

Informatik Enlightened - Informatik (neu) beleuchtet dank Physical Computing mit Arduino

Nadine Bergner¹ und Ulrik Schroeder²

Abstract: Informatik (in ihrer Breite) begreifbar machen - so lautet das Ziel des Schülerlabor-Moduls „Informatik enlightened“. Mittels Mikrocontrollern können Mittelstufenschülerinnen und -schüler die Vielseitigkeit der Informatik entdecken. Aufbauend auf Eigenschaften des entdeckenden Lernens und des Physical Computing werden die verschiedenen Stationen unter Berücksichtigung inhaltlicher sowie didaktischer Entscheidungen beschrieben. Ziel des Moduls ist es, Schülervorstellungen über Informatik zu einem der Wissenschaft gerecht werdenden Bild hin zu verändern. Dies wurde über ein Pre-Post-Testdesign mit 128 Teilnehmerinnen und Teilnehmern evaluiert.

Keywords: Informatikunterricht, Bild der Informatik, ProgrammierEinstieg, entdeckendes Lernen, individuelles Lerntempo, Hands-On-Material, Mikrocontroller, Evaluation

1 Einleitung und Motivation

Schon Konfuzius stellte fest, dass die meisten Menschen dann am besten lernen, wenn sie mit dem Lerngegenstand aktiv arbeiten. Für die Informatik als Wissenschaft abstrakter Konzepte und digitaler Produkte stellt dies eine besondere Herausforderung dar. „Physical Computing“ ist ein Ansatz, Informatik begreifbar zu machen. Er verdeutlicht, wie (meist) interaktive, aus Hard- und Software bestehende Systeme direkte Wechselwirkungen mit der realen Welt haben [OI04]. Eine Möglichkeit, Physical Computing auf Schulniveau umzusetzen, stellt die Mikrocontrollerplattform Arduino³ dar. Aufbauend auf dieser Hard- und Software entstand das im Folgenden präsentierte Lernangebot, welches seit Anfang 2014 im InfoSphere, dem Schülerlabor Informatik der RWTH Aachen, angeboten wird. Kindern und Jugendlichen ab Klasse acht wird durch lebensnahe Kontexte und großen Freiraum ein individueller Einstieg in die textuelle Programmierung ermöglicht sowie ein Einblick in den Facettenreichtum der Informatik gegeben. Um die Lernenden bestmöglich zu fördern, erhielten die Aspekte aktives, selbstbestimmtes Lernen, alltagsnahe Kontexte, individuelles Lerntempo und Teamarbeit besondere Beachtung.

2 Hintergründe und Related Work

Begründet ist die methodische Leitlinie - Lerngegenstände anfassbar zu machen und so das aktive Arbeiten mit dem Lerngegenstand zu unterstützen - in der konstruktivistischen

¹ RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Informatik 9, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, bergner@informatik.rwth-aachen.de

² dto., schroeder@informatik.rwth-aachen.de

³ <http://www.arduino.cc/>

Lerntheorie von Piaget [Vo97]. Wichtige didaktische Modelle in diesem Zusammenhang sind das entdeckende wie auch forschende Lernen, welche dazu beitragen, dass die Lernenden sich aktiv mit den Lerngegenständen auseinandersetzen [Ae02], [AHR05]. Physical Computing ermöglicht, Informatiksysteme als erfahr- und erkundbare Lerngegenstände einzusetzen. Gegenüber recht geschlossenen Plattformen wie beispielsweise Lego Mindstorms⁴) bietet eine Mikrocontroller-Plattform für Schulen den Vorteil, dass sie eine weit größere kreative Gestaltungsfreiheit bietet [PR13]. Für die Arbeit mit einzelnen Bauteilen (Sensoren, Aktoren, Kabeln etc.) spricht zudem, dass die Identifikation der Schülerinnen und Schüler mit dem Lerngegenstand durch den eigenständigen Aufbau der Schaltungen oder Systeme gestärkt wird.

Vorarbeiten zu Schülervorstellungen über Informatik ([Hu01], [Lo03], [SM05]) betonen, dass hauptsächlich das Medium Computer mit dem Begriff Informatik assoziiert wird. Experten definieren die Informatik dagegen wesentlich vielfältiger und breiter [Fr05]. Mit dem Ziel, die Sichtweise der Jugendlichen dem Selbstbild der Wissenschaft anzunähern und die von Claus etablierte Dreiteilung in technische, praktische und theoretische Informatik [Cl75] zu berücksichtigen, wurde das Modul „Informatik Enlightened“ entwickelt. Eine umfassende Diskussion zum Bild der Informatik aus Sicht der Kinder und Jugendlichen, wie auch aus Sicht der Fachcommunity, ist in [Be14] zu finden.

