



**IMST – Innovationen machen Schulen Top**

Informatik kreativ unterrichten

# **PROGRAMMIERUNG UND SCHALTUNGEN MIT DER ARDUINO-PLATTFORM**

ID 1325

**MMag. Martin Kastner**

**MMag. Kathrin Glantschnig**

**Mag. Katrin Kanatschnig**

**Mag. René Scheriau**

**BG|BRG Villach St. Martin**

Klagenfurt, Juli 2014

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>SCHLAGWORTE</b> .....	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1 Motivation und Rahmenbedingungen des Projekts .....	4
1.2 Ziele .....	4
1.2.1 Ziele auf SchülerInnenebene.....	4
1.2.2 Ziele auf LehrerInnenebene.....	4
1.2.3 Evaluierung der Ziele.....	5
1.3 Vorgangsweise.....	5
1.4 Zeitplan .....	6
<b>2 PROJEKTIHALT</b> .....	<b>7</b>
2.1 Ausgangslage .....	7
2.2 Erste Schritte.....	7
2.3 Unterrichtsarbeit.....	8
2.3.1 Wahlpflichtfach (12. Schulstufe).....	8
2.3.2 Physik- und Physik-Labor-Unterricht (8. Schulstufe).....	10
2.3.3 Physik- und Physik-Labor-Unterricht (8. Schulstufe, fächerübergreifend).....	12
2.3.4 Informatikunterricht (8. Schulstufe, fächerübergreifend) .....	13
2.3.5 Schulfest.....	16
2.4 Projektergebnisse .....	17
<b>3 EVALUATION</b> .....	<b>19</b>
3.1 Evaluation projektspezifischer Ziele .....	19
3.1.1 Inhaltliche Aspekte.....	19
3.1.2 Prozessaspekte .....	22
3.2 Evaluation aus Sicht der Ziele des Themenprogramms.....	22
3.3 Evaluation aus Sicht übergeordneter IMST Ziele .....	23
3.3.1 Genderaspekte.....	23
3.3.2 Schulentwicklungs- und Disseminationsaspekte .....	23
<b>4 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>24</b>
<b>5 LITERATUR</b> .....	<b>26</b>

## ABSTRACT

*Physical Computing wurde mit Inhalten aus Informatik und Physik fächerübergreifend geplant und mit der Arduino-Plattform vermittelt, um Synergien der vorhandenen Fachexpertisen optimal nutzen zu können. Eine nachhaltige Zusammenarbeit dieser beiden Fachgruppen wurde dadurch an unserer Schule initiiert. Das Projekt fand in drei Phasen statt: Im Wahlpflichtfach Informatik der 12. Schulstufe des Realgymnasiums experimentierten die Lernenden selbständig mit den Starter Kits und erstellten Tutorials. In der zweiten Phase erlernten SchülerInnen der 8. Schulstufe die nötigen Grundbegriffe der Physik und erstellten dabei mit den Arduino-Boards Schaltungen; in der dritten und letzten Phase beschäftigten sich dieselben SchülerInnen mit der Programmierung der Arduino-Boards. Die Beispiele hatten Alltagsbezug, auch wenn „echte Alltagsprobleme“ für den Unterricht in der Unterstufe zu komplex waren. Den Abschluss bildete ein fächerübergreifendes, eigenes Miniprojekt in Kleingruppen.*

Schulstufen: 8. und 12. Schulstufe  
Fächer: Informatik, Physik und Physik-Labor  
Kontaktperson: Martin Kastner  
Kontaktadresse: [martin.kastner@it-gymnasium.at](mailto:martin.kastner@it-gymnasium.at)

# 1 EINLEITUNG

Die Arduino-Plattform wurde für das Erlernen bzw. Vertiefen der Programmierkenntnisse und der Theorie und Praxis zu Schaltungen genutzt.

## 1.1 Motivation und Rahmenbedingungen des Projekts

Wir wollen bereits ab der Unterstufe Programmierkenntnisse und technische Kenntnisse möglichst praxisrelevant und experimentell vermitteln, um mehr Kinder (speziell auch Mädchen) für das Programmieren und für Technik im Allgemeinen zu begeistern.

Es soll mit Hilfe der Arduino-Plattform gezeigt und vermittelt werden, dass Programmieren nicht „nur etwas für Nerds“ ist, sondern durch die Digitalisierung Einzug in fast alle Bereiche des Lebens hält. Die Grundkonzepte und Strukturen des Programmierens sind auch für AHS-SchülerInnen (ab der Unterstufe) erlernbar. Das Zusammenspiel von Hardware und Software, im Sinne von Physical Computing, soll erlebt und dadurch fächerübergreifend und -verbindend vermittelt werden.

## 1.2 Ziele

Mit der Arduino-Plattform soll ein schulstufen- und fachgruppenübergreifender Unterricht entwickelt werden, der theoretische Grundlagen veranschaulicht, praktische Erfahrungen vereinfacht und Synergien zwischen den Fachgruppen Informatik und Physik ermöglicht.

### 1.2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Die SchülerInnen sollen durch Verwendung der Arduino-Plattform Schaltungen und das Programmieren sowie das Zusammenspiel von Hard- und Software im Unterricht aktiv erleben.

Durch exploratives Lernen und "learning by doing" soll ein weitreichender und vielschichtiger Kompetenzgewinn zu folgenden Themenbereichen erzielt werden: Grundlagen der Programmierung (Anweisungen, Schleifen, Verzweigungen sowie Variablenkonzept und Objektorientierung) und Schalttechnik (Halbleiter, Elektrizität und elektrische Bauteile) verstehen und anwenden.

Schaltungen und Programmcode sollen durch die Arduino-Plattform entmystifiziert und damit die Neugier und Kreativität der SchülerInnen gefördert werden, um mit (dieser) Technik zu experimentieren und zu arbeiten. Dabei sollen im Besonderen Gender- und Diversitätsaspekte berücksichtigt werden.

Die Durchführung des Projektes in Kleingruppen mit Tutorials der 8. Klasse für die 4. Klassen und mit den Lehrkräften als beratenden Coaches soll die Entwicklung des kooperativen Lernens unterstützt werden. Zusätzlich sollen die Physikkenntnisse der 8. Klasse genutzt werden, um neue Ideen für den Physikunterricht (mit Arduino) zu entwickeln.

### 1.2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Die Inhalte aus Informatik und Physik sollen fächerübergreifend geplant und mit der Arduino-Plattform vermittelt werden, um Synergien der Fachexpertisen optimal nutzen zu können. Erreicht werden soll eine fortlaufende Zusammenarbeit der beiden Fachgruppen an unserer Schule.

Der Unterricht soll klassen- und fächerübergreifend mit Hilfe neuer Lehr- und Lernmethoden abgehalten werden. Mit der Arduino-Plattform sollen exemplarische Unterrichtseinheiten entwickelt, erprobt und gesammelt werden, die den Blick über das eigene Fach hinaus erweitern und neue Aspekte, sowohl inhaltlicher als auch didaktischer Natur, in den jeweiligen Fachunterricht einfließen lassen.

### 1.2.3 Evaluierung der Ziele

Da unser Projekt zwei Unterrichtsfächer und mehrere Schulstufen umfasste, verwendeten wir auch entsprechend unterschiedliche Evaluationsformen:

In einer Kontrollgruppe wurden in einer 4. Klasse Schaltungen im Physikunterricht anhand von Arduino-Steckbrettern unterrichtet, ohne dass Programmcode auf die Arduino-Mikrocontroller gespielt wurde. Programmieren lernten die SchülerInnen der Kontrollgruppe im Informatikunterricht in einer gänzlich anderen Umgebung<sup>1</sup>; am Ende des Projekts wurden die Lernfortschritte der beiden Gruppen verglichen.

Die im Rahmen des Wahlpflichtfachs erstellten Unterlagen wurden zunächst von den Lehrkräften auf Richtigkeit und Tauglichkeit überprüft. Die SchülerInnen in den vierten Klassen durften danach die Anleitungen verwenden und die Lehrkräfte überprüften, ob die SchülerInnen mit den Tutorials tatsächlich wie gewünscht arbeiten konnten.

Ein weiterer, wichtiger Teil der Evaluierung war das Beobachten und Beurteilen der am Projekt teilnehmenden SchülerInnen während der Unterrichtseinheiten durch die Lehrkräfte (vgl. 2.3 und 3.1.1.1).

Mini-Projekte (teilweise auch fächerübergreifend) bzw. die Tutorials wurden von den SchülerInnen erstellt und mit den Lehrkräften im Unterricht besprochen, analysiert und gegebenenfalls verbessert. Die Mini-Projekte aus dem Wahlpflichtfach und dem Schulfest wurden aufgrund ihrer Vielfältigkeit hier nicht näher beschrieben oder evaluiert.

Die Sammlung und Bereitstellung von Unterrichtsmaterial und Ergebnisse aus diesem Projekt in einem Moodlekurs sollte einerseits einen Gesamtüberblick über die Projektergebnisse liefern und weitere Unterrichtsarbeit anregen, die wiederum im Kurs gesammelt und weiterentwickelt werden kann.

## 1.3 Vorgangsweise

Das Projekt fand in drei Phasen statt: Im Wahlpflichtfach Informatik der 12. Schulstufe des Realgymnasiums experimentierten die Schüler<sup>2</sup> selbständig mit den Starter Kits. Der Lehrer betreute die Schüler, die Abgaben wurden gesammelt, neue Beispiele und Tutorials für die 8. Schulstufe wurden von den Schülern erstellt. Diese erste Phase stellte auch das erste Material und den Ausgangspunkt für die Zusammenarbeit der Lehrkräfte aus den Fachgruppen Informatik und Physik dar.

In der zweiten Phase lernten die SchülerInnen der beiden vierten Klassen<sup>3</sup> die nötigen Grundbegriffe der Physik und arbeiteten mit den Arduino-Boards um Schaltungen zu erstellen.

Die dritte und letzte Phase beschäftigte sich mit der Programmierung der Arduino-Boards. Eine der beiden vierten Klassen programmierte die Arduino-Boards und erstellte mit dem erlernten Wissen aus Physik die nötigen Schaltungen mit den Arduino-Kits. Das bereits erwähnte Material und die Erfahrungen aus dem Wahlpflichtfach fanden dabei Verwendung.

Seit Beginn des Schuljahres gab es regelmäßige Treffen des fächerübergreifenden Lehrkräfteteams, um Inhalte und Zeitpläne möglichst gut abzustimmen und gegebenenfalls benötigtes Material nachzubestellen.

---

<sup>1</sup> JavaScriptKara; Webpräsenz: <http://swisseduc.ch/informatik/karatojava/javascriptkara/> [23.6.2014]

<sup>2</sup> In dieser Gruppe gibt es keine Mädchen; auch die Lehrkraft ist männlich.

