

SPURT: Ein Blended Learning-Angebot für Schüler und Ingenieure

Abstract: Erfolgreiche E-Learning-Initiativen gibt es mittlerweile viele. Doch über die optimale Ausgestaltung eines konkreten Lehrangebots existiert offensichtlich kein Konsens. Ergänzend deuten verschiedene Beobachtungen darauf hin, dass in der Ingenieursausbildung die Effizienz von E-Learning-Angeboten durch ein Blended Learning-Konzept, das die eigentlichen Lerngegenstände auch physisch integriert, deutlich verbessert werden kann. Als erfolgreiches Beispiel wird hier das Rostocker SPURT-Projekt vorgestellt, das sich im Laufe der letzten fünf Jahre fest etabliert hat und in dessen Mittelpunkt kleine Roboter stehen. Einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren liegt nach Ansicht der Autoren in einer geeigneten Kombination aus klassischen und E-Learning Materialien.

1 Einleitung

Verschiedene Marktbeobachtungen deuten darauf hin, dass ansässige High-Tech-Industrien ihren Bedarf an hochqualifizierten Absolventen¹ mittel- bis langfristig nicht mehr decken können [24]. Die Pflege eines attraktiven Bildungsangebots für Schulen, Universitäten sowie Erwachsenenbildung ist eine Option, diesem Negativtrend entgegenzuwirken. Eine mögliche Realisierungsform besteht in qualitativ hochwertigen E-Learning-Angeboten, da damit Eigenschaften wie *learning anytime, anywhere* und *at your own pace* verbunden werden. Diese Einschätzung wird sowohl national als auch international geteilt, wie die große Zahl von aktuellen E-Learning-Projekten eindrucksvoll dokumentiert [22, 23]. In Abschnitt 2 wird argumentiert, dass in Ingenieursdisziplinen reine E-Learning-Ansätze nicht die optimale Wirkung erreichen: Für die Ingenieursausbildung sollte E-Learning als ergänzendes und keineswegs substituierendes Angebot verstanden werden, da die direkte Auseinandersetzung mit den physischen Gegenständen eine unabdingbare Notwendigkeit ist (siehe auch [11]). Entsprechend versteht dieser Beitrag die Kombination aus rechnergestützter Vermittlung theoretischer Inhalte und Einüben praktischer Fähigkeiten als *eine* mögliche Form von *Blended Learning*.

Abschnitt 3 stellt das SPURT-Projekt² [20] vor, das aus der InnoRegio „Nukleus“ durch das Bildungsprojekt „Faszination Technik“ hervorging. Dieses Projekt hat Roboter unterschiedlicher Komplexität zum Gegenstand, mit deren Hilfe die Lernenden verschiedene ingenieurmäßige Techniken und Inhalte erlernen sollen. Wie in Abschnitt 4 ausgeführt

¹Alle Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für die männliche und weibliche Form.

²SPURT bedeutet *Schüler Projekte um Roboter Technik*.

wird, offeriert SPURT ein Blended Learning-Angebot und unterstützt damit verschiedene Lernformen wie konstruktives, situiertes, kollaboratives sowie insbesondere handlungsorientiertes Lernen.

Da sich das SPURT-Projekt im Laufe der letzten fünf Jahre fest etabliert hat, kann es nach Ansicht der Autoren als Erfolg gewertet werden. Die wichtigsten Erfahrungen werden in Abschnitt 5 vorgestellt und die dafür maßgeblichen kritischen Erfolgsfaktoren werden anschließend in Abschnitt 6 diskutiert. Abschnitt 7 schließt diesen Beitrag mit einer Zusammenfassung ab.

2 Ingenieure sind und lernen *anders*

Natürlich findet man heutzutage diverse E-Learning-Angebote auch in den Ingenieursdisziplinen [16, 17]. Eine berechtigte Frage ist allerdings, ob E-Learning diesen Bereich in gleicher Weise durchdringen wird, wie andere Fachdisziplinen. Ein Charakteristikum der Ingenieursdisziplinen ist, dass ihre Gegenstände Entitäten der realen Welt und nicht ausschließlich virtuelle Formalisierungen sind. Vermutlich wird eben diese praktische, reale Auseinandersetzung durch E-Learning-Angebote nicht ersetzt werden können, sodass reines E-Learning mit handlungsorientiertem und praktischem Lernen kombiniert werden muss.

