene Klassengemeinschaften, Überbelastung der Lehrkräfte und Wegschauen der Schulleitungen fördern einen Unterrichtsalltag, in dem die Konzentrationsfähigkeit und -bereitschaft der Jugendlichen schleichend abnimmt. Um der Geleitzug-Metapher entgegen zu wirken, müssten die Heterogenität abgebaut, mehr Lernräume bereitgestellt, die Attraktivität erhöht, die Vielfalt der Lernangebote erhöht, die Betreuung erhöht, Turbo-kurse konzipiert werden usw. Eventuell sollten Lernende stärker isoliert oder in Projekten mit gut gewählten Zielen zusammengefasst werden. Viele Maßnahmen sind denkbar, aber all deren erhoffte Auswirkungen bleiben subjektiv, wenn sie nicht zumindest empirisch nachgewiesen werden. Erfahrungen liegen überall im Hochschulbereich vor; sie müssten erfasst, ausgewertet, erforscht und konkret umgesetzt werden.

3.3 Weitere Aspekte

Zu behandeln wären hemmende Einflüsse (zum Beispiel Heterogenität der Teilnehmer, Sprachprobleme, unterschiedliche Arbeitsmethoden und schlechtes Kommunikationsverhalten, Lärm, fehlende Ressourcen) und deren Bekämpfung. Hier sollte man keine Konflikte scheuen, also z. B. auch Themen ansprechen wie "nur weibliche Zielgruppen", "action-orientierte Präsentation des Stoffs", "Konzentration auf Werkstattatmosphäre", wenn es nur um Einblicke und weniger um Eigenentwicklungen geht, "spezielle Darstellungen für Berufstätige" usw. Auch Fragen der Verlängerung der Lebenslernzeit nach vorne und nach hinten und pro Woche, Grenzen der psychologischen Lernbereitschaft, Einflüsse durch die Betreuung, das Mengengerüst, die jeweilige Atmosphäre usw. sind zu klären.

4 Zielsetzung: Robustheit

Wir nennen eine Unterrichtsmethode robust, wenn sie weitgehend unabhängig von den agierenden Personen relativ gute Lernerfolge garantiert. Diese Festlegung setzt voraus, dass robuste Lehr-/Lernmethoden nur im Großversuch erprobt und validiert werden können und dass sie häufig mit wenig engagierten Personen wiederholt werden sollten.

Robustheit bezieht sich auf den eingeschwungenen Dauerzustand. Fast alle Ausbildung erfolgt in diesem Stadium, sodass Verbesserung von Lehre nur Sinn macht, wenn sie eine Verbesserung der robusten Methoden nach sich zieht. Daher ist die Robustheit von Unterrichtsmethoden *das* vorrangige Kriterium schlechthin. Es ist aber sehr schwer zu messen. Die PISA-Studie hat genau diesen Aspekt in Angriff genommen: Nicht die Erprobungen und positiven Lernerfolge einzelner Kurse und Klassen, wie man sie in vielen Veröffentlichungen findet, sind entscheidend, sondern die flächenhafte Umsetzung der Methoden. Beispielsweise wird die Qualität der Lehre im Bachelorstudium zu einem Zufallsprodukt, wenn die sich derzeit andeutende wechselseitige Abgrenzungsbewegung (Stichwort: Profilbildung) fortschreitet und Großversuche ausbleiben. Die „Robustheit“ muss daher stärker ins Zentrum der Forschung rücken.

