

Abenteuer Informatik – "Informatik begreifen" wörtlich gemeint

Dr.-Ing. Jens Gallenbacher

Didaktik der Informatik

Fachbereich Informatik, Technische Universität Darmstadt

Hochschulstraße 10

64285 Darmstadt

gallenba@informatik.tu-darmstadt.de

Abstract: Das Konzept "Abenteuer Informatik" zeigt den Kern der Wissenschaft von IT-Systemen und proprietären Anwendungen. "Begreifen" ist hier wörtlich gemeint. Der Artikel beschreibt, wie die Konzepte in der Schule umsetzbar sind, um neben dem "klassischen", konstruktiven Informatikunterricht noch einen Fächer weiterer Unterrichtsmethoden parat zu haben.

Neben dieser Unterrichtspraxis werden Möglichkeiten und erste Ergebnisse der Forschung dargestellt.

Motivation

Edsger W. Dijkstra wird der Satz zugeschrieben "In der Informatik geht es genauso wenig um Computer wie in der Astronomie um Teleskope". Trotzdem sieht der Alltag im Schulunterricht Informatik (wo dieser überhaupt stattfindet) oft anders aus: Computer dominieren – meistens schon physikalisch – das Klassenzimmer und auch den Unterricht. Auf diese Weise wird bereits unter Schülern das Bild der Informatik als "Computerlehre" geprägt – viele haben Berührungängste damit. Sei es, weil sie befürchten, gegenüber dominanten "Computerfreaks" ins Hintertreffen zu geraten, sei es, weil das Bild des vereinsamten Computerbedieners vor seinem Bildschirm in den Köpfen herumspukt. Auch politisch müssen wir aufpassen, nicht Informatik mit Informationstechnik oder Medienkompetenz in eine Schublade zu packen.

Moderne Computer stellen ein sehr komplexes und abstraktes System dar, was den Satz von Dijkstra noch verschärft: Während Schüler in Astronomie eine gute Chance haben, die Funktionsweise des Teleskops zu verstehen, ist dieses Ansinnen beim Computer mit seinen verschiedenen Hardware- und Softwarekomponenten utopisch. Karol, Cara, Greefoot & Co steuern hier in sehr geeigneter Weise gegen, indem sie eine vereinfachte Welt, das Spielfeld, bieten – allerdings müssen sich die Schüler darauf einlassen und akzeptieren, dass wesentliche Vorgänge "hinter den Kulissen" ablaufen: Eine wichtige Kompetenz, die der Informatikunterricht vermitteln soll ist die Fähigkeit zur Abstraktion. Gleichzeitig wird diese Kompetenz aber beim Umgang mit dem Unterrichtsmedium Computer bereits vorausgesetzt. Insbesondere in der Sekundarstufe I ist das nur schwer zu realisieren.

Informatik ohne Computer

Ganz andere Möglichkeiten bietet Informatikunterricht ohne Computer: Während in der Mathematik und den Naturwissenschaften einfach zu durchschauende Experimente "ohne Netz und doppelten Boden" eine lange Tradition haben, ist das Konzept in der Informatik sehr neu. In [Bell1995] kam ein erster Aufschlag mit dem erfolgreichen Konzept "Computer Science Unplugged". Bell entwickelt hier eine Informatik-Show für Kinder. Abenteuer Informatik greift die Idee auf, allerdings mit deutlich breiterer Zielgruppe und Experimenten in sehr unterschiedlichen Schwierigkeits- und Leistungsstufen.

Im Mittelpunkt steht dabei wörtlich das "Begreifen" der Thematik. Martin Wagenschein formulierte in [Wage1997]: "Ein Aspekt kann nur dann durchschaut werden, wenn man tätig dabei ist, wie er wird". Wenn das "Werden" dann allerdings ein Prozess ist, der im Wesentlichen in einer abstrakten Apparatur stattfindet, findet das Wagenschein'sche Durchschauen kaum statt.

Entgegen der vielfältig vorhandenen Technologie-Demonstrationen, über die man hauptsächlich aufgrund ihrer Komplexität erstaunt ist, benötigen wir Aha-Effekte, die durch ihre Einfachheit und Nachvollziehbarkeit hervorgerufen werden. Mit diesem Ziel im Sinn entstand 2006 zunächst das Buch "Abenteuer Informatik", das bereits 18 Monate später in zweiter Auflage erschien. Anhand eines Buches lassen sich die Konzepte allerdings nur schwierig evaluieren, daher folgte 2008 der Aufbau der Ausstellung "Abenteuer Informatik", die in Anlehnung an mobile Schülerlabore 15 Experimentierstationen bietet, anhand derer die Besucher wichtige Grundlagen der Informatik selbst begreifen können.