Eine Orientierung, welche informatischen Inhalte und Kompetenzen es in der Sekundarstufe I zu vermitteln gilt, bieten die Empfehlungen für Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik [Ge08], welche als Grundlage der im Weiteren formulierten Leitlinien dienen. Dabei ist insbesondere der Inhaltsbereich „Informatiksysteme“ durch den Arduino, als alternatives Informatiksystem abgedeckt. Auch die Inhaltsbereiche „Algorithmen“ und „Informatik, Mensch und Gesellschaft“ werden im Modul explizit behandelt. Darüber hinaus spielen die Prozessbereiche „Modellieren und Implementieren“ sowie „Kommunizieren und Bewerten“ eine wichtige Rolle.

3 Ausgestaltung des Moduls

Mit dem hier vorgestellten Modul wurde die *Forschungsfrage* untersucht, inwiefern ein Physical Computing Lernangebot geeignet ist, das Bild der Informatik als ein Zusammenspiel von Hard- und Software, Logik und Teamarbeit darzustellen. Die *Zielgruppe des Konzepts* sind Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I. Das Modul soll ihnen als Ausblick auf den Informatikunterricht der gymnasialen Oberstufe dienen. Die grundlegende *didaktische Leitlinie* ist die eigenständige Arbeit in kleinen Teams. Dabei soll jedes *Zweierteam* im individuellen Tempo voranschreiten.

Strukturell gliedert sich die Maßnahme in eine kurze Einführung, eine grundlegende Station 0, frei wählbare vertiefende Stationen 1 bis 4 sowie einen abschließenden Museumsgang. Die etwa 15-minütige Einführung gibt einen Überblick über das Modul und stellt insbesondere die zur Auswahl stehenden vier vertiefenden Stationen (*Sonnenblume, Einparkhilfe, Geschwindigkeitsmessung und Farbthermometer*) vor. Anschließend er-

⁴ mindstorms.lego.com

arbeiten sich die Teams selbstständig die benötigten Grundlagen, sowohl bezüglich des Aufbaus von elektronischen Schaltungen, als auch hinsichtlich der Programmierung des Arduino-Mikrocontrollers (ca. 1h 15min). Im Anschluss geht es an die vertiefenden Stationen (ausgelegt auf je 1h 45min), wobei die Auswahl, Reihenfolge und auch der Grad der Vertiefung den Teams selbst überlassen bleibt. Den Abschluss bildet ein Museumsgang, in dem alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer an den verschiedenen Stationen ihre Erfolge, aber auch Hürden und wie diese gemeistert wurden, schildern.

Zur Ausgestaltung des Moduls bedarf es sowohl didaktischer als auch inhaltlicher Überlegungen. Dazu wird im Folgenden die konkrete Umsetzung jeweils ausgehend von Leitlinien und ihren theoretischen Begründungen erläutert.

3.1 Didaktische Überlegungen

Die *didaktischen Leitlinien*⁵ umfassen insbesondere folgende Aspekte:

1. Die Aktivität liegt hauptsächlich bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern.
2. Die Schülerinnen und Schüler lernen und arbeiten in ihrem persönlichen Lerntempo.
3. Der Lernprozess wird von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern aktiv mitbestimmt.
4. Die Verlaufsmotivation wird durch zahlreiche Erfolgserlebnisse hoch gehalten.
5. Das Feedback zum Lernprozess erfolgt hauptsächlich durch die Materialien.
6. Sozialkompetenzen (z.B. Teamwork und sinnstiftende Kommunikation) werden explizit gefördert.
7. Das informatische Arbeiten besteht aus Planungs- und Umsetzungsphase.

