

„Mikrocontroller omnipräsent“ – Schülerinnen und Schüler setzen sich mit einer Grundkomponente unserer technischen Welt auseinander

Entwicklung von Materialien für einen „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung

ANNEMARIE BERENDES, SILKE RÖWEKAMP

Im Rahmen dieses SINUS-Projekts haben sich Lehrerinnen und Lehrer aus dem Informatikbereich der Sekundarstufe I zusammengeschlossen, um Unterrichtskonzepte und -sequenzen auf Grundlage des Kernlehrplans Informatik für den Wahlpflichtbereich der Realschule und der Gesamtschule bzw. Sekundarschule zu entwickeln. Dabei brachten sie ihre jeweils spezifischen kompetenzorientierten Konzepte und Ansätze aus dem bisherigen Informatikunterricht ihrer Schulen in das Projekt ein, entwickelten neue Verlaufsskizzen und Materialien von Unterrichtseinheiten, erprobten sie in ihren Schulen und tauschten Erfahrungen aus. Ergebnisse werden auf den projektbezogenen Seiten unter www.sinus.nrw.de online zur Verfügung gestellt, bieten Anregungen für einen kompetenzorientierten Informatikunterricht und sollen zum Weiterentwickeln der Ansätze und Materialien motivieren. Ansätze und Materialien können aber auch direkt im eigenen Unterricht eingesetzt werden und dienen somit der Unterstützung im Schulalltag.

Der folgende Beitrag stellt exemplarisch einen Weg zur Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern als Grundkomponenten unserer technischen Welt vor, den die Arbeitsgruppe kooperativ entwickelt hat. Das Kernziel des Unterrichtsvorhabens besteht in der Entwicklung und Erprobung von Materialien für einen „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung. Der Beitrag richtet sich entsprechend vorrangig an diejenigen Lehrkräfte, die Informatik im Wahlpflichtbereich der Sekundarstufe I unterrichten, im Unterricht bisher noch nicht mit Mikrocontrollern gearbeitet haben und sich und ihren Schülerinnen und Schülern dieses technisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich bedeutsame, sich rasant entwickelnde Feld erschließen möchten.

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Vorüberlegungen

Mikrocontroller sind aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken, da sie doch Bestandteil fast aller technischen Geräte sind, ohne dass es – zumindest für einen technischen Laien – unmittelbar sichtbar wird. Sie gehören zu den eingebetteten Systemen und sind keinesfalls eine neue Erfindung. So fanden sie bereits Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre bei allen Apollo-Raumflügen Anwendung, z. B. in den Raumanzügen.

Müller und Koerber (2016, S. 3) weisen zu Recht darauf hin, dass „[i]n all diesen für selbstverständlich gehaltenen Gegenständen [Haushaltsgeräte,

Smartphones, Uhren etc.] [...] Ideen [stecken], für die die Wissenschaft Informatik die Basis darstellt“. Mithin gibt es gute Argumente für die Arbeit mit Mikrocontrollern im Informatikunterricht der Sekundarstufe I:

- Mikrocontroller ermöglichen einen hohen Lebensweltbezug, an den alle Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I unmittelbar anknüpfen können.
- Mikrocontroller ermöglichen die Erarbeitung von Basiskonzepten der Informatik.

Ausgehend von diesen Überlegungen und weiteren aktuellen Diskussionen um den Einsatz von Mikrocontrollern im Informatikunterricht der Sekundarstufe I hat die SINUS-Gruppe beschlossen, sich dieser Thematik vertieft zu widmen, nicht zuletzt auch deshalb, da der von Klafki (1991) geforderten „Gegenwarts-, Zukunfts- und exemplarischen Bedeutung“ gerade bei diesem Thema Rechnung getragen wird.

Die Entscheidung für den Arduino

Zu Beginn des Projekts existierte wenig Material, das den Ansprüchen der Gruppe an Differenzierungsmöglichkeiten und Sprachsensibilität der Materialien mit Blick auf heterogene Lerngruppen und den geplanten Einsatz in unterschiedlichen Schulformen genügte. Daher wurde die Entscheidung für ein bestimmtes System weitgehend unabhängig von seinerzeit bereits bestehenden Anleitungen und Materialien getroffen.