Beispiel: Das Ohm'sche Gesetz $U = R \times I$, d. h. die Buchstaben und Rechensymbole, lassen sich einfach auswendig lernen. Doch die praktischen Erfahrungen während zweier Sommerschulen [12] für Schüler an der Universität Rostock zeichnen folgendes Bild:

- Zwar konnten die Schüler mittels des Ohm'schen Gesetzes einfache Widerstände berechnen, doch hatten sie deutliche Schwierigkeiten beim Benutzen eines einfachen digitalen Multimeters oder beim Identifizieren der Bauelemente.
- Ein LötKolben erschien anfangs als großes Geheimnis, das an einem Ende furchterregend heiß werden kann. Ferner hatten die Schüler im Unterricht gelernt, dass Metall Hitze speichert, doch vergaßen sie dies beim praktischen Arbeiten und fassten die LötKolbenspitze unmittelbar nach dem Ausschalten an.
- Während der ersten Lötversuche fielen die Teile anschließend wieder auseinander oder leiteten den Strom nicht.
- Ein weiteres Problem bestand oft im Begreifen des Gesamtsystems; im Fehlerfalle hatten die Schüler selten eine Idee, wie die Fehlersuche begonnen werden sollte.
- Die Auswahl und Handhabung von Werkzeugen und Werkstoffen war teilweise inadequat bzw. ungeschickt.

Diese Beobachtungen führen zu der Erkenntnis, dass die Vermittlung von Ingenieursfähigkeiten und handwerklichen Fertigkeiten einen gleichberechtigten Mix aus Theorie und

Praxis erfordert. Dieses Problem ist in ähnlicher Form auch in anderen Forschungsrichtungen erkannt worden. Beispielsweise postuliert die Forschungsrichtung Neue Künstliche Intelligenz, dass intelligentes Verhalten nicht in rein virtuellen Welten entstehen kann, sondern dafür die direkte Interaktion mit konkreten Objekten der realen Welt unabdingbar ist [2, 3, 11] (siehe auch *Symbol Grounding Hypothesis* [9]).

Im Bereich E-Learning sind die Erfahrungen ähnlicher Natur. Es steht mittlerweile außer Frage, dass E-Learning allein nicht den erwarteten Erfolg für eine Qualitätssteigerung des Lernens mit sich bringt. Wissenserwerb wurde noch nie nur an ein einzelnes Medium respektive an eine einzelne Lehrmethode gebunden, sondern durch ein geeignetes Aneinanderreihen dieser Medien und Methoden bestimmt. So gilt es, die neuen Kommunikations- und Informationstechnologien als eine Erweiterung probater Lern- und Sozialformen zu verstehen, womit selbstverständlich ein anderes Lernen realisierbar wird [7]. Dafür hat sich der Begriff Blended Learning (hybrides Lernen) etabliert. Dieser beschreibt Lernarrangements, die neben rechnergestützten Elementen auch 'klassische' Lernformen vereinen. Der Mix beschränkt sich jedoch nicht nur auf die genutzten Medien, sondern umfasst auch die Methoden, die Realisierungs- und die Sozialformen [6, 8]. Einen besonderen Stellenwert nimmt hier der Lernende ein, denn er bestimmt durch seine Aktivitäten den Lernprozess. Die Gestaltung eines Blended Learning-Arrangements muss daher den Lernenden dazu anregen, sich das ihm gegebene Lernmaterial *selbst zu erschließen* [13].

Der folgende Abschnitt beschreibt das SPURT-Projekt [20], das als erfolgreiche Widerspiegelung dieser Theorien verstanden werden kann.

3 SPURT als erfolgreicher Mix

Die ursprüngliche Idee von SPURT bestand darin, bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen I und II Begeisterung für Technik im Allgemeinen und Elektrotechnik im Besonderen zu wecken. Eine Hauptmotivation entsprang der Tatsache, dass an deutschen Oberschulen Fächer wie Mathematik, Physik und Chemie ihren Stoff eher für sich getrennt als im Zusammenhang vermitteln. Darüber hinausgehende Fertigkeiten wie kollaboratives sowie inter- und transdisziplinäres Arbeiten, und zwar vor allem im praktischen Umfeld, bleiben dabei weitestgehend unberücksichtigt. Da die meisten Bildungseinrichtungen nicht die notwendigen Ressourcen in Form von Ausstattung und Unterricht (wie z. B. ein Fach Technik) bereitstellen können, versteht sich SPURT als Mittler zwischen Universität und Schulen und versucht dadurch letztlich die Kluft zwischen Schulausbildung und Anforderungen heutiger Ingenieursdisziplinen zu überbrücken.