Die Relevanz von *eigenaktivem Lernen* (Punkte 1 und 3), insbesondere im Fach Informatik, wird unter anderem in [SS11] ausführlich dargelegt. Auch zur Bedeutung der *individuellen Förderung* in Punkt 2 und 3 gibt es viele allgemein didaktische Abhandlungen. Klieime und Warwas beschreiben „Individuelle Förderung als selbstverständliches Merkmal pädagogischen Handelns“ [KW11]. Aufgrund des reinen Wahlpflichtcharakters des Faches Informatik (in Nordrhein-Westfalen wie auch einigen weiteren Bundesländern) und damit der häufig sehr unterschiedlichen Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler - auch aus dem privaten Bereich - spielt die individuelle Gestaltung der Lernprozesse eine besondere Bedeutung. Auch das Thema *Motivation* (Leitlinie 4), insbesondere Einstiegs- und Verlaufsmotivation, sind ausschlaggebend für den Erfolg von Lernprozessen, nicht nur im Kontext Schule [St02], [HD14]. Das automatisierte Feedback durch das Informatiksystem ermöglicht Lehrkräften neue Freiräume zur individuellen Unterstützung der Lernenden. Die sechste und siebte Leitlinie werden durch die Prozessbereiche der GI-Standards [Ge08] ausführlich motiviert. Im weiteren wird die konkrete *Umsetzung der didaktischen Leitlinien* beschrieben.

⁵ Diese gelten für alle weiteren Module des Schülerlabors InfoSphere ist analoger Weise und werden mit unterschiedlichen Schwerpunkten in allen Altersgruppe umgesetzt.

Leitlinien 1 & 2: Um sowohl die *Identifikation mit dem Lerngegenstand*, als auch im weiteren Verlauf des Moduls das *individuelle Lerntempo* zu ermöglichen, erhält jedes Zweierteam bereits zu Beginn des Kurses ein InfoSphere-Kit mit allen elektronischen Bauteilen (u.a. LEDs, Taster, Sensoren, Motoren), die für das Modul benötigt werden (siehe Abbildung 1). Auch alle Arbeitsmaterialien in Form von laminierten Begleitheften stehen den Lernenden frei zugänglich zur Verfügung. Um die Lernenden zu Beginn nicht zu überfordern, finden die Teams an ihrem vorbereiteten Arbeitsplatz nur das Begleitheft der Station 0 sowie die vorsortierten Bauteile.

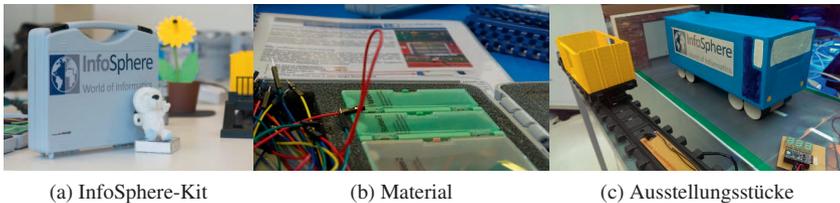


Abb. 1: InfoSphere-Kit und Exponate

Damit keine weitere Frontalphase den eigenständigen Arbeitsprozess der Teams unterbricht, werden die vier vertiefenden Stationen bereits im Einstieg präsentiert. Durch Arbeitsblätter mit anspruchsvollen Bonusaufgaben ist neben der Anzahl auch der Vertiefungsgrad der Stationen individuell gestaltbar, beispielsweise können beim Farbthermometer über die klassischen Grundfarben hinaus fließende Farbübergänge implementiert werden.

Leitlinien 3 & 7: Um gleichzeitig Lernenden viel Freiraum zu lassen, aber dennoch eine effektive Unterstützung durch das Betreuererteam zu ermöglichen, sind in den Begleitheften Lücken vorgesehen, in die die Schülerinnen und Schüler Notizen zu den verwendeten Anschlüssen des Arduino oder auch Überlegungen zum Programmcode schriftlich festhalten. So wird der Fokus neben der aktiven Umsetzung am Computer auch auf den, für die Informatik sehr wichtigen, Planungsprozess gelegt. Damit wird der Prozessbereich „Modellieren und Implementieren“ aus den Standards der GI vertieft.

Leitlinien 4 & 5: Diese beiden Leitlinien begründen die Auswahl eines Mikrocontrollers als Werkzeug für den ProgrammierEinstieg. So kann das Verhalten der an den Mikrocontroller angeschlossenen Aktoren und Sensoren als direktes Echte-Welt-Feedback den Lernenden Rückmeldung zum Erfolg ihres Lernprozesses geben. Wenn beispielsweise in Station 0 die LED aufgrund des Tasterdrucks aufleuchtet, wissen die Schülerinnen und Schüler, dass sowohl die Schaltung als auch die Programmierung korrekt sind und können selbstständig zur nächsten Herausforderung fortschreiten.

