

Informatische Konzepte mit Robotern vermitteln – Ein Unterrichtsprojekt für die Sekundarstufe I

Markus Weber, Bernhard Wiesner

Didaktik der Informatik
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 3
91058 Erlangen
markus.weber.nbg@gmx.de
wiesner@informatik.uni-erlangen.de

Abstract: Im Vordergrund der bisher veröffentlichten Projekte zur Nutzung von Robotersystemen aus dem Bildungs- und Freizeitbereich in der Sekundarstufe I steht vorwiegend der Roboter als Untersuchungsgegenstand, dessen Eigenschaften und Fähigkeiten von den Lernenden erforscht werden. Die Nutzung von Robotern als Unterrichtsmedien für den Informatikunterricht der Sekundarstufe I wird dagegen nur vereinzelt beschrieben. Am Beispiel eines Unterrichtsprojekts wird gezeigt, dass diese Robotersysteme geeignet sind, das Vermitteln einer Reihe informatischer Konzepte zu unterstützen, welche bisher mit weniger praktisch orientierten Methoden unterrichtet wurden. Das beschriebene Projekt zeichnet aus, dass es bezüglich der Unterrichtsmethodik und dem zu leistenden Organisationsaufwand sehr flexibel gehandhabt werden kann. Thematisch geht es bei dem Projekt um die Nachbildung der Abläufe im Wareneingang eines Betriebs. Mehrere Roboter arbeiten zusammen, um Waren von einem Förderband zu einem Lagerplatz zu transportieren. Dabei steuern sie sich gegenseitig, indem sie Nachrichten austauschen. Die Anordnung lässt sich im Informatikunterricht der Sekundarstufe I in ausgewählten Teilen realisieren oder im Ganzen als größeres Projekt gestalten.

1 Motivation

Im vorliegenden Projekt werden Robotersysteme zusammen mit einer ikonischen Programmierumgebung als Unterrichtsmedien benutzt, um die Vermittlung ausgewählter Inhalte des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe I zu unterstützen.

Unterrichtliche Versuche mit Robotersystemen im Informatikunterricht der Sekundarstufe I, ebenso wie außerunterrichtliche Aktivitäten in der betreffenden Altersstufe, sind mehrfach beschrieben. Dabei wird jedoch überwiegend nicht auf die Vermittlung informatischer Konzepte explizit abgezielt, sondern vielmehr auf das Gewinnen einer breiten Palette von Bildungszielen, zusammen mit einer generell besseren Einstellung der Jugendlichen gegenüber der Technik. Dieser Ansatz beruft sich auf den *Konstruktionismus* Seymour Paperts und findet in zahlreichen Curricula zur Robotik seine Umsetzung. Das

Arbeiten mit Robotersystemen soll Kompetenzen in Fachdisziplinen wie Mathematik, Physik und Technik und Informatik und ebenso in überfachlichen Bereichen wie Problemlösen, Kreativität, Teamarbeit schaffen. Entsprechende Evaluationen sind jedoch wenige zu finden ([FM02], [An05]).

Dem hier vorgestellten Projekt liegt ein vergleichsweise komplexes Szenario zugrunde, das als narrativer Anker für den Einstieg in eine Reihe von Themen benutzt wird: Mehrere Robotereinheiten bilden gemeinsam Abläufe der Warenannahme in einem Betrieb nach. Dabei sind die Aufgaben auf die einzelnen Roboter verteilt – der Gesamttablauf wird sichergestellt durch den Austausch von Nachrichten zwischen den Einheiten. Davon ausgehend lässt sich eine Reihe von Lerneinheiten bilden, mit denen mehrere informatische Konzepte erarbeitet werden können. Deren Ausgestaltung kann weitgehend der pädagogischen Situation entsprechend flexibel gestaltet werden. Es ist denkbar, dass Lernende Teile des Gesamt szenarios im Unterricht nachbauen, Teilabläufe modellieren und mit Hilfe der Programmierumgebung realisieren. Auch über Präsentationen, Lehrerexperimente oder das Analysieren fertiger Abläufe lassen sich die Inhalte vermitteln. Unterrichtsprojekte, wie das folgende, in denen die Lernenden arbeitsteilig die Funktionen der einzelnen Einheiten konzipieren, implementieren und am Ende zu einem Gesamtsystem zusammenfügen, erlauben ein hohes Maß an Selbststeuerung, verbunden mit den zahlreichen Vorteilen schulischer Projektarbeit [Hu00]. Gleichzeitig werden die Roboter in diesem Fall als Modelle betrieblicher Komponenten begriffen, deren Relevanz insbesondere für Schülerinnen und Schüler der Realschule unmittelbar einsichtig ist. Ein zusätzlicher Vorteil liegt in der mehrfachen Verwendbarkeit einer bestimmten physikalischen Anordnung. Die Lernenden nutzen die Roboter im Lauf der Zeit immer selbstständiger, anfängliche Nutzungsprobleme verschwinden. Auch bei den Lehrpersonen wächst die Vertrautheit mit dem Medium und gleichzeitig erscheint der organisatorische Aufwand geringer. Allen unterrichtlichen Varianten gemeinsam ist das Warenannahme-Szenario als immer präsenter Ankerpunkt.