Das Vorgehen ist eigentlich „ganz einfach“: Eine anerkannte zentrale Gruppierung (z. B. die Studienkommission des Fakultätentags Informatik) arbeitet ein Schema aus, um „laborähnliche Versuchsbedingungen“ abzustecken. Für die Grundvorlesung Informatik werden hier etwa Ausbildungsziele und Inhalte aufgelistet und zum Beispiel folgende Parameter (sie sind in der Praxis viel exakter auszuformulieren) festgelegt:

[Umfang, Ausrichtung, Abstraktion, Programmieranteil, Verzahnung von Vorlesung und Übungen, Intension der Übungen (Festigung oder Erweiterung des Stoffs), Zahl der Teilnehmer je Übungsgruppe, Betreuung durch wen, „Übungsstunde geht überwiegend die Übungsaufgaben durch“ (und nicht mehr), nur individuelle Abgaben (Gruppenabgaben nicht zulässig), die Teilnehmer tragen ihre Lösungen vor, jede(r) muss ohne Vorankündigung mindestens zweimal vortragen, die Übungsaufgaben sind zu 20% Multiple Choice, zu 30% einfach, zu 30% mittelschwer und der Rest besteht aus Programmierung und/oder schwierigeren Sonderaufgaben, Testklausuren gibt es nicht, Schein wird ausgestellt, wenn die Zahl der erreichten Punkte > 180 ist.]

Hierdurch werden Klassifikationen vorgegeben. Eine Klassifikation „Grundvorlesung der Uni X“ könnte lauten: [4V+2Ü, funktionales Paradigma, Details stark formalisiert, Programmieren jeder Lösungen obligatorisch, V-Ü getrennt, Vertiefung mit Vorlesungsergänzungen, 24 zu 3 Gruppen á 8 Personen, geleitet nur von Mitarb., Ü-Aufgaben werden korrigiert aber nicht besprochen, Musterlösungen werden verteilt, in den Übungen werden unbekannte Aufgaben verteilt und durchgesprochen, jeder Teilnehmer erhält hier zweimal ein Problem als zusätzliche Hausaufgabe, 2 Testklausuren mit Einrechnung in die Punkte, 20 Punkte je Woche u. Schein bei > 180 Punkten.]. Die zentrale Gruppierung schlägt auf Grund überregionaler Diskussionen etwa 5 solcher Klassifikationen vor (einschl. einer Liste von Hypothesen über Vor- und Nachteile, Gefahren, Ressourcen usw.) und bittet jede Fakultät, sich genau einer hiervon zuzuordnen. Für jede Klassifikation, der sich mindestens 5 Einrichtungen zuordnen, wird eine Lenkungsgruppe, bestehend auf Vertretern dieser Fakultäten und zwei bis vier externen Experten, gebildet. Diese arbeitet die Details aus und legt eine gleichartige Durchführung an allen Standorten fest. Die Fakultäten, die dem Versuchsplan und dem gemeinsamen Auswertungsverfahren zustimmen, führen den Versuch im folgenden Semester unter regelmäßigem Informationsaustausch durch. Am Ende findet zeitgleich ein Test mit einheitlichen Aufgaben für jede Klassifikation statt. Zugleich werden hierbei auch Aufgaben eingestreut, die für alle Klassifikationen einheitlich sind, um allgemein Klassifikationen einschätzen zu können. Die Auswertungsergebnisse werden interpretiert und die Ergebnisse mit früheren Daten und anderen Informationen abgeglichen. Anschließend wird der Versuch möglichst unverändert mit dem nächsten Jahrgang erneut durchgeführt, wobei sich alle Fakultäten zuvor neu positionieren können (aber nicht sollten), usw.

Zwei solcher Testaufgaben zum Bereich Algorithmen sind im Anhang aufgeführt. Bei diesen Tests sollte man nicht (nur) Klausuraufgaben stellen, sondern den konstruktiv-kreativen Bereich einbeziehen. Dies erfordert Prüfungszeiten von 4 bis 6 Stunden.