Der Anschaffungspreis eines Arduino verglichen mit anderen Systemen war und ist zum einen sehr günstig (meist kostet ein Set zwischen 10 und 30 Euro) und zum anderen wird die Software für den Arduino kostenlos als Open-Source-Produkt zur Verfügung gestellt.¹ Sie bietet eine übersichtliche Oberfläche, eine schnelle Verbindung zur Hardware und den Zugriff auf eine große Bibliothek mit ausgearbeiteten Projekten² mit Einsatzmöglichkeiten des Arduino zur vertiefenden Arbeit mit dem Mikrocontroller. Darüber hinaus erweitern aktuell zahlreiche Entwickler die Plattform um fertige Bibliotheken, so dass gerade mit Blick auf anschließende Vertiefungsphasen den Schülerinnen und Schülern Hilfsmittel zur Verfügung stehen, die sie zielgerichtet für die Entwicklung eigener Projekte nutzen können. Und nicht zuletzt läuft die Software für den Arduino unter den drei weit verbreiteten Betriebssystemen Windows, MacOS und Linux.

Die Schülerinnen und Schüler sollen im Informatikunterricht neben dem Erwerb von Basiskompetenzen im Umgang mit Mikrocontrollern aufbauend darauf auch eigenständige kleine Projekte planen und entwickeln. Daher ist es empfehlenswert, die ebenfalls kostenlose Software „fritzing“ zu installieren.³ Sie bietet die Möglichkeit, vor der Umsetzung auf der Hardware geplante Schaltungen und Programme am Rechner zu entwerfen und in einer Simulation auszuprobieren. Die Abbildungen, die sich in den entwickelten Schülermaterialien befinden, wurden ebenfalls mit dieser Software erstellt.

Es gibt verschiedene Versionen von Boards, die mit der Arduino-Software verwendet werden können. Dazu gehören sowohl viele verschiedene große und kleine Boards mit der offiziellen Markenbezeichnung „Arduino“ als auch viele günstigere, aber technisch gleichwertige kompatible Boards. Typische offizielle

1 www.arduino.cc [10.09.2020].

2 create.arduino.cc/projecthub [10.09.2020].

3 <https://fritzing.org/home/> [10.09.2020].

Boards sind z. B. Arduino UNO (vgl. Abbildung 1), Arduino MEGA oder Arduino Mini, kompatible Boards Funduino UNO, Funduino MEGA, Freeduino, Seeduino, Sainsmart UNO u. v. a. Im Rahmen dieses Projekts wurden Arduino UNO Boards eingesetzt.

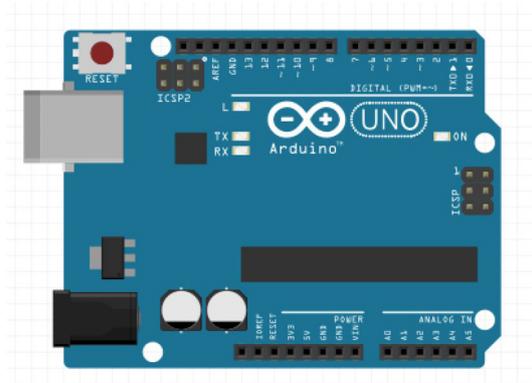


Abbildung 1: Arduino Board „Arduino UNO“

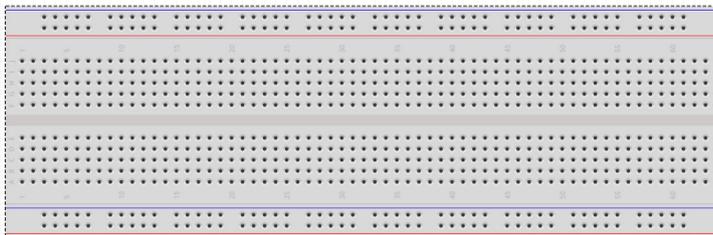


Abbildung 2: Breadboard, Steckplatine zur einfachen Verbindung mit den Anschlussstellen (PINS) des Arduino

Über das mitgelieferte Breadboard (Steckplatine, siehe Abbildung 2) können u. a. Sensoren mit dem Mikrocontroller per Kabel verbunden werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen somit nicht über Lötkenntnisse verfügen. Im Rahmen der Veröffentlichung ist zusätzlich zu den digital vorhandenen Arbeitsblättern, Lösungen, Lernerfolgskontrollen u. a. eine Liste mit den für den Unterricht benötigten Bauteilen erstellt worden (vgl. Material M0).