2 Unterrichtsbeispiele mit Robotern

Im Folgenden werden einige ausgewählte Veröffentlichungen zusammengefasst, die sich mit informatischen Konzepten befassen, welche mit Robotersystemen als Unterrichtsmedien erfolgreich vermittelbar sind. Bei der Auswahl wurden Projekte berücksichtigt, in denen die Lernenden Programme nicht in Textform kodieren. Die Fähigkeit mit einer textuellen Programmiersprache umzugehen, soll keine Voraussetzung für den Erwerb anderer informatischer Kompetenzen innerhalb der Sekundarstufe I darstellen (vgl. [GI08, S. 35]). Von der Kodierung in Textform können zudem Schwierigkeiten ausgehen, die vom Verständnis der eigentlichen Lernziele weitgehend unabhängig sind. Bei den ausgewählten Projekten erfolgt die Roboterprogrammierung über Symbole (Icons), die aneinandergereiht eine imperative Programmstruktur ergeben.

Mit der Vielzahl möglicher informatischer Inhalte, welche mit Robotersystemen vermittelbar sind, befasste sich eine Arbeit der Didaktikgruppe der Universität Paderborn [MRH00]. Anhand einer Unterrichtseinheit, in der die Lernenden an einem Roboter arbeiteten, der einen Ball in einen Korb werfen konnte, wurde ausführlich auf die infor-

matischen Konzepte eingegangen, die sich mit einem derartigen Vorhaben vermitteln lassen. Dies begann beim Modellierungsprozess, bei dem zunächst die Technik des Roboters, die Struktur des Umfelds und die Möglichkeiten der Software erfasst wurden. Die Teilnehmer entwarfen den Aufbau und definierten notwendige Fähigkeiten eines Roboters, der eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen hatte, vorher mit Hilfe von Papiermodellen. Anschließend bauten sie die Roboter auf und arbeiteten an deren Programmierung. Dabei setzten sich die Lernenden mit den Grundelementen der Algorithmen auseinander, sie erlebten die Datenübertragung zwischen PC und Roboter, beziehungsweise die Kooperation zweier Roboter. Auch der zyklische Softwareentwicklungsprozess konnte den Lernenden beim Arbeiten mit den Robotersystemen nahe gebracht werden. Dabei wurden die Roboter so programmiert, dass sie zunächst nur elementare Aufgaben bewältigten, die anschließend schrittweise komplexer wurden. Auch objektorientierte Sichtweisen ließen sich mit den Robotersystemen vermitteln, indem von einem Grundmodell ausgegangen wurde, das für unterschiedliche Aufgabenstellungen ausgebaut und damit wieder verwertet werden konnte.

Im Roboterprojekt einer Berliner Realschule wurde der Themenbereich Algorithmische Grundstrukturen im Informatikunterricht mit Hilfe des Lego-Mindstorms-Systems vermittelt [Te05]. Dabei wurden die Lernenden durch Aufgaben mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad an die Thematik herangeführt. Mit Aufgaben, in denen beispielsweise ein Roboterfahrzeug vor einem Hindernis zurückweichen musste, wurde die bedingte Anweisung als algorithmisches Grundelement thematisiert. Der Sinn von Wiederholungen wurde mit Aufgaben erschlossen, in denen die Roboter ein Quadrat umfahren mussten. In Varianten dieser Aufgabenstellungen wurden die Inhalte gefestigt. Gleichzeitig wurde damit nach Ansicht der Lehrperson eine unmittelbare Vorstellung der algorithmischen Grundelemente geschaffen, welche einem späteren Übergang zu Programmiersprachen in Textdarstellung förderlich sein könnte.

An einer Realschule in Erlangen wurde ein Konzept erprobt, in dem ebenfalls von Aufgaben für Robotersysteme ausgehend schrittweise algorithmische Grundstrukturen erarbeitet wurden [WB07]. Den Einstieg in diesen Themenbereich bildete das Formulieren und spielerische Umsetzen von Handlungsvorschriften, bei dem Schülerinnen und Schüler die Rolle von Robotern übernahmen. Das Formulieren von Handlungsvorschriften für Roboter fiel den Lernenden leicht, da sie von vornherein davon ausgingen, dass Roboteraktionen aus fest definierten elementaren Einzelaktionen zusammengesetzt sind. Damit musste der Abstraktionsgrad einer Handlungsvorschrift an dieser Stelle nicht thematisiert werden. Nach dem ersten Kennenlernen der ikonischen Strukturen der graphischen Programmieroberfläche wurde die Darstellung der Grundstrukturen durch Struktogramme erarbeitet. Diese Möglichkeit der formalen Darstellung von Handlungen wurde anschließend benutzt, um Abläufe außerhalb der Roboterumgebung zu modellieren, wie etwa Spielregeln oder Abläufe an Automaten. Schließlich wurde den Lernenden am Beispiel mehrerer Konzepte zur Linienvorfahrung bewusst, dass Algorithmen unterschiedlich schnell zum Ziel führen bzw. nur unter bestimmten Umständen terminieren.

