

# **Robotik-Schulstunden als Mittel der Informatik-Hochschulausbildung – Eine Fallstudie**

*Joachim Hertzberg (Universität Osnabrück)*

*Karsten Morisse (Fachhochschule Osnabrück)*

*Thomas Schüler (Fachhochschule Osnabrück)*

## **1. Motivation**

In den Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik (GI) für die Gestaltung von Informatik-Studiengängen [GI 05] ist „Soziale Kompetenz und Selbstkompetenz“ eines von sechs Kompetenzfeldern, welches es im Rahmen des Studienfaches Informatik durch entsprechende Lehrangebote abzudecken gilt. Diversity- oder Genderaspekte der Entwicklung oder des Einsatzes von Informatik-Systemen könnten hier eine Rolle spielen; erfahrungsgemäß bleibt es oft bei einer mehr oder weniger systematischen Einführung in die handwerklichen Aspekte des „Wissenschaftlichen Arbeitens“: also Schreiben, Vortragen, Gruppenarbeit, Diskussionskultur. Entsprechende Kompetenzfelder tauchen nicht nur in der Informatik als Forderungen an neue Studiengänge auf, sondern werden auf breiter Fächerfront zum Beispiel für die Akkreditierung neuer Bachelor- und Masterstudiengänge hochschulweit gefordert.

Der vorliegende Artikel beschreibt die Durchführung einer gemeinsamen Lehrveranstaltung an der Universität und der Fachhochschule Osnabrück im Sommersemester 2007, in der für Studierende unterschiedlicher Informatikstudiengänge (Bachelor, Master, Lehramt; Fachhochschule, Universität) ein anderer Zugang zur fachbezogenen Vermittlung von Sozialer Kompetenz und Selbstkompetenz gewählt wurde. Aufgabe für die Studierenden war, ein frei zu wählendes Thema aus der Informatik so aufzubereiten, dass es im Rahmen eines zweitägigen Blockkurses in einer sechsten Klasse eines Osnabrücker Gymnasiums behandelt werden konnte. Als Medium zur Vermittlung waren Lego Mindstorms NXT Roboterbaukästen mit der dazugehörigen grafischen Programmierumgebung vorgegeben.

Die Motivation für den Kurs aus Sicht der beteiligten Hochschullehrer lag auf drei Ebenen, die allesamt unsere Studierenden betrafen. (Dass dabei auch noch Schulkinder etwas über Informatik lernen, ist im Sinne dieser Motivation zwar höchst willkommen, aber ein Nebeneffekt.) Erstens der „*docendo discimus*-Effekt“, wie er regelmäßig auch bei studentischen Tutoren in der Hochschullehre zu beobachten ist: Stoff zu vermitteln, erzeugt bekanntlich eine ganz andere Qualität von Vertrautheit damit als rezeptives Lernen. Hier kam, zweitens, auf die Studierenden zusätzlich eine vorher offenbar nie gestellte Frage hinzu: Was sind überhaupt Informatikthemen, die es Wert sind, im gegebenen Rahmen behandelt zu werden und die so elementar sind, einer sechsten Klasse in zweieinhalb Stunden beigebracht werden zu können? Und drittens: Die beteiligten Hochschullehrer

waren und sind der Überzeugung, dass gerade Informatikerinnen und Informatiker Inhalte ihres Fachs zielgruppengerecht präsentieren können müssen und dass das erlernt werden muss. Kinder als Zielgruppe einer Präsentation erschienen uns plausibel, weil von ihnen im Guten wie im Schlechten ein sehr direktes Feedback zu der Frage zu erwarten war, wie gut die gewählte Form und der gewählte Inhalt einer Lehrinheit ankommt.

Der vorliegende Aufsatz geht zunächst auf einige Hintergrundaspekte bezüglich des gewählten Mediums „Lego-Roboter“ ein. Dann beschreiben wir die Kursdurchführung und was die Kinder im Schul-Kurs und die Studierenden in der Lehrveranstaltung gelernt zu haben scheinen. Am Ende steht ein kurzes Fazit.

## 2. Informatik lehren an Lego-Robotern

Als Medium für die zu planenden Schul-Kurseinheiten waren Lego Mindstorms NXT Roboterbaukästen mit der dazu gehörigen grafischen Programmierumgebung vorgegeben. Der Lego-Anteil besteht aus regulären Bausteinen von Lego-Technik, sowie Motoren zum Antrieb des Roboters und Sensoren zur Erfassung der Umgebung (Abstandssensor, Lichtsensor, Taster für Berührung, Mikrophon). Auf einem Prozessorbaustein laufen die Sensordaten auf, werden durch das zu schreibende Steuerungsprogramm verarbeitet und steuern entsprechend die angeschlossenen Motoren, sodass der Roboter sich zielgerichtet bewegen kann.