<sup>3</sup> Gemeint sind die Projektklasse und auch die sogenannte Kontrollgruppe.

## 1.4 Zeitplan

Zeitraum	Maßnahme
Herbst	Beschaffung der und Einarbeitung in die Arduino-Plattform und Hardware; gemeinsame Unterrichtsplanung der Fachgruppen INF und PH; Unterrichtssequenzen im Wahlpflichtfach INF (12. Schulstufe) ausarbeiten und durchführen
Winter	Unterrichtssequenzen und Tutorials ausarbeiten; Aufteilung in Arbeitsschritte für PH bzw. INF (8. Schulstufe)
Frühling	Durchführen der Unterrichtssequenzen in den Klassen und klassenübergreifend; beginnend mit PH; Abstimmung mit den Kontrollgruppen
Sommer	Evaluation; Veröffentlichungen; Dokumentationen; Projektabschluss

## 2 PROJEKTINHALT

### 2.1 Ausgangslage

Bei der Befragung einer 4. Klasse des Realgymnasiums an unserer Schule im Rahmen des IMST-Projekts 920<sup>4</sup> wurden auf die Frage „Ich mag das Unterrichtsfach Informatik, weil ...“ folgende Schlagworte genannt:

berufschancen (2) **dazulernen** (7) einfach (3) gruppenarbeit (1) **lustig** (6) praeentationen (1) **programmierung** (2) wichtig (1)

Die Tatsache, dass die Programmierung, die beim damaligen Projekt überhaupt keine Rolle gespielt hatte, von SchülerInnen genannt wurde, der Erfolg von Arduino<sup>5</sup> und Raspberry Pi<sup>6</sup> und nicht zuletzt medienwirksame Initiativen<sup>7</sup> zu Programmierkenntnissen haben uns bestärkt, einen neuen Zugang zur Programmierung an unserer Schule auszuprobieren.

Die schulautonome Studentafel<sup>8</sup> des BG|BRG Villach St. Martin sieht in der 6. Klasse (10. Schulstufe) das Unterrichtsfach „Informatik-Webprogrammierung“ vor, in welchem die Sprache PHP verwendet wird. Die Einführung von PHP erfolgt direkt im Anschluss an den Themenbereich Webdesign mit den Sprachen HTML und CSS; in der 7. Klasse wird im Unterrichtsfach „Informatik-Datenbanken“ erneut PHP in Verbindung mit MySQL eingesetzt. Damit ist PHP als Werkzeug zwar sehr schön in informatische Anwendungen eingebettet, der Charakter des „Codens“ gerät dabei allerdings etwas in den Hintergrund.

Bis zum Schuljahr 2010/11 wurde die Scriptsprache JavaScript, im damaligen Unterrichtsfach „Informatik – Algorithmen und Datenstrukturen“, in der 11. Schulstufe unterrichtet. Die Anwendbarkeit bzw. Verknüpfung mit anderen informatischen Inhalten hielt sich allerdings in Grenzen; die Lernumgebung Kara<sup>9</sup> konnte teilweise in der 12. Schulstufe bzw. im Wahlpflichtfach durch Automaten, nebenläufige Programmierung und Turingmaschinen erweitert werden.

In der Unterstufe des Realgymnasiums und in der 9. Schulstufe des Gymnasiums kommt Programmierung derzeit nur vereinzelt durch JavaScript in Form von Kara oder durch Scratch<sup>10</sup> im Unterricht zum Einsatz, beispielsweise in der bereits erwähnten Kontrollgruppe.

Durch dieses Projekt sollte ein neuer Zugang ausprobiert werden: Physical Computing mit dem Know-how aus dem Physik- und Informatikunterricht den SchülerInnen näherbringen und dabei den anhaltenden Hype<sup>11</sup> um Coding und Physical Computing nutzen.

### 2.2 Erste Schritte

Die Bestellung von 20 Fritzing Starter Kits<sup>12</sup> mit Arduino MEGA erfolgte bereits im Sommer 2013, so dass sich das Lehrkräfteteam rechtzeitig mit dem Material aus den Starter Kits auseinandersetzen konnte.

---

<sup>4</sup> Vgl. [https://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/IT\\_goes\\_international](https://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/IT_goes_international) [23.6.2014]

<sup>5</sup> Webpräsenz: <http://arduino.cc/> [23.6.2014]

<sup>6</sup> Webpräsenz: <http://www.raspberrypi.org/> [23.6.2014]

<sup>7</sup> Vgl. <http://www.youtube.com/watch?v=4wRsEPcR60I> bzw. <http://code.org/> [23.6.2014]

<sup>8</sup> Vgl. <http://www.it-gymnasium.at/index.php?id=221> [23.6.2014]

<sup>9</sup> Webpräsenz: <http://swisseduc.ch/informatik/karatojava/> [23.6.2014]

<sup>10</sup> Webpräsenz: <http://scratch.mit.edu/> [23.6.2014]

<sup>11</sup> Vgl. <http://fm4.orf.at/stories/1726308/> und <http://orf.at/stories/2196321/2196320/> [23.6.2014]

<sup>12</sup> Webpräsenz: <http://fritzing.org/Starter-Kit-instructions> [23.6.2014]

Als Kommunikationsplattform wurde Moodle gewählt und verwendet; zusätzlich zu den bestehenden Moodlekursen für die jeweiligen Klassen in Informatik und Physik wurde ein neuer Kurs nur für dieses Projekt eingerichtet, in dem alle Inhalte, Informationen und Beispiele inkl. Abgaben fächerübergreifend gesammelt wurden, damit alle derzeit beteiligten (und zukünftig alle interessierten) Lehrkräfte Zugriff darauf haben.

Die Zusammenarbeit des Lehrkräfteteams erfolgte einerseits in Teamsitzungen, in denen die weitere Vorgehensweise und etwaige Unklarheiten oder Schwierigkeiten persönlich besprochen und geklärt werden konnten. Speziell für die Planung von weiteren Anschaffungen sind „face-to-face-meetings“ unerlässlich. Kommunikation per E-Mail oder „zufällig“ im Konferenzzimmer war für viele Kleinigkeiten zwar selbstverständlich, soll aber hier als durchaus wichtiges Instrument für den Projektverlauf erwähnt werden.

Der in 1.4 dargestellte Zeitplan ermöglichte einerseits das gemeinsame Nutzen von Know-how aus beiden Fachgruppen und den Erfahrungen aus den einzelnen Unterrichtsphasen sowie die maximale Unabhängigkeit im jeweils eigenen Unterricht, da die Schnittstellen klar definiert waren.

## **2.3 Unterrichtsarbeit**

### **2.3.1 Wahlpflichtfach (12. Schulstufe)**

Die Gruppe des schulautonomen vertiefenden Wahlpflichtfaches des Realgymnasiums in der 12. Schulstufe, bestehend aus sechs männlichen Schülern, war im Projekt die Versuchsgruppe, da bisher niemand von uns – weder in Informatik noch in Physik – Erfahrung mit der Arduino-Plattform im Unterricht hatte. Die Gruppe wurde einerseits daher gewählt, da es keine organisatorischen oder formalen Einschränkungen durch den Regelunterricht oder den Lehrplan gab und andererseits, da es sich bei der Gruppe um sechs technisch sehr interessierte Schüler handelte, die auch bereits ein breites physikalisches und informatisches Wissen mitbrachten. Darüber hinaus waren sie es bereits vom Informatik- wie auch zumindest Physik-Labor-Unterricht gewohnt, eigenständig an technischen Problemstellungen und Projekten zu arbeiten. Weiters verfügten sie bereits alle über Programmiererfahrung in zumindest PHP, JS, C# und MIPS Assembler aus dem Unterricht. Fast alle Schüler haben sich aus persönlichen Interessen auch schon mit anderen Programmiersprachen beschäftigt.

Der Unterricht mit Arduino wurde im Oktober und November abgehalten. Regulär fand wöchentlich nachmittags eine Doppelstunde statt, wobei an manchen Terminen durch Blockungen auch drei Unterrichtsstunden abgehalten wurden. Insgesamt waren es 22 Unterrichtsstunden.

Zur Vorbereitung auf den Unterricht haben sich die beiden Informatiklehrkräfte bereits im Vorfeld zusammengesetzt und den Inhalt des Arduino-Starter Kits begutachtet und sich mit Hilfe von angebotenen Videotutorials in die Arduino-Plattform eingearbeitet. Auch erste Ideen für Arbeitsaufträge für die Schüler wurden bereits gesammelt. Dabei wurde immer versucht, einen Bezug zu realen Situationen, Gegenständen, etc. aus der Umwelt der Schüler herzustellen. Diese Ideen wurden dann auch den Lehrkräften aus der Physik vorgestellt und mit ihnen besprochen.

Der Unterricht mit der Wahlpflichtgruppe begann damit, dass jeder Schüler ein eigenes Arduino-Starter Kit bekam und die einzelnen Bauteile ausgepackt wurden, um zu sehen, was alles zur Verfügung stand. Zusätzlich wurde die Arduino-Software installiert, was aber mit einigen Problemen verbunden war, da unsere SchülerInnen-Accounts in der Schule auf den Geräten nur Guest-Rechte haben. Zwar kann man dies bei der Installation der Software über das Netzwerkbetriebssystem umgehen, aber selbst für das Arbeiten mit der Arduino-Software werden dann (lokale) Administratorenrechte benötigt. So mussten wir uns im ersten Termin damit begnügen wesentliche physikalische Inhalte (z.B.: Strom, Schaltungen allgemein, parallele und serielle Schaltungen, Ohm'sches Gesetz, Dioden, ...) zu besprechen und mit Hilfe der Bauteile parallele und serielle Schaltungen sowie deren Auswirkung auf Stromstärke und Spannung mittels LEDs zu wiederholen.

Im Weiteren war das Arbeiten dann durch einen eigens für das Arbeiten mit Arduino erstellten Account problemlos möglich und so wurde begonnen, die programmierbaren Teile – sprich vor allem das Arduino MEGA 2560 – genauer anzusehen. Nach einem Überblick und einer kurzen Besprechung der zur Verfügung stehenden Bauteile, der Programmierumgebung sowie wie man Programme auf das Arduino MEGA 2560 laden kann, erhielten die Schüler neben der Arduino Language Reference eine Sammlung an Links zu Tutorials mit Videos zum Einsatz der Standardbauteile.

Dann wurden die Aufgabenstellungen (vgl. Anhang) vorgestellt, mit deren Lösung sie sich in den nächsten Unterrichtseinheiten selbstständig beschäftigen sollten. Informationen sollten dabei von dem zur Verfügung gestellten Materialien sowie, wenn nötig, von der Lehrperson eingeholt werden.