Eine bekannte Maßnahme, um Mädchen den Zugang zur Technik zu erleichtern, stellt das Projekt *Roberta* dar [Mü05]. Diese Kurse werden unter anderem für entsprechende Wahlveranstaltungen an Schulen angeboten. Hierbei werden informatische Konzepte

implizit vermittelt, da die Lernenden bei der Bewältigung von Aufgaben mit den Symbolen der ikonischen Programmiersprache umgehen, welche ihrerseits algorithmische Grundstrukturen repräsentieren. Die Kursleiter entscheiden, inwieweit sie die Inhalte dekontextualisieren und damit die informatischen Inhalte herausarbeiten. In der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt *Roberta* wurde die stark motivierende Wirkung des Arbeitens mit den Robotersystemen nachgewiesen [WSW07].

Auch im Informatikunterricht des Gymnasiums wurden entsprechende Unterrichtssequenzen in der Jahrgangsstufe 7 erprobt [St01]. Dabei wurde aus einem einfachen Rollenspiel eine Handlungsbeschreibung in Textform festgehalten. Anschließend stellten die Lernenden über einen intuitiven Zustandsbegriff den Handlungsablauf in einem Zustandsdiagramm formal dar. Dieses Prinzip wurde benutzt, um die Handlungsabläufe bei Roboteraufgaben zu strukturieren und anschließend zu programmieren.

Wie informatische Inhalte in einem *Robotics-Curriculum* eingebettet sein können, macht ein Projekt für 14- bis 16-jährige Schüler einer New Yorker Highschool deutlich [GES04]. In einer Konstruktionsphase verwendeten die Lernenden das LEGO Mindstorms System um Fahrzeuge zu bauen, zunächst ohne Motoren und Controller-Baustein. Damit wurden Versuche auf einer schrägen Ebene durchgeführt und ausgewertet. In der zweiten Phase wurden Motoren und der Controller-Baustein ergänzt. In Form von Aufgaben, die in mehreren Schritten zum angestrebten Ziel führten, lernten die Schülerinnen und Schüler die Programmsymbole einzusetzen. Damit sollte ein implizites Verständnis für die Grundelemente Sequenz, bedingte Anweisung, Wiederholung sowie die Schachtelung dieser Elemente erreicht werden. In einer dritten Phase sollten die erworbenen Kompetenzen genutzt werden, um eine Wettbewerbsaufgabe zu lösen, in der es darum ging, in möglichst kurzer Zeit eine umrahmte Bodenfläche von Hindernissen (in Form von Papierbechern) zu säubern. Solche Wettbewerbsaufgaben sind immer wieder zu finden. Dass sich damit auch informatische Prinzipien gut vermitteln lassen, zeigt die Evaluation eines Unterrichtsprojekts an einer Schule in Brisbane (AU), an dem Schülerinnen und Schüler der 8. bis 10. Klassen teilnahmen. Das Ziel des Kurses war die Bewältigung der beschriebenen Wettbewerbsaufgabe. Die Lernenden waren gehalten, den Algorithmus zunächst schrittweise mithilfe von Ablaufdiagrammen zu modellieren. Es zeigte sich, dass die Mehrzahl der Lernenden den Wert vorheriger Planung erkannte und sich zunutze machte [NMG07, S. 269].

Bei Baukastensystemen lassen sich Roboterfahrzeuge weitgehend variabel gestalten und durch Ergänzen von Sensoren, Aktoren und entsprechender Programmierung mit unterschiedlichen Fähigkeiten ausstatten. Damit lassen sich Prinzipien der Objektorientierung anschaulich machen. Aus der Sicht eines Konstrukteurs kann man sich Modellgenerationen vorstellen, in denen die einzelnen Fahrzeuge von ihren jeweiligen Vorgängern Methoden und Attribute übernehmen (erben) und eigene dazu erhalten [DR01]. Dieses Konzept entfaltet seine didaktische Wirkung allerdings erst dann, wenn zur Programmierung auch eine objektorientierte Sprache verwendet wird, mit welcher der Vererbungsprozess abgebildet werden kann.

Die bisher genannten Beispiele zeigen, dass die Verwendungsmöglichkeiten von Robotersystemen im Informatikunterricht nicht auf die Einführung algorithmischer Grund-

strukturen beschränkt sind. Tabelle 1 gibt eine Zuordnung publizierter Projekte bzw. Projektkomponenten zu den Inhalts- und Prozessbereichen der Bildungsstandards für die Sekundarstufe I [GI08]. Dort wo Projekte mehrere Inhalts- oder Prozessbereiche überdecken, sind jeweils die betreffenden *Projektkomponenten* angegeben.