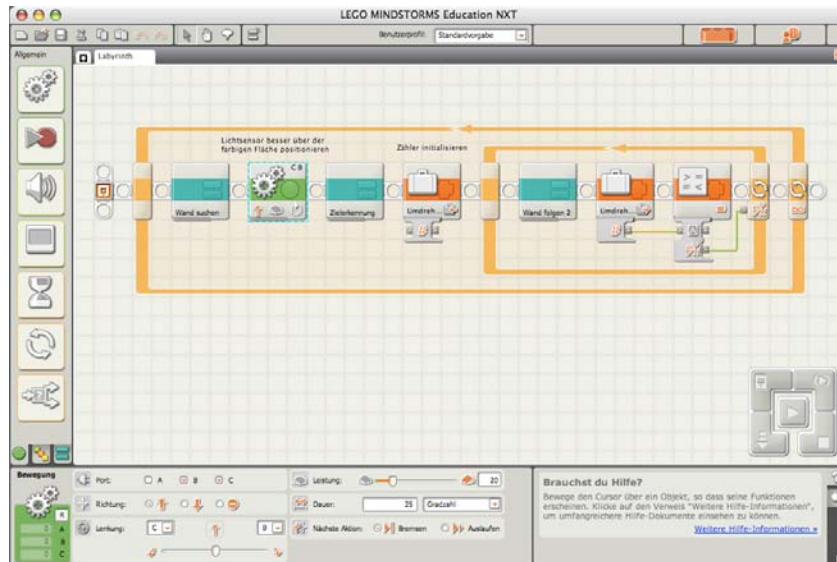


Abbildung 1: NXT-Baustein mit Sensoren und Motoren

Programmierung von Lego-Robotern als Zugang zur Informatik für Kinder anzusehen, ist bekanntlich keine neue Idee: Mehrere Autoren (z.B. [FAIS05], [MaRe00], [Niev99]) haben das früher propagiert. Oft wird dabei in den Vordergrund gestellt, dass an Lego-Robotern in spielerischer Form der Umgang ganz allgemein mit Technik vermittelt werden kann. Das steht ganz besonders bei

[FAIS05] im Vordergrund, wo insbesondere eine gender-gerechte Didaktik der Technik postuliert wird.

Spielerisches Lernen außerhalb des gewohnten Klassenraumes ist für Schulkinder immer eine willkommene Abwechslung, und die Arbeit mit den Lego-Robotern und der dazugehörigen Programmierumgebung verleitet zum Experimentieren. Wenn die Aufgaben an die Kinder so gestellt werden, dass sie regelmäßig Teilerfolge erzielen, ist die hohe Motivation der Faktor, der die Aufnahme der technischen, sonst oft als „trocken“ empfundenen Themen ermöglicht. Informatik wird „greifbar“ und das Selbstvertrauen im Umgang mit Computern und technischen Geräten im Allgemeinen wird gestärkt. Dieser Effekt ist – gesellschaftlich auf die Entwicklungen am Arbeitsmarkt bezogen – natürlich hoch willkommen und dient ausdrücklich als Grund (vgl. [FAIS05]), Lego-Roboter Kurse für Kinder als „Appetizer“ für Technikinteresse anzubieten.



**Abbildung 2: NXT-Programmierungsumgebung**

So weit, so gut. Tatsächlich ist es unübersehbar, dass der Umgang mit Lego-Robotern sehr vielen (übrigens nicht allen!) Kindern viel Spaß macht; entsprechend hat ein Schul-Kurs, der sie als Medium verwendet, eher kleine Motivationsprobleme zu erwarten. Nachdem aber geklärt ist, dass viele Kinder mit Lego-Robotern Spaß haben, stellt sich anschließend die Frage: Und was *genau* sollen sie nun daran lernen?

Die Aussagen dazu zum Beispiel in den Materialien zum Roberta-Projekt [Rob, FAIS05] haben wir als unbefriedigend empfunden – gender-gerechte Didak-

tik ist gut, aber Didaktik *von was?* Lego-Roboter und ihre Programmierung sind in der Tat geeignet, als Medium zur Vermittlung einer Vielzahl von Themen aus der Technik und Mathematik zu dienen (Mechanik, Trigonometrie, Regelungstechnik, Informatik, um nur einige Beispiele zu nennen); zudem könnte man möglicherweise, wie das Beispiel „Bientanz“ in [FAIS05] suggeriert, auch Lehr-Projekte ganz anderer Disziplinen, hier etwa: Verhaltensbiologie, durch Verwendung von Lego-Robotern anreichern. Die uns bekannten Materialien gehen allerdings über die Illustration dieser Idee wenig hinaus – ausgearbeitete Konzepte für eine Didaktik der Technik oder eines der berührten Gebiete am Beispiel von Lego-Robotern sind uns nicht bekannt, insbesondere kein ausgearbeitetes didaktisches Konzept für Informatik-Inhalte.

Hier sollte unsere Lehrveranstaltung für die Studierenden ansetzen. Literatur zur Informatik-Fachdidaktik (z.B. [HNR06, Hum05]) erklärt insbesondere, wie die Ausarbeitung einer Unterrichtseinheit im Allgemeinen und in Informatik im Besonderen aussehen sollte und was dabei zu beachten ist. (Die Literatur lässt zuweilen vage, *was* sinnvollerweise Themen im Informatikunterricht welcher Klassenstufen sein können oder sollen – mehr dazu später.) Die Randbedingungen für unsere Studierenden waren, zum einen, dass der Stoff für die fragliche sechste Gymnasiumsklasse geeignet sein musste und, zweitens, dass er unter Verwendung des Mediums Lego-Roboter zu vermitteln wäre. Der zweite Punkt stellt Unterrichtsplanung eigentlich auf den Kopf, denn üblicherweise sollte ja das Medium dem zu vermittelnden Inhalt folgen, nicht umgekehrt; da die Wahl des Themas durch keine einzuhaltenden Lehrpläne eingeschränkt war, haben wir uns diese Freiheit nehmen können. Im übrigen waren wir der Überzeugung, dass die Programmierung von Lego-Robotern erlaubt, eine große Vielzahl von Informatik-Themen zu behandeln, sodass die Wahl dieses Mediums vermutlich keine gravierenden Einschränkungen bewirkt hat – mit Ausnahme von Themen, welche die Didaktik-Literatur aber unisono als „Un-Themen“ im Informatik-Unterricht bezeichnet, die nichtsdestoweniger die Schul-Praxis prägen würden: Produktbezogene Themen wie „Umgang mit MS Word“, „Dateiverwaltung unter Linux“ oder dergleichen. Weiter unten werden wir sehen, dass die Themen in den Studierendenkursen dagegen elementaren Informatik-Problemen entsprachen und diese im Rahmen der gegebenen Voraussetzungen sehr direkt umsetzten: Informationscodierung, Suchen oder Sortieren.