Von ihrer Arbeit mussten die Schüler ein Portfolio erstellen, die Protokolle über die jeweiligen Arbeitsaufträge beinhalten mussten. Anzugeben waren dabei

- Aufgabenstellung
- Schaltungsaufbau
  - Angabe aller verwendeten Bauteile
  - Originalbild der fertigen Schaltung (fotografieren)
  - Erklärung des Aufbaus und ggf. von Besonderheiten, die berücksichtigt werden müssen
  - Programmcode mit ausreichend Kommentaren zum Verständnis, was die jeweilige Zeile bzw. der jeweilige Block bewirkt

Die Protokolle sollten dabei so geschrieben und gestaltet werden, dass jemand, der nicht anwesend war bzw. sich nicht intensiv mit Arduino beschäftigt hat, die Aufgabe nachvollziehen und nacharbeiten konnte.

Parallel dazu wurde ein Glossar mit den technischen Spezifikationen der Hersteller zu den Bauteilen vom Lehrer zur Verfügung gestellt und die Schüler mussten wichtige physikalische Inhalte wie zum Beispiel Strom (Gleichstrom, Wechselstrom), Spannung, Stromstärke, Widerstand, spezielle Widerstände (Potentiometer, Photowiderstand, Kippwiderstand (Tilt Switch), temperaturabhängiger Widerstand), Ohm'sches Gesetz, LED, Farbmodelle – RGB, digital vs. analog, Pulsweitenmodulation (PWM) oder Servo-Motor in einem Wiki kurz zusammenfassen und erklären. Die Protokolle sowie das Wiki soll dann Grundlage für Arbeitsmaterial für die anderen Klassen in dem Projekt sein.

Nach Abschluss der Unterrichtseinheiten zu Arduino wurde im Jänner von den Schülern des Wahlpflichtfaches mit Hilfe des Glossars, des Wikis, der Aufgabenstellungen und ihrer Protokolle eine Tutorial-Website (A4N – Arduino for Noobs) als Zusammenfassung und als mögliche Arbeitsgrundlage für die anderen Klassen erstellt.

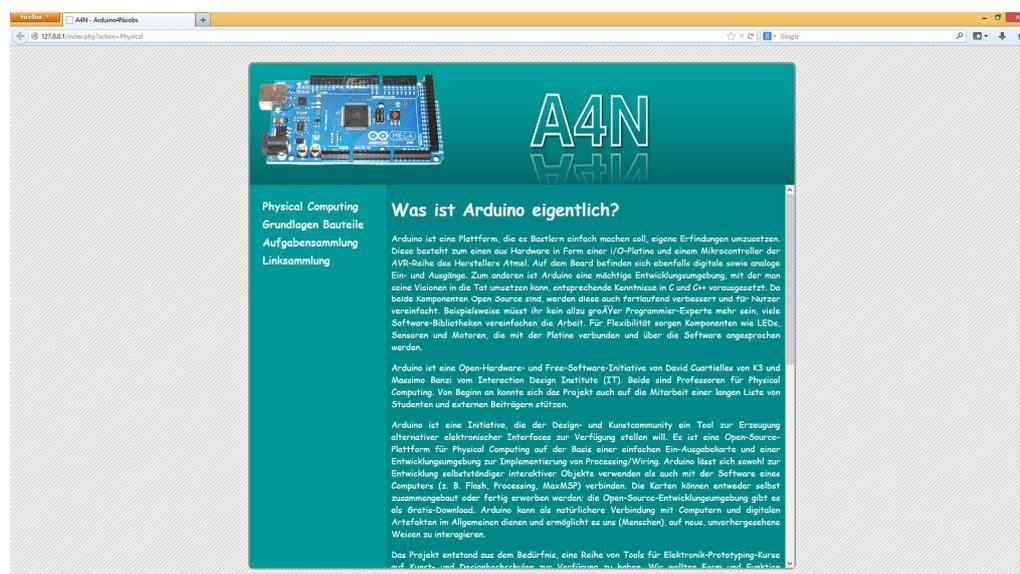


Abbildung 1: Homepage des A4N-Tutorials

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Arbeit mit Arduino für die Schüler interessant und auch herausfordernd war, da sie Wissen aus verschiedenen Fächern einsetzen mussten, Schaltungen bauten und diese dann programmierten, um die Aufgaben zu lösen. Die gewählte, sehr offene Unterrichtsgestaltung spielte die Lehrkraft wirklich als Coach und Beobachter frei. Die Schüler waren angehalten selbst zu recherchieren, auszuprobieren und Lösungen für auftretende Probleme zu finden.

Auf den Erfahrungen aus diesem Unterricht, die in einer eigenen Teamsitzung besprochen wurden, basiert auch ein Teil der Unterrichtsplanung für die vierten Klassen. Die Tutorials/Projekte konnten und sollten auch direkt in diesen Unterricht einfließen.

## 2.3.2 Physik- und Physik-Labor-Unterricht (8. Schulstufe)

In der zweiten Phase wurden die SchülerInnen der beiden vierten Klassen<sup>13</sup> im Physik- und Physik-Laborunterricht auf die Arbeit mit den Arduino-Boards vorbereitet. Die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre (Strom, Spannung, Widerstand, Ohm'sches Gesetz, grundlegende Schaltungen) wurden in Theorie und Praxis erarbeitet. Eine der beiden vierten Klassen konnte im Informatikunterricht (vgl. 2.3.3) auch mit Arduino programmieren, die andere Klasse erlernte im Informatikunterricht eine andere, von Arduino unabhängige, Programmiersprache.

Der Physikunterricht dieser Klassen wird auch noch kurz mit einer Parallelklasse verglichen, die gänzlich ohne Arduino arbeitet.

### 2.3.2.1 Voraussetzungen

In der Klasse, in der Arduino (ohne Programmierung) eingesetzt wurde, befanden sich 28 Jugendliche, aufgeteilt in 12 Mädchen und 16 Burschen. Da es sich um eine Klasse des Realgymnasiums handelte, wurde 3 Stunden in der Woche Physik und alle zwei Wochen zusätzlich noch 3 Stunden Physik-Labor unterrichtet. Im Laborunterricht war die Klasse in 2 Gruppen<sup>14</sup> geteilt, wobei jede Gruppe 1½ Stunden im Labor verbrachte. In diesen 1½ Stunden arbeiteten die Schülerinnen und Schüler in Teams und setzten praktische Aufgaben mit Hilfe von Versuchsmaterialien und Anleitungen um.

Im Unterricht war diese Klasse nicht immer einfach zu führen, wobei sie sehr viel Potential mitbrachte. Da sich in der Klasse sehr viele technikinteressierte Schülerinnen und Schüler befanden, von denen auch sehr viele auf eine HTL wechseln werden, hat sich die Lehrkraft entschieden, die Arduino-Unterrichtseinheiten mit dieser Klasse durchzuführen. Eine Zusammenarbeit mit den Informatiklehrkräften dieser Klasse, hat sich aus schulinternen und organisatorischen<sup>15</sup> Gründen nicht ergeben.

Da aufgrund der vielen schulautonom freien Tage und zwei ursprünglich nicht eingeplanten Tagen der „Berufsorientierung“ sehr viele Stunden ausgefallen sind, konnten zwei der geplanten drei 1½-Stunden-Einheiten leider nicht durchgeführt werden.

### 2.3.2.2 Erste Einheit

Die erste Einheit über 1½ Stunden diente zur Sicherung der theoretischen Grundlage und der Einführung in das Material der Arduino-Kits. Als physikalische Grundlage zu den Arduino-Kits war es wichtig, den Schülerinnen und Schülern den Bereich der Halbleitertechnologie näher zu erläutern. Dafür wurden Videos<sup>16</sup>, in denen der Aufbau von Halbleitern, die Dotierung und der Aufbau einer Diode näher erläutert wurden, eingesetzt.

---

<sup>13</sup> 8. Schulstufe des Realgymnasium; eine der beiden Klassen mit Englisch als Arbeitssprache

<sup>14</sup> Beide Gruppen wurden von derselben Lehrkraft unterrichtet.

<sup>15</sup> Das Projekt ist im derzeitigen Setting schon recht komplex; eine weitere Komponente hätte aus unserer Sicht die Planung und Vernetzung zu komplex gemacht.

<sup>16</sup> Vgl. <http://www.youtube.com/watch?v=QLCUItX72y8> und <http://www.youtube.com/watch?v=Z8RUAqEhgZA> [23.6.2014]

Nach der Einführung in die Grundlagen befassten sich die Lernenden mit den Versuchsmaterialien. Dafür wurde ein Handout (vgl. Anhang) vorbereitet, auf dem die wichtigsten Bauteile für die Arduino-Boards und die Informationen zum Berechnen von Widerständen zu finden waren. Anhand dieses Handouts wurde besprochen, wie Schaltungen mit Hilfe von Arduino realisiert werden konnten. Außerdem wurde besprochen, wie man die Größe der Widerstände bestimmen und berechnen konnte. Als Aufgabe dieser Einheit mussten die Schülerinnen und Schüler in ihren Teams die Größe der Widerstände berechnen, die im Arduino Starter Kit mitgeliefert wurden. Am Ende der Einheit wurden die Ergebnisse noch besprochen und verglichen.

In der ersten Einheit lag der Schwerpunkt natürlich sehr stark auf der Theorie und dem ersten Kennenlernen der Versuchsgegenstände. Vor allem einige Schüler zeigten sehr großes Interesse an den Arduino-Boards und hatten sehr viel Spaß am Erkunden. Der Großteil der Klasse war mit den „filigranen“ Bauteilen jedoch ein wenig überfordert. Auch bei der Berechnung der Widerstände hatten sie Probleme und die Lehrkraft musste bei 6 der 7 Gruppen bei den ersten Berechnungen starke Hilfestellung leisten.

### **2.3.2.3 Zweite und dritte Einheit**

Für diese Einheiten war geplant, mit Hilfe der Arduino-Kits das Verhalten eines LDR-Widerstandes bei verschiedenen Lichtintensitäten und das Verhalten einer Diode zu erforschen.

Das dazugehörige Laborprotokoll wurde von einer Lehrkraft, die diesen Versuch in einer Parallelklasse mit den herkömmlichen Versuchsgeräten im Labor durchführen ließ, übernommen und adaptiert. Die ursprüngliche Vorlage wurde unverändert in der Vergleichsklasse (ohne Arduino) eingesetzt; daher wurde die Anleitung für den Versuch hier nur minimal adaptiert, indem die zu verwendenden Widerstände und die Grafik abgeändert wurden.