Gemeinsam ist allen Stationen, dass der Computer – wenn überhaupt – nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt, etwa als Anzeigeelement. Die meisten Experimentieranordnungen sind auf einen Blick durchschaubar, weil sie etwa aus magnetischen Puzzleteilen bestehen oder bunte Schnüre gespannt werden müssen. Abbildung 1 zeigt einige Exponate.



Abbildung 1: Einige Exponate aus "Abenteuer Informatik"

Dynamische Programmierung

Demonstrieren möchte ich das am Beispiel der dynamischen Programmierung - einem Thema, das regelmäßig selbst Studierende der Informatik vor Verständnisprobleme stellt. Die Idee dahinter ist jedoch ganz einfach: *Um eine große Aufgabe zu lösen, ist es manchmal hilfreich, zunächst ganz kleine Aufgaben zu lösen und dann die Ergebnisse konsequent für die Gesamtlösung einzusetzen.* Man könnte das auch als "bottom-up"-Prinzip umschreiben.

Am besten wird das didaktisch anhand einer motivierenden Anwendung umgesetzt. Das gewählte Problem darf auf triviale Weise (z. B. mit Brute-force) nur sehr schwer zu lösen sein. Ein Lösungsweg muss gleichzeitig so übersichtlich darstellbar sein, dass man zumindest kleinere Aufgabenstellungen per Hand ohne zu viel Rechenarbeit und ohne Hilfsmittel lösen kann. Von den Algorithmen, die auf dynamischer Programmierung beruhen, etwa Bellman zur Generierung optimaler Binärer Suchbäume oder Floyd/Warshall zur Bestimmung kürzester Wege, erscheint die Lösung eines einfachen Rucksackproblems am meisten geeignet:

Gegeben sei ein Rucksack der Größe g_r , n Objekte $O_1..O_n$ mit den Größen $g_1..g_n$ und Werten $w_1..w_n$.

Gesucht ist eine Kombination π der Objekte, so dass für $O_{\pi_1}..O_{\pi_m}$ gilt

$$\sum_{x=1..m} w_{\pi_x} \text{ maximal und } \sum_{x=1..m} g_{\pi_x} \leq g_r$$

Auch wenn das Verständnis der formalen mathematischen Darstellung sicherlich eine wichtige Kompetenz ist, kann man für die Vermittlung der dynamischen Programmierung die Aufgabe auch deutlich "schöner" verpacken:

Professor Jonas ist endlich zum großen Schatz in der Pyramide vorgedrungen. Leider verrät ihm eine Inschrift, dass eine Falle aktiviert wurde: Er darf beim Verlassen nur soviel Gewicht haben wie beim Hineingehen. Außerdem stürzt danach alles zusammen und alle verbleibenden Schätze sind verloren. Glücklicherweise weiß Jonas, dass seine Ausrüstung genau 13 Kilo wiegt - wenn er sie zurücklässt, kann er das Gewicht in Schätzen mitnehmen. Professor Jonas kann außerdem für jeden Gegenstand ungefähr den Wert und das Gewicht bestimmen. Helfen Sie Professor Jonas: Versuchen Sie zunächst durch Probieren, einen möglichst hohen Schatzwert mit maximal 13 Kilogramm Gewicht zusammenzustellen. Die Waage zeigt Ihnen das aktuelle Gewicht an. Der Wert jedes einzelnen Schatzes steht rechts unter der entsprechenden Abbildung (in Tausend Dublonen).

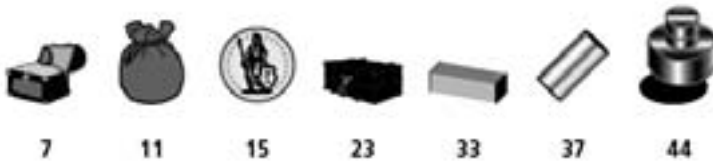


Abbildung 2 zeigt die Umsetzung als Exponat.