Bei SPURT stand die Wissensvermittlung von Anfang an unter dem Motto: „Verstehen durch begreifen.“ Die Initiatoren entschieden sich, Funktionsprinzipien der Elektrotechnik sowie deren Wirkungsweise in mit ihrer Umwelt interagierenden mechanischen Systemen anhand von mobilen Robotern³ zu vermitteln. Diese Entscheidung wurde durch folgende Faktoren beeinflusst: (1) Robotik weckt Neugierde (durch Setzen neuer Reize)

³Im Gegensatz zu z. B. Fertigungsrobotern interagieren mobile Roboter eigenständig, also ohne jegliche menschliche Intervention, mit ihrer Umwelt [2, 3, 11].

und scheint bei Schülern *cool* zu sein (Kopplung extrinsischer und intrinsischer Motivationsprinzipien); (2) publizierte Erfahrungen [10] belegen überzeugend, dass sich mobile Roboter sehr gut als Lehrgegenstand eignen; (3) mobile Roboter erlauben die Formulierung von Aufgabenstellungen auf verschiedensten Schwierigkeitsstufen; (4) auch komplex gestellte Aufgaben können – sofern gewünscht – mit Hilfe verblüffend simpler Prinzipien und Techniken eigenhändig in sehr kurzer Zeit gelöst werden.

3.1 SPURTs Gegenstand

SPURT hat die Entwicklung autonomer physischer Roboter zum Ziel, die sich sowohl in der Größe als auch der (elektronischen) Komplexität unterscheiden können. Ein wesentlicher Aspekt ist, dass die Roboter völlig autonom, d. h. ohne jegliche menschliche Hilfestellung oder Beeinflussung, fahren müssen. Mit seinen Ansätzen verfolgt SPURT die folgenden drei Kernideen: Erstens soll der Werkstattcharakter die handelnd-lernende Bearbeitung einer komplexen Aufgabenstellung in den Vordergrund rücken. Zweitens soll erworbenes theoretisches Wissen in die Praxis überführt und angewendet werden. Drittens deckt der direkte Praxisbezug noch vorhandene Wissenslücken auf, wodurch die Lernenden zur Aneignung weiteren theoretischen Wissens unaufdringlich motiviert werden.

Obige Kernideen wurden durch einen Wettbewerb ergänzt. Das Wettbewerbsziel besteht darin, einen vordefinierten Rundkurs so schnell wie möglich zu durchfahren. Die genauen Regeln sind auf der SPURT-Website [20] abgelegt.

Um den verschiedenen Zielgruppen und ihrem jeweils unterschiedlichen Wissensstand, individuellen Interessen, variierenden technischen Möglichkeiten, etc. Rechnung zu tragen, unterscheidet SPURT zwischen den folgenden drei Kategorien (siehe auch Abbildung 1):

Ohne Controller: Diese Robotersteuerungen dürfen nur aus aktiven Bauelementen (z. B. Transistoren) sowie Widerständen, Kondensatoren etc. bestehen. Im Minimalfall genügen zwei elektronische Bauelemente nebst zwei Motoren und einer Batterie (siehe auch Abbildung 2). Ein zu erwähnendes Phänomen ist, dass sich diese Konstruktion in wenigen Stunden zusammenlöten, auf eine Holzleiste kleben und fahrfertig machen lässt. Da die Roboter größtenteils aus wiederverwendeten Materialien (z. B. Kugellager aus Inline-Skatern und Motore aus Walkman) gebaut werden können, kann der Materialpreis unter 5 Euro liegen, sodass sich diese Kategorie besonders für Schulen und Einsteiger eignet.

Lego: In der Lego-Klasse bestehen die Roboter nur aus vorgefertigten Komponenten von Systemen wie Lego oder Fischer Technik. Neben mechanischen Bauteilen beinhaltet dies auch aktive elektronische Steuerungen, die in der Literatur [18] als *Robotics Invention System* bekannt sind.

Mit Controller: Hier unterliegen die Steuerungen keinen Beschränkungen, sodass beliebig komplexe Optionen zur Verwirklichung eigener Ideen bestehen. Häufig übernimmt ein Microcontroller die wesentlichen Steueraufgaben (siehe Abbildung 3).

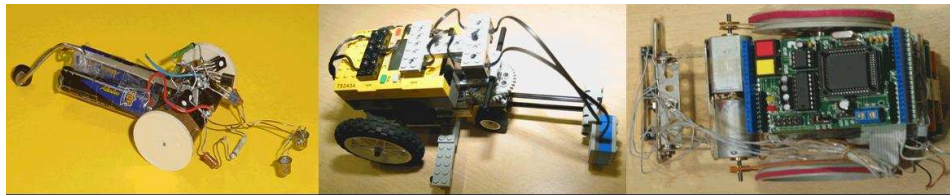


Abbildung 1: Die drei SPURT Kategorien (von links): Ohne Controller, Lego, mit Controller.