Leider konnten diese Einheiten aufgrund der Berufsorientierung, die zweimal genau zu den Laborzeiten stattfand, nicht durchgeführt werden. Bei der Vorbereitung fiel der Lehrkraft jedoch schon auf, dass besonders das Verwenden der Messgeräte mit den Arduino-Boards um einiges komplizierter durchzuführen war als mit herkömmlichen Versuchsmaterialien. Man konnte sie nämlich nicht einfach in die Schaltung einbauen, sondern musste sie je nach Bedarf mit den nicht isolierten Drähten der Kits durch einfaches Hinhalten verbinden. Dies setzt eine gute Kenntnis der Messgeräte und vor allem der unterschiedlichen Schaltungen voraus, bei der die Schülerinnen und Schüler schon bei den Versuchen im Vorhinein des Öfteren Probleme hatten.

### **2.3.2.4 Laboreinheiten der Vergleichsklasse ohne Arduino**

Diese Klasse besuchten 24 Jugendliche, davon 7 Mädchen und 17 Burschen. Da es sich auch hier um eine Klasse des Realgymnasiums handelt, gelten für beide Klassen dieselben Voraussetzungen. Der Unterricht in dieser Klasse gestaltete sich oft um einiges einfacher, da hier viele lernwillige Schülerinnen und Schüler zu finden sind. Jedoch ist das technische Interesse geringer, weshalb sich die Lehrkraft dazu entschlossen hatte, diese Klasse als Vergleichsklasse<sup>17</sup> zu führen. Auch hier gab es keine Zusammenarbeit mit dem Fach Informatik. Hier gelang es, alle drei Einheiten wie geplant durchzuführen.

Die Theorieeinheit gestaltete sich noch um einiges einfacher, da die Schülerinnen und Schüler das Versuchsmaterial bereits von vorhergehenden Laboreinheiten bekannt waren. Außerdem waren die verwendeten Widerstände bereits beschriftet und mussten nicht extra berechnet werden. Nur die beiden Bauteile (LED-Widerstand und Diode) mussten gezeigt und besprochen werden.

Auch bei den beiden Praxiseinheiten konnte kein großer Unterschied zu früheren Laboreinheiten festgestellt werden. Die größten Probleme entstanden wieder beim Einbauen der Messgeräte in die

---

<sup>17</sup> Im Nachhinein betrachtet, wäre eine umgekehrte Aufteilung der Klassen vermutlich sinnvoller gewesen.

Schaltung. Da vor der Freigabe des Stroms alle Schaltungen überprüft und korrigiert wurden, gab es bei den Messungen nur wenige Probleme. Bei der Kennlinie der Diode musste die Lehrkraft aber eine große Hilfestellung leisten.

### **2.3.2.5 Resümee**

Die Physik-Lehrkraft findet die Arduino-Boards sehr spannend und durch die anderen Teilprojekte an unserer Schule, die mit Arduino realisiert wurden, ist das Potential in Verbindung mit Informatik ausgesprochen hoch. Leider konnte der Vorteil dieser Boards in den oben beschriebenen Klassen praktisch nicht festgestellt werden. Durch die Vergleichsklasse wird in diesem Projekt deutlich, dass die Vorteile der Arduino-Plattform, wenn es sich nicht gerade um eine ausgesprochen engagierte und interessierte Klasse handelt, alleine für das Physiklabor in der Unterstufe nicht gegeben sind, da sich die Lernenden zuerst sehr intensiv mit dem Board auseinandersetzen müssen und die Boards und die Erfahrungen der Lernenden danach keine weitere Verwendung finden. Außerdem müssen die Schülerinnen und Schüler auch flexibel mit Messgeräten umgehen können, was beim Großteil der Jugendlichen in diesen beiden Klassen leider nicht gegeben war.

Bei einer Zusammenarbeit mit der Informatik könnten kombinierte Laboreinheiten erstellt werden, in denen der Vorteil der Arduino-Boards genutzt werden könnte (vgl. dazu die Settings in 2.3.3 und 2.3.4). Wird das Board nur für die Versuche genutzt, die im Anhang zu finden sind, so genügt unserer Einschätzung nach auch das herkömmliche Versuchsmaterial aus dem Labor, da es für den physikalischen Output keinen Unterschied macht und die Einführung und Erläuterung des Arduino-Materials mehr Kosten bzw. Aufwand als Nutzen bringt.

### **2.3.3 Physik- und Physik-Labor-Unterricht (8. Schulstufe, fächerübergreifend)**

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf eine 4. Klasse des Realgymnasiums mit Englisch als Arbeitssprache, die sowohl in Physik und Physiklabor als auch in Informatik mit der Arduino-Plattform gearbeitet hat. Einleitend sei zu sagen, dass es sich bei dieser 4. Klasse um eine hoch motivierte und äußerst interessierte Schülergruppe handelt.

In der Einführungsphase des Projektes mussten die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von 3 Glühlampen (inkl. Fassung), einer 4,5V-Batterie, einem Schalter und Krokodilklemmenkabeln unterschiedliche Schaltungen realisieren (einfacher Stromkreis, Serien- und Parallelschaltung von 2 bzw. 3 Glühlampen). Danach erhielt die Schülergruppe eine Einführung in die wichtigsten Grundlagen von elektrischen Schaltungen (Strom, Spannung, Widerstand, Ohm'sches Gesetz, Strom- und Spannungsmessung). Danach wurde das Messen von Strom und Spannung geübt.

In den projektbezogenen Laboreinheiten wurden unter anderem die Eigenschaften von Serien- und Parallelschaltung experimentell untersucht, Kennlinien verschiedener Bauelemente (Ohm'scher Widerstand, Glühlampe, Leuchtdiode) aufgenommen und interpretiert, die Eigenschaften von NTC und LDR untersucht und Widerstandsschaltungen mit vier Widerständen geplant und ausgemessen. Dabei wurden die Leybold<sup>18</sup>-Schülerversuchsboxen verwendet.

Zwei Laboreinheiten waren dann der Arbeit mit Arduino gewidmet. Die Schülerinnen und Schüler erhielten zuerst eine kurze Einführung über den Aufbau und das Arbeiten mit der Steckplatine. Weiters wurde besprochen, wie das Arduino-Board als Spannungsversorgung verwendet werden kann. Die Schülerinnen und Schüler mussten daraufhin vier unterschiedliche Diodenschaltungen mit bis zu drei Leuchtdioden und den entsprechenden Vorwiderständen aufbauen und ausmessen. Die Arbeit mit den Steckplatinen und den realen Bauteilen war für die Schülerinnen und Schüler am Anfang sehr fordernd. Nach anfänglichen Schwierigkeiten beim Aufbau der ersten Schaltung und der Durchführung von diversen Strom- und Spannungsmessungen erwiesen sich die einzelnen Teams bei den weiteren Aufgabenstellungen als sehr geschickt. Die Schülerinnen und Schüler waren während der ge-

---

<sup>18</sup> Webpräsenz: <http://www.ld-didactic.de/> [23.6.2014]

samten Projektphase mit Eifer am Werk und zeichneten sich durch hohen Wissensdurst aus. Die Arbeitsaufträge wurden großteils sehr konzentriert bearbeitet.

Als Abschluss mussten die Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer praktischen Überprüfung in Einzelarbeit einen Schaltkreis bestehend aus drei Glühlampen planen. Dabei mussten spezielle Vorgaben erfüllt werden. Der Schaltkreis wurde danach von den Schülerinnen und Schülern aufgebaut und mit 12V versorgt. Die Schülerinnen und Schüler mussten in weiterer Folge die Gesamtstromstärke sowie alle Teilspannungen und Teilströme messen und ihre Messergebnisse dokumentieren. Mit Hilfe dieser Messwerte musste dann der Gesamtwiderstand und die Gesamtleistung der Schaltung sowie die Leistungen der einzelnen Glühlampen berechnet werden. Zum Abschluss musste noch eine Verständnisfrage zur Lichtintensität der einzelnen Glühlampen beantwortet werden (vgl. 3.1.1.1.3).

### **2.3.4 Informatikunterricht (8. Schulstufe, fächerübergreifend)**

Die dritte und letzte Phase des Projekts beschäftigte sich mit der Programmierung der Arduino-Boards. Eine Klasse<sup>19</sup> erlernte in zwei Informatikgruppen<sup>20</sup> die Grundlagen der Programmierung ausschließlich mit Hilfe der Arduino-Plattform. Das bereits erwähnte Material und die Erfahrungen aus dem Wahlpflichtfach sowie die Kenntnisse aus dem Physikunterricht bildeten die Grundlage dafür.

In Absprache mit der Physiklehrkraft in dieser Klasse wurde der Unterrichtsstart zur Programmierung so gewählt, dass die SchülerInnen bereits mit einigen Bauteilen aus dem Starter Kit mit Arduino MEGA und den wichtigsten physikalischen Grundlagen für Schaltungen vertraut waren. Einige der SchülerInnen hatten bereits Programmierkenntnisse – entweder durch Eigenstudium oder angeregt durch ihre Eltern; eine Schülerin hat auch zu Hause Zugang zu Arduino-Hardware, aber keine nennenswerten Erfahrungen oder Vorkenntnisse.

Der Einstieg in die Programmierung erfolgte über den Beispielcode, der in der Arduinosoftware zur Verfügung steht. Die theoretischen Grundlagen zu den Begriffen „Algorithmus“, „Datenstrukturen“ und „Variablen“ wurden anhand von diesen Beispielen erklärt und im Moodlekurs der Klasse veröffentlicht. Diese Theorieinputs wurden mehr oder weniger von alten Kursen übernommen, da sie ohnehin bewusst allgemeingültig formuliert waren – dadurch sollte auch das „Konzept des Programmierens“ vermittelt werden. Ein Schönheitsfehler von Arduino-Programmen ist, dass der Code immer als Endlosschleife ausgeführt wird. Für die Praxistauglichkeit von Arduino ist das absolut wichtig und richtig; aber ein Algorithmus, der nicht terminiert ist, im eigentlichen Sinn gar keiner und macht den Vergleich zum Lernen mit anderen Programmiersprachen schwieriger.

---

<sup>19</sup> Es handelt sich um die in 2.3.3 genannte bilinguale Klasse der 8. Schulstufe des RG.

<sup>20</sup> Beide Informatikgruppen wurden von derselben Lehrkraft im selben Stundenausmaß unterrichtet.