	Modellieren, Implementieren	Begründen, Bewerten	Strukturieren, Vernetzen
<i>Algorithmen</i>	Beschreiben (Vorhersagen) des Roboterhaltens bei gegebenem Programm [We08]; Aufgaben lösen (Linienverfolger [Te05], Labyrinth [WB07], Fläche säubern [GES04], Hindernissen ausweichen [Mü05, S. 20], etc.); Arbeiten mit Variablen [Mü02], [St01]	Effizienzbewertung von Handlungsvorschriften (z. B. Linienverfolgung [WB07])	Strukturen bilden (Module, Programmblöcke) [We08]; Analysieren von Programmen und Szenen (Dekonstruktion) [MRH00]
<i>Informati- on, Daten</i>	Sensorwerte erfassen und in bedingten Anweisungen benutzen [St01]; Roboter als Objekte [DR01]; Interaktion der Roboter mittels Datenaustausch [MS05], [We08]	Einschränkungen beim Umgang mit Daten [Mü02]	
<i>Informatik- systeme</i>	Entwickeln und Erstellen von Programmmodulen zum Warenan-nahmeprojekt [We08]		Strukturieren des Verhaltens eines Gesamtsystems und seiner Komponenten [We08]
<i>Sprachen, Automaten</i>	Roboterfahrzeuge auf speziellen Fahrflächen [Wi08]; Simulation einer Straßenbahn [We08, S.46]		
<i>Informatik, Mensch, Gesell- schaft</i>		Einfluss der Robo- ter auf die Gesell- schaft [MRH00]	Zusammenwirken von Technik und Informa- tik [We08], [MRH00]

	Kommunizieren, Kooperieren	Darstellen, Interpretieren
<i>Inhalts- übergrei- fend</i>	Entwurf und Konstruktion der Roboter in Partner- arbeit, Erfahrungsaustausch in der Gruppe bzw. Klasse [WB07]; Bearbeiten von Aufgaben mit Wettbewerbscharakter [Te05], [GES04]	Arbeiten dokumentieren; Präsentieren des Szenarios als Abschluss des Unter- richtsprojekts [We08]

Tabelle 1: Zuordnung von Projekten bzw. Projektkomponenten zu Inhalts- und Prozessbereichen der Bildungsstandards [GI08]

Das in den folgenden Abschnitten beschriebene Projekt ist unter der Maßgabe entstanden, möglichst für das Vermitteln mehrerer informatischer Themenbereiche benutzt werden zu können. Der erste Schwerpunkt liegt in der Präsentation der gesamten Anord- nung als Informatiksystem. Die Lernenden verstehen, ausgehend vom Gesamtablauf, die

Funktionen der einzelnen Komponenten und können diese beschreiben. Sie erfahren, dass es sich dabei um ein vernetztes System handelt, dessen Verhalten durch den Austausch von Nachrichten zwischen den einzelnen Komponenten gesteuert wird. Sie lernen, wie ein solcher Nachrichtenaustausch ausgeführt werden kann und implementieren eigene Lösungen mittels Bluetooth-Übertragung. Sie entwickeln geeignete Handlungsvorschriften, implementieren diese mit der ikonischen Programmiersprache und testen sie anschließend. Dabei erfolgt eine intensive Auseinandersetzung mit den algorithmischen Grundelementen sowie ihrer formalen Darstellung. Ein weiterer Schwerpunkt kann auf das Beschreiben des Verhaltens des Gesamtsystems unter Benutzung des Zustandsbegriffs gelegt werden. Die gesamte Anlage, die aus drei oder vier Robotern besteht, kann, falls genügend Zeit zur Verfügung steht, vollständig als Unterrichtsprojekt realisiert werden.

3 Modulares Unterrichtskonzept

Im Folgenden wird das Projekt „Warenannahme“ im Überblick dargestellt, anschließend auf Möglichkeiten der Modularisierung eingegangen. In Abschnitt 4 wird exemplarisch eines der Module detaillierter beschrieben. Das Projekt folgt den Gestaltungsprinzipien des „Anchored-Instruction-Modells“ [SN00]. Im Zentrum des Konzepts steht ein *narrativer Anker*, der als Ausgangspunkt des Unterrichts dient und das Interesse der Lernenden wecken und steuern soll. Dieser Anker besteht aus Situationsbeschreibungen oder Filmen, die in eine Problem- bzw. Aufgabenstellung münden. Ein Teil des Wissens, das Lernende zur Lösung der Problemstellung benötigen, ist in den Ausgangsinformationen enthalten, der Rest muss von ihnen selbst konstruiert werden. Im vorliegenden Projekt stellt ein Videofilm den Einstieg dar. Der Film zeigt einen möglichen Ablauf einer robotergesteuerten Warenannahme (vgl. Abbildung 1). Damit verbunden ist ein Unterrichtsgespräch, in dem die wachsende Bedeutung derartiger Anlagen in Handel und Industrie herausgearbeitet wird. Als Materialien werden den Lernenden Anforderungsbeschreibungen der Problemsituation, Funktionsbeschreibungen der zu verwendenden Robotermodelle, Aufbauanleitungen der Roboter sowie Informationsmaterial zum Nachrichtenaustausch via Bluetooth und Programmieranregungen für die ikonische Programmiersprache zur Verfügung gestellt. Durch diese Methodik sollen sie zu selbstgesteuertem Arbeiten angeregt werden, eine Ansammlung „trägen Wissens“ soll vermieden werden [Re96]. Aus psychologischer Sicht können „Querverbindungen zwischen dem episodischen und dem semantischen Gedächtnis hergestellt“ werden, was „zu einer doppelten Fixierung des Lernstoffs“ führen kann [Hu00, S.10].