Leitlinie 6: Diese Leitlinie betrifft den Prozessbereich „Kommunizieren und Kooperieren“ und betont Teamarbeit als eine wichtige Informatikkompetenz. Hierbei werden die Kompetenzen verschiedener Lernender gewinnbringend kombiniert, indem sich Herausforderungen im Bereich Aufbau elektronischer Schaltungen mit solchen im Bereich der Programmierung ergänzen.

3.2 Fachliche Inhalte

Die *fachlichen (Lern-)Ziele*⁶ gestalten sich in diesem Modul wie folgt. Die Lernenden

1. ...beschreiben Mikrocontroller samt Komponenten als alternatives Informatiksystem.
2. ...können einfache und im weiteren Verlauf auch komplexere Programmabläufe (Algorithmen) entwickeln und implementieren.
3. ...wenden ihr Wissen über Programmierkonstrukte (u.a. Variablen, Schleifen, bedingte Verzweigungen und Methoden) an.
4. ...erläutern den Umgang mit Sensorwerten (einlesen, umrechnen, ausgeben).
5. ...diskutieren den Lebensweltbezug sowie die Interdisziplinarität der Informatik.

Aus den Standards der GI lässt sich die Motivation ableiten, Mikrocontroller und entsprechende Bauteile als alternatives Informatiksystem einzuführen (Lernziel 1). Das zweite Lernziel beschäftigt sich mit einer fundamentalen Idee der Informatik, der „Algorithmisierung“ [Sc93]. Dabei geht es sowohl um die gedankliche Entwicklung als auch um die konkrete Umsetzung von Algorithmen. Da die Zielgruppe dieses Moduls in erster Linie Schülerinnen und Schüler umfasst, welche bereits mit einer visuellen Programmiersprache gearbeitet haben, ist das Thema Algorithmik eine Vertiefung. Ähnliches gilt auch für Lernziel 3, da die Schülerinnen und Schüler bereits bekannte Programmstrukturen vertiefen. Falls im Vorfeld ein Einstieg in die Robotik stattgefunden hat, bietet das nächste Thema (Lernziel 4) eine hervorragende Anknüpfung. Diese umfasst dabei neben dem Auslesen auch die Umrechnung und Darstellung der Sensorwerte und bedient damit den Prozessbereich „Darstellen und Interpretieren“. Das fünfte Lernziel fällt in den Inhaltsbereich „Informatik, Mensch und Gesellschaft“. Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, welche Alltagsrelevanz und auch welch vielseitiges fächerverbindendes Potential die Informatik hat. Im Folgenden wird die konkrete *Umsetzung der fachlichen Lernziele* beschrieben.

Zu Lernziel 1: Zum einen sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass neben dem Computer noch unzählige weitere Arten von Informatiksystemen existieren. Zum anderen sind die drei Komponenten - Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe - in einem hardwarenahen System deutlich zu erkennen.

Zu Lernziel 2: Bereits in Station 0 erarbeiten sich die Teams mit einer LED und einem Taster einen einfachen Algorithmus. In den weiterführenden Stationen werden die Algorithmen schrittweise komplexer. In der Station zur Sonnenblume wird aufgrund der bedingten Richtungswechsel (je nach Helligkeit) der schwierigste Algorithmus implementiert. Auch die elementaren Schritte der Softwareentwicklung, beispielsweise das Modellieren auf Papier, das anschließende Implementieren und letztendlich das Testen, bevor es unter Umständen an die Fehlersuche geht, werden von den Lernenden durchlaufen.

⁶ Diese sind teilweise angelehnt an die Inhaltsbereiche der GI-Bildungsstandards.

Zu Lernziel 3: Alle Programmierkonstrukte werden an geeigneter Stelle eingeführt und wiederholt. Bedingte Verzweigungen („if-else“-Konstrukt) werden bei der Tastersteuerung in Station 0 erstmalig erklärt und in den vertiefenden Stationen in unterschiedlichen Kontexten wiederholt. Aufbauend auf Integer-Variablen werden Float-Variablen erst eingeführt, wenn diese zur Messung der Geschwindigkeit benötigt werden. Die Themen Methoden und Schleifen werden implizit angewendet („setup“ und „loop“), aber nicht aktiv thematisiert.