Zusammengefasst: Erwartetes bzw. erhofftes Ergebnis unseres Experiments war, durch die Studierenden eine kleine Kollektion von Unterrichtseinheiten zu Informatik-Themen zu bekommen, deren Programmier-Anteil am Beispiel der Steuerung von Lego-Robotern ausführbar ist.

### **3. Die Schul-Kurse und ihre Ergebnisse**

Die Lehrveranstaltung wurde häftig von Studierenden beider Osnabrücker Hochschulen (Universität, FH) besucht; einige der Universitäts-Studierenden kamen aus Lehramts-Studiengängen. Insgesamt haben 16 Studierende teilgenommen.

Deren Aufgabe bestand darin, wie beschrieben ein Informatik-Thema auszuwählen und für eine Lehrprobe aufzubereiten. Für die Vorbereitung wurden in 2er- oder 3er-Gruppen der Studierenden geeignete Themen der Informatik gewählt, in die „Lego-Roboterwelt“ abgebildet und der Ablauf der Lehrprobe unter Berücksichtigung didaktischer Aspekte geplant.

Die von den Studierenden erarbeiteten Lehreinheiten wurden am Gymnasium „In der Wüste“ [GidW] in Osnabrück in einer zweitägigen Veranstaltung durchgeführt. Im 6. Schuljahr gibt es dort „Themenklassen“, unter anderem eine „Forscherklassen“, die sich für unser Projekt anbot. Die Kinder der Klasse nehmen neben dem regulären Unterrichtsbetrieb regelmäßig an „Projekttagen“ teil, sind daher wechselnde Lehrende gewöhnt. Themen der Informatik wurden vorher im Schulunterricht noch nicht besprochen, aber einzelne Kinder hatten private Erfahrung mit Computern. Diese Vorbildung kann als exemplarisch für Schulkinder einer 6. Klasse der schichtspezifischen Zusammensetzung der Schülerschaft des GidW (primärer Einzugsbereich: Mittelstandsgegend) gelten. Nach unserer Information kannte keines der Kinder vorher aus eigener Erfahrung Lego Mindstorms; einige hatten Erfahrung mit Lego Technik als Spielzeug. Von Seiten der Lehrerschaft erhielten wir technische Unterstützung und Betreuung durch den Informatik-Lehrer der Schule, Herrn Kunde; die Klassenlehrerin Frau Brauer stellte uns zwei weitere Unterrichtsstunden für eine nachträgliche Evaluation zur Verfügung.

Das Projekt wird im Rahmen einer Diplomarbeit mit dem Titel „Vorgehensmodell für die Vermittlung von Kernthemen der Informatik an SchülerInnen der Sekundarstufe I unter Verwendung von LEGO Mindstorms“ [Sch07] wissenschaftlich nachbearbeitet.

Zur Übersicht seien hier die am Projekt Beteiligten zusammengefasst:

Studierende	16 Studierende der Uni und der FH Osnabrück, aufgeteilt nach eigener Wahl in 6 Gruppen
Schulkinder	30 Schulkinder der Klasse 6D des „Gymnasium in der Wüste“ (GidW) in Osnabrück, vorab ohne unsere Einflussnahme aufgeteilt in 2 Gruppen (parallele Teilkurse in 2 unterschiedlichen Räumen); jede Gruppe wiederum nach eigener Wahl der Schulkinder in 2er- oder 3er-Teams unterteilt
Verantwortliche Uni und FH OS	Prof. Dr. Joachim Hertzberg Prof. Dr. Karsten Morisse
Betreuer	Herr Kunde, Informatik-Lehrer am GidW Frau Brauer, Klassenlehrerin der 6D Thomas Schüler, FH Osnabrück, Diplomand im Bereich Informatik Didaktik

### 3.1 Themenwahl durch die Studierenden

Alle Studierenden kamen aus Informatik-Studiengängen; ihre Voraussetzungen und Erfahrungen in Bezug auf Informatik und Lehren waren recht unterschiedlich, da es über Universität und Fachhochschule gemeinsam eine große Vielfalt von Studiengängen gibt (diverse Bachelor- und Masterstudiengänge, Lehramt, Ergänzungsstudiengänge). Die Einführung bestand darin, sie mit der Motivation des Kurses und den erwarteten Ergebnissen vertraut zu machen, die bereits genannten Roberta-Materialien [Rob] zu erklären, sie auf Literatur zur Didaktik der Informatik zu verweisen und ihnen die Gruppe der Schulkinder zu beschreiben (die erst im Laufe des Kurses feststand). Alle Gruppen bekamen für längere Frist einen Lego NXT-Baukasten zur Verfügung, um sich selbständig damit vertraut zu machen.

Die erste Aufgabe bestand darin, ein Informatik-Thema zu identifizieren, das Basis der Unterrichtseinheit der jeweiligen Studierendengruppe (2-3 Studierende) sein sollte. Diese Aufgabe fiel fünf der sechs Gruppen unvorhergesehen schwer. Selbst ausführliche abstrakte Beschreibung dessen, was ein geeignetes Informatik-Thema wäre, führte nicht zum Erfolg. Es war erforderlich, zwei konkrete Beispielt Themen durchzusprechen, von denen sich anschließend nicht alle Gruppen lösten. Die Ausgangshypothese, es sei für Studierende der Informatik ungewöhnlich, von der Seite „Was sind eigentlich wichtige Informatik-Themen?“ über ihr Fach nachzudenken, hat sich hier auf unerwartet nachdrückliche Weise bestätigt; in einem zukünftigen Kurs muss dieser Schritt offenbar noch sorgfältiger vorbereitet werden.