Abbildung 2: Das Exponat in reger Benutzung

Das Beispiel ist so gewählt, dass man mit Mühe durch Ausprobieren auf die korrekte Lösung kommt und bereit ist, einen besseren Ansatz zu akzeptieren. Zunächst muss aber eine didaktisch geeignetere Repräsentation gefunden werden. Eine leichter zu durchschauende Sicht ergibt sich, wenn wir das Gewicht durch die ebenfalls lineare Länge eines Objekts ersetzen. Das Problem ist nun überschaubarer, aber immer noch gleich komplex. Abbildung 3 zeigt gegenübergestellt "reale" und "virtuelle" Objekte.



Abbildung 3: Reale und virtuelle Objekte

Die Schüler erkennen, dass man auch mit den abstrakteren Schätzen nicht um das konsequente Probieren herumkommt, um die Aufgabe zu lösen.

Als nächstes wird das Prinzip der dynamischen Programmierung auf dem einfachsten Level eingeführt: Man versucht, zunächst die kleinste, denkbare Aufgabe zu lösen und steigert sich dann langsam. Was ist die kleinste denkbare Aufgabe beim Rucksackproblem? Richtig: Man kann die Größe der Kiste reduzieren, aber auch die Anzahl der Schätze. Machen wir beides und fangen mit nur dem kleinsten Schatz und einer Kiste der Größe 0 an. Danach arbeitet man sich vor und füllt auch die nächstgrößeren Kisten mit dem kleinen Schatz auf. Im Exponat wird dann als Dialog zwischen Prof und Studentin die weitere Vorgehensweise erklärt:

"Für eine mit Schätzen bis zum momentanen Wert gefüllten Kiste gibt es bei der Hinzunahme eines weiteren Schatzes immer nur zwei Möglichkeiten:

- Die Kiste war vorher schon optimal gefüllt
- Die Kiste ist mit dem neuen Schatz optimal gefüllt

Trifft letzteres zu, können wir auch sagen, womit die Kiste sonst noch gefüllt ist – nämlich mit der optimal gefüllten Restkiste, die wir dank dynamischer Programmierung auch bereits bestimmt haben."

Die Schüler können sich mit magnetischen Plättchen zur Lösung "vorarbeiten", wie Abbildung 4 zeigt.



Abbildung 4: 22 oder 23, welche Kiste mit Gewicht 6 ist günstiger?

Ein Computer kommt im Experiment nicht vor!

Weitere Beispiele für Exponate sind Las Vegas Cardsort, das in einem weiteren Tagungsbeitrag ausführlich besprochen wird, die Codierung nach Huffman, das Maximale Flussproblem, Zahlendarstellungen, Redundanz und Fehlerkorrektur usw.

Ausführlich werden die Exponate unter [Gall2008a] beschrieben, weitere Veröffentlichungen um Abenteuer Informatik sind [Gall2008b] und [Gall2009a].

Erfahrungen

Die Ausstellung wurde inzwischen an 7 Terminen insgesamt 19 Wochen lang gezeigt und von ca. 25.000 Menschen besucht, hauptsächlich Schülerinnen und Schüler mit oder ohne ihre Lehrer. Feedback wurde von den Besuchern durch einen Fragebogen, die Möglichkeit eines Eintrags im Gästebuch und durch direkte Interviews abgefragt.

Während der Ausstellung durften wir unsere Vorgaben bezüglich des Mindestalters deutlich nach unten korrigieren: Bereits Schüler der dritten Klasse konnten einige Exponate nicht nur "bespielen" sondern begriffen auch recht schnell den Kern der dort gezeigten Phänomene. Oft konnte ich beobachten, wie diese Kinder ihre Erkenntnisse dann sogar Mitschülern oder Eltern erstaunlich präzise erklärten.

Eine große "Abstimmung mit den Füßen" konnte während der Hobit, einer maßgeblichen Orientierungsveranstaltung für Ausbildung und Studium in der Rhein/Main-Region, beobachtet werden. Über 10.000 Schülerinnen und Schüler strömen drei Tage lang durch das Darmstadtium und 2009 konnten sie auf ca. 700 m² Fläche auch Abenteuer Informatik erleben. Auffällig war hier besonders der durchweg hohe Anteil von Schülerinnen (fast immer über 50%), die entgegen des Klischees hier sehr lange zubrachten und sich intensiv mit den Exponaten beschäftigten. Befragt, zeigten sie sich meistens erstaunt über die Inhalte, mit denen sie im Zusammenhang mit Informatik nicht gerechnet hätten. Auch dies legt nahe, dass Fächer wie Informatik, die für unsere informationsbetonte Gesellschaft und unsere auf Innovationen aufgebaute Wirtschaft äußerst wichtig sind, leider in der allgemeinbildenden Schule noch sehr schlecht repräsentiert werden und daher auf andere Weise ins "rechte Licht" gerückt werden müssen – nicht zuletzt, um die richtige Wahl eines Studienplatzes zu ermöglichen. Das setzt selbstverständlich auch die Universitäten in die Pflicht, sich entsprechend an einer Reform des Bildungssystems in diese Richtung zu beteiligen.