Ein konkrete Klassifikation kann aus den Erfahrungen an der Universität Stuttgart hergeleitet werden. Die vergangenen 5 Grundvorlesungen mit unterschiedlichen Durchführungsarten regen folgende Klassifikation an:

- [- Vorlesung im klassischen Stil. Grob orientiert an einem Buch. Der gesamte Stoff in selbst erklärender Form auf herunterladbaren Folien. Gut 60% jeder Vorlesungsstunde bestehen aus Erläuterungen und Herleitungen an der Tafel, knapp 30% aus Ergänzungen und Animationen mit dem Beamer und 10% aus sonstigen Darbietungen.
- Übungen werden getrennt abgehalten. Die Aufgaben festigen und vertiefen den Stoff der Vorlesung. In zwei Dritteln der Übungsstunde werden die bearbeiteten Aufgaben besprochen und im restlichen Drittel adhoc-Aufgaben, mit denen die Gruppenleiter feststellen, ob einfache Zusatzfragen/-probleme gelöst werden können oder nicht.
- Vierergruppen (vgl. das Konzept „Lernen durch Lehren“): Je 4 Studierende bilden eine Gruppe. Anfangs soll jede Gruppe einen „besseren“ und einen „schlechteren“ Studierenden besitzen, um mit einer gewissen Heterogenität zu starten, die zu mehr Diskussionen Anlass geben mag. Ab dem 2. Semester bilden die Studierenden ihre Vierergruppen selbst. Wichtig ist: Jedes Gruppenmitglied ist für seine Gruppe verantwortlich. Konkret erhält jedes Gruppenmitglied für eine Gruppenaufgabe nur die Punktzahl, die der zufällig ausgewählte Vortragende bei der Präsentation erstreitet. Dies erzwingt Vorbereitung und Erhöhung des Durchschnittsniveaus in jeder Vierergruppe. Dass dies das Durchschnittswissen verbessert, legen die heutigen Durchfallquoten all der Vorlesungsteilnehmer nahe, die keinen Übungsschein benötigten (= Studierende anderer Studiengänge): Diese sind fast alle in der Klausur gescheitert.
- Etwa 10% der Punktzahl gehören zu Multiple Choice Aufgaben, die nur zu lösen sind, wenn man die Vorlesung noch einmal genau durchliest. 40% der Aufgaben sind „Routineaufgaben“. Die restlichen Aufgaben umfassen kleine Beweise, Programmierungen und anspruchsvollere Probleme. 60% der Aufgaben sind in der Vierergruppe zu lösen.
- Es finden im Semester drei Testklausuren statt. Deren Punktzahl gehen in die Übungspunkte ein, sodass es im Wintersemester $15+3=18$ Übungsblätter gibt. Studierende, die hier schlecht abschneiden, werden von den Leitern der Übungsgruppen angesprochen.
- Jede(r) Studierende wird angehalten, ein „Arbeitsbuch“ zu führen, in das sie/er den zeitlichen Aufwand recht genau einträgt. Dieses dient der Selbstüberwachung, soll aber auch bei Beratungsgesprächen herangezogen werden.
- Die Teilnahme an den Übungen wird benotet. Dies wird später mit dem Erfolg im weiteren Studium verglichen; ggf. wird ein Gespräch mit Studierenden herbeigeführt.]

Hypothesen zur Begründung dieser Klassifikation:

- Die erzwungene Arbeit in der Vierergruppe hilft den Schwächeren, die Inhalte zu verstehen, und bewirkt durch die Erklärungen und Diskussionen zugleich einen Wissenszugewinn bei den besseren Studierenden.
- Schwächere orientieren ihre Arbeitsweisen an ihren Kommilitonen und erfahren dabei zugleich, ob es nicht sinnvoller wäre, das Studienfach zu wechseln. Es ist daher mit bewussterem Studium und früherem Studienabbruch vor allem der weniger geeigneten Studierenden zu rechnen.
- Als Folge werden sich weniger Personen zur zugehörigen Modulklausur anmelden. Zugleich wird die Durchfallquote sinken (Beobachtung: von derzeit 45-55% auf unter 30%). Insgesamt nehmen das fachliche Können und die Entscheidungsfähigkeit zu, und es sinken die Studienzeiten und - so hoffen wir - die Orientierungslosigkeit.

Gesucht sind nun mehrere andere Fakultäten/Dozenten, die in ähnlicher Weise ihre Grundvorlesung durchführen und mit denen Varianten zur Überprüfung von Hypothesen abgesprochen werden können. Erfolgt dies über mehrere Jahre, so kann man einen eingeschwungenen Zustand annehmen und Aussagen zur Robustheit der jeweiligen Prinzipien und didaktischen Methoden untermauern.