Die Gesamtgruppe einigte sich darauf, die zwei verfügbaren Vormittage folgendermaßen aufzuteilen: Der erste Vormittag sollte komplett für eine Einführung in die Lego-Roboter und die Programmierumgebung verwendet werden; dabei war darauf zu achten, die Programmier-elemente vorzubereiten, die am folgenden Vormittag gebraucht würden. Am zweiten Vormittag sollten zwei problemorientierte Einheiten nacheinander laufen. Da zwei Gruppen von Schulkindern parallel betreut wurden und es von der Zahl der Studierendengruppen passte, wurden sechs Kurse (zwei Einführung, vier problemorientiert) konzipiert und durchgeführt. Zusammengefasst wurden die folgenden Kurse entwickelt:

#### *Einführung A*

Die Kursleiter fassen den Begriff „Algorithmus“ als klare Handlungsanweisung auf und wollen den Kindern algorithmisches Denken nahe bringen, ohne dieses Lernziel explizit zu nennen. Beispielsweise ist die LEGO-Bauanleitung bereits eine Art Algorithmus, der von den Schulkindern ausgeführt wird.

Programmiersprachelemente wie Schleife und Verzweigung werden von den Kindern selbst erarbeitet und damit unbewusst verinnerlicht, ohne durch die Erklärung der Fachtermini als unverständlich belastet zu sein.

#### *Einführung B*

Diese Einführung setzt stark auf frontale Erläuterung der Fachbegriffe mit anschließender Übung in der betreuten Gruppenarbeit. Abwechselnde Phasen von experimenteller Arbeit, Präsentation der Teilergebnisse und Erklärung neuer Teilaufgaben ermöglichen einen straffen Unterrichtsstil. Dies soll die Schulkinder auf gleichem Kenntnisstand halten.

Der Informatik-Bezug wird durch das Hauptziel der Teilaufgaben forciert. Der Roboter soll mit dem Lichtsensor einen Schwarz-Weiß-Code zum Lesen von „Bits“ entschlüsseln. Die Umrechnung der Bitfolge in Dezimalzahlen wird in einem vorgefertigten Programmblock erfolgen, den die Kinder ohne Kenntnis der internen Abläufe zur Verfügung gestellt bekommen.

#### *Online-Suche A*

Fledermäuse nutzen Ultraschall zur Futtersuche. Der Roboter soll mithilfe des Ultraschallsensors und des Lichtsensors in einem begrenzten Raum eine „Futterstelle“ ausfindig machen und Hindernissen ausweichen. Für diese Suche, ausgehend von einem definierten Startpunkt, gibt es verschiedene Strategien, die unterschiedlich schnell zum Ergebnis führen können. Diese Strategien sollen von den Kindern verglichen werden. Das Informatik-Thema ist Online-Suche

#### *Online-Suche B*

Wiederum ist das Thema Online-Suche, aber in einer anderen „Verpackung“ und unter Verwendung anderer Sensorik dargeboten. Der Roboter soll Objekte (Dosen) über seinen Tastsensor erkennen und aus einem abgegrenzten Rechteck herauschieben. Unterschiedliche Strategien führen zu unterschiedlichem Erfolg. Die Kinder erarbeiten, welche Strategie die effizienteste ist.

#### *Sortieren*

In der Informatik werden oft Daten benötigt, deren Struktur bekannt bzw. vorher eigens für effizienten Zugriff optimiert ist. Sortieren ist hier ein wichtiges Hilfsmittel. Den Kindern wird dies anhand praktischer Beispiele erläutert, anschließend sollen sie einen Roboter bauen und programmieren, der ihnen beim Sortieren von Bauklötzen nach ihren unterschiedlichen Grauwerten (von Schwarz bis Weiß) hilft. Komplexe Teilabläufe sind hier in vorgefertigten Programmblöcken gekapselt, damit das allgemeine Verständnis nicht durch unverständliche und zeitraubende Teilaufgaben behindert wird.

#### *Codierung*

Dieses Thema vertieft die Aufgabe zur Codierung aus der Einführungsveranstaltung B (Lesen von Bits). Als Code wird hier ein abgewandelter Morsecode aus dicken und dünnen schwarzen Linien eingesetzt, die der Roboter mit seinem Lichtsensor beim Überfahren unterscheiden muss. Die Kinder codieren Wörter in diesem Code; der Roboter soll die Wörter entschlüsseln und anzeigen. Zum Speichern bislang gelesener Linien eines Zeichens müssen Variablen verwendet wer-

den, die zu dem Zweck *en passant* als Programmiersprachenelemente eingeführt werden.

### 3.2 Kursdurchführung

Für die Durchführung der Lehrproben durch die Studierenden standen zwei volle, aufeinander folgende Schultage im Mai 2007 zur Verfügung. Aufgrund der geringen Vorkenntnisse der Schulkinder mussten die Teilkurse hinsichtlich ihrer Anforderungen aufeinander aufbauend geplant werden. Der erste Tag sollte die Kinder mit den Robotern und der Programmierumgebung vertraut machen, den Informatik-Bezug aber bereits erkennen lassen. Am zweiten Tag wurden dann zwei getrennte Informatik-Themen behandelt. Daraus resultieren sechs Kurse (2 Teilnehmergruppen) mit steigendem Schwierigkeitsgrad, die nach folgendem Schema durchgeführt wurden:

Tag 1		
Uhrzeit	Gruppe 1	Gruppe 2
7:55 – 13:05	Einführung A	Einführung B
Tag 2		
Uhrzeit	Gruppe 1	Gruppe 2
7:55 – 10:10	Online-Suche A	Online-Suche B
10:40 – 13:05	Sortieren Aufräumen + Einsortieren der Lego-Kästen	Codierung Aufräumen + Einsortieren der Lego-Kästen

Die Gruppeneinteilung wurde von den Kindern eigenständig gewählt. Die resultierende, annähernde Geschlechterteilung (Gruppe 1: 13/15 Jungen, Gruppe 2: 12/15 Mädchen) ergab sich aus unserer Sicht also ebenso zufällig wie die Zuteilung der Kurse der Linie A und B zu den Gruppen. Vor allem die Einführungsveranstaltungen waren didaktisch sehr unterschiedlich aufgebaut, während sie inhaltlich natürlich hauptsächlich die gleichen Themen vermitteln sollten. Damit ist in diesem Einzelfall ein Vergleich der Paarungen aus Lehrmethode und Gruppenzusammensetzung möglich, dessen Ergebnisse im nächsten Kapitel erwähnt werden.