2 Ergebnisse der Entwicklungsarbeit

Überblick über die erstellten Materialien

Eine von der Gruppe entwickelte mögliche Unterrichtsreihe kann inhaltlich in drei aufeinander aufbauende Unterrichtsphasen gegliedert werden. Die Materialien (M1 bis M16) entsprechen chronologisch einer möglichen Abfolge im Unterricht und können dementsprechend den zwei hier näher vorgestellten Phasen zugeordnet werden:

- a) Einführung in die Hardware und Software (M1 – M3)
- b) Programmieren in der Arduino IDE (integrated development environment) unter Verwendung algorithmischer Grundkonzepte (lineare Anwendungen, Variablenkonzept, Verzweigungen und Schleifen, M4 – M13)
- c) Ein erstes selbst geplantes und durchgeführtes Mini-Projekt zur Konzeptionierung und Programmierung eines Mikrocontrollers (M16, M17)

Anmerkung: Die Materialien M14 und M15 dienen der Lernerfolgskontrolle oder schriftlichen Arbeit inklusive Selbsteinschätzungs- und Rückmeldebogen.

An die Phasen A und B anschließend haben Schülerinnen und Schüler das Rüstzeug für eine erste offenere Aufgabenstellung, z. B. ein erstes selbst geplantes und in Kleingruppen arbeitsteilig durchgeführtes Mini-Projekt erworben, das allerdings sehr unterschiedlich gestaltet sein kann und daher in diesem Beitrag mit dem Schwerpunkt auf einen „sanften Einstieg“ nicht dokumentiert ist.

Relevanz des Themas vor dem Hintergrund der im Kernlehrplan ausgewiesenen Kompetenzerwartungen

In den Kernlehrplänen für das Wahlpflichtfach Informatik (Realschule, Gesamtschule) wird ausgeführt, dass der Ausgangspunkt im Wahlpflichtunterricht Informatik in der Regel ein Problem mit lebensweltlichem Bezug ist. Schülerinnen und Schüler erwerben und erweitern in der aktiven Auseinandersetzung mit Problemstellungen kognitive und nicht-kognitive Kompetenzen, die ein selbstständiges informatisches Problemlösen anbahnen. Die Umsetzung eines informatischen Modells in ein lauffähiges Informatiksystem hat für Schülerinnen und Schüler nicht nur einen hohen Motivationswert, sondern ermöglicht ihnen in Ansätzen auch die Überprüfung der Angemessenheit und Wirkung des Modells in Bezug auf die Problemstellung.

Die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern bietet Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, basale Kompetenzen in den vier Kompetenzbereichen *Argumentieren (A)*, *Modellieren und Implementieren (MI)*, *Darstellen und Interpretieren (DI)* und *Kommunizieren und Kooperieren (KK)* bezogen auf die Inhaltsfelder *Information und Daten*, *Algorithmen*, *Sprachen und Automaten*⁴, *Informatiksysteme* sowie *Informatik, Mensch und Gesellschaft* zu erwerben. Die im Medienkompetenzrahmen ausgewiesenen Kompetenzbereiche „Bedienen/Anwenden“, „Informieren/Recherchieren“, „Kommunizieren/Kooperieren“, „Produzieren/Präsentieren“, „Analysieren/Reflektieren“ und „Problemlösen/Modellieren“ sind ebenfalls berührt, werden hier aber nicht explizit ausgewiesen.

Die folgende Zusammenstellung liefert einen Überblick über alle Materialien und kann darüber hinaus zur Entwicklung schulinterner Curricula verwendet werden.