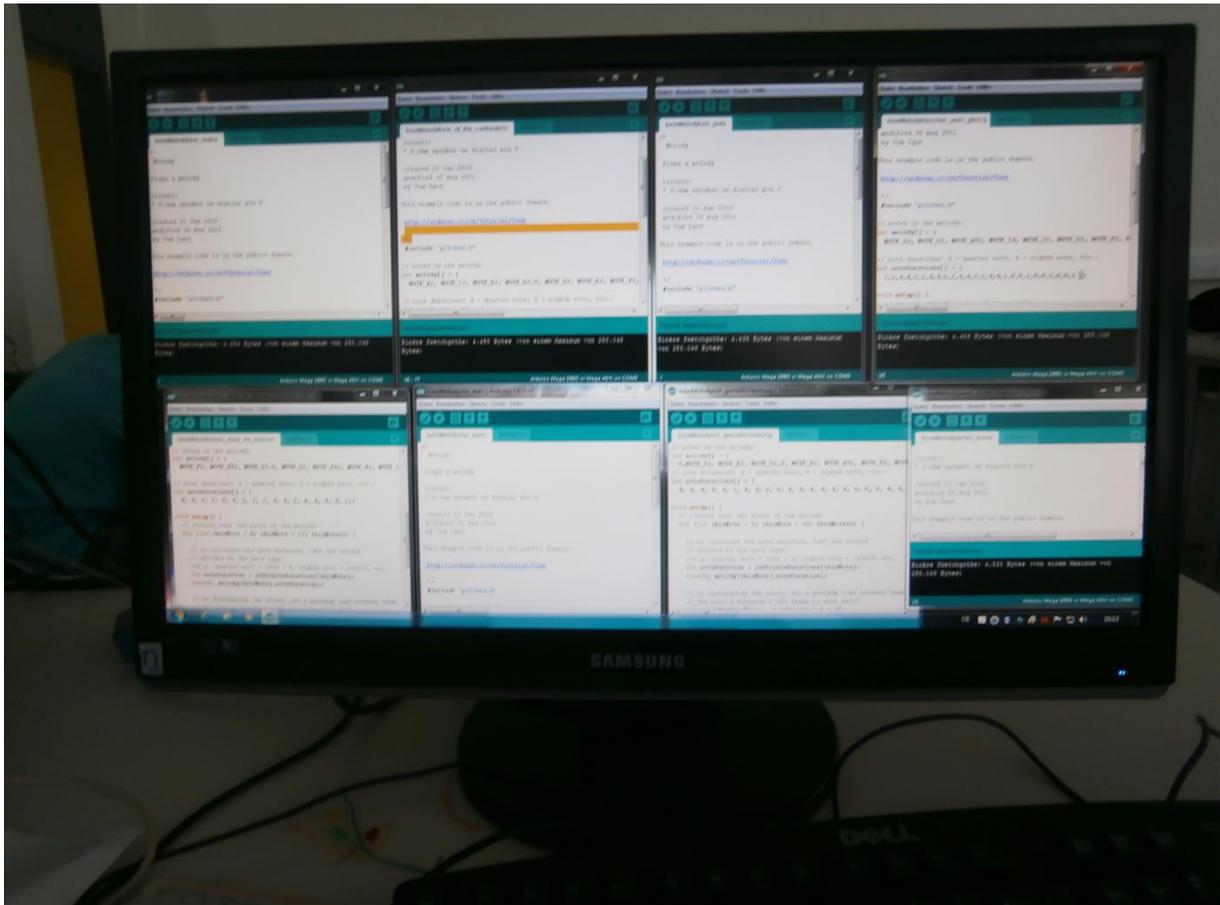


Abbildung 2: Programmierumgebung von Arduino mit mehreren geöffneten Beispielprogrammen

Die ersten Beispiele konnten ohne Schaltungsaufbau programmiert werden, da das Arduino-Board bereits eine LED, für genau diesen Zweck, integriert hat. Die Grundidee des „Physical Computings“ – also dem Zusammenspiel von Hard- und Software – wurde mit den ersten einfachen Aufbauten (eine LED mit Vorwiderstand am Steckbrettern) vermittelt.

Nach den kurzen, gemeinsam erarbeiteten Beispielen bekamen die SchülerInnen Aufgaben, die sie selbst lösen und dokumentieren mussten. Die Dokumentation erfolgte durch kommentierten Programmcode und einer Abbildung der dazugehörigen Schaltung; die Schaltung konnte entweder als Foto oder als Schaltplan<sup>21</sup> abgegeben werden.

<sup>21</sup> Die App von Fritzing.org stand auf den Schulrechnern zur Verfügung und wurde gerne verwendet; es gab vergleichsweise nur wenige Fotos von Schaltungen. Webpräsenz: <http://fritzing.org/download/> [23.6.2014]

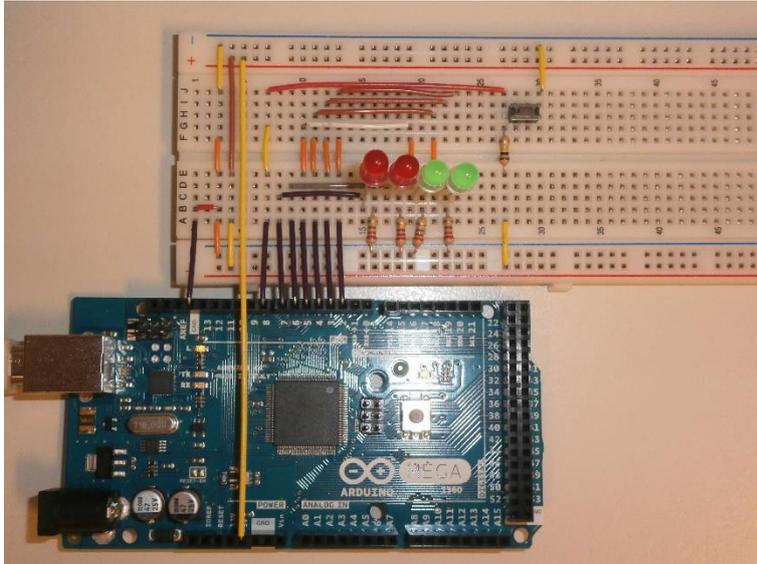


Abbildung 3: Foto einer fertigen Arduino-Schaltung als Abgabe im Moodlekurs

Neue Bauteile und Kontrollstrukturen sowie Funktionen wurden, wenn sie für eine Aufgabe benötigt wurden, kurz von der Lehrkraft in einer Demonstration gezeigt. Die SchülerInnen konnten aber jederzeit im Selbststudium die Referenzseite<sup>22</sup> von Arduino und die Tutorials<sup>23</sup> von Fritzing verwenden – wovon auch immer wieder Gebrauch gemacht wurde. Die Tutorials von Fritzing und auch das Buch, das dem Creator Kit beilag, waren didaktisch sehr gut aufbereitet und sowohl für Frontalunterrichtssequenzen als auch das Selbststudium gut geeignet. Dadurch, dass die Arduino Kits nur in der Schule zur Verfügung standen, war der Einsatz von E-Learning leider nicht möglich.

Die Tutorials des Wahlpflichtfachs wurden erst gegen Ende des Schuljahres eingesetzt, da die Beispielcodes aus der Arduinosoftware die nötigen Codeteile viel einfacher zeigten und diese für die SchülerInnen leichter modular zusammenkopierbar waren. Erst mit einiger Programmiererfahrung konnten die fertigen Codes aus dem Wahlpflichtfach gelesen, verstanden bzw. verwendet werden.

Einige ungeduldige SchülerInnen wollten, animiert durch die Vielzahl an Projekten und Beispielen im Internet, gleich in den Anfangsbeispielen Riesenprojekte (sowohl vom Aufbau als auch von der Programmierung) verwirklichen und waren enttäuscht, wenn sie von der Lehrkraft eingebremst wurden, um die nötigen Grundlagen zu erlernen. Für das Ende des Schuljahres wurde ein „persönliches Abschlussprojekt“ in Aussicht gestellt, auf das bereits hintrainiert werden konnte und das in Zusammenarbeit mit dem Physiklabor realisiert werden sollte (vgl. 2.3.5).

Die Geschwindigkeit der Programmierfortschritte war zu Beginn des Projekts klarerweise noch nicht absehbar, deshalb haben wir für weitere Hardwarekäufe zugewartet, bis wir gezielt neue Bauteile für den Unterricht ankaufen konnten und entsprechende Erfahrung mit den vorhandenen Teilen sammeln konnten. Somit wurden einige Teile erst im Abschlussprojekt verwendet (vgl. 2.3.5).

#### 2.3.4.1 Resümee

Es standen insgesamt 30 Arduino-Boards für den Unterricht zur Verfügung, der in Doppelstunden abgehalten wurde, was gerade bei Physical Computing für den Auf-, Um- und Abbau von Hardware und Fehlersuche im Code aus unserer Sicht für produktives Arbeiten nötig ist. Gerade der Abbau erforderte Zeit und SchülerInnen, die gründlich wegräumen, so dass alle Teile auch wieder im Starter Kit liegen und somit ein unproblematisches Arbeiten in den kommenden Stunden ermöglicht wird. Im Informatikunterricht durften die SchülerInnen zu zweit mit einem Starter Kit arbeiten und dennoch

<sup>22</sup> Webpräsenz: <http://arduino.cc/de/Reference/HomePage> [23.6.2014]

<sup>23</sup> Webpräsenz: <http://fritzing.org/learning/> [23.6.2014]

alleine am eigenen Computer programmieren und den Code auf dem „gemeinsamen“ Board testen. Die Informatiklehrkraft hat sich für diese Vorgangsweise entschieden, um den Unterricht einerseits programmierlastiger zu gestalten, die Fehlersuche bei den Schaltungen zu vereinfachen und jederzeit genügend Boards für die anderen Klassen und Lehrkräfte zur Verfügung zu haben.

Die Beispiele sollten zwar Alltagsbezug haben, die meisten „Alltagsprobleme“ sind allerdings zu komplex, um sie im Unterricht mit Arduino komplett zu bearbeiten. Die zu hohen Ambitionen und Erwartungen von den SchülerInnen sorgten somit leider für enttäuschte Gesichter. Es wäre beispielsweise grundsätzlich möglich, ein funktionierendes Mobiltelefon mit Arduino zu bauen; der Unterricht hat allerdings „nur“ grundlegende Programmierkenntnisse zum Ziel und muss (zumindest in der Unterstufe) auf solche Beispiele verzichten.

### 2.3.5 Schulfest

Im Rahmen der heurigen Alternativtage fand an unserer Schule ein Schulfest statt: Am Mittwoch, dem 2. Juli, wurde ein Tag der offenen Tür für „hauseigene“ SchülerInnen und Eltern veranstaltet; der Tag davor diente der Vorbereitung. Eine Physik- und eine Informatiklehrkraft aus dem Projektteam veranstalteten dabei eine Arduino-Leistungsschau mit Workshopcharakter.