Ganz so einfach ist es natürlich nicht. Vielmehr müssen die gut untersuchten didaktischen Ansätze (konstruktivistisch, pragmatisch, kommunikativ, projektorientiert usw.) einbezogen, deren Erfahrungen ausgenutzt und geeignete Ziele für die Validierung präzisiert werden. Hier gibt es dermaßen viele Forschungsansätze, Experimente und Verifikationsmöglichkeiten, dass sich die „Hochschuldidaktik der Informatik“ rasch als Forschungsgebiet etablieren müsste - sofern wir Informatiker(innen) dies engagiert vorantreiben.

Danksagung

an alle, die in den vergangenen Jahren an den Konzepten im Rahmen der Grundvorlesung Informatik in Stuttgart mitgewirkt haben, und zwar neben vielen Tutoren vor allem Botond Draskoczy, Dr. Stefan Lewandowski, Sascha Riexinger, Dr. Wolfgang Schmid, Prof. Dr. Karsten Weicker und Dr. Nicole Weicker.

Literatur

- [Bau96] R. Baumann, "Didaktik der Informatik", Klett, Stuttgart, 2. Aufl. 1996
- [CI74] V. Claus, "Gedanken zur Ausbildung in Informatik", Techn. Bericht 2/74, Abteilung Informatik, Universität Dortmund 1974
- [CI04] V. Claus, „Service Didactics“, in: J. Magenheim, S. Schubert (eds.), „Informatics and Students Assessment“, Lecture Notes in Inform. (LNI), Volume S-1, Köllen, Bonn 2004
- [Du06] Dudenredaktion, "Duden Informatik", Dudenverlag, Mannheim, 4. neubearb. Aufl. 2006
- [FDI05] Symposium Fachdidaktik Informatik, GI-Jahrestagung 2005, Informationen (V.Claus) und Vortragsausarbeitungen von M.Broy, H.Balzert, P.Forbrig, M.Schneider, S.Schubert, S.Seehusen und G.Siegel siehe <http://www.fmi.uni-stuttgart.de/fk/Fachdidaktik>
- [FTI04] Fakultätentag Informatik, "Empfehlungen zur Einrichtung von konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengängen in Informatik an Universitäten", Cottbus, 19.11.2004, http://www.ft-informatik.de/Fileadmin/dokumente/2005/bachelor_master_empfehlungen.pdf
- [GI05a] Gesellschaft für Informatik e.V., "Was ist Informatik? Unser Positionspapier", 2005 <http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/Download/was-ist-informatik-lang.pdf>
- [GI05b] Gesellschaft für Informatik e.V., "Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen", Dezember 2005 <http://www.gi-ev.de/fileadmin/redaktion/empfehlungen/GI-BaMaEmpfehlungen2005.pdf>
- [Hub00] P. Hubwieser, "Didaktik der Informatik", Springer-Verlag, Berlin 2000
- [Hum04] L. Humbert, "Didaktik der Informatik - mit praxiserprobtem Unterrichtsmaterial", Teubner-Verlag, Wiesbaden 2005
- [SchSch] S. Schubert, A. Schwill, "Didaktik der Informatik", Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2004
- [Wiki] Artikel aus Wikipedia, abgerufen im Zeitraum vom 2.11. bis 5.11.2006 unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>

Anhang: Zwei Beispiele für Testaufgaben zu „Algorithmen“

Die Aufgaben und ihre korrekten Lösungen sind als Rahmen zu formulieren. Sie müssen anschließend mit Zustimmung aller Mitglieder des Lenkungsremiums auf die jeweilige Veranstaltung an dem jeweiligen Ort konkret zugeschnitten werden.

Aufgabe 1: Sortieren

Zeitraumen für diese Aufgabe: 90 Minuten (vorwiegend individuelle Bearbeitung).