Tabelle 1: Übersicht Material

Titel	Inhaltsfeld, Schwerpunkt und konkretisierte Kompetenzerwartungen
M0: Informationen für die Lehrkraft	Anmerkung: <ul style="list-style-type: none"> • Erklärung wichtiger Grundlagen, Hard- und Software und Einsatz von LEDs und Widerständen für die Lehrkraft
M1: Einstieg in die Thematik über „Internet of Things“	Inhaltsfeld: Informatik, Mensch und Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> • Chancen und Risiken der Nutzung von Informatiksystemen
M2: Blick auf die Hardware	Inhaltsfeld: Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihre Komponenten
M3: Blick auf die Programmierumgebung	Inhaltsfelder: Sprachen und Automaten, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihre Komponenten

4 Im Kernlehrplan Gymnasium wurde dieses Inhaltsfeld *formale Sprachen* benannt.

(Fortsetzung Tabelle 1)

Titel	Inhaltsfeld, Schwerpunkt und konkretisierte Kompetenzerwartungen
M4: Es blinkt! – Mein erstes Programm	Inhaltsfelder: Information und Daten, Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen zur Lösung von Aufgaben und Problemen aus verschiedenen Anwendungsgebieten • Daten repräsentieren Informationen (Blinken / z. B. Morsen) • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihren Komponenten
M5: Befehlsregister	Inhaltsfeld: Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihren Komponenten
M6: Lernerfolgskontrolle	siehe M1 bis M5
M7: Gruppenpuzzle zur Nutzung von LEDs und Widerständen auf dem Breadboard	Inhaltsfelder: Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Anwendung verschiedener Informatiksysteme
M8: Wechselblinker	Inhaltsfelder: Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Anwendung von Informatiksystemen
M9: Arbeiten mit Variablen	Inhaltsfeld: Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Schülerinnen und Schüler entwerfen, implementieren und testen Algorithmen auch unter Verwendung des Variablenkonzepts (M1)
M10: Die Ampelsteuerung	Inhaltsfeld: Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen zur Lösung von Aufgaben und Problemen aus verschiedenen Anwendungsgebieten
M11: Der Taster	Inhaltsfelder: Algorithmen, Informatiksysteme <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen mit den algorithmischen Grundkonzepten entwerfen, darstellen und realisieren • Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen und ihren Komponenten
M12: Der Ultraschallsensor	Inhaltsfeld: Informatiksysteme Anwendung von Informatiksystemen
M13: Bist du fit?	siehe M1 bis M12
M14: Lernerfolgskontrolle/ Klassenarbeit	siehe M1 bis M12
M15: Rückmeldebogen mit Erwartungshorizont	siehe M1 bis M12
M16: Projektaufgabe	je nach Leistungsstand
M17: Hinweise für die Lehrkraft für die Projektaufgabe	

Didaktisch-methodische Überlegungen

Die Materialien sind als ein in mehreren Schritten verfasstes Leitprogramm konzipiert. Leitprogramme berücksichtigen nach Hartmann, Näf und Reichert (2007) den unterschiedlichen Wissensstand, die unterschiedlich ausgeprägten Fertigkeiten im Umgang mit dem Computer und das Produktwissen zu einzelnen Programmen der Lernenden und tragen somit zur Individualisierung des Unterrichts bei.

Das Konzept, das diesem Leitprogramm zugrunde liegt, beinhaltet die Einführung in neue Programme gemäß den folgenden Schritten:

- Clarifying:** ein kurzes Erläutern der Programmphilosophie mit wesentlichen Arbeitstechniken durch die Lehrkraft
- Modeling:** ein Vormachen entscheidender Arbeiten durch die Lehrkraft als Modell für die Schülerinnen und Schüler
- Coaching:** ein geführtes Nachmachen des Vorgemachten, wobei die Schülerinnen und Schüler nach genauer Anleitung arbeiten
- Continuating:** selbstständiges Weiterarbeiten am begonnenen Problem mit gleicher oder ähnlicher Aufgabenstellung

Die Materialien sind so aufgebaut, dass der Einstieg in jedes Material stets der Intention von *Clarifying* und *Modeling* entspricht. Ziel ist es, Schülerinnen und Schüler zunächst mittels eines *informierenden Einstiegs* der Lehrkraft für die Aufgabe bzw. den Unterrichtsgegenstand zu sensibilisieren.

In Bezug auf die zentrale Lernaufgabe folgen die Materialien M4 bis M13 dem Konzept des *Coachings*. Dieses sollte im Anschluss durch die Erstellung weiterer Programmierungen mit dem Mikrocontroller angesprochen werden. Die oben erwähnte, aber in diesem Beitrag nicht weiter ausgeführte Projektarbeit, stellt eine Möglichkeit dar, auch den vierten Konzeptionsschritt des *Continuatings* umzusetzen. Darüber hinaus kommt *Continuating* auch in einigen weiterführenden Aufgaben in Materialien zur Anwendung.