Abbildung 4: Vorbereitungen für das Schulfest

Als Vorbereitung durften die SchülerInnen bereits in den letzten Physik- und Informatikstunden eigene Ideen in Form von Schaltungen und Programmen entwerfen. Der Fantasie waren nur durch Zeit und vorhandenem Material Grenzen gesetzt. Die zuvor noch nicht oder kaum eingesetzten Teile fanden hier Verwendung; beispielsweise wurden gegen Ende des Schuljahres noch Roboter Chassis Bausätze gekauft, auf deren Einsatz sich die SchülerInnen schon freuten (vgl. 3.1.1.1.2).

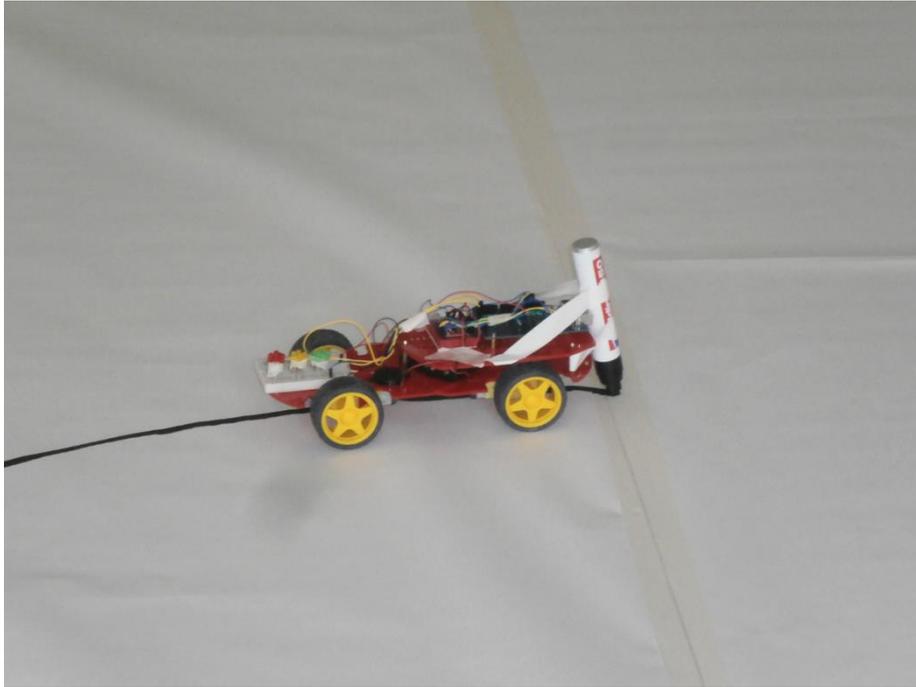


Abbildung 5: Ein Arduino Roboter zeichnet eine Linie für einen anderen Line Follower Roboter

Am Dienstag wurde in 4 Unterrichtsstunden diverse Schaltungen und Programme gebaut, die dann am Mittwoch ausprobiert, verbessert und gezeigt wurden. Trotz den insgesamt 8 Unterrichtsstunden in zwei Tagen wurden einige Ideen noch nicht umgesetzt und die SchülerInnen hätten noch gerne weitergearbeitet – worüber wir uns als Lehrkräfteteam natürlich sehr freuen und den SchülerInnen Fortsetzungen in Wahlpflichtfächern, Informatikprojekten und VWA ankündigen konnten.

## 2.4 Projektergebnisse

Das Lehrkräfteteam ist mit der Einführung der Arduino-Plattform als Unterrichtsmittel sehr zufrieden und möchte die beliebig erweiterbare Hard- und Software auch in den Folgejahren erproben und eventuell weiteres Material anschaffen.

Für den Physikunterricht ohne PCs haben wir 10 Netzteile angeschafft, die ein Arbeiten mit Arduino ohne PCs ermöglichen. Ein Einsatz von Arduino im Physikunterricht ist aus unserer Sicht, aufgrund der Erfahrung in den Kontrollgruppen, nur dann wirklich sinnvoll, wenn entweder fertige Programme im Physikunterricht verwendet und auf die Boards gespielt werden oder ein fächerübergreifender Unterricht mit Informatik geplant und durchgeführt wird. Der Realbezug setzt bei Physical Computing eben Schaltungen *und* Programmierung voraus. Ideen dazu können im Moodlekurs gesammelt werden; weitere Unterrichtsarbeit in den kommenden Jahren ist bereits geplant.

In den Teamsitzungen konnten wir uns einigen, welche Bauteile im Rahmen dieses Projekts angeschafft wurden, die einerseits für dieses Jahr und in weiterer Folge für den Unterricht mit Arduino in den kommenden Jahren hilfreich sein sollen. Unser Schulbestand ist somit:

- 20x Fritzing Starter Kit<sup>24</sup> mit MEGA 2560
- 1x Fritzing Creator Kit<sup>25</sup> mit MEGA 2560
- 3x Seeedstudio: Experimentier Set<sup>26</sup> mit MEGA 2560
- 6x SainSmart MEGA 2560 + Distance Sensor Starter<sup>27</sup> mit MEGA 2560

---

<sup>24</sup> Webpräsenz: <http://shop.fritzing.org/de/fritzing-starter-kit/a-138/> [23.6.2014]

<sup>25</sup> Webpräsenz: <http://shop.fritzing.org/fritzing-creator-kit-mit-arduino-mega/a-272/> [23.6.2014]

<sup>26</sup> Webpräsenz: <http://www.seeedstudio.com/depot/Sidekick-Basic-Kit-for-Arduino-p-775.html> [23.6.2014]

- 5x Line Follower Set<sup>28</sup>

Die Schüler des Wahlpflichtfachs, mittlerweile haben sie die Matura bestanden, arbeiten derzeit gerade an einem privaten Folgeprojekt mit selbst gekauften Bauteilen. Dass das Lehrkräfteteam ebenfalls Spaß am Basteln und Experimentieren hatte, soll an dieser Stelle auch erwähnt werden.

In drei Unterrichtseinheiten konnte eine Informatiklehrkraft bereits in einer 7. Schulstufe des Realgymnasiums Arduino kurz verwenden. Dabei sollte ausprobiert werden, ob einerseits ein Interesse für Physical Computing bei den Kindern<sup>29</sup> besteht und andererseits ob auch in Einzelstunden ganz kleine Experimente mit Arduino möglich sind. Dieser Versuch hat erstaunlich gut funktioniert und den SchülerInnen recht gut gefallen – im Idealfall kann im kommenden Schuljahr mit dieser Klasse ein fächerübergreifender Unterricht, wie er in diesem Projekt erprobt wurde, durchgeführt werden.

In diesem Schuljahr wurde auch der schulautonome Lehrplan für das fächerübergreifende<sup>30</sup> Wahlpflichtfach „Technik“ erstellt und vom SGA genehmigt, das Schalttechnik und Programmierung als Thema hat und somit die von den SchülerInnen vermissten komplexen Inhalte mit Arduino anbieten könnte.

---

<sup>27</sup> Webpräsenz: <http://www.sainsmart.com/sainsmart-uno-r3-distance-sensor-starter-kit-with-19-basic-arduino-projects.html> [23.6.2014]

<sup>28</sup> Webpräsenz: <http://tinyurl.com/lfd3t6r> [23.6.2014]

<sup>29</sup> Tatsächlich gab es in dieser Klasse einen Schüler, der zu Hause Arduino verwendet und bereits bei einer Maker Faire in Italien war.

<sup>30</sup> Die begonnene Zusammenarbeit der Fachgruppen Informatik und Physik soll durch dieses Wahlpflichtfach in die Oberstufe getragen werden. Das gesamte Lehrkräfteteam dieses Projekts war bei der Erstellung des neuen Lehrplans eingebunden.

## 3 EVALUATION

### 3.1 Evaluation projektspezifischer Ziele

#### 3.1.1 Inhaltliche Aspekte

Die Evaluation unserer Ziele bestand aus mehreren unabhängigen Teilen und Methoden, da das Projekt zwei Unterrichtsfächer und mehrere Klassen bzw. Schulstufen umfasste. Somit beleuchtete jede Teilevaluation einen anderen Aspekt des Projekts.

Jeweils ein Fragebogen (vgl. Anhang) wurde den Lehrkräften und den SchülerInnen, die mit Arduino programmierten, ausgeteilt und schließlich ausgewertet. Die Ergebnisse werden nachstehend in Diagrammen und Schlagwortwolken präsentiert. Die Stichproben sind zu klein für aussagekräftige Detailauswertungen, somit beschränken sich die Darstellungen auf jeweils die Gesamtergebnisse und gegebenenfalls eine Unterscheidung nach Geschlecht und eine subjektiven Interpretation der Lehrkraft.

Der Praxisteil zeigt exemplarisch, ob die erlernten Programmierkenntnisse auf eine andere Programmiersprache in einer simulierten Prüfungssituation übertragbar waren.

Die weiteren Evaluationen ergeben sich aus den Beobachtungen bzw. Leistungsbeurteilungen durch die teilnehmenden Lehrkräfte.

#### 3.1.1.1 Bewertung des Arduino-Projekts (SchülerInnensicht)

##### 3.1.1.1.1 Rückmeldungen der Schüler der 12. Schulstufe

Die Schüler wurden am Ende der Arbeit gebeten, mündlich im Plenum zu diskutieren, wie ihnen die Arbeit mit Arduino gefallen hatte, ob es für sie interessant war und ob dies auch im Regelunterricht Platz finden sollte. Die Rückmeldungen waren durchaus positiv. Das Interesse war sehr groß, vor allem die Verbindung von Schaltungen und Programmieren in Form des Physical Computings. Sie hätten gerne auch noch länger und an komplexeren Aufgaben gearbeitet und Dinge ausprobiert und gebaut. Besonders auch die zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich bestellten Bauteile (Infrarot, LCD-Bildschirm, Ultraschallsensor, Line Follower-Sets, usw.), die in den Unterrichtseinheiten des Wahlpflichtfaches nicht mehr zum Einsatz gekommen sind, hätten die Schüler gerne noch ausprobiert. Sie glaubten auch, dass – vor allem die einfacheren Aufgaben – für den regulären Informatikunterricht und auch in Verbindung mit dem Physiklabor gut geeignet sind.

##### 3.1.1.1.2 Rückmeldungen der InformatikschülerInnen der 8. Schulstufe

Am Tag, an dem die Evaluation in der Klasse durchgeführt wurde, waren leider drei Schüler<sup>31</sup> verhindert. Somit besteht die Stichprobe aus 4 Mädchen und 11 Burschen. Der Fragebogen war händisch auszufüllen und nur die Fragen nach Geschlecht und der Bedeutung von Programmierkenntnissen waren anzukreuzen. Eine Auswertung in Form von Schlagwortwolken hat sich bereits beim vergangenen IMST-Projekt<sup>32</sup> bewährt. Für die Auswertung haben wir den Onlinedienst TagCrowd<sup>33</sup> verwendet.