Zu Lernziel 4: In allen Stationen wird der Programmablauf durch eingehende Sensorwerte verändert. Bei der einführenden Station 0 werden lediglich die beiden Zustände eines Tasters ausgelesen, in der Station „Sonnenblume“ wird bereits mit einem komplexen Lichtwiderstand bearbeitet. Durch den Einsatz verschiedener Sensoren erkennen die Jugendlichen den Unterschied zwischen digitalen und diskretisierten analogen Eingängen. Dabei wird verdeutlicht, dass Sensorwerte häufig umgerechnet werden müssen. Beispielsweise gibt der Temperatursensor in der Station „Farbthermometer“ nicht direkt Werte in °C zurück, sondern Sensorwerte zwischen 0 und 1023.

Zu Lernziel 5: Dieses Lernziel wird hauptsächlich durch die Wahl der Kontexte erreicht. Dabei reichen diese von alltagsnahen Beispielen wie der piepsenden Einparkhilfe bis zu fächerverbindenden Kontexten wie der Steuerung von Solaranlagen, welcher den Lebensweltbezug der Sonnenblume darstellt. Der fächerverbindende Charakter der Informatik zur Elektrotechnik bzw. Physik wird bereits im kurzen Intro durch die Themen Stromkreis, LEDs mit Widerstand, Polung von LEDs und Funktionsweise von Tastern deutlich. Die physikalischen Hintergründe stehen hier nicht im Fokus, stellen jedoch eine Option der Vertiefung dar. Weiter wird in der Station „Farbthermometer“ zusätzlich die Verbindung zum Kunstunterricht deutlich, indem mit dem Thema RGB-LED die additive (im Gegensatz zur subtraktiven) Farbmischung eingeführt wird.

4 Empirische Analyse

Das Modul wurde im Schülerlabor Informatik InfoSphere an der RWTH Aachen im Zeitraum Juni bis Dezember 2014 *achtmal* mit Schülergruppen durchgeführt.⁷ Evaluiert wurden die Durchführungen mittels eines Pre-Post-Testdesigns, welches aus zwei Online-Fragebögen⁸ besteht, wobei der Pretest meist wenige Tage vor, der Posttest direkt nach dem Besuch des Moduls durchgeführt wurde. Durch die zeitliche Nähe beider Befragungszeiträume ist eine Kontrollgruppe verzichtbar, da davon ausgegangen werden kann, dass sich die erhobenen Aspekte ohne Intervention im Laufe weniger Tage nicht signifikant verändern. Insgesamt liegen zur statistischen Analyse *128 gepaarte Pre- und Posttest-Datensätze* vor. Alle Durchführungen wurden von Programmieranfängerinnen und -anfängern besucht, dabei entstammten 88 Schülerinnen und Schüler der Zielgruppe der Mittelstufenkurse (Klasse 8 und 9 von Realschulen und Gymnasien) und die übrigen 40

⁷ Im Vorfeld fanden bereits weitere Durchführungen statt, mit dem Ziel das Feedback der Schülerinnen, Schüler sowie Lehrkräfte in die Weiterentwicklung und Verbesserung einfließen zu lassen.

⁸ Diese wurden aufbauend auf etablierten Fragebögen, u.a. INCOBI (siehe [RNG01]), SUCA (siehe [MS05]), FEWI (siehe [Lo03]), selbst entwickelt.

Personen der Einführungskurse an einem Berufskolleg. Insgesamt nahmen 32 *Mädchen* (25%) und 96 *Jungen* (75%) an der Evaluation teil.

Die erste Frage befasst sich mit spontanen Assoziationen zum Begriff Informatik. Im Vergleich der Pre- und Posttestdaten zeigen sich bei den Begriffen „Programmierung“, „Computer“, „Technik“ und „Logik“ signifikante Veränderungen. Der Begriff „Computer“ wurde nach dem Workshop in Relation zu anderen Aspekten signifikant seltener genannt ($z = -4.964_p$, $p < .001$, $r = -.438$)⁹. Im Gegensatz dazu erhielten die Begriffe „Programmierung“, „Technik“ und „Logik“ mehr Gewicht (vgl. Tabelle 1). Dies zeigt bereits, dass das Ziel, die Breite der Informatik im Sinne der drei Säulen: *technische, praktische* und *theoretische Informatik* aufzuzeigen, durchaus als gelungen anzusehen ist.