Das Kernziel der entwickelten Materialien besteht darin, den Lernenden das Programmieren eines geeigneten Mikrocontrollers anhand von praktischen und alltagsnahen Beispielen näherzubringen. Neben den (programmier-)technischen Aspekten werden auch gesellschaftliche Aspekte behandelt, um eine kritische und differenziert-wertende Auseinandersetzung mit der aktuellen Omnipräsenz von Mikrocontrollern anzuregen.

Leitfragen, an denen sich die Materialentwicklung orientiert, sind:

- Was sind Mikrocontroller, wozu dienen sie und wo werden sie eingesetzt?
- Wie ist ein einfacher Mikrocontroller (hier Arduino UNO) aufgebaut?
- Wie wird ein Mikrocontroller für bestimmte Einsatzzwecke hardwareseitig konfiguriert und softwareseitig programmiert (hier in der Arduino IDE)?

Mit den Materialien kann eine Unterrichtsreihe konzipiert werden, die diese Leitfragen beantwortet. Die Schülerinnen und Schüler lernen den Mikrocontroller als ein leistungsfähiges, kompaktes und programmierbares Informatiksystem kennen. Dabei sollte immer wieder bewusst gemacht werden, dass Mikrocontroller aktuell in fast allen elektronischen Geräten eingesetzt werden. Egal ob Fernseher, Auto oder Smartphone, keines dieser Geräte würde ohne Mikrocontroller funktionieren.

Aufgrund der Heterogenität der Lerngruppen und den schulischen Rahmenbedingungen liegt ein Großteil der Arbeitsblätter in mehreren Niveaustufen vor. Die Arbeitsblätter können nachbearbeitet werden, um sie den eigenen Gegebenheiten der Schule anzupassen. Die Differenzierung erfolgt auf Grundlage unterrichtlicher Erfahrungen und orientiert sich an den Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler. Der Zeitbedarf ist je nach Lerngruppe und Wo-

chenstunden angemessen einzuplanen. Etwa 20 Stunden hat die Gruppe mit Blick auf eigene Lerngruppen für die beiden ersten Phasen A und B (vgl. oben) eingeplant. Es hat sich bei der Erprobung der Materialien gezeigt, dass es einen Unterschied macht, ob die Sequenz im 9. oder 10. Jahrgang durchgeführt wurde und welche Vorerfahrungen im Bereich der Programmierung die jeweilige Lerngruppe mitbringt. Dementsprechend können die beiden Phasen A und B auch mit einer geringeren Anzahl von Unterrichtsstunden durchgeführt werden.

Grundsätzlich wird in den Materialien kaum Bezug auf bestimmte Sozialformen genommen, da die Schulen zum einen unterschiedlich ausgestattet sind, zum anderen Sozialformen an die jeweilige Lerngruppe anzupassen sind. Im Rahmen der Erprobung wurde häufig auf die Sozialform *Partnerarbeit* zurückgegriffen, da dadurch eine hohe Beteiligung und Verantwortlichkeit der Schülerinnen und Schüler erreicht werden konnte. Zugleich gab der Austausch innerhalb der Zweiergruppe den Lernenden Sicherheit bei der Erarbeitung. Fehler bei der Aufgabenbearbeitung wurden frühzeitig durch die Zusammenarbeit erkannt und ohne Intervention der Lehrkraft korrigiert. Andere kooperative Arbeitsformen wie z. B. die arbeitsteilige Gruppenarbeit wurden in Erarbeitungsphasen (vgl. M5) und in der Projektphase genutzt.

Bemerkungen zur Strukturierung der Materialien

Die vorliegenden Materialien, hier exemplarisch dargestellt an M8: Wechselblinker, haben in der Regel folgenden Aufbau:



SINUS
Nordrhein-Westfalen
Informatik

**Arduino – Auf dem Weg
zum eigenen Projekt**

M8_Wechselblinker



Schwierigkeitsstufe

1. Erläuterungen

Nun wollen wir mit 2 LEDs arbeiten und sie als Wechselblinker steuern.

2. Aufgabe

Zwei Leuchtdioden sollen abwechseln blinken. Baue die Schaltung nach, erstelle den Sketch und speichere ihn ab.