Um die eingangs erwähnte Flexibilität zu gewährleisten, wurde das Projekt in einzelne Module gegliedert. Die Module befassen sich jeweils mit grundlegenden Funktionen des Gesamtszenarios. Sie unterscheiden sich darüber hinaus im *Zeitbedarf* (längere Module mit ca. 5 Doppelstunden (DS) und kürzere mit 2 DS), in der *Art und Weise der Schüleraktivität* (Roboterbau, Arbeiten mit Programmen oder Arbeiten mit Video), im *erforderlichen Vorbereitungsaufwand* (Erstellen von Bauplänen, Modifikation der Programme oder Nutzung des Videos), im *Einsatz von Projektmaterialien* (Modul 2 nur Programm der Lagernummerwahl um Variablenkonzept zu verdeutlichen oder Bau ganzer Teile des Projektes im Modul 6) sowie der *fachlich methodischen Intention* (theoretische Untersu-

chung der Zusammenhänge im Modul 2 oder praktische Erarbeitung von Algorithmen zur Linienverfolgung im Modul 1). Nicht zu vermeiden sind dabei Abhängigkeiten oder thematische Überschneidungen zwischen den Modulen. In Tabelle 2 werden zu den Modultiteln die im Vordergrund stehenden informatischen Grundkonzepte sowie eine kurze Beschreibung angegeben.

Modulbezeichnung	Informatisches Grundkonzept	Kurzbeschreibung
Linienverfolgung der Roboter	Grundelemente von Ablaufstrukturen	Zur Linienverfolgung werden von den Robotern die Messwerte zweier Lichtsensoren verglichen und entsprechende Steuerbefehle generiert.
Benutzereingabe der Lagernummer	Variablenkonzept; Datentypen; Variablen als Kontrollstrukturen	Der Benutzer kann eine Lagernummer nur einmal anwählen, das Programm erkennt und speichert bereits gewählte Lagerpositionen in mehreren voneinander abhängigen Variablen.
Auf Signale reagieren	Prozeduren und Funktionen; Grundelemente von Ablaufstrukturen	Straßenbahnmarkierungen dienen neben Bluetooth-Signalen als Auslöser für Roboterverhalten und steuern Funktionen und den Gesamttablauf (z. B. Verlassen einer Warteschleife).
Netzwerke kommunizieren der Robotereinheiten	Netzwerkadressierung, Client – Server Prinzip, Informationsübertragung mit Bluetooth, Parallelprozessdatenverarbeitung	Robotereinheiten haben spezifische Adressen und senden sich Nachrichten in festgelegte „Mailboxen“, es können damit auch Nachrichten parallel übertragen werden. Eingehende Bluetooth-Nachrichten steuern das Verhalten der Roboter und kontrollieren den Ablauf ihrer Programme (z. B. Starten des Linienverfolgungsalgorithmus).
Codierung und Übermittlung von Information	Codierung von (Bluetooth-) Nachrichten	Informationsübermittlung in den Bluetooth-Nachrichten kann im Klartext (mit kurzen Strings) oder als Zahlencode stattfinden; Recodierung erfolgt programmgesteuert. Vergleich mit Chiffrierungsverfahren (z. B. Caesar-Verschiebung), evtl. Ausblick auf kryptographische Methoden.
Warenübergabe zwischen Robotereinheiten	Strukturierung eines Handlungsablaufs; Entwicklung von Problemlösungen	Warenübergabe als fehleranfälliger Vorgang beim Pakettransport erzwingt eine strukturierte und genaue Ablaufplanung; Diskussion der Problemlösungsansätze (Vor-, Nachteile und Auswirkungen).
Warenannahme als informatisches System	Beschreibung und Strukturierung von Handlungsabläufen	Systematische Analyse des Gesamtsystems, Vor-, Nachteile bzw. Grenzen bestimmen; Abhängigkeit von Soft- und Hardware erkennen.

Tabelle 2: Module der robotergesteuerten Warenannahme

4 Beispielmodul „Warenübergabe zwischen Robotereinheiten“

Im Folgenden soll exemplarisch das sechste Modul in seiner Umsetzung detaillierter beschrieben werden. Das Modul „Warenübergabe zwischen Robotereinheiten“ hat seinen Schwerpunkt in der Entwicklung von Handlungsvorschriften für die Übergabe zwischen einem Förderband, auf dem die eingehenden Waren liegen, und einem Transportfahrzeug, das für den Transport zum Lager zuständig ist (vgl. Abbildung 1). Da sich dieser Prozess auf unterschiedliche Art und Weise mit den Robotersystemen realisieren lässt, ergibt sich damit die Möglichkeit der Entwicklung verschiedener Handlungsvorschriften. Diese Varianten können anschließend diskutiert und auf ihre Tauglichkeit getestet werden. In dieser exemplarischen Umsetzung werden das Lego Mindstorms NXT Baukastensystem und die zugehörige ikonische Programmierumgebung verwendet.



Abbildung 1: Modell der robotergesteuerten Warenannahme

Am Ende des Moduls sollen die Lernenden

- mit den algorithmischen Grundelementen sicher umgehen
- Abläufe strukturieren können
- formale Darstellungen von Handlungsvorschriften interpretieren können
- den Nachrichtenaustausch zwischen Robotern implementieren können
- die Rolle des Nachrichtenaustauschs bei vernetzten Systemen verstehen.