Die Präsentationsart in den Einführungen ist sehr wichtig für die Motivation der Kinder. Die intensive Arbeitsweise (einige Kinder wollten von sich aus auf Pausen komplett verzichten!) und der experimentierfreudige Umgang mit dem Material während der gesamten Kursdauer belegt, dass dies in beiden Gruppen,



obschon auf unterschiedlichen Wegen, gut gelungen ist. In Gruppe A wurde die faszinierende Wirkung der Roboter und der unterrichts-untypische Tagesablauf hervorgehoben. Video-Clips über kommerziell eingesetzte Roboter zeigten deren Verwendungen und Möglichkeiten; die Teilaufgaben wurden sehr spielerisch, oft in Form von Wettkämpfen frei und experimentell erarbeitet. Im Vergleich dazu hat Gruppe B einen stark strukturierten Einstieg erfahren. Hier wurde in straffem Unterrichtsstil das erklärte Tagesziel mit starkem Informatikbezug (Entschlüsselung eines Schwarz-Weiß-Codes zum Lesen von Bits) gemeinsam erarbeitet. Dies passte zufällig gut zur geschlechterspezifischen Situation in den Gruppen und der üblicherweise erwarteten Lern- und Arbeitsstile: Die Jungen (Gruppe A) bauten weitgehend ohne Vorgaben „coole“ Roboter, die sich untereinander messen konnten; die Mädchen (Gruppe B) beschäftigten sich intensiv mit den gestellten Aufgaben und arbeiteten zielstrebig auf die Lösungen hin.

Überrascht hat der selbstständige und selbstverständliche Umgang der Kinder mit den Computern. Fast alle Kinder waren mit der Bedienung und den üblichen Funktionen von Software vertraut, die Hemmschwelle, eigene Ideen „einfach mal auszuprobieren“ war entsprechend niedrig – ein Grund dafür war sicherlich, dass der Einzugsbereich der Schule einen hohen Prozentsatz „bildungsnaher“ Familien umfasst.

Die anfängliche Befürchtung, die Kinder könnten mit den Programmierarbeiten sehr stark gefordert oder gar überfordert sein, ist nicht bestätigt worden. Im Gegenteil darf ihnen nicht zu wenig zugemutet werden. Die Faszination, die von den programmierten Robotern ausgeht wird nachhaltig gesteigert, wenn die Aufgaben in der Denkwelt der Kinder einen „sinnvollen“ Bezug haben (für einige Jungen war zum Beispiel die Einsetzbarkeit eines Roboters und seiner Steuerung als „Kampfroboter“ subjektiv sinnvoll und also motivierend) und die Kinder das Gefühl haben, etwas „wirklich Kompliziertes“ selbst gelöst zu haben. Programmieren kann auf sehr natürliche Weise ohne sprachliche Beschreibungen zeitlicher Abläufe geschehen. Es ist vielfach beschrieben worden, dass die Lego-Mindstorms-Programmierungsumgebung für Kinder verständlich und verwendbar ist; in den Grenzen des hier beschriebenen Experiments haben wir zudem plausibel nachweisen können, dass eine Übertragung in strukturelles algorithmisches Denken stattfindet (s.u. Evaluation). Demnach sind die Lego-Roboter mit ihrer Programmierungsumgebung in der Tat ein geeignetes Medium, um algorithmische Aspekte der Informatik zu lehren – auch das kein überraschendes Ergebnis.

Optimierungsaspekte, also letztlich Probleme aus dem Bereich der theoretischen Informatik, lassen sich im Umfeld der Lego-Roboter einfach über Wettbewerbe zwischen Robotern „einschuggeln“, die dasselbe Problem gleichzeitig bearbeiten – ist am Ende einer schneller, stellt sich die Frage auf ganz natürliche Weise, woran das lag und unter welchen Umständen es vielleicht nicht mehr so wäre. Dieser spielerische Zugang zu Optimierungsfragen war von einigen Studiengruppen angedacht worden, wurde aber in der Unterrichtseinheit letztlich aus Zeitgründen nicht nachdrücklich durchgeführt.

### 3.3 Informale Kontrolle des Gelernten in der Schulklasse

Die hohe Motivation und positive Resonanz der Kinder während und nach Abschluss der Kurse ist ein Indiz dafür, dass ihnen die zwei Tage mit Lego-Robotern Spaß gemacht haben. Dass das eintreten würde, war aber zu erwarten. Es bleibt die Frage: Haben sie außerdem gelernt, was sie lernen sollten? Oder anders gesagt: Haben unsere Studierenden ihre Aufgabe gelöst, den Kindern ihre jeweiligen Themen aus der Informatik zu vermitteln? Dieser Frage sind wir nachträglich im gewohnten Schulalltag der Schulkinder nachgegangen.