---

<sup>31</sup> Es handelt sich um drei Burschen.

<sup>32</sup> Vgl. [https://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/IT\\_goes\\_international](https://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/IT_goes_international) [23.6.2014]

<sup>33</sup> Die fehlende Darstellung von Umlauten wird aus unserer Sicht durch die sehr übersichtliche Darstellung und kostenfreie Verfügbarkeit problemlos wettgemacht; in Klammern ist die Anzahl der Nennungen angegeben; ähnliche Wörter wurden geclustert. Webpräsenz: <http://tagcrowd.com/> [23.6.2014]

Bewerte bitte kurz die Arduino-Plattform sprachlich (Nomen, Adjektive, ...).

einfach-anzuwenden<sup>(8)</sup> gunstig (1) Guter-  
ProgrammierEinstieg<sup>(4)</sup> interessant<sup>(4)</sup> kreativ-und-  
vielseitig<sup>(4)</sup> Macht-Spass (1) praktisch (1) übersichtlich<sup>(2)</sup> wird-kompliziert<sup>(4)</sup>

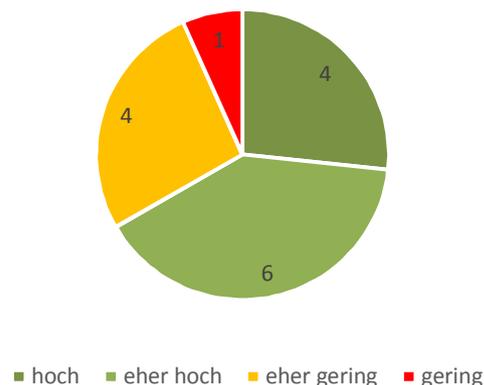
Was war für dich das Highlight dieses Projekts (bitte nenne nur 1 Highlight)?

Abschlussprojekt<sup>(6)</sup> Individuelle-Programmierung (1) Linefollower<sup>(5)</sup> Neues-Unterrichtsmaterial (1) Sensoren (1)

Was hat dir beim Projekt die größte Schwierigkeit gemacht (bitte nur 1 Nennung)?

Colorlight<sup>(3)</sup> Schalter (1) Schwierige-Programmierung<sup>(5)</sup> Timer (2) zu-langsam (1)

Welche Bedeutung haben  
Programmierkenntnisse für dich?



Für ein Drittel der SchülerInnen hatten Programmierkenntnisse einen geringen bzw. eher geringen Stellenwert, was sich komplett mit den Beobachtungen des Unterrichts und den verbalen Rückmeldungen deckt. Die Person, für die Programmierung eine geringe Bedeutung hat, ist ein Mädchen; bei den 4 Personen, die den Programmierkenntnissen eine hohe Bedeutung beimessen, ist auch ein Mädchen dabei. Die „schwierige Programmierung“ wurde jedoch von nur einem Mädchen genannt, was so interpretiert werden könnte, dass sich Burschen das Programmieren viel einfacher vorgestellt haben oder sich überschätzten.

Das Programmieren selbst wird mit Arduino ja auch nicht leichter, sondern zeigt einfach nur den Realweltbezug von Programmierung. Einige SchülerInnen haben das Schaltungsbauen als viel interessanter als das Programmieren empfunden und das auch explizit so gesagt. Als besonderes Highlight sticht das Abschlussprojekt<sup>34</sup> bei den Nennungen hervor; die Line Follower konnten erst beim Abschlussprojekt verwendet werden und das Potential der Fahrzeuge bzw. Roboter war erst in Ansätzen zu sehen oder erleben.

<sup>34</sup> Das Abschlussprojekt wurde großteils erst beim Schulfest im Juli realisiert und fließt somit nicht direkt in die Evaluation ein; lediglich die Vorfriede wurde dokumentiert.

### 3.1.1.1.3 Lernfortschritt der PhysikschülerInnen der 8. Schulstufe (fächerübergreifend)

Die Ergebnisse der praktischen Überprüfung waren deutlich besser als in den Vorjahren. Die durchschnittlich erreichte Punktezahl der 17-köpfigen SchülerInnengruppe lag bei 18 von 20 Punkten. 76% der Schülerinnen und Schüler schaffte die Planung auf Anhieb, 94% bauten die Schaltung komplett richtig auf. Die Messungen wurden größtenteils mit erstaunlicher Genauigkeit durchgeführt. 59% der Schülerinnen und Schüler erhielt auf den Teilbereich „Strom- und Spannungsmessung“ die volle Punktezahl, niemand hatte mehr als zwei Messfehler bzw. Messungenauigkeiten zu verzeichnen.

Da aufgrund des Ausfalls von etlichen Laboreinheiten in der Parallelklasse (vgl. 2.3.2.3) keine verwendbaren Vergleichsdaten vorliegen, wurden die Ergebnisse für die Bereiche „Aufbau“ sowie „Strom- und Spannungsmessung“ mit einer Schülergruppe mit 23 Schülerinnen und Schülern aus dem Vorjahr verglichen. Die Messungen wurden an einer ähnlichen Schaltung durchgeführt. In dieser SchülerInnengruppe wurde im Vorfeld nur mit den Leybold SV-Boxen gearbeitet. 39% der Schülerinnen und Schüler bauten damals die Schaltung komplett richtig auf. 9% erhielten im Bereich „Strom- und Spannungsmessung“ die volle Punktezahl.

Vergleichbar sind die Ergebnisse nicht wirklich, da es sich bei der Projektklasse um eine hoch motivierte und äußerst interessierte und leistungsfähige<sup>35</sup> Schülergruppe handelt

### 3.1.1.1.4 Lernfortschritt der InformatikschülerInnen der 8. Schulstufe

Um den Lernfortschritt der Klasse abschätzen zu können, wurde den SchülerInnen eine Aufgabe von einer praktischen Leistungsfeststellung aus einer Parallelklasse gegeben. Diese Klasse erlernte die Programmiersprache JavaScript mit Kara<sup>36</sup>. In dieser Umgebung muss ein Marienkäfer durch eine Welt mit Bäumen und Blättern gesteuert werden, was selbstverständlich nicht direkt mit der Programmierung von Hardwareteilen wie LEDs und Schaltern vergleichbar ist.

Getestet sollte werden, ob sich die SchülerInnen innerhalb von 30 Minuten in eine neue<sup>37</sup> Programmierumgebung bzw. -sprache einarbeiten und eine Lösung entwickeln konnten. Kara steht mittlerweile mit sehr vielen verschiedenen Programmiersprachen zur Verfügung, die SchülerInnen durften sich die Karaversion aussuchen. Einige SchülerInnen kannten<sup>38</sup> beispielsweise schon Scratch.

Leider musste eine Schülerin während dieser Evaluation zu einer Besprechung und somit kann sie nicht gewertet werden. Die Stichprobe bestand somit aus 3 Mädchen und 11 Burschen.

Drei SchülerInnen (davon ein Mädchen) haben leider gar kein Ergebnis zustande gebracht bzw. abgegeben. Von den elf abgegebenen Lösungen waren 3 völlig richtig; insgesamt 6 haben mehr als 75% erreicht; keine dieser sechs Abgaben stammt von einem Mädchen.

Der Mittelwert aller teilnehmenden SchülerInnen liegt (aufgrund der „Leermeldungen“) bei nur 49,3%. Wenn nur die Erfolge (also die Abgaben) berücksichtigt werden, haben die 11 SchülerInnen im Mittel 62,7% erreicht.

Von den SchülerInnen wurde vier Mal Scratch, vier Mal JavaScript und drei Mal endliche Automaten als Programmiersprache für Kara verwendet.

### 3.1.1.2 Bewertung des Arduino-Projekts (LehrerInnensicht)

Die Rückmeldungen der 4 beteiligten Lehrkräfte zu den 3 Fragen am Fragebogen (vgl. Anhang) werden hier als Zitate wiedergegeben:

**Was ist durch den Einsatz der Arduino-Plattform „neu“ an deinem Unterricht?**

---

<sup>35</sup> In der Klasse mit 18 SchülerInnen gab es im Jahreszeugnis kein einziges *Nicht genügend* und 8 *ausgezeichnete Erfolge*.

<sup>36</sup> Webpräsenz: <http://swisseduc.ch/informatik/karatojava/javascriptkara/> [23.6.2014]

<sup>37</sup> Im Informatikunterricht wurde Kara zuvor nie verwendet.

<sup>38</sup> Dass eventuelle Vorkenntnisse die Ergebnisse verfälschen, ist dem Lehrkräfteteam durchaus bewusst.

- „Einerseits dass durch dieses Thema im Informatikunterricht sehr fächerübergreifend mit Physik und auch Mathematik unterrichtet wurde. Andererseits auch die Verknüpfung von Programmierung und Algorithmen mit einer zuvor selbst gebauten Schaltung. Dies ist eine ganz andere Perspektive als zum Beispiel die Programmierung mit Mikrowelten wie Kara und ähnlichem. Zudem gestalte ich Informatikunterricht und besonders im Wahlpflichtfach immer relativ offen, jedoch war das Vorgehen diesmal noch einen Grad offener, da die Schüler auch viel am Wissen aus anderen Fächern (Physik, Mathematik) selbst einbringen und bei informatischen Fragestellungen verknüpfen und beachten mussten.“
- „Da ich dieses Jahr zum ersten Mal eine 4. Klasse Realgymnasium mit Labor unterrichten durfte, habe ich leider keine Vergleiche zu vorhergehenden Jahren ohne Arduino. Da ich die praktischen Einheiten nicht durchführen konnte, war es mir auch nicht möglich den direkten Vergleich zur anderen Klasse zu ziehen.“
- „Der Unterricht ist noch praxisorientierter geworden.“
- „Die Programmierung ist realitätsnäher, d.h. ohne Käfer in einer ‚Spielumgebung‘. Die Arduino-Plattform ist beliebig erweiterbar und einsetzbar – neue Teile, neue Projekte, Riesenprojekte, Unter- und Oberstufe, ...“

#### **Was war für dich das Highlight dieses Projekts (bitte nenne nur 1 Highlight)?**

- „Das Highlight war das große Interesse und die enorme Motivation der Schüler, sich mit dieser Thematik sehr selbstständig auseinanderzusetzen und auf die unterschiedlichsten Lösungen für ein gestelltes Problem sowohl im Bereich der Schaltung als auch Programmierung dieser zu kommen.“
- „Mein persönliches Highlight war zu sehen, wie sich gerade die interessierten Schülerinnen und Schüler sehr für die Arduino-Boards begeistern konnten und wie sehr hier der "Forschergeist" geweckt wurde.“
- „Der Ideenreichtum und die Kreativität der SchülerInnengruppe bei der Planung ihrer Abschlussprojekte.“
- „Die Eigenständigkeit der SchülerInnen war fantastisch; sie brachten eigene Teile und Ideen mit.“