Darüber hinaus werden übergeordnete Ziele verfolgt, wie die Fähigkeit zur Präsentation von Arbeitsergebnissen, das Verständnis für die Bedeutung der Arbeitsteilung bei der Bewältigung komplexer Aufgaben sowie Einsicht in die Abhängigkeit von Hard- und Software beim Bau der Roboterkomponenten. Insgesamt sind für dieses Modul 5 DS mit je 90 min vorgesehen. Die geplante Verteilung der Inhalte der Sequenz zeigt Tabelle 3.

Es wird vorausgesetzt, dass den Lernenden die algorithmischen Grundelemente bekannt sind und sie einfache Abläufe formal darstellen können. Sie wiederholen also in dem Modul die Methode des strukturierten Problemlösens. Dadurch wird ein gelerntes Ver-

fahren auf eine neue Situation praktisch angewandt, mit neuen Assoziationen verknüpft und damit vertieft. Das Modul könnte im Anschluss an eine Einführung der algorithmischen Grundstrukturen (z. B. mit Robot Karol) in der 7. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums stattfinden. Alternativ ist das Modul auch für die 8. Jahrgangsstufe der Realschule geeignet. Für einen ersten Einstieg in den Bau und die Programmierung der Robotersysteme erscheint das Modul zu komplex, da höhere Anforderungen an das Bauen und Programmieren der Komponenten gestellt werden als etwa bei einem Linienverfolger (Modul 1).

DS	Inhalte
1	Videofilm, Formulierung der Problemstellung durch die Lehrperson Erstellen einer strukturierten Beschreibung des Handlungsablaufs im Video
2	Aufbau des „Transporters“ nach Aufbauanleitung
3	Bau des „Förderbandes“ nach Aufbauanleitung Steuern von Abläufen mit Hilfe der Bluetooth-Nachrichten
4	Diskussion verschiedener Übergabemöglichkeiten der Waren vom Förderband zum Transporter (technische Umsetzung, Konsequenzen für die Programmierung) Lernende erzeugen für eine zugeteilte Übergabe-Variante eine Handlungsvorschrift und implementieren sie.
5	Test der Warenübergabe mit den beteiligten Komponenten durch die einzelnen Gruppen, anschließend Abschlusspräsentation der Ergebnisse

Tabelle 3. Stoffverteilung im Modul „Warenübergabe zwischen Robotereinheiten“

Zu Beginn der ersten Doppelstunde präsentiert die Lehrkraft das Video. Es zeigt, wie ein Paket auf das Förderband gelegt wird und der Benutzer eine Taste drückt, welche die Nummer im Lager angibt. Daraufhin setzt sich das Förderband in Bewegung und sendet an den bereit stehenden Transporter den Auftrag, die Ware aufzunehmen und an eine bestimmte Lagernummer zu transportieren. Sobald das Paket auf dem Transporter liegt, sendet dieser die Nachricht „Paket erhalten“ an das Förderband, das sein Band daraufhin stoppt. Der Transporter bringt danach das Paket an die gewählte Lagerposition.

Danach folgt eine lehrerzentrierte Phase, in der die Hintergründe und Funktionsweisen der robotergesteuerten Warenannahme im Film beschrieben werden. Dazu können mit den Schülerinnen und Schülern die Notwendigkeit und die Vorteile solcher Systeme diskutiert werden. Die Lehrperson kann beispielsweise einen Vergleich zwischen der traditionellen Buchbestellung bei einem Buchladen und einer Buchbestellung im Internet anregen. Dabei sollten die Lernenden erkennen, dass mit der Größe des Warenbestandes ein automatisiertes Lagerverwaltungssystem zeitliche und damit wirtschaftliche Vorteile gegenüber einem traditionell verwalteten Lager hat. Im Anschluss werden die Aufgaben- und Arbeitsteilung bei Lagersystemen erörtert. Die daraus resultierende Warenübergabe zwischen Robotern wird als zentraler Teil der Problemsituation betont. Dies kann man weiter verdeutlichen, indem Berufsbeschreibungen von Lageristen, Lagerverwaltern und LKW-Fahrern eines realen Unternehmens von den Schülerinnen und Schülern verglichen werden. Dieser Vergleich stellt einen Alltags- und Berufsweltbezug für die Lernenden dar und betont die Problemrelevanz. Die Lernenden erhalten die Aufgabe eine mög-

lichst genaue und strukturierte Beschreibung des Handlungsablaufs im Video zu erstellen. Um eine weitgehend formalisierte Darstellung zu erhalten, gibt die Lehrperson Schlüsselbegriffe vor, wie etwa „Förderband“, „Transporter“, „Lagernummer eingegeben“, „Nachricht: Band stoppen“. Jede Gruppe bearbeitet nur einen kleinen Zeitabschnitt des Videos. Hieraus wird am Ende die Gesamtbeschreibung des Ablaufs erstellt.