Eine Woche nach den Kursen wurde eine Kontrolle mit der Schulklasse durchgeführt. Dazu standen zwei weitere Schulstunden zur Verfügung. Um die durchgeführten Kurse zu bewerten, wurden den Kindern vier Aufgaben aus verschiedenen Bereichen und mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad präsentiert:

#### *Aufgabe 1:*

„In den Kursen wurdet ihr von den Studenten mit vielen Fachbegriffen der Informatik konfrontiert. Einige wurden euch erklärt, andere sind nur beiläufig genannt worden.

Vielleicht erinnerst du dich noch an einige und weißt auch noch die Bedeutung. Schreibe bitte 4 Begriffe auf, die du in den Kursen gehört hast und die du für Fachbegriffe der Informatik hältst. Beschreibe außerdem kurz, was sie deiner Meinung nach bedeuten. Benenne und beschreibe die kompliziertesten Begriffe, die dir einfallen – es ist nicht unbedingt wichtig, ob du glaubst, die richtige Bedeutung zu kennen.“

#### *Aufgabe 2:*

„Auch hier geht es noch einmal um Begriffe. Jetzt habe ich 4 Begriffe ausgewählt und möchte, dass du sie beschreibst – unabhängig davon, ob du sie bei der letzten Aufgabe schon genannt hast. Wenn du dich an einen Begriff nicht mehr erinnerst, versuche dir vorzustellen, was er bedeuten könnte.

Begriffe: Algorithmus – Bit – Kontrollstrukturen – Kompilieren“

#### *Aufgabe 3:*

„Stellt euch vor ihr habt einen LEGO-Roboter mit einem Lichtsensor. Dieser Roboter steht auf einem weißen Untergrund mit einem schwarz markierten Rechteck darauf. Er soll umher fahren, ohne die schwarze Linie zu überqueren.

Schreibt ein Programm, das diese Anforderungen erfüllt. Ihr müsst dazu das Programm ungefähr so zeichnen wie es in der LEGO-Programmierungsumgebung ausgesehen hätte. Es kommt dabei nicht auf Schönheit an. Schreibt zu jedem Block, den ihr zeichnet, kurz, welche Aufgabe er in eurem Programm erfüllt.“

#### *Aufgabe 4:*

„Bei dieser Aufgabe sollt ihr eine Lösung für das Spiel „Die Türme von Hanoi“ finden. Das Ziel des Spiels ist es, die Ringe vom linken Stab auf einen

anderen Stab zu versetzen. Dabei darf bei jedem Zug nur eine Scheibe bewegt werden, und es darf niemals eine größere Scheibe auf einer kleineren liegen.

Zuerst versucht ihr, die Lösung des Spiels herauszufinden. Dann sollt ihr überlegen, wie ihr einem Roboter die Lösung beibringen könnt. Der Roboter kennt folgenden Befehl:

Bewege Scheibe (A|B|C|D) von Stab (1|2|3) zu Stab (1|2|3)

Außerdem könnt ihr wieder die Kontrollstrukturen, die ihr bereits aus dem LEGO-System kennt, nutzen. Das waren Schleifen und Wenn-Dann-Schalter.“

Die beiden ersten Aufgaben behandeln eigentlich einen Randaspekt der Kurse, in denen es ja nicht primär darum ging, Fachterminologie zu vermitteln. Dennoch wollten wir in Erfahrung bringen, ob der Informatikbezug der Kurse auf begrifflicher Ebene behalten worden war. Die Auswertung der Lösungen von Aufgabe 1 und 2 entsprach in etwa unseren Vorstellungen. Die Kinder konnten sich an einige Begriffe erinnern und sie in richtigem Zusammenhang erklären. Genaue Definitionen wurden aber erwartungsgemäß nicht gefunden.

Interessanter waren die beiden letzten Aufgaben bei denen es um intuitives Verständnis einiger Informatik-Prinzipien ging. Die Lösung von Aufgabe 3 kann nur gefunden werden, indem ein logisch strukturierter Denkansatz verfolgt wird. Eine ähnliche Aufgabe musste übrigens von beiden Gruppen auch während des Kurses gelöst werden. Die Lösungen dieser Aufgabe haben sehr deutlich die unterschiedlichen Konzepte der Einführungsveranstaltungen durchblicken lassen. Zwar war das Ergebnis durchweg gut, die Kinder der Gruppe 1 müssen aber hervorgehoben werden. Nur vier Teams haben kein Ergebnis gefunden, diese gehörten alle der Gruppe 2 an, fünf Teams haben eine einwandfreie Lösung aufgezeichnet, vier davon aus Gruppe 1. Eine mögliche Interpretation: eigenständig und spielerisch erarbeitete Inhalte bleiben besser im Gedächtnis verankert als solche, die nach Anleitung umgesetzt wurden. Insgesamt waren wir positiv von den Ergebnissen dieser Aufgabe überrascht.

Aufgabe 4 (Türme von Hanoi) bezog sich auf ein relativ komplexes algorithmisches Problem, und wir hatten keinerlei Erwartungen an die Lösungen der Kinder. Die spielerische Lösung der „Türme von Hanoi“ ist mit etwas geistiger Ausdauer durchaus zu erreichen, dies dann aber in einen Algorithmus zu überführen, stellt auch an Studierende (die dieses Spiel häufig in Informatik Grundveranstaltungen umsetzen müssen) einige Anforderungen. Die eleganteste Lösung liegt im Programmierprinzip der „Rekursion“: Es wird eine Prozedur geschrieben, die sich das Problem solange in uniforme Teilprobleme zerlegt, bis ein elementarer Teilschritt (hier: legales Bewegen einer einzigen Scheibe) erreicht ist; die Lösung ergibt sich dann rückwärts durch Zurückverfolgen der vorher verwendeten Zerlegung (vgl. [Wiki07]). Wir haben nicht damit gerechnet, den Kindern dieses Vorgehen erläutern zu können, sondern waren eher an der Vorgehensweise interessiert, mit der sie das Problem angehen wollten.