3.2 Verstehen durch Begreifen: Lernumgebung mit starker Handlungsorientierung

In der durch SPURT geschaffenen Lernumgebung zielen sowohl die konkrete Aufgabenstellung „Konstruktion eines autonomen physischen Roboters“ als auch die vorwiegend elektronisch zur Verfügung gestellten Lernmaterialien sowie die Tutorien [4] auf die Auslösung eines Lernprozesses, in dessen Ergebnis die Schüler befähigt werden sollen, theoretisches Wissen in anwendungsbereites Wissen überführen zu können. Im Fokus der gestalteten Lernumgebung steht die konsequente Kombination von Theorie und Praxis. Durch den eigentlichen Schulunterricht und die durch das SPURT-Projekt gestaltete web-basierte Lernlandschaft werden vornehmlich Informationen weitergegeben. Im Rahmen der Konstruktion der Roboter werden diese Informationen durch kooperatives Arbeiten mit starker Praxisrelevanz in Wissen überführt. Die durch die Initiatoren angebotenen Tutorien und Kurse bilden das Bindeglied zwischen dem stark theoretisch und dem stark praktisch dominierten Bereich. Lehrende erhalten hier Tipps und Anregungen für die Integration des Themengebietes Robotik in den regulären Unterricht. Darüber hinaus werden auch Methoden vermittelt, die in dieser Form des offenen Unterrichts nützlich sind. Den Schülern werden innerhalb der Kurse Material und Werkzeug zur Verfügung gestellt, so dass sie unter tutorieller Anleitung erste Ergebnisse in der Roboterkonstruktion erzielen.

Die von den Initiatoren offerierte Lernumgebung setzt insbesondere auf die Anregung der Eigenaktivität und Selbständigkeit der Schüler. In Teams bearbeiten die Schüler ihr Projekt gemeinsam. Dabei bildet das auf der SPURT-Website zusammengetragene Grundlagenwissen den Ausgangspunkt. Die Schüler werden hiermit befähigt, sich aktiv um Informationsquellen und Ressourcen zu bemühen. Da die Teams Mitglieder mit unterschiedlichem Wissen und Fähigkeiten vereinen, tritt zudem der Effekt des *Lernen durch Lehren* ein,

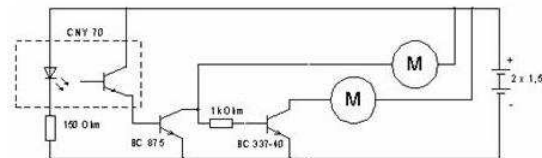


Abbildung 2: Eine ganz simple SPURT Steuerung.

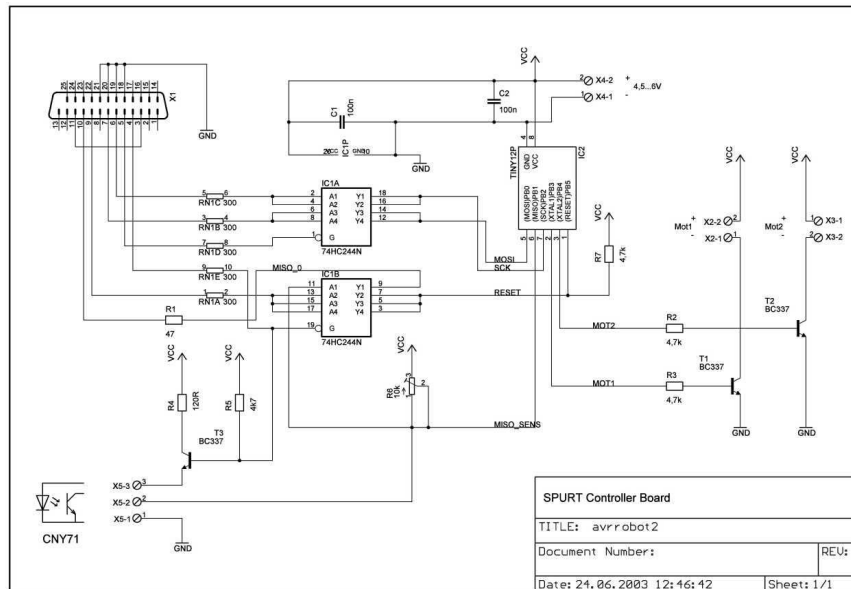


Abbildung 3: Eine komplexe Steuerung mittels Microcontroller.

indem Lehrfunktionen auf Sch'uler 'ubertragen werden und so ein steter Wissenstransfer stattfinden kann.

Der j'ahrlich stattfindende Wettbewerb bietet den Sch'ulern eine zus'atzliche Lernmotivati-on, um sich mit dem Thema Robotik intensiv auseinanderzusetzen. Der Wettbewerb kann als eine so genannte *competitive exercise* umschrieben werden. Diese Aufgabenart beinhaltet, dass es keine falschen Ergebnisse geben wird, sondern lediglich eine bessere oder schlechtere Umsetzung der Aufgabe [14].