3. Notwendiges Material

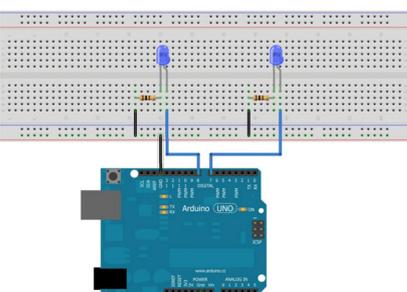
Breadboard, Arduino, zwei LEDs, 2 Widerstände mit 220 Ohm, Kabel

4. Tipp 1: Sketch

Sketch:	Erklärung:
<code>void setup()</code>	Das Setup startet.
<code>{</code>	Ein neuer Programmabschnitt beginnt.
<code>pinMode(7, OUTPUT);</code>	Pin 7 ist ein Ausgang.
<code>pinMode(8, OUTPUT);</code>	Pin 8 ist ein Ausgang.
<code>}</code>	Der Programmabschnitt wird beendet.
<code>void loop()</code>	Das Hauptprogramm beginnt.
<code>{</code>	Ein neuer Programmabschnitt beginnt.
<code>digitalWrite(7, HIGH);</code>	Die LED an Pin 7 wird angeschaltet.
<code>delay(1000);</code>	Es wird 1000 Millisekunden gewartet.
<code>digitalWrite(7, LOW);</code>	Die LED an Pin 7 wird ausgeschaltet.
<code>digitalWrite(8, HIGH);</code>	Die LED an Pin 8 wird angeschaltet.
<code>delay(1000);</code>	Es wird 1000 Millisekunden gewartet.
<code>digitalWrite(8, LOW);</code>	Die LED an Pin 8 wird ausgeschaltet.
<code>}</code>	Der Programmabschnitt wird beendet.

1

Tipp 2 : Schaltung



Made with  Fritzing.org

2

Abbildung 3: Material M8 Wechselblinker Seite 1 und 2

Jedes Arbeitsblatt beginnt mit einer Erläuterung, z. T. auch mit Impulsen oder mit einer einführenden Information, sodass die Schülerinnen und Schüler für das angesprochene Problem sensibilisiert werden. Die zentrale Aufgabe ist so formuliert, dass die Lernenden mithilfe des notwendigen Materials und gegebenenfalls der Tipps als Mittel der Differenzierung die zentrale Aufgabe selbstständig lösen können. Gekoppelt mit der oben beschriebenen Software „fritzing“ können mindestens vorbereitende Arbeiten auch zu Hause am Computer oder am Tablet erledigt werden. Somit bietet das Material ansatzweise auch erste Impulse für einen Unterricht im Wechsel von Präsenz und Distanz.

Anhand der Arbeitsblätter M11 und M12 lernen die Schülerinnen und Schüler Taster und Ultraschallsensor kennen und werden so in den Bereich der Sensoren eingeführt. Abhängig von der Lerngruppe können noch weitere Sensoren wie Temperatur-, Feuchtigkeits- oder Farbsensor mit einbezogen werden. Arbeitsblätter dazu sind auf funduino.de zu finden.

Die Materialien M16 und M17 unterscheiden sich von den restlichen Materialien, da beide eine Projektarbeit anregen bzw. illustrieren. Hier ergeben sich viele weitere Möglichkeiten, sodass hier je nach Gegebenheiten vor Ort z. B. von der Fachkonferenz adäquate Materialien entwickelt werden sollten.

3 Erfahrungen aus der Projektarbeit und der Erprobung des Materials

Als sehr nützlich erwies sich bei der Vorbereitung der Hardware eine stabile Konstruktion, bei der der Arduino und das Breadboard auf einem (Holz-)Brett oder einer anderen Unterlage fest montiert werden.

Die gemeinsam entwickelten Materialien wurden mehrfach im Unterricht erprobt und auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen weiterentwickelt. Die unter www.sinus.nrw.de verfügbaren Arbeitsblätter mit Hinweisen für die Lehrkräfte ermöglichen es Lehrerinnen und Lehrern, eine Unterrichtseinheit zu konzipieren und die Materialien dafür unverändert zu nutzen oder auf die eigenen Belange zu adaptieren. Sie stehen unter einer Creative-Commons-Lizenz und dürfen frei angepasst werden.

