



**IMST – Innovationen machen Schulen Top**

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

# **Mikrocontroller-Programmierung einer modularen Roboter-Plattform im Werkstättenlabor**

ID 1741

**Florian Stampfer**

**Martin Huber**

**Institut für Fachdidaktik, Universität Innsbruck**

**Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Innsbruck, Anichstraße**

Innsbruck, Juli, 2016

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABSTRACT</b>	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>4</b>
<b>2 ZIELE</b>	<b>6</b>
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene	6
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene	6
2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen	7
<b>3 DURCHFÜHRUNG</b>	<b>8</b>
3.1 Planung	8
3.2 Ablauf des Unterrichts	8
3.3 Ablauf der Verbreitungsaktivitäten	10
<b>4 EVALUATIONSMETHODEN</b>	<b>11</b>
<b>5 ERGEBNISSE</b>	<b>12</b>
5.1 Ergebnisse aus Fragebogen	12
5.2 Ergebnisse zu Ziele auf SchülerInnenebene	14
5.3 Ergebnisse zu Ziele auf LehrerInnenebene	15
<b>6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK</b>	<b>16</b>
6.1 Praktische Umsetzung	16
6.2 Arbeitsweisen	16
6.3 Gender und Diversität	16
<b>7 LITERATUR</b>	<b>18</b>
<b>8 ANHANG</b>	<b>19</b>
A.1 Fragebogen	19
A.2 Anforderungen Werkstättenbericht	20
A.3 Unterlagen zu den Arbeitsaufträgen	25

## **ABSTRACT**

*Im Projekt „Mikrocontroller-Programmierung einer modularen Roboter-Plattform im Werkstättenlabor“ wurde ein Aufgabenzyklus im Bereich Robotik für die 4. Klasse des HTL-Ausbildungszweigs Wirtschaftsinformatik entwickelt. Die SchülerInnen bearbeiten dabei jeweils in Gruppen Teilprojekte. In den Teilprojekten wird ein Roboter-Auto sukzessive mit unterschiedlichen Komponenten ausgestattet, wie z. B. Ultraschallsensor zur Kollisionsvermeidung oder ein Infrarot-Sensor bzw. Bluetooth-Modul zur Fernsteuerung. Laborberichte mit Beispielprogrammen sind auf einer Website für alle SchülerInnen zugänglich und präsentieren zudem die Ergebnisse der Projektklassen. Zur Evaluierung des Projekts wurde die intrinsische Motivation der SchülerInnen im Werkstättenlabor pro Gruppe zu zwei Zeiten gemessen. Die Ergebnisse lassen eine hohe und nicht nur kurzfristige intrinsische Motivation der SchülerInnen vermuten.*

Schulstufe:	12
Fächer:	Werkstätte und Produktionstechnik
Kontaktperson:	Florian Stampfer
Kontaktadresse:	Innrain 52, 6020 Innsbruck
Zahl der beteiligten Klassen:	2
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	43

### ***Urheberrechtserklärung***

*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.*

# 1 EINLEITUNG

Aufgrund einer Lehrplanänderung des HTL-Ausbildungszweiges Wirtschaftsinformatik mit Inkraftsetzung im Schuljahr 2012/13 war es notwendig im Schuljahr 2015/16 die Pflichtgegenstände der 4. Klasse neu zu planen. Den Bereichen *Embedded Systems* und *Automatisierungstechnik* werden im neuen Lehrplan sowohl im Theorieunterricht als auch im Werkstättenbereich deutlich mehr Bedeutung zugemessen als in den vorangehenden Lehrplänen. Wir nutzen diese Situation für den Pflichtgegenstand *Werkstätte und Produktionstechnik* im Bereich *Automatisierungstechnik*. Am Beginn des Projekts wurde dann eine neue, in diesem Pflichtgegenstand aber wortidentische Version des Lehrplans verordnet (BMBF (Bundesministerium für Bildung und Frauen) 2015, S. 31).

Aus fachdidaktischer Sicht lässt sich ein zeitgemäßer *Embedded Systems*-Unterricht mit vier Schlagworten umreißen *thematic, functional, exemplification* and *interactive* (Grimheden und Törngren 2005, S. 645). Ein Unterrichtsgegenstand, in dem Kompetenzen im Bereich *Embedded Systems* erworben werden, sollte folglich

- aufzeigen, dass *Embedded Systems* kein klar abgegrenztes Gebiet ist, sondern sich themenbasiert weiterentwickelt,
- handlungsorientiert sein und den SchülerInnen Fertigkeiten zur Bewältigung von Problemstellung mitgeben,
- exemplarisch aufgebaut sein und nicht versuchen eine Darstellung des gesamten Stoffgebietes zu geben,
- interaktiv und SchülerInnen-zentriert unterrichtet werden.

Diese Empfehlungen gaben den Rahmen unserer Projektplanung vor. Für die konkrete Umsetzung war es notwendig sich für eine bestimmte Mikrocontroller-Plattform zu entscheiden. Da die SchülerInnen bereits in der 3. Klasse Erfahrung mit der Plattform ARDUINO<sup>1</sup> sammeln konnten, fiel die Wahl auf diese. Jamieson (2011) beschreibt ausführlich die Möglichkeiten und Vorteile der Arduino-Plattform für einen *Embedded Systems*-Kurs an einer Hochschule. Er illustriert insbesondere die Popularität der Arduino-Plattform in den letzten Jahren, die sich in einer regen und hilfsbereiten Community sowie einer Vielzahl an frei verfügbaren Programm-Bibliotheken zeigen. Allerdings lässt die ausschließliche Verwendung der Arduino-Plattform zwei wichtige Elemente eines *Embedded Systems*-Unterricht aus Sicht von Jamieson (ebd.) unberücksichtigt, nämlich *Echtzeitbetriebssysteme* und die *parallele Entwicklung von Soft- und Hardware* (ebd., p. 5). Beide – aber insbesondere letzteres – lassen sich sehr gut in einem Robotik-Unterricht behandeln. Da der Mikrocontroller der Arduino-Plattform (Kosten ca. 20€) auch in einer kleineren Version (Kosten ca. 10€) vorliegt, ist der Einsatz in kleineren Robotern möglich ohne dabei die Soft- und Hardware ändern zu müssen.