Das Fehlen von „falschen L'osungen“ bietet den Sch'ulerteams alternative M'oglichkeiten, die vor ihnen liegende Aufgabe zu bew'altigen. Daraus entsteht eine weitere Motivations- quelle, sich selbstst'andig neue theoretische Sachverhalte anzueignen und sich somit Op- tionen f'ur Verbesserungen der Roboter zu erarbeiten. Der Wettbewerb ist nicht nur eine willkommene Form, die unterschiedlichen Ergebnisse zu pr'asentieren, sondern provoziert zugleich einerseits das kollaborative Arbeiten der einzelnen Teammitglieder untereinander und forciert andererseits den team'ubergreifenden Wissenstransfer.

Der Schwerpunkt des Interesses verlagert sich innerhalb dieser hier gew'ahlten Lernumge- bung vom Lernergebnis auf den Lernprozess. Individuelles Lernen wird mit *sozialer In- teraktion* kombiniert, sodass der einzelne Lerner immer wieder dazu angehalten wird, sich aktiv sowohl mit seinem eigenen Wissen als auch dem Wissen anderer Lerner auseinan- derzusetzen [15]. Das hat zur Folge, dass vorhandenes Wissen stetig erneuert, reproduziert wird. Der Blended Learning-Ansatz in SPURT bedeutet:

- Erwerb von theoretischem Wissen und die Überführung in praktische Fähigkeiten.
- Verknüpfung von rechner- und webgestütztem Lernen und Face-to-Face-Unterricht.
- Unterstützung von individuellem, selbst gesteuertem und kollaborativem Lernen.
- Förderung der Motivation durch *exploratives* Lernen und „competitive exercises“.

4 SPURTs Blended Learning-Landschaft

In diesem Abschnitt werden die beiden Hauptbestandteile des hybriden Lernarrangements getrennt voneinander vorgestellt. Im Sinne von Kerres ist es bei der Gestaltung von Blended Learning-Szenarien oberstes Ziel, rechnergestützte Lernangebote mit anderen personalen Dienstleistungen zu koppeln [5]. SPURT stellt daher das elektronisch gestützte Lernen gleichberechtigt neben das physisch gestützte Lernen. Während die Website vornehmlich die Selbstlernaktivität der Schüler fördern soll, stellt der gewählte Mentorenansatz in Form des tutoriell betreuten Lernens vor Ort das soziale und praktische Lernen in den Vordergrund. Bei der Bearbeitung der komplexen Aufgabe sollen in erster Linie neben fachlichen Kompetenzen vor allem auch soziale Kompetenzen in der Kopplung mit Selbstlernkompetenzen ausgebildet werden.

4.1 Elektronisch gestütztes Lernen

Den Initiatoren der Website war daran gelegen, ein Lernangebot für Schüler zu präsentieren, das zum selbstorganisierten Lernen anregen soll und Neugier wecken soll, sich aktiv handelnd mit dem Thema Robotik auseinanderzusetzen. Über die Jahre ist die SPURT-Web-Site auf knapp 100 Seiten angewachsen. Bei der Erstellung wurde Wert darauf gelegt, dass für die Benutzung der einzelnen Seiten keine besonderen technischen Hilfsmittel erforderlich sind. Im Allgemeinen reichen ein einfaches Modem (analog oder ISDN), ein einfacher Web-Browser sowie ein Standard-Textverarbeitungssystem wie Word, Star- oder Openoffice aus. Des Weiteren genügt für das Betrachten der angebotenen Videos ein gewöhnlicher Viewer. Letztlich wurde auf den Webseiten auf große Bilder verzichtet, um möglichst schnelle Zugriffszeiten zu gewährleisten.

Die SPURT-Website ist nicht nur ein informatives Angebot rund um die Konstruktion von Robotern, sondern regt die Lernenden durch die intuitiv erschließbare Anordnung und die Gestaltung der hypermedial gestalteten Lerninhalte dazu an, sich aktiv mit dem Thema auseinanderzusetzen. Die Website bietet durch ihre Gestaltung die Basis, sich dem Thema der Konstruktion von Robotern auf entdeckende Weise zu nähern. Die dort präsentierten Lernmaterialien sind so aufbereitet, dass sie systematisch aufeinander aufbauen. Zugleich ermöglicht die Website durch die alternative Wahl verschiedener Darstellungsformen (Text, Grafik, Video) eine individuelle Gestaltung von Lernwegen.