Zuerst sollten die Kinder das Problem im Spiel lösen. Zu diesem Zweck hat jede Gruppe eine einfache Version des Spiels, bestehend aus vier Papierscheiben

und einer Spielfläche bekommen. Wir waren sehr überrascht, als bereits nach 10 Minuten jedes Team eine Lösung gefunden hatte und diese auch wiederholen konnte. Einige hatten sogar schon eine fünfte Scheibe dazu gebastelt und auch dies schon gelöst. Jeder sollte die Lösung nun Schritt für Schritt aufschreiben und versuchen, darin eine Regelmäßigkeit zu entdecken. Tatsächlich fanden sogar einige heraus, dass im Prinzip ständig die gleiche Schrittfolge abgearbeitet werden muss. Die engagierte und interessierte Mitarbeit der Kinder hat uns dann dazu verleitet, einen technischeren Erklärungsversuch zu wagen. Wir erläuterten die Komplexität des Problems ( $2^n - 1$ ). Bereits bei gering höherer Scheibenzahl dauert es recht lange, bis ein Mensch die Lösung vollendet hat (Beispiel: Bei einem Schritt pro Sekunde und 15 Scheiben ca. 9 Stunden). Auch den rekursiven Algorithmus haben wir erklärt, und die Kinder konnten den Ausführungen offensichtlich folgen.

Systematische Erkenntnisse über den Lernerfolg bei den Kindern sind aus unserem singulären Experiment bei der lediglich punktuellen und informalen Möglichkeit zur Kontrolle natürlich nicht zu erwarten, zumal keine Vergleichsgruppe zur Verfügung stand. Mindestens erscheint aber plausibel, dass die Studierenden ihre Sache insofern gut gemacht haben, als die Kinder nicht nur zwei lange komplette Vormittage lang insgesamt konzentriert und motiviert bei der Sache waren, sondern eine Woche nach den Kursen ohne dazwischen liegende organisierte Beschäftigung mit dem Stoff noch in erheblichem Maß Teile dieses Stoffs reproduzieren konnten.

### **3.4 Reflexion der Kurse durch die Studierenden**

In einer Abschlussveranstaltung mit den Studierenden wurde die gemeinsame Lehrveranstaltung einer kritischen Reflexion unterzogen. Zudem hatten die Studierenden die Aufgabe, ihr Vorgehen und eine Bewertung ihres Vorgehens schriftlich niederzulegen.

In den meisten Fällen wurde der Erfolg der eigenen Lehrprobe und dem damit verbundenen Konzept am Spaß der Schulkinder während der Kursdurchführung gemessen. Freude am Lernen ist als motivationaler Aspekt sicherlich ein wichtiges didaktisches Ziel und gilt daher als ein Indiz für eine erfolgreiche Lehrinheit. Hierzu hat aber im Fall unserer Roboterkurse das Unterrichtsmedium bereits in erheblichem Maße beigetragen, so dass die Leistung der Studierenden damit nicht ausreichend bewertet ist. Eine darüber hinausgehende, didaktisch fundierte Analyse der eigenen Arbeit wurde aber erwartungsgemäß nur von den Studierenden der Lehramtsstudiengänge vorgenommen. Diese und unsere eigenen Beobachtungen während des Kurses führen zu folgender Bewertung der eingangs erwähnten Ziele unserer Lehrveranstaltung:

*1: Vertiefung der eigenen Kenntnisse durch deren Vermittlung (Docendo Discimus)*

Inwiefern die Vermittlung der von den Studierenden ausgewählten Inhalte zu deren eigenen Wissensvertiefung beigetragen hat, haben wir im Rahmen der Veranstaltung nicht erhoben.

#### 2: Was sind wichtige Informatik-Themen?

Die Studierenden haben unserer Einschätzung nach nur bedingt erkannt, wie schwer sie sich mit der Themenfindung für die eigene Lehrprobe getan haben.

#### 3: Zielgruppengerechte Aufbereitung und Präsentation

Die zielgruppengerechte Aufbereitung und Präsentation der gewählten Informatikinhalte war die zentrale Aufgabe, der sich alle Teilnehmer engagiert gestellt haben. Durchweg wurde die diesbezüglich spezielle Problematik hinsichtlich der vorgegebenen Zielgruppe erkannt. Die Studierenden diskutierten verschiedene Konzepte um der in der Vorbereitungsphase herrschenden Unsicherheit bezüglich der Vorkenntnisse und dem Informatikverständnis der Schüler zu begegnen. Als Grundkonsens wurde die Notwendigkeit, die Kursgestaltung in mehrere Teilschritte, deren strikt sequentieller Ablauf nicht notwendig war, aufzuteilen, erkannt. Die dadurch gewährleistete Flexibilität in der Durchführung wurde in einigen Kursen auch benötigt. Darüber hinaus hat jede Gruppe aber ihre eigenen Ideen in ihre jeweilige Kursplanung einfließen lassen. Dadurch entstanden insgesamt durchaus unterschiedlich geführte Lehreinheiten, was gerade bei den Einführungsveranstaltungen besonders zu beobachten war und für die wissenschaftliche Nachbereitung der gewonnen Erkenntnisse von besonderem Wert ist. Da diese Unterschiede von den Studierenden selbstkritisch und offen reflektiert wurden, kann die Lehrveranstaltung aus unserer Sicht bezogen auf diesen Punkt als Erfolg gewertet werden.

### 4. Fazit

*„Die Kinder haben spielerisch gelernt ohne es wirklich zu merken, ich konnte für etwas mehr Informatikinhalte in der Schule werben und einige Eltern haben mich sogar angesprochen, was wir denn mit den Kindern gemacht hätten, so überschwänglich hätten sie noch nie von der Schule berichtet.“*, so das Fazit des Informatik-Lehrers vom Gymnasium „In der Wüste“. Hinsichtlich der Motivation der Kinder und der Organisation zwischen Schule, Studierenden und Hochschule werten wir die Studie als vollen Erfolg.