Bubble Sort sortiert ein Feld $A[1..n]$ nach folgender Vorschrift:

Wiederhole $(n-1)$ Mal:

Durchlaufe das Feld von vorne nach hinten und vertausche hierbei je zwei benachbarte Elemente, falls das hintere kleiner als das vordere ist.

- (1) Beweise, dass dieses Verfahren ein Feld sortiert.
- (2) Es sei $F\text{-Vop}$ genau eine Vergleichsoperation zwischen zwei Elementen des Feldes. Gib exakt an, wie viele $F\text{-Vops}$ der Bubble Sort Algorithmus durchführt.
- (3) Programmiere genau dieses Verfahren für ein Feld ganzer Zahlen. Teste dein Programm, indem du anfangs n Zahlen zufällig erzeugst und die Sortiertheit am Ende überprüfst. (Hinweis: Für das zufällige Erzeugen einer Zahl verwende die Funktion <abhängig von der benutzten Programmiersprache>.)
- (4) Es sei $v(n)$ die Anzahl der vom Programm durchgeführten $F\text{-Vops}$. Erweitere dein Programm, sodass es für mindestens 10 deutlich unterschiedliche Werte von n den Wert $v(n)$ ermittelt und am Ende eine Tabelle der Werte n und $v(n)$ ausdrückt.
- (5) Ändere die Laufschleife „Wiederhole $(n-1)$ Mal:“
ab in „Wiederhole, bis das Feld sortiert ist:“
und programmiere diese Variante.
- (6) Es sei $w(n)$ die *durchschnittliche* Anzahl von $F\text{-Vops}$, die dein Programm (5) für ein n -elementiges Feld durchführt. Um $w(n)$ für ein fest gewähltes n zu berechnen, führe viele verschiedene Tests für dieses n durch und bilde das arithmetische Mittel über die jeweiligen Anzahlen der tatsächlich durchgeführten $F\text{-Vops}$. Stelle für die unter (4) verwendeten Werte von n die Tabelle der Werte n und $w(n)$ auf.
- (7) Vergleiche die Tabellen in (4) und in (6) miteinander. Äußere Vermutungen und versuche, das Ergebnis zu interpretieren.

Anmerkungen für die Leser: Dies ist eine kombinierte Aufgabe. In den Teilen (1) und (2) fragt sie Vorlesungsstoff ab. Teil (3) ist vermutlich schon von jedem Teilnehmer einmal programmiert worden. Hier ist eigentlich „for $i:=1$ to $n-1$ for $j:=1$ to n ...“ gefordert, aber auch „for $i:=1$ to $n-1$ for $j:=i+1$ to n ...“ wird akzeptiert, falls der Teilnehmer auf diese Abänderung hinweist. Auf jeden Fall darf $v(n)$ nur von n und nicht von den Zahlen des Feldes abhängen.

Teil (4) bettet das Sortierverfahren in ein kleines Verwaltungsprogramm ein; hier sollte man die Angemessenheit/Strukturiertheit der konkreten Lösung mitbewerten. Teil (5) ist sehr einfach, stellt aber für Ungeübte ein Problem dar. Teil (6) ist ebenfalls einfach; der Teilnehmer muss sich aber zur Zahl der Tests äußern, damit $w(n)$ hinreichend gut angenähert wird. Bei Teil (7) kann man den Quotienten $v(n)/w(n)$ betrachten, der mit wachsendem n gegen 1 strebt. Eine Vermutung zur Zahl $v(n)-w(n)$ wird daher erwartet. Die besten Teilnehmer werden Ideen und Vorschläge zu weiteren Tests äußern.

Aufgabe 2: Minimales Münzensystem

Zeitrahmen für diese Aufgabe: 240 Minuten. Zu bearbeiten in einer Dreier-Gruppe.

Im Alltag geben wir für Waren meist nur Beträge zwischen 1 Cent und 49,99 Euro aus. Bei größeren Beträgen zahlen wir zunächst den Fünfzig-Euro-Anteil mit Geldscheinen und fügen dann den verbleibenden Betrag zwischen 1 und 4999 Cent hinzu.