Begriff	Anzahl vorher	Anzahl nachher	nur vorher	keine Veränderung	nur nachher	Teststatistik
Computer	75 / 58,6%	44 / 34,4%	35 / 27,3%	89 / 69,5%	4 / 3,1%	$z = -4.964_p$, $p < .001$, $r = -.438$
Programmierung	86 / 67,2%	98 / 76,6%	12 / 9,4%	92 / 71,9%	24 / 18,8%	$z = -2.000_n$, $p < .05$, $r = -.177$
Technik	8 / 6,3%	17 / 13,3%	3 / 2,3%	113 / 88,3%	12 / 9,4%	$z = -2.324_n$, $p < .05$, $r = -.205$
Logik	5 / 3,9%	17 / 13,3%	3 / 2,3%	110 / 85,9%	15 / 11,7%	$z = -2.828_n$, $p < .01$, $r = -.250$

Tab. 1: Signifikante Veränderungen in den Freitextantworten

Weiter konnte mittels t-Test¹⁰ gezeigt werden, dass der Workshop dazu führt, dass die Jugendlichen weniger der Meinung sind, dass Informatik ein *Männerfach* sei ($t(78) = -2.550$, $p < .05$, $r = .264$)¹¹. Leider erreicht der Workshop nicht das Ziel der *Interessenssteigerung*; bei einem Teil der Besucherinnen und Besucher ist dieses sogar gesunken ($t(125) = -2.027$, $p < .05$, $r = .178$). Diese Veränderung betrifft allerdings nicht die eigentliche Zielgruppe der Mittelstufenschülerinnen und -schüler, was sich unter anderem an der signifikanten Korrelation zum Alter zeigt ($p < .001$, $r = -.014$)¹².

Auch die Sicht auf die Profession und den Stereotyp Informatikerin bzw. Informatiker veränderte sich punktuell. So stimmten die Schülerinnen und Schüler nach der Durchfüh-

⁹ Als statistisches Testverfahren wird hier der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verwendet, für nähere Informationen siehe [Fi09]. Wichtig ist der Index, welcher angibt, ob die Berechnung auf positiven (p) oder negativen (n) Rängen beruht und entsprechend ein Absinken (bei p) oder einen Anstieg (bei n) anzeigt. p gibt weiter das Signifikanzniveau, also die Sicherheit des Effekts, und r die Effektstärke an.

¹⁰ Auch hier sei auf [Fi09] verwiesen. Relevant ist, dass bei $t < 0$ ein positiver Zusammenhang vorliegt, sprich, dass allgemein eine Verschiebung zum rechten Skalenrand stattgefunden hat. Entsprechend zeigt $t > 0$ einen negativen Zusammenhang und somit eine Verschiebung nach links an. Bei der Interpretation kommt es somit immer auf die Zuordnung auf der Skala an.

¹¹ Zur Erhebung dieser Aspekte wurde ein Schieberegler verwendet, der an beiden Extrema mit gegensätzlichen Wortpaaren beschriftet ist, hier beispielsweise „Männerfach“ und „Frauenfach“.

¹² Dies wurde mittels Chi-Quadrat-Test ermittelt.

rung der Aussage über Informatik als (*reine*) *Computerwissenschaft* signifikant weniger zu ($t(127) = 3.619, p < .001, r = .306$). Obwohl im Workshop durchgehend in Partnerarbeit gearbeitet wird, sinkt bei den Lernenden von Gymnasien und Realschulen die Zustimmung zur Aussage „*Informatikerinnen und Informatiker müssen gut im Team arbeiten können.*“ signifikant ($t(85) = 2.214, p < .05, r = .234$). Die Gründe dazu konnten bisher nicht ermittelt werden und müssen in einer (vielleicht auch qualitativen) tiefergehenden Evaluation erforscht werden.

Ein Ranking von zehn vorgegebenen Begriffen zum Thema Informatik deckt weiter auf, dass der Begriff „*Computerkenntnisse*“, den viele Schülerinnen und Schüler vor dem Besuch für sehr relevant hielten, insbesondere gegenüber „*Programmieren*“ an Bedeutung verliert ($z = -5,155_n, p < .001, r = -.456$). Hier wird noch einmal deutlich, dass viele Jugendliche hauptsächlich das Medium Computer mit der Informatik assoziieren und vor ihrem Besuch nur eine stark eingeschränkte Sicht hatten, aber schon ein eintägiger Workshop darauf Einfluss haben kann. Dabei sei explizit angemerkt, dass allein die Erweiterung des Bildes um den Aspekt „*Programmieren*“ keineswegs als abschließendes Ziel angesehen werden darf. Speziell zur Verdeutlichung von Aspekten der theoretischen Informatik eignen sich andere Module des Schülerlabors InfoSphere zur späteren Erweiterung des Bildes.