Für die zweite Doppelstunde erstellt die Lehrkraft eine Aufbauanleitung des Roboters „Transporter“ und stellt als Software das Linienverfolgungsmodul (als „Blackbox“) zur Verfügung. Die Lernenden bauen in Gruppenarbeit diesen Roboter nach, übertragen das Programm und beobachten seine Funktionen in einem Rundkurs. Um Anfangsschwierigkeiten zu minimieren teilt die Lehrkraft einen Leitfaden für die Programmierumgebung aus und führt deren Bedienung mit einer Beamer-Präsentation vor. Mit Hilfe eines Arbeitsblattes, das Aufgabenstellungen und Kurzanleitungen enthält, erstellen die Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit einige Programmkomponenten (z. B. Soundwiedergabe, Textausgabe, Motorenansteuerung u. ä.) und testen diese. Anschließend erhält die Klasse eine dokumentierte Fassung des fertigen Transporter-Programms. Dieses Programm wird in Gruppenarbeit analysiert, verbalisiert und sein Ablauf beschrieben. Das Video und die Beobachtungen beim Rundkurs können dabei das Verständnis erleichtern.

In der dritten Stunde bauen die Schülerinnen und Schüler in Gruppenarbeit das Förderband nach Anleitung auf. Bei der Programmierung stellt sich die Frage, wie lange das Förderband, welches das Paket auf den Transporter lädt, zu laufen hat. Zusammen mit der Lehrkraft werden unterschiedliche Möglichkeiten zur Steuerung der Antriebsmotoren des Förderbandes entwickelt. Lösungen wären beispielsweise, dass die Motoren eine festgelegte Zeit laufen, eine feste Anzahl von Umdrehungen vollführen, die aus dem Umfang des Antriebsrades und der Förderbandlänge ermittelt werden, bis hin zu einem Stopp der Motoren über einen mechanischen Hebel als Auslöser. Nach einer Diskussion der Lösungsansätze lenkt die Lehrperson die Aufmerksamkeit der Klasse wieder auf das Video und zeigt ihr, falls diese Lösung nicht bereits erkannt wurde, die Möglichkeit das Förderband durch eine Bluetooth-Nachricht des Transporters zu stoppen. Die Lernenden sollen im Folgenden mit ihren bisherigen Erfahrungen mit der Programmierumgebung und einem Leitfaden für die Vernetzung der Roboter mittels Bluetooth in Gruppenarbeit eine Lösung für die Nachrichtenübermittlung finden. Zum anschließenden Üben versenden sie mit kleinen Hilfsprogrammen Nachrichten zwischen zwei NXT-Einheiten. Das Senden und Empfangen der Nachrichten sollen dabei die NXT-Bausteine mit Textausgaben am LCD anzeigen (Abbildung 2). Abschließend entwickeln die Gruppen ein Programm zum Stoppen des Förderbandes mittels Bluetooth-Nachricht.



Abbildung 2: LCD-Ausgaben beim Versand/Empfang von Bluetooth Nachrichten

Die vierte Doppelstunde beginnt mit einer Diskussion über verschiedene Möglichkeiten der Paketübergabe (neben der im Film gezeigten Lösung sollen eigene Vorschläge entwickelt werden – z. B. über eine Rutsche). Ziel dieses Teils der Diskussion ist ein Einblick in die Folgen für die Programmierung bei geändertem Aufbau der Paketübergabe. Dazu erörtert die Klasse an ausgewählten Musterbeispielen (z. B. Übergabe mit Greifer oder Schieber) wie die Motorsteuerung (z. B. Greifer: Motorbewegung bis Ware gepackt ist; Schieber: Motorbewegung mit bestimmter Gradzahl) zu realisieren wäre. Außerdem sollte die Lehrperson darauf eingehen, dass es in der Realität Randbedingungen gibt, welche die Möglichkeiten einer maschinengesteuerten Paketübergabe beschränken und dementsprechende Folgen für die Programmierung haben. Beispiele solcher Randbedingungen könnten der Speicherplatzbedarf bestimmter Programmlösungen, die Abmessungen der Waren oder die Motorenleistungsfähigkeit sein. In der Diskussion werden daraufhin die Vor- und Nachteile mehrerer Paketübergaben erörtert und ihr möglicher Einsatz in unterschiedlichen Szenarien erarbeitet. Die Lernenden sollten hierbei beispielsweise erkennen, dass die Randbedingung „Transport zerbrechlicher Waren“ eine Warenübergabe mittels einer steilen Rutsche ausschließt. In der zweiten Doppelstundenhälfte wird jeder Gruppe eine fertig aufgebaute Paketübergabekomponente zugeteilt. Die Gruppen erhalten den Arbeitsauftrag eine Handlungsvorschrift für die Steuerung ihrer Komponente zu entwickeln. Falls zeitlich möglich, sollen sie anschließend damit beginnen, die Vorschrift in ein Programm zu übertragen.

Die letzte Doppelstunde wird von den Gruppen genutzt, um deren Warenübergabekomponente mit den Robotern (Förderband und Transporter) zu verbinden und sie zu testen. Die Lernenden vervollständigen hierzu aus ihrer Handlungsvorschrift das Programm, das die Übergabe steuert und bauen die Übergabekomponente an das Förderband. Im Anschluss an die Testphase erstellt die Gruppe eine kurze Abschlusspräsentation (ca. fünf Präsentationsfolien). Die Präsentation soll eine Beschreibung der Übergabe, Hintergrundinformationen zum mechanischen Ablauf und die Handlungsvorschrift mit deren Implementierung beinhalten, sowie die Gesamtarbeit der Gruppe anschaulich repräsentieren.