Zur Förderung der inhaltlichen Kompetenzen planten wir daher im Werkstättenlabor ein Robotik-Projekt. Dazu wählten wir ein kleines, ca. 20 cm langes Roboter-Auto (siehe Abbildung 1) aus, das dann im Laufe des Projekts mit unterschiedlichen Komponenten ausgestattet und auf verschiedene Weisen gesteuert werden sollte.

---

<sup>1</sup>[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

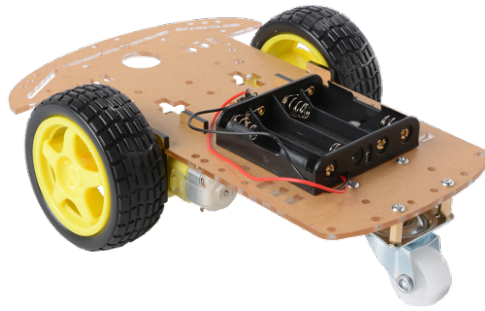


Abb. 1: Verwendetes Roboter-Auto

Da wir allerdings auch die prozessbezogenen Kompetenzen der SchülerInnen fördern wollten, wählten wir einen speziellen Ablauf des Werkstättenlabors und eine Unterteilung in Teilprojekte aus. Unsere Idee bestand darin, dass die SchülerInnen gemeinsam am gesamten Roboter-Projekt arbeiten sollten, selbst aber jeweils nur ein Teilprojekt ausführten. Dies sollte die SchülerInnen zusätzlich auf die größere Projektarbeit im Rahmen der Diplomarbeit vorbereiten. Zugleich konnten die theoretischen Inhalte des Projektmanagements praktisch erfahren werden. Um einen reibungslosen Übergang zwischen den Teilprojekten zu garantieren, planten wir kurze, nach vorgegebenen Anforderungskriterien verfasste Berichte inklusive Programm-Codes, die dann auf einer gemeinsamen Website publiziert wurden. Dies sollte einerseits eine gesamte Dokumentation des Roboter-Projekts garantieren und andererseits den nachfolgenden Teilprojekten als Ausgangspunkt dienen.

## 2 ZIELE

Unsere Entwicklung eines Aufgabenzyklus im Bereich Robotik verfolgte Ziele auf unterschiedlichen Ebenen. Unser Fokus lag auf der Verschränkung von theoretischen Inhalten und der technisch-praktischen Umsetzung. Es folgt eine stichwortartige Darstellung der Ziele auf den einzelnen Ebenen gemäß des Projektantrags.

### 2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Die SchülerInnen ...

- erkennen den direkten Zusammenhang zwischen theoretischen Inhalten (aus Mathematik, Informatik/Programmieren und Embedded Software) und der technisch-praktischen Umsetzung mittels Arduino (Mikrocontroller- Plattform) und einer Roboter-Plattform.
- erhalten einen realistischen Einblick in die organisatorischen Abläufe eines Projekts (Vorbereitung auf Diplomarbeit und Berufspraxis).
- bringen ihr Wissen aus dem Theorieunterricht ein, um konkrete Aufgabenstellungen aus dem Bereich Robotik zu behandeln.
- modellieren die Aufgabenstellung und setzen die erarbeiteten Ideen hardware- und softwaremäßig um.
- durchlaufen in einem überschaubaren zeitlichen Rahmen alle Phasen des Projektmanagements von der Konzepterstellung über die Umsetzung bis hin zur Dokumentation.

Die Aktivitäten und Maßnahmen im Rahmen des Projekts sollen gezielt folgende Kompetenzen der SchülerInnen fördern:

- Herangehensweise an komplexere Aufgabenstellung (Lösungskompetenz)
- Reflexion über theoretische Inhalte und Umsetzung in der Praxis
- Kompetenz des Selbst- und Zeitmanagements sowie Projektmanagements

### 2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Die persönliche Prioritätensetzung der Lehrperson bezüglich Leistungsanforderung, SchülerInnenmotivation und Unterrichtsgestaltung soll aufgrund der laufenden Evaluierung einer kritischen Überprüfung unterzogen und gegebenenfalls ergebnisorientiert angepasst werden. Dadurch sollen die Förderung von projektbezogenen Arbeitsweisen bei den SchülerInnen und Coaching-Maßnahmen in das Handlungsrepertoire der Lehrperson Einzug finden.

Die Aktivitäten und Maßnahmen im Rahmen des Projekts sollen gezielt folgende Kompetenzen der Lehrperson fördern:

- Erweiterung der fachlichen Kompetenz im Umgang mit Peripheriekomponenten von Mikrocontrollern
- Förderung der Beurteilungskompetenz im schülerInnenzentrierten Unterricht

- Kompetenz bei der Evaluierung von zyklischen Aufgabenweiterentwicklungen

## 2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen

Die geplanten Verbreitungsaktivitäten waren