In Europa werden hierfür die elf Münzwerte 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 und 2000 Cent verwendet (wegen der einheitlichen Bezeichnung betrachten wir hier die Geldscheine ebenfalls als Münzen). Diese Münzwerte garantieren zum einen, dass jeder Betrag von 1 bis 4999 Cent mit maximal 11 Münzen beglichen werden kann, und zum anderen kann man jeden solchen Betrag (mit bis zu 15 Münzen) bezahlen, wenn man genau zwei 1-Cent-, 10-Cent-, 100-Cent- und 1000-Cent-Münzen und genau eine der verbleibenden elf Münzen (insgesamt also 15 Münzen) bei sich trägt.

Günstiger wäre ein binäres Münzsystem, also dreizehn Münzen mit Werten zu 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 512, 1024, 2048 und 4096 Cent. Trägt man diese 13 Münzen bei sich, so kann man jeden Betrag von 1 bis 8191 Cent bezahlen. Allerdings verliert man den Vorteil des europäischen Münzsystems, dass man jeden Betrag von 1 bis 4999 mit nur 11 Münzen darstellen kann.

Wir suchen nun zu einer gegebenen Zahl n und zu einem gegebenen Maximalbetrag M genau n verschiedene Münzwerte c_1, c_2, \dots, c_n , sodass die maximale Anzahl an Münzen, die erforderlich ist, um irgendeinen Wert von 1 bis M darzustellen, minimal ist.

Formal: Für einen n -dimensionalen Vektor $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ nichtnegativer ganzer Zahlen sei $|x| = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ die Summe seiner Komponenten. Für einen Vektor (c_1, c_2, \dots, c_n) positiver ganzer Zahlen (d. h. alle $c_i \in \mathbb{N}$) sei $D(c) := \{c \cdot x \mid x \in \mathbb{N}_0^n, x \neq 0\}$ die Menge aller positiven Linearkombinationen der Komponenten („ \cdot “ bezeichnet das Skalarprodukt zweier Vektoren). Für eine Zahl s sei $D_s(c) \subset D(c)$ die endliche Menge

$$D_s(c) := \{c \cdot x \mid x \in \mathbb{N}_0^n, 0 < |x| \leq s\}$$

der positiven Linearkombinationen aus den Münzwerten c_i , die höchstens s Münzen erfordern. Zu n und M wird nun ein n -dimensionaler natürlich-zahliger Vektor c mit minimalem s gesucht, sodass $\{1, 2, \dots, M\} \subseteq D_s(c)$ gilt. Durch $\varphi(n, M) = s$ wird zugleich eine Abbildung $\varphi: \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ definiert.

- (1) Entwerfen Sie einen Algorithmus, der zu n und M ein c mit minimalem s ermittelt.
- (2) Analysieren Sie Ihren Algorithmus (Korrektheit, Terminierung, Komplexität).
- (3) Programmieren Sie Ihr Verfahren und geben Sie Ausdrücke für mindestens fünf verschiedene Werte von n und M an (darunter $n=11$ und $M=4999$). Erweitern Sie Ihr Programm so, dass es die Menge $D_s(c)$ ebenfalls ausgibt.
- (4) Spüren Sie mit Ihrem Programm mindestens drei „kritische Paare“ auf; dies sind Tupel (n, M) , für die gilt: $\varphi(n, M) < \varphi(n+1, M)$ und $\varphi(n, M) < \varphi(n, M+1)$.
- (5) Tabellieren Sie $\varphi(n, M)$ für möglichst viele Werte.

Anmerkung für die Leser: Das Stichwort „Minimales Münzsystem“ reicht in der Regel zum Verständnis nicht aus. Daher wurde die Formalisierung hinzugefügt. Man muss mit einer halben Stunde rechnen, bis allen Teilnehmern die Optimierungsaufgabe wirklich klar geworden ist. Dann sind (1) bis (3) nicht mehr schwer, kosten aber einige Zeit, vor allem die Suche nach einem guten Algorithmus.