5 Fazit und Ausblick

Das beschriebene Projekt beruht auf einer Examensarbeit [We08]. Die darin beschriebene Unterrichtssequenz gibt einen grundlegenden Einblick in das Gesamtsystem und zeigt, wie die angegebenen Unterrichtsziele methodisch erreicht werden können. Vor allem wird deutlich, dass sich mit Hilfe der Robotersysteme wesentlich mehr informatische Konzepte innerhalb des Informatikunterrichts vermitteln lassen, als dies in rein technisch oder spielerisch ausgerichteten Robotik-Kursen bisher geschieht. Voraussetzung ist, dass die Robotersysteme in erster Linie als gezielt einzusetzende Unterrichtsmedien verstanden werden und weniger als Unterrichtsgegenstände, deren technische Details zu ergründen sind. Wünschenswert sind die Fortführung des Projekts in der Entwicklung weiterer konkreter Module sowie anschließende Fallstudien, aus denen weitere Erkenntnisse zur Wirksamkeit des Verfahrens gewonnen werden können.

Literaturverzeichnis

- [An05] Andersen, F. Ø.: "Kids on campus" Optimal learning environments in Japan. Lego Learning Institute, 2005, http://www.legolearning.net/download/Kids_on_campus.pdf (zuletzt geprüft am 15.02.2009).
- [DR01] Dietzel, R.; Rinkens, T.: Eine Einführung in die Objektorientierung mit Lego Mindstorms Robotern. In: Keil-Slawik, R.; Magenheimer, J. (Hrsg.): Informatikunterricht und Medienbildung, INFOS 2001. Köllen, Bonn, 2001; S. 193–199.
- [FM02] Fagin, B. S.; Merkle, L. D.: Quantitative Analysis of the Effects of Robots on Introductory Computer Science Education. In: Journal on Educational Resources in Computing 2 (2002) 4; pp. 1–18.
- [GES04] Goldman, R.; Eguchi, A.; Sklar, E.: Using educational robotics to engage inner-city students with technology. In: ISLS (Hrsg.): Proceedings of the 6th International Conference on Learning Sciences, Santa Monica, California, 2004; pp. 214–221.
- [GI08] Gesellschaft für Informatik (Hrsg.): Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Beilage zu LOG IN 28 (2008) 150/151.
- [Hu00] Hubwieser, P.: Didaktik der Informatik. 2. Auflage, Springer, Berlin, 2004.
- [MRH00] Magenheimer, J.; Reinsch, T.; Hirsch, M.: Zugänge zur Informatik mit Mindstorms. In: LOG IN 20 (2000) 2; S. 34–46.
- [MS05] Magenheimer, J.; Scheel, O.: Zugänge zur Softwaretechnik. In: LOG IN 25 (2005) 134; S. 39–44.
- [Mü02] Müller, W.: Algorithmik mit dem LEGO-Roboter. Lehrer Online, 2002, URL: <http://www.lehrer-online.de/lego-roboter.php> (zuletzt geprüft am 24.02.2009).
- [Mü05] Müllerburg, M. et al.: Informatikausbildung, Roboter und Mädchen. In: Cremers, A. B.; Manthey, R.; Martini, P.; Steinhage, V. (Hrsg.): INFORMATIK 2005 - Informatik LIVE! Band 1. Köllen, Bonn, 2005; S. 143–147.
- [NMG07] Norton, S. J.; McRobbie, C. J.; Ginns, I. S.: Problem Solving in a Middle School Robotics Design Classroom. In: Research in Science Education 37 (2007) 3; pp. 261–277.
- [Re96] Renkl, A.: Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. In: Psychologische Rundschau 47 (1996) 2; S. 78–92.
- [SN00] Strittmatter, P.; Niegemann, H. M.: Lehren und Lernen mit Medien. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2000.
- [St01] Steuer, H.: Roboter planen, bauen, programmieren. Adam Kraft Gymnasium Schwabach, 2001, URL: <http://www.sc.shuttle.de/sc/akg/robotics/Kurs/index.htm> (zuletzt geprüft am 13.02.09).
- [Te05] Tempelhoff, A.: Robotik in der Sekundarstufe I. In: LOG IN 25 (2005) 134; S. 23–29.
- [WB07] Wiesner, B.; Brinda, T.: Erfahrungen bei der Vermittlung algorithmischer Grundstrukturen im Informatikunterricht der Realschule mit einem Robotersystem. In: Schubert, S. (Hrsg.): Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis (GI-Edition Proceedings, 112). Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2007; S. 113–124.
- [We08] Weber M.: Vermittlung von informatischen Grundkonzepten der Realschulbildung anhand einer robotergesteuerten Lagerverwaltung. Universität Erlangen-Nürnberg, 2008, URL: <http://ddi.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/SA-DA/ddi-robalg.xml> (zuletzt geprüft am 13.02.09)
- [Wi08] Wiesner, B.: Zustandsbasierte Modellierung eines Robotersystems. In: LOG IN 28 (2008) 150/151, S. 29–36.
- [WSW07] Wiesner-Steiner, A.; Schelhowe, H.; Wiesner, H.: The Didactical Potential of Robotics for Education with Digital Media. In: International Journal of Information and Communication Technology Education 3 (2007) 1; pp. 36–44.