Aus den Fragen, nach dem eigenen Interesse *Programme selbstständig zu entwickeln* und gleichzeitig der Einschätzung, ob sie *lieber eigenständig versus angeleitet arbeiten* möchten, zeigt sich insbesondere bei den Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe ein leichter Rückgang des Interesses ($z = -2.487_p, p < .05, r = -.267$) und der Wunsch nach mehr Anleitung ($t(117) = -2.412, p < .05, r = .218$). Daraus lässt sich schließen, dass die Teilnehmenden zumindest teilweise etwas überfordert waren und sich den Freiheiten an einigen Stellen nicht gewachsen fühlten. Dies verdeutlicht noch einmal, dass gerade beim entdeckenden Lernen darauf geachtet werden muss, Lernende keinesfalls zu überfordern.

5 Fazit

Aus der Evaluation ergibt sich, dass es dem hier präsentierten Schülerlabor-Modul gelungen ist, die Informatik als eine Kombination aus *technischer* (Begriff „*Technik*“), *praktischer* (Begriff „*Programmierung*“) und auch *theoretischer Informatik* (Begriff „*Logik*“) darzustellen. Auch dem Vorurteil des reinen „*Männerfachs*“ kann teilweise entgegen gewirkt werden.

Weniger geeignet ist dieses Modul zur ersten Interessensgenerierung, bei einem Teil der Schülerinnen und Schüler nahm dieses sogar leicht ab. Auch die Herausforderungen der Methode des entdeckenden Lernens wurden sichtbar, so dass sich ein Teil der Lernenden von der Offenheit der Aufgaben etwas überfordert fühlte. Der Hands-On-Ansatz konnte diesem Effekt auch nicht vollständig entgegen wirken.

Insgesamt zeigt sich, dass der gewählte Ansatz durch Kombination der praktischen Arbeit beim Aufbau der Schaltungen und der gedanklichen Herausforderungen bei der Umset-

zung der Algorithmen durchaus Potential hat, Lernenden bereits in der Mittelstufe ein breites Bild der Informatik zu vermitteln.

6 Ausblick

Generell geben die Erkenntnisse Anlass zu zwei Erweiterungen bzw. Anpassungen. Zum einen wird das Modul zu einem *mehrtägigen Feriencamp* erweitert, sodass nach einer verlängerten, angeleiteten Einführung in die Mikrocontroller-Programmierung, die eigenen Ideen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer mehr Raum finden. Somit soll die Motivation und damit das Interesse verstärkt sowie die Identifikation mit dem Lerngegenstand erhöht werden, was zumindest nach ersten Eindrücken der Testdurchführung im Januar 2015 gelingen kann. Zum anderen soll für Schülerinnen und Schüler vor oder zu Beginn des Wahlpflichtbereiches (ohne Programmiervorerfahrung) alternativ ein vereinfachter Zugang mittels visueller Programmierung ermöglicht werden.

Darüber hinaus wird das Angebot an Lehrerfortbildungen zu dem Modul ausgeweitet. Solche wurden bereits an elf verschiedenen Standorten Deutschlands (u.a. Bremen, Berlin, Cottbus, Dresden, Heidelberg und Aachen) durchgeführt, um auch die effektive Einbettung in den Schulunterricht zu ermöglichen und so eine große Breite der Schülerschaft zu erreichen.

7 Danksagung

Unser herzlicher Dank, auch im Namen aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer, geht an die MakeLight-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), wodurch die nötige Hardware (für mehrere Standorte) finanziert werden konnte.