Die Website ist ein Lernangebot, das den Lernenden motiviert, sich selbst gesteuert und

handelnd mit dem Thema Robotik aktiv auseinanderzusetzen. Die Zielgruppen der Website sind in erster Linie Schüler, was sich sowohl in der intuitiven Bedienbarkeit als auch in der sprachlichen Aufbereitung der Inhalte widerspiegelt. Explorativ und entsprechend des schon vorhandenen Vorwissens können sich die Lernenden dem Bereich der Robotik nähern. Anfänger werden mit dem *Aufbau-Beispiel Schrittziffer Schritt* durch detaillierte Informationen in die Lage versetzt, einen eigenen Roboter, angefangen beim Kauf eines Stieleises, zu konstruieren.

Fortgeschrittene Lerner hingegen finden Angaben zur Messtechnik, zum Werkzeug oder Material, Hilfestellungen bei Problemen oder weiterführende Hinweise zur Optimierung von Robotern. Das parallel zur Webseite betriebene SPURT-Wiki bietet Schülern und Lehrern, die sich mit dem Bau von SPURT-Mobilen befassen, eine Plattform zur eigenständigen Präsentation ihrer Ergebnisse und zum Austausch von Erfahrungen untereinander sowie mit den Rostocker Initiatoren des Projektes.

4.2 Handlungsorientiertes Lernen

Die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand Roboter wird sowohl durch die Fachlehrer als auch durch die Initiatoren des Projektes tutoriell begleitet. Die angebotenen Tutorien [4] beinhalten sowohl theoretische Erläuterungen als auch praktische Vorschläge zur Durchführung von projekt-/gestaltungsorientiertem und fachübergreifendem Unterricht. Ferner stellen diese Tutorien in ihrem zweiten Teil die notwendigen Fachspezifika zur Verfügung.

Die personale Betreuung durch die SPURT-Mitarbeiter wird sowohl synchron vor Ort in Kursen an den Schulen sowie den Vorlesungs- und Laborräumen der Universität als auch asynchron (Telefon, Mail) bewerkstelligt. Gerade in der Anfangsphase der Roboterkonstruktion schätzen die Schüler die Art der Betreuung vor Ort sehr, beispielsweise wenn der Umgang mit dem LötKolben nicht funktioniert oder die Achse nicht gerade gehalten werden kann. Hier nimmt das *Beobachtungslernen* einen hohen Stellenwert ein. Praktische Fertigkeiten werden vornehmlich durch Nachahmung der Tätigkeiten des Tutors erworben. Im Laufe des Lernprozesses eignen sich die Schüler manuelle Fertigkeiten und Bewegungsabläufe an.

Mit diesem Projekt wird der Ansatz des *praktischen Lernens* bisher erfolgreich verfolgt. Es ist gelungen, die Kopf- mit der Handarbeit zu verknüpfen. Während des praktischen Arbeitens in Teams erwerben die Schüler wertvolle soziale Kompetenzen, schulen ihre Kommunikations-, Kooperations- und Konfliktfähigkeiten. Insbesondere durch das Feedback ihrer Teampartner werden die Schüler gezwungen, sich in Selbstreflexion zu üben und Teilergebnisse immer wieder erneut zu bewerten. Der Wettbewerb bietet den Schülern schließlich die Möglichkeit, einer Qualitätskontrolle und -sicherung ihres Lernprozesses, ohne dem Druck einer Prüfung oder Klausur ausgesetzt zu sein.

5 Erfahrungen und „Evaluation“ (2000-2004)

Die Teilnehmerzahlen stiegen von anfänglich acht Teilnehmern im Jahre 2000 auf rund 90 im Jahre 2004 mit insgesamt etwa 30 Robotern. Im letzten Jahr nahm erstmals ein Team aus dem Iran teil. Der nachhaltige Erfolg des SPURT-Projektes lässt sich nicht nur an den steigenden Teilnehmerzahlen, sondern auch an den gefahrenen Rundenzeiten ablesen. Diese verbesserten sich von 18 Sekunden im Jahre 2000 auf 5,71 Sekunden im Jahre 2004. Darüber hinaus konnte immer wieder beobachtet werden, dass etwa ein Drittel der Teams mehrere Jahre in Folge teilnahmen.

Bei der Analyse bezüglich der Gründe für diesen Erfolg wurde die Zahl der Web-Zugriffe ausgewertet. Die Zahl der Zugriffe auf die SPURT-Seiten liegt relativ gleichbleibend bei etwa fünf bis zehn täglich. Das scheint zunächst nicht besonders viel zu sein, summiert sich aber im Laufe eines Jahres immerhin auf Werte bei 2000 oder mehr. Interessant ist zudem, mit wieviel Liebe zum Detail Schüler ihre Spurtmobile behandeln, nachdem sie sie eigenhändig zum Funktionieren gebracht haben (Beispiel aus der Dietrich-Bonhoeffer-Schule, Weinheim [25]).

SPURT hat sich derart gut etabliert, dass es auf nahezu allen Bildungsservern Deutschlands anzutreffen ist [21].