Die Materialien M1 bis M4 eigneten sich gut, um Schülerinnen und Schülern den Aufbau des Arduino (Hardware), die Grundstruktur eines Programms und den Einstieg in die Arbeit mit der IDE nahezubringen. Ein erstes vorgegebenes Programm (M4) zeigt das Zusammenspiel dieser drei Komponenten. Schülerinnen und Schüler haben damit ein erstes Beispiel für ein Informatiksystem, das sich aus Hardware und Software zusammensetzt – hier ein Mikrocontroller mit der sehr einfachen Funktion einer blinkenden LED. Der sanfte Einstieg in die Programmierung erfolgt über den Auftrag, das Programm so zu modifizieren, sodass andere Blinkrhythmen realisiert werden. Nicht alle Schülerinnen und Schüler kamen mit der IDE auf Anhieb gut zurecht.

Mit dem Material M7 kommt in der vorgeschlagenen Abfolge erstmals das Breadboard zum Einsatz. Hier konnte beobachtet werden, dass Schülerinnen und Schüler anfänglich Schwierigkeiten beim korrekten Stecken der LEDs und

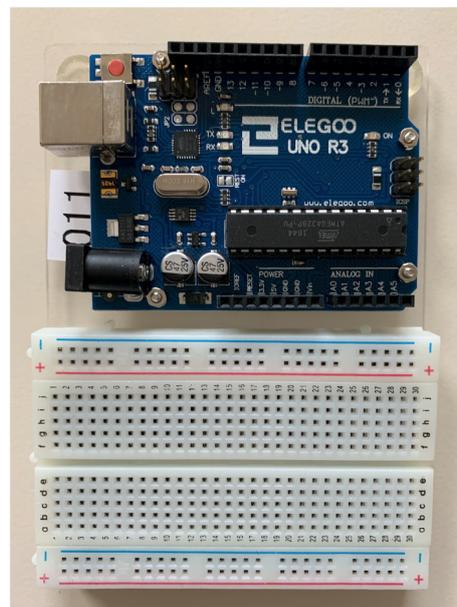


Abbildung 4: Arduino und Breadboard

Widerstände hatten und erst lernen mussten, sehr präzise zu arbeiten, damit die Schaltung funktioniert.

Über das Material M9 lernen die Schülerinnen und Schüler Variablen kennen – hier in der Funktion als Konstante. Der Variablenname hilft in diesem Zusammenhang, die Funktion eines Programms transparent zu machen. Die Benutzung von Variablen ist für Schülerinnen und Schüler ohne Programmierkenntnisse neu und sollte an dieser Stelle leicht verständlich und ggf. an weiteren Beispielen erklärt werden. Die Farben der LEDs als Variablenname zu wählen, war für die Lernenden sehr hilfreich. Sie erkannten die Vorteile für die Struktur und damit die Transparenz eines Sketchs (Programms). Ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler wählte bei der weiteren Programmierarbeit treffende Variablenbezeichnungen.

Bei der Formulierung der Arbeitsaufträge wurde mit Blick auf den „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung auf eine einfache Sprache geachtet, um die Komplexität des Themas zunächst von sprachlichen Hürden zu entlasten. So sind die Arbeitsaufträge bzgl. ihrer Informationsdichte reduziert und kommen meist ohne Nebensätze und Verschachtelungen aus. Gleichwohl war und ist der Gruppe bewusst, dass das für sich ggf. anschließende weitere vertiefende Unterrichtsvorhaben so nicht weiter fortgeführt werden sollte, um auch Aspekten eines sprachsensiblen Fachunterrichts gerecht zu werden.

Bewährt hat sich in den Erprobungen, dass Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen zusammengearbeitet haben. Falls möglich, sollte die Lehrkraft darauf hinwirken, dass in jedem Zweierteam handwerkliche Geschicklichkeit und analytische Kompetenz vorhanden sind.

Die Eignung der Materialien und die gute Zusammenarbeit der Teams zeigte sich auch darin, dass die Lernenden die Lernerfolgskontrollen M6 und M14 überwiegend erfolgreich bewältigten.

Der SINUS-Gruppe war es ein besonderes Anliegen, dass für den „sanften Einstieg“ in die Mikrocontroller-Programmierung im Unterricht möglichst keine Vorkenntnisse im Bereich der elementaren Elektronik vorausgesetzt werden *müssen*. Gleichwohl können Kenntnisse natürlich auch bezogen auf diesen Bereich erworben werden, z. B. Strom (Gleichstrom, Wechselstrom), Spannung, Stromstärke, Widerstand, Ohm'sches Gesetz, LED, Farbmodelle – RGB), wenn das gewünscht ist.