#### **Was hat die beim Projekt die größte Schwierigkeit gemacht (bitte nur 1 Nennung)?**

- „Die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit bzw. – aufgrund von Maturanten – den „Zwang“ noch weitere Themen durchzumachen. Sprich: das Aufhören an einem bestimmten Punkt, da es noch viele weitere interessante Dinge in diesem Bereich zum Erarbeiten gegeben hätte.“
- „Der Forschergeist wurde leider nur bei einzelnen Schülern (2) geweckt. Die restlichen Schülerinnen und Schüler der Klasse waren mit den Boards eher sehr überfordert und wussten nicht, wie man richtig damit umgehen sollte. Auch die Handhabung der Messgeräte war ein großes Problem.“
- „Es gab für mich keinerlei Schwierigkeiten.“
- „Beim Wegräumen der Bauteile ging sehr viel Zeit verloren – Bauteile zum Glück kaum. Das Reinigungspersonal hat manchmal Widerstände am Boden gefunden und uns zurückgebracht.“

### **3.1.2 Prozessaspekte**

Wir wollten in diesem Projekt nicht nur einzelne Unterrichtssequenzen entwickeln und ausprobieren, sondern eine nachhaltige Zusammenarbeit der Fachgruppen Physik und Informatik durch Physical Computing starten, um das Schubladendenken aufzubrechen und dadurch mehr Realitätsbezug in die Schule zu bringen. Die Zusammenarbeit und der Einsatz der Arduino-Plattform waren fächer- und schulstufenübergreifend angelegt und wurden somit über das ganze Schuljahr verteilt durchgeführt. Die Sammlung des gesamten Unterrichtsmaterials und die Entwicklung eines neuen fächerübergreifenden Wahlpflichtfachs zeigen, dass zwar das Projekt zu Ende ist, die Arbeit aber gerade erst begonnen hat. Das (für uns) neue Unterrichtsmaterial hat noch viele unentdeckte Einsatzgebiete, auf die wir uns freuen.

## **3.2 Evaluation aus Sicht der Ziele des Themenprogramms**

Der Informatikunterricht wurde im Rahmen des Projekts so erweitert, dass sowohl die Lehrkräfte als auch die Lernenden mehr Individualität als auch Interaktivität einbringen konnten. Dadurch wurden die SchülerInnen ermutigt, ihre eigene Kreativität und die Möglichkeiten des Physical Computings zu nutzen und kennen zu lernen. Auch die Lehrkräfte können einerseits am Unterrichtskonzeptpool kreativ mitarbeiten und andererseits ihren eigenen Unterricht selbst gestalten und damit ihre eigene Kreativität einbringen und auf SchülerInneninteressen eingehen. Das Arbeiten im Unterricht ist kein starres Pflichtprogramm, sondern ein Angebot von Möglichkeiten. Die Verwendung von freier Soft-

ware und frei verfügbaren Bauteilen ermöglicht betriebssystemunabhängiges Arbeiten und fördert damit das eigenständige Experimentieren und Interesse für (Informations-) Technik.

### **3.3 Evaluation aus Sicht übergeordneter IMST Ziele**

#### **3.3.1 Genderaspekte**

Durch die Methoden- und Themenvielfalt sowie die Vernetzung der Unterrichtsfächer Informatik und Physik wurden individuelle Bedürfnisse der SchülerInnen stärker berücksichtigt, durch die Interaktivität wurden die SchülerInnen differenziert mit lebensrelevanten Inhalten und Material versorgt.

Aufgrund des extremen Geschlechterverhältnisses in der Klasse und der relativ kleinen Stichprobe, konnte ein Geschlechtervergleich der Programmierfähigkeiten bzw. -interessen zwischen Mädchen und Burschen nicht untersucht werden. Die Tendenz entspricht aber eher der Hypothese, dass Burschen lieber/besser programmieren. Unser Projekt zielt aber nicht unmittelbar darauf, die Programmierung bei Mädchen beliebter zu machen, sondern ihnen „realitätsnahe“ Programmiererfahrung zu vermitteln und damit eine eigenständige, stereotypenunabhängige Entscheidung aufgrund von eigenen Erfahrungen zu treffen.

#### **3.3.2 Schulentwicklungs- und Disseminationsaspekte**

Die Ergebnisse der Unterrichtsentwicklung und auch dieser Endbericht stehen im bereits genannten Moodlekurs allen KollegInnen der beiden Fachgruppen für zukünftige Unterrichtsplanung zur Verfügung; der Pool kann und soll in Zukunft auch noch auf andere Schulstufen erweitert werden.

Die Zusammenarbeit innerhalb der Fachgruppe Informatik hat in unserer Schule schon eine jahrelange Tradition; Projekte werden in Fachgruppensitzungen stets ausführlich vorgestellt; es ist bereits ein Arduino-Workshop für interessierte Lehrkräfte aus den Fachgruppen Physik und Informatik in Planung. Sowohl im Jahresbericht als auch auf unserer Schulwebsite wird dieses Projekt vorgestellt und das Schulfest bot ebenfalls eine willkommene Gelegenheit, die Resultate vorzustellen und damit SchülerInnen und Eltern neugierig zu machen und für Physical Computing zu begeistern.

## 4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Arduino-Plattform wurde für das Erlernen bzw. Vertiefen der Programmierkenntnisse und der Theorie sowie Praxis zu Schaltungen genutzt. Wir versuchten bereits ab der Unterstufe Programmierkenntnisse und technische Kenntnisse möglichst praxisrelevant und experimentell zu vermitteln. Das Zusammenspiel von Hardware und Software, im Sinne von Physical Computing, wurde erlebt und dadurch fächerübergreifend und -verbindend vermittelt (vgl. 1.1)

Die Inhalte aus Informatik und Physik wurden fächerübergreifend geplant und mit der Arduino-Plattform vermittelt, um Synergien der Fachexpertisen optimal nutzen zu können. Erreicht werden sollte dadurch eine fortlaufende Zusammenarbeit der beiden Fachgruppen an unserer Schule.

Das Projekt fand in drei Phasen statt: Im Wahlpflichtfach Informatik der 12. Schulstufe des Realgymnasiums experimentierten die Schüler selbständig mit den Starter Kits. Der Lehrer betreute die Schüler, die Abgaben wurden gesammelt, neue Beispiele und Tutorials für die 8. Schulstufe wurden von den Schülern erstellt (vgl. 2.3.1).

In der zweiten Phase lernten die SchülerInnen aus zwei vierten Klassen die nötigen Grundbegriffe der Physik und arbeiteten mit den Arduino-Boards, um Schaltungen zu erstellen. Die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre (Strom, Spannung, Widerstand, Ohm'sches Gesetz, grundlegende Schaltungen) wurden in Theorie und Praxis erarbeitet (vgl. 2.3.2 und 2.3.3).

Die dritte und letzte Phase beschäftigte sich mit der Programmierung der Arduino-Boards. Eine vierte Klasse programmierte die Arduino-Boards und erstellte mit dem erlernten Wissen aus Physik die nötigen Schaltungen mit den Arduino-Kits. Das bereits erwähnte Material und die Erfahrungen aus dem Wahlpflichtfach fanden dabei Verwendung. Der Einstieg in die Programmierung erfolgte über den Beispielcode, der in der Arduinosoftware zur Verfügung stand. Die ersten Beispiele konnten ohne Schaltungsaufbau programmiert werden, da das Arduino-Board bereits eine LED für genau diesen Zweck integriert hat. Die Grundidee des „Physical Computings“ – also dem Zusammenspiel von Hard- und Software – wurde mit den ersten einfachen Aufbauten vermittelt (vgl. 2.3.4).

Die Beispiele sollten Alltagsbezug haben, die meisten „Alltagsprobleme“ sind allerdings leider zu komplex, um sie im Unterricht mit Arduino alltagstauglich zu bearbeiten. Die zu hohen Ambitionen und Erwartungen von einigen SchülerInnen sorgten leider immer wieder für enttäuschte Gesichter. Es wäre beispielsweise grundsätzlich möglich, ein funktionierendes Mobiltelefon mit Arduino zu bauen; der Unterricht hatte allerdings „nur“ grundlegende Programmierkenntnisse zum Ziel und musste in der Unterstufe auf solche Beispiele verzichten. „Echte Alltagsprobleme“ könnten von diesen SchülerInnen in den Folgejahren durchaus im Rahmen von Wahlpflichtfächern, dem Informatikprojekt in der 12. Schulstufe oder in einer VWA bearbeitet werden, was vom Lehrkräfteteam dieses Projekts sicherlich Unterstützung finden würde (vgl. 2.3.4 und 2.3.5).

Seit Beginn des Schuljahres gab es regelmäßige Treffen des fächerübergreifenden Lehrkräfteteams, um Inhalte und Zeitpläne möglichst gut abzustimmen und gegebenenfalls benötigtes Material nachzubestellen. Als Kommunikationsplattform wurde Moodle gewählt und verwendet. Das Lehrkräfteteam ist mit der Einführung der Arduino-Plattform als Unterrichtsmittel sehr zufrieden und möchte die erweiterbare Hard- und Software auch in den Folgejahren erproben und eventuell weiteres Material anschaffen (vgl. 2.4).

Die Evaluation hat ergeben, dass für ein Drittel der SchülerInnen in der 8. Schulstufe Programmierkenntnisse einen geringen bzw. eher geringen Stellenwert haben, was sich mit den Beobachtungen des Unterrichts und den verbalen Rückmeldungen deckt. Das Bauen und Ausprobieren von eigenen Schaltungen und Programmen nannten 11 von 15 SchülerInnen als das Highlight des Projekts; das Programmieren selbst wird mit Arduino ja auch nicht leichter, sondern zeigt einfach nur den Realweltbezug von Programmierung. Das Interesse der Schüler in der 12. Schulstufe war sehr groß, vor allem die Verbindung von Schaltungen und Programmierung in Form des Physical Computings fand

großen Anklang. Sie hätten gerne auch noch länger und an komplexeren Aufgaben gearbeitet und diese mit den später angeschafften Bauteilen ausprobiert. (vgl. 3.1.1)

## 5 LITERATUR

HERMANN, Stefan (2013). *Fritzing Creator Kit. Einführung in den kreativen Umgang mit Elektronik*. Berlin: Friends-of-Fritzing

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (= jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.“

# ANHANG