Der Einsatz der Lego-Baukästen als Grundlage für die Vermittlung von Informatikinhalten hat es den Studierenden von Universität und Fachhochschule enorm erleichtert, die Schüler für ihre jeweiligen Unterrichtseinheiten nicht nur zu motivieren, sondern geradezu zu begeistern. Damit hat unsere Studie erneut gezeigt, dass die Lego-Roboter ein plausibles Medium zur Vermittlung eines breiten Spektrums an technischen Fertigkeiten sind; es stützt dementsprechend das Argument für eine intensivere Aufnahme solcher alternativer Lehrmethoden in den Schulalltag. Insbesondere scheinen die Roboter für die Früherziehung in Informatik nützlich zu sein – ein Aspekt, der so in anderen Veröffentlichungen zum The-

ma unserer Kenntnis nach noch nicht thematisiert wurde. In dieser Hinsicht sind die Kurse unserer Studie allerdings noch verbesserungsfähig: Informatikinhalte können stärker in die „Spiele“ eingeflochten, den Kindern sollte hier mehr zugemutet werden. Für das mit unseren Kursen verfolgte Ziel – die Vermittlung von Informatikinhalten – ist darauf zu achten, die mechanische Konstruktion, also das Bauen mit den Robotern, nicht zu sehr in den Mittelpunkt zu stellen, um der Fokussierung auf Informatik nicht im Wege zu stehen. Dies wird unserer Meinung nach die Motivation der Kinder nicht übermäßig schmälern, da der experimentelle Umgang mit der Programmierumgebung auch als spielerisch empfunden wird und der Kontakt mit den Robotern durch die häufigen Testphasen weiterhin stattfindet. Gerade eine solche Arbeitsweise vermittelt den Teilnehmern algorithmisches Denken und Einblicke in die Praxis der Informatik.

Zu Beginn der Lehrveranstaltung hatten wir von den Studierenden gefordert, sich Gedanken zu „wichtigen Themen der Informatik“ zu machen, also über das eigene Fach in übergeordneter Weise nachzudenken. Die mit dieser Aufgabe verbundenen Schwierigkeiten regen ihrerseits zum Nachdenken an. Liegt das Problem in der Adaption der informatischen Themenstellungen auf die vielleicht als beschränkt empfundene Welt der Lego-Roboter? Oder liegt es vielmehr darin, dass ein Informatik-Studium aus einer Vielzahl unterschiedlicher Fachveranstaltungen besteht, in denen jeweils wichtige Einzelkenntnisse und -inhalte vermittelt werden, ein ordnender Blick – eine gemeinsame Klammer für die Inhalte – aber dabei oftmals zu kurz kommt, beziehungsweise in dieser Form nicht vermittelt wird? Beide Vermutungen erscheinen plausibel, eine klärende Antwort konnte in einer einzelnen Studie naturgemäß nicht gewonnen werden.

Die hochschulpolitische Zielsetzung, soziale Kompetenz in Informatik-Studiengängen zu vermitteln, konnten wir mit der durchgeführten Lehrveranstaltung erfüllen. Es ist offenbar gelungen, den Studierenden eine neue Perspektive auf die im Laufe des Studiums wissenschaftlich vermittelten Informatikinhalte aufzuzeigen. Dabei sind insbesondere die Bemühungen jeder Teilnehmergruppe, ihr gewähltes Thema zielgruppengerecht zu präsentieren, hoch zu bewerten, erst zweitrangig der tatsächliche Erfolg. Das alte Konzept, Studierende zu Lehrenden ihres Fachs zu machen, erweist sich über die Vertiefung der eigenen Fachkompetenz hinaus als ein Weg zur Vermittlung sozialer Kompetenz.

## Literatur

- [FAIS05] Fraunhofer Institut Autonome Intelligente Systeme: Roberta – Mädchen erobern Roboter, 2005.
- [GI 05] Gesellschaft für Informatik e.V. (GI): Empfehlungen für Bachelor- und Masterprogramme im Studienfach Informatik an Hochschulen, Dezember 2005.
- [GidW] Homepage des Gymnasiums „In der Wüste“:  
<http://www.gidw-os.nibis.de/gidw.html>
- [HNR06] W. Hartmann, M. Näf, R. Reichert: Informatikunterricht planen und durchführen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006
- [Hum05] L. Humbert: Didaktik der Informatik. Teubner Verlag Wiesbaden, 2005
- [MaRe00] J. Magenheimer, T. Reinsch, M. Hirsch: Zugänge zur Informatik mit Mindstorms, 2000.
- [MaSc05] J. Magenheimer, O. Scheel: Zugänge zur Softwaretechnik, Login, Nr 134, 2005.
- [Niev99] J. Nievergelt: Roboter programmieren – ein Kinderspiel. Informatik-Spektrum, Vol 22, Nr 5, 1999
- [Rob] Homepage des Roberta-Projektes:  
<http://www.roberta-home.de>
- [Sch07] T. Schüler: Vorgehensmodell für die Vermittlung von Kernthemen der Informatik an SchülerInnen der Sekundarstufe I unter Verwendung von LEGO Mindstorms. Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, 2007.
- [Schr05] R. Schreiber: Algorithmik mit NQC, Login, Nr 134, 2005
- [Temp05] A. Tempelhoff: Robotik in der Sekundarstufe, Login, Nr 134, 2005.
- [Wiki07] Wikipedia, [http://de.wikipedia.org/wiki/Türme\\_von\\_Hanoi](http://de.wikipedia.org/wiki/Türme_von_Hanoi)