4 Alternative Wege

Im Projektzeitraum boomte das Angebot an Einplatinencomputern und Anregungen für den Einsatz im Hobbybereich, aber auch für den unterrichtlichen Einsatz im elementaren, aber auch im fortgeschrittenen Bereich. Das in diesem Beitrag vorgestellte Projekt ist einer von vielen möglichen Wegen zur Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern. Abschließend soll daher auf alternative Wege hingewiesen werden.

Auf der Plattform tinkercad.com können Schaltungen zu Bauteilen und Sensoren virtuell erstellt werden, die Sketche in der Entwicklungsumgebung IDE des Arduino programmiert und in der Simulation getestet werden. Anschließend können die Schaltungen mit realen Bauteilen nachgebaut und die Sketche auf den Arduino übertragen werden.

Da durch die Corona-Pandemie für einige Wochen kein Präsenzunterricht stattfinden konnte, erhielten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, die

Schaltungen der jeweiligen Materialien auf tinkercad.com nachzubauen und anschließend den entsprechenden Programmcode zu erstellen.

Dazu wurde auf tinkercad.com eine Klasse angelegt und jedem Lernenden ein Benutzername zugeordnet. Über diesen Benutzernamen konnte der Fortschritt individuell festgestellt werden.

Die Materialien erwiesen sich auch unter den besonderen Herausforderungen des Distanzunterrichts als geeignet.

Sehr motivierend für einen Einstieg in die Beschäftigung mit Mikrocontrollern erweisen sich mBots. Das sind kostengünstige Roboter, die in vielen Ländern bereits erfolgreich in Schulen eingesetzt werden. Die Programmierung ist sowohl in der Arduino IDE möglich als auch mit einem Drag-and-Drop-Programmierwerkzeug, das auf Scratch 2.0 basiert.

Seit Beginn des Projekts ist das Angebot an Einplatinencomputern deutlich gewachsen. Systeme wie der Calliope mini sind bereits in der Primarstufe erfolgreich einsetzbar. Es steht zu erwarten, dass im Wahlpflichtunterricht der Jahrgangsstufen 9 und 10 zukünftige Schülerinnen und Schüler bereits Vorkenntnisse in der Programmierung von Mikrocontrollern mitbringen werden und dann ein „sanfter Einstieg“ nicht mehr erforderlich ist. Gut, dass der Arduino hier eine Fülle von Möglichkeiten für eine vertiefte Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern und deren Programmierung bietet.

Weitere Anregungen für die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Mikrocontrollern findet man auch in der Linksammlung zum Thema „Helfer in Alltag und Arbeitswelt UV 9.2 – Wie werden Computer mit Hilfe von Sensoren und Aktoren selbständig?“⁵

Literatur

- Abshagen, M. (2015). *Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik*. Stuttgart: Klett.
- Brüning, L. & Saum, T. (2007). *Erfolgreich unterrichten durch Visualisieren*. Essen: NDS.
- Frey, K. (2012). *Die Projektmethode. Der Weg zum bildenden Tun*. Weinheim: Beltz.
- Hartmann, W., Näf, M. & Reichert, R. (2007). *Informatikunterricht planen und durchführen*. Heidelberg: Springer.
- Klafki, W. (1991). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (2. Aufl.). Basel/Weinheim: Beltz, S. 270 ff.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015). *Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen, Wahlpflichtunterricht Informatik* (Heft 33191). Düsseldorf.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2015). *Kernlehrplan für die Gesamtschule/Sekundarschule in Nordrhein-Westfalen, Wahlpflichtunterricht Informatik* (Heft 31221). Düsseldorf.
- Müller J. & Koerber, B. (2016). Editorial. *LOG IN*, 36 (185/186), 3.

5 Das Unterrichtsvorhaben wurde im Lehrplannavigator Gesamtschule/Realschule zum schulinternen Lehrplan WP Informatik veröffentlicht <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i>. Das Material kann über die Kategorie „Hinweise und Beispiele“ oder direkt über die Materialdatenbank der QUA-LiS abgerufen werden: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5213> [09.09.2020].