Lehrer, die an der begleitenden Fortbildung teilnahmen und dann ihre Klassen über die Ausstellung führten, konnten bisher einen nachhaltigen positiven Effekt auf die Erarbeitung entsprechender Themen im Unterricht beobachten. Dies ist allerdings bisher eher "anekdotisch" als empirisch belegt.

Weitere Entwicklung

Momentan ist die wissenschaftliche Auswertung der Frage in Arbeit, welchen Beitrag interaktive Exponate zu einer nachhaltigen Informatikausbildung leisten können. Hierzu setzen wir die Exponate für die Verwendung in definierten Schülerlaboren um, mit denen dann auch eine gezielte empirische Forschung möglich wird. Die gesammelten "anekdotischen" Erfahrungen sind hierfür sehr wichtig.

Da sich gezeigt hat, dass die Exponate eine gute Grundlage für verschiedene Aspekte des Informatikunterrichts darstellen, sollen diese auch für Lehrer einfacher einzubinden sein. In Seminaren an der Universität und Lehrerworkshops entstehen daher nach und nach Handreichungen vom einfachen Arbeitsblatt bis zum kompletten Unterrichtsentwurf. Hierfür ist die aktive Mitarbeit aller interessierten Lehrer nötig. Bitte stellen Sie ggf. Ihre eigenen Erfahrungen und Entwürfe im Forum allen anderen zur Verfügung.

Zu den Handreichungen gehören auch Unterrichtssets, die die Exponate in klein als Stationen für Lernwerkstätten und Schülerlabors enthalten, zusammen mit Anleitungen, die zum Selbstlernen geeignet sind.

Fazit

"Abenteuer Informatik" in Buchform und als Ausstellung zeigt, dass es nicht nur möglich ist, Informatik ohne Computer zu lehren, sondern dass entsprechende Konzepte in verschiedener Hinsicht sogar besser und nachhaltiger geeignet sind, den Kern der Wissenschaft zu vermitteln.

Informatik ohne Computer bewirkt außerdem eine Veränderung des "Bild vom Informatiker" in Öffentlichkeit und Schule, was wiederum ganz neue Interessenten aktiviert.

Literaturverzeichnis

- [AKBS2008] – Arbeitskreis „Bildungsstandards“ der Gesellschaft für Informatik (Hrsg.) "Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I." Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. vom 24. Januar 2008. In: LOG IN, 28. Jg. (2008), Heft 150/151, Beilage.
- [Bell1995] Bell, T. C., Bensemman, G., and Witten, I. H. (1995) "Computer Science Unplugged: Capturing the interest of the uninterested" Proc NZ Computer Conference, Wellington, New Zealand, August
- [Bell2005] Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows "Computer Science Unplugged-An enrichment and extension programme for primary-aged children, 2005. <http://csunplugged.com/>
- [Gall2008] Jens Gallenbacher "Abenteuer Informatik: IT zum Anfassen", 2. erweiterte Auflage 2008; Springer/Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg; ISBN 978-3-8274-1926-2.
- [Gall2008a] Jens Gallenbacher "Abenteuer Informatik", Beschreibung der Ausstellung auf <http://www.abenteuer-informatik.de/>
- [Gall2008b] Jens Gallenbacher "Abenteuer Informatik – Informatik begreifen." In: LOG

IN, 28. Jg. (2008), Heft 152, S. 83–84.

[Gall2009] Christian Wach, Jens Gallenbacher "Spielend Sortieren mit Las Vegas Cardsort", hier mit INFOS Tagungsband

[Gall2009a] Jens Gallenbacher "Abenteuer Informatik – Das Affenpuzzle". In LOG IN, 154/155 Jg (2009) S 26-30

[Wage1997] Martin Wagenschein "Kinder auf dem Wege zur Physik"; Beltz, 2. Aufl. 1997, ISBN 978-3407290021