Aus verschiedenen Schulen der Region ergeben sich immer wieder Rückfragen nach Möglichkeiten für die Universität, vergleichbare Projekte zu unterstützen. In solchen Fällen wird versucht, den Interessenten so weit wie möglich entgegenzukommen, indem neben der Einladung zu Ferienkursen an der Universität regelmäßig Wahlpflichtkurse Physik zu SPURT am Institut für Angewandte Mikroelektronik durchgeführt werden.

6 Kritische Erfolgsfaktoren

Nach Ansicht der Autoren ist der Erfolg des SPURT-Projektes an die folgenden Erfolgsfaktoren gebunden. Erstens ist es durch die gewählte Aufgabenstellung *jedem* möglich teilzunehmen. Weder entstehen hohe Kosten, noch sind umfangreiche Vorkenntnisse erforderlich, noch sind die Teilnehmer an ein bestimmtes Unternehmen gebunden.

Ein weiterer wesentlicher Erfolgsfaktor ist auf der Ebene der Aufgabenstellung zu finden. Diese ist sehr motivierend, da die Qualität der ersten Roboterkonstruktion sowie jeder einzelnen Konstruktionsveränderung durch Erfolg bzw. Misserfolg nahezu instantan rückgemeldet wird. Durch die offen formulierte Aufgabenstellung sowie die direkte praktische Interaktion mit den Bauelementen werden die Lerner zum Explorieren inspiriert.

Weiter motivierend sind offenbar die für das SPURT-Projekt gepflegten Web-Seiten, die neben den technischen Anleitungen auch Berichte über den Ausgang des jährlichen Endlaufs der Formel Spurt enthalten und sich die Teilnehmer in z.T. umfangreichen Bildersammlungen mit ihren Mobilien wiederfinden können. Dazu kommt, dass über die SPURT-Seite zum jeweiligen Endlauftermin eine Live-Kamera geschaltet wird, sodass von überall her der Verlauf des Wettbewerbes direkt verfolgt werden kann.



Abbildung 4: Mädchen der Dietrich-Bonhoeffer-Schule bei der „Arbeit“.

Neben dem Blended Learning-Ansatz sowie allen zur Verfügung gestellter Materialien sind nach Ansicht der Autoren noch eine Reihe weiterer Faktoren für SPURT wichtig. Dazu gehören unter anderem: kontinuierliche Unterstützung (und somit Pflege aller Materialien) durch ein begleitendes Bildungsprojekt, kontinuierlicher Kontakt zu Lernenden und Bildungsmultiplikatoren und angemessene Pressearbeit.

7 Zusammenfassung und Ausblick

SPURT hat, wie in diesem Beitrag dargelegt wurde, die Begeisterung für Technik sowie die Vermittlung verschiedener sozial- und ingenieurwissenschaftlicher Kompetenzen zum Ziel. Hierzu wird ein Blended-Learning-Ansatz gewählt, in dessen Mittelpunkt kleine autonome Roboter stehen, die völlig selbstständig mit ihrer Umwelt interagieren. Die Erfahrungen der letzten fünf Jahre zeigen, dass bezüglich der Zielsetzung vieles nachhaltig erreicht wurde.

Nach Aussage vieler Lernender geht von SPURT eine derartige starke Motivation aus, die zu weit mehr als nur dem Lösen der eigentlich gestellten Aufgabe hinaus animiert. Beispielsweise haben sich in der Vergangenheit kleine (extra curriculare) Arbeitsgemeinschaften und (Erfinder-) Vereine (z. B. [27]) gebildet, in denen neue, selbstgestellte Aufgaben bearbeitet werden. Die aus mittlerweile fünf Jahren gewonnenen Erfahrungen zeigen auch, dass einige SPURT-Teilnehmer ihr erworbenes Wissen auf andere Bereiche wie zum Beispiel Fußball spielende Roboter übertragen [26]. Durch SPURT angeregt entstand eine Arbeit, die im Rahmen des Jugend-Forscht-Wettbewerbs prämiert wurde.

Die Erfahrungen am Gymnasium in Haan [27] und an der Dietrich-Bonhoeffer-Schule in Weinheim [25] zeigen, vielleicht für einige etwas überraschend, dass SPURT auch einen Beitrag zur Förderung von Mädchen bieten kann, die insbesondere in traditionellen Ingenieursberufen unterrepräsentiert sind (siehe auch Abbildung 4). Die teilnehmenden Mädchen berichten unter anderem darüber, dass sie eine als schwer erscheinende Aufgabe mit vertretbarem Aufwand bewältigen konnten. Die Tatsache, dass es sich um ein funktionstüchtiges, sich selbst bewegendes Objekt handelt, scheint eine wesentliche Motivation

zu sein.