Literaturverzeichnis

- [Ae02] Aepkers, Michael; Liebig, Sabine; Bönsch, Manfred; Kaiser, Astrid: Entdeckendes, forschendes und genetisches Lernen, Jgg. 4 in Unterrichtskonzepte und -techniken. Schneider-Verl. Hohengehren, Baltmannsweiler, 2002.
- [AHR05] Arnold, Ruedi; Hartmann, Werner; Reichert, Raimond: Entdeckendes Lernen im Informatik-Unterricht. 11. GI-Fachtagung Informatik und Schule (INFOS 2005), S. 197–205, 2005.
- [Be14] Bergner, Nadine: Wie die Informatik sich selbst sieht und wie sie gesehen wird. In (Leicht-Scholten, Carmen; Schroeder, Ulrik, Hrsg.): Informatikkultur neu denken - Konzepte für Studium und Lehre Integration von Gender and Diversity in MINT-Studiengängen. Springer-Verlag, Heidelberg, 2014.
- [Cl75] Claus, Volker: Einführung in die Informatik: Mit 48 Beispielen und 18 Aufgaben. Mathematik für das Lehramt an Gymnasien. Teubner, Stuttgart, 1975.

- [Fi09] Field, Andy P.: *Discovering statistics using SPSS: (and sex and drugs and rock 'n' roll). Introducing statistical methods.* SAGE Publications, Los Angeles, London, 3. Auflage, 2009.
- [Fr05] Frieze, Carol: *Diversifying the images of computer science.* In (ACM, Hrsg.): *Proceedings of the 36th SIGCSE technical symposium on Computer science education.* ACM, New York, NY, S. 397–400, 2005.
- [Ge08] Gesellschaft für Informatik e.V. (GI): *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I,* 2008.
- [HD14] Hildebrandt, Claudia; Diethelm, Ira: *Students' Motivations, Self-concepts of Ability and Expectations Regarding the Subject Informatics: Results of a School Experiment.* In: *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE '14,* ACM, New York, NY, USA, S. 126–127, 2014.
- [Hu01] Humbert, Ludger: *Theoretischer und empirischer Vergleich zum Bild der Wissenschaft Informatik in der Schule.* *Informatica Didactica,* 2001.
- [KW11] Klieme, Eckhard; Warwas, Jasmin: *Konzepte der Individuellen Förderung.* *Zeitschrift für Pädagogik,* 57(6):805–818, 2011.
- [Lo03] Lobbenmeier, Denise: *Einstellungen von Schülerinnen zum Informatikunterricht und zur Informatik: Eine empirische Studie.* Dissertation, Universität Paderborn, Paderborn, 18.06.2003.
- [MS05] Magenheimer, Johannes; Schulte, Carsten: *Erwartungen und Wahlverhalten von Schülerinnen und Schülern gegenüber dem Schulfach Informatik – Ergebnisse einer Umfrage.* *Unterrichtskonzepte für informatische Bildung.* Köllen, Bonn, S. 111–121, 2005.
- [OI04] O'Sullivan, Dan; Igoe, Tom: *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers.* Course Technology Press, 2004.
- [PR13] Przybylla, Mareen; Romeike, Ralf: *Physical Computing im Informatikunterricht.* In (Breier, Norbert; Stechert, Peer; Wilke, Thomas, Hrsg.): *15. GI-Fachtagung "Informatik und Schule": Praxisband.* *Kiel Computer Science Series,* CAU Kiel, Kiel, S. 137–146, 2013.
- [RNG01] Richter, Tobias; Naumann, Johannes; Groeben, Norbert: *Das Inventar zur Computerbildung (INCOBI): Ein Instrument zur Erfassung von Computer Literacy und Computerbezogenen Einstellungen bei Studierenden der Geistes- und Sozialwissenschaften.* Reinhardt, 2001.
- [Sc93] Schwill, Andreas: *Fundamentale Ideen der Informatik.* *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik,* 25(1):20–31, 1993.
- [SM05] Schulte, Carsten; Magenheimer, Johannes: *Novices' expectations and prior knowledge of software development: Results of a Study with High School Students.* In (Anderson, Richard; Fincher, Sally; Guzdial, Mark, Hrsg.): *International Journal of Environmental & Science Education.* S. 143–153, 2005.
- [SS11] Schubert, Sigrid; Schwill, Andreas, Hrsg. *Didaktik der Informatik.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011.
- [St02] Stipek, Deborah J.: *Motivation to learn: Integrating theory and practice.* Allyn & Bacon, 2002.
- [Vo97] Vollmers, Burkhard: *Learning by doing–Piagets konstruktivistische Lerntheorie und ihre Konsequenzen für die pädagogische Praxis.* *International review of education,* 43(1):73–85, 1997.