Aufgrund des bisherigen Erfolgs bietet sich eine Erweiterung der durch SPURT anvisierten Lerninhalte an. Denkbar sind hier vor allem Erweiterungen, die die Komplexität und damit den zu bewältigenden Schwierigkeitsgrad deutlich erhöhen. Bezogen auf die zu konstruierenden Roboter könnten sich diese Erweiterungen auf folgende Aspekte beziehen: neue Antriebsformen, neue Handlungsformen (z. B. Bälle einsammeln, Staubsaugen) und damit neue Aktoren oder gänzlich andere Aufgabenstellungen, um den SPURT-Ansatz auf andere Lerninhalte zu erweitern. Bezüglich des E-Learning-Angebots erscheint auch eine schulübergreifende Erweiterung des kooperativen Arbeitens erstrebenswert.

Danksagung

Die Autoren danken allen Mitarbeitern des Instituts für Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik für die umfangreiche Unterstützung bei der Durchführung des SPURT-Projektes. Dieses Projekt wurde durch das "InnoRegio-Projekt Nukleus" des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Fördernummer 03I4903 unterstützt.

Literatur

- [1] V. Braitenberg, *VEHICLES, Experiments in synthetic psychology*, 1984
- [2] R. A. Brooks, Intelligence Without Reason. *Proceedings of the 12th Intl. Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-91)*, 1991, 569-595.
- [3] R. A. Brooks, Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47, 1991, 139-159.
- [4] F. Eicker, H. Pfüller, Ch. Richter, L. Körlin, J. Bovensiepen und J. Schumann, *SPURT: Technik gestalten* (Universität Rostock, 3te Auflage, ISBN 3-86009-230-8, 2002).
- [5] M. Kerres, Computergestütztes Lernen als Element hybrider Lernarrangements. In: R. Kammerl (Hg.), *Computerunterstütztes Lernen*, München 2000, 23-39.
- [6] M. Kerres, Online- und Präsenzelemente in hybriden Lernarrangements kombinieren. In: A. Hohenstein und K. Wilbers (Hg.), *Handbuch E-Learning*, 2001.
- [7] M. Kerres, Bunter, besser, billiger? Zum Mehrwert digitaler Medien in der Bildung. *it+ti*, 4, 2002.
- [8] W. Sauter und A.M. Sauter, *Blended Learning, Effiziente Integration von E-Learning und Präsenztraining*, 2002.
- [9] A. Newell und H.A. Simon, Physical symbol systems. *Cognitive Science*, 4 1976, 135-183.
- [10] R. Pfeifer, Teaching powerful ideas with autonomous mobile robots, *Journal of Computer Science Education*, 7, 1997, 161-186.
- [11] R. Pfeifer und C. Scheier, *Understanding Intelligence* (MIT Press, Cambridge, MA, 1999).

- [12] R. Salomon und B. Krumpholz, Touch ET to Grasp AI: Bringing AI Fascination to Highschool Students, in *Proceedings of the 5th European Workshop on Microelectronics Education*, 269-273, 2004.
- [13] I. Schüssler, Möglichkeiten des Online-Lernens: drei Beispiele aus pädagogischer Praxis, *MedienPädagogik*, 2003.
- [14] J. Strutz und G. Degel, Offene Übungsaufgaben und Praktika im e-Learning. Einbindung, Auswertung und Bewertung im Tutorsystem DaMiT, in *Leipziger Informatik Tage (LIT'02)*, 26.-27. September, 2002.
- [15] E. Terhart, *Lehr-Lern-Methoden. Eine Einführung in Probleme der methodischen Organisation von Lehren und Lernen*, 2000.
- [16] Teaching Microelectronics, *Proceedings of the 5th European Workshop on Microelectronics Education, Lausanne, Schweiz*, 2004.
- [17] Web-Based Education, *Proceedings of the 4th IASTED International Conference on Web-Based Education, Grindelwald, Schweiz*, 2005.
- [18] <http://www.legomindstorms.com>
- [19] http://www.medien-bildung.net/produkte/kursbuch/0_intro.pdf
- [20] <http://spurt.uni-rostock.de>
- [21] <http://www.eduserver.de>
- [22] Kursbuch E-Learning. 2004 http://www.bmbf.de/pub/nmb_kursbuch.pdf
- [23] Top 100 der E-Learning-Projekte (EU-2004): <http://www.elearningawards.eun.-org/ww/en/pub/elearningawards2004/news/project/top100.htm>
- [24] <http://www.mv4you.de/>
- [25] <http://www.dbs-weinheim.hd.bw.schule.de/gym/spurt/thumbnails/>
- [26] <http://robocup.e-technik.uni-rostock.de>
- [27] <http://www.gymhaan.de/ags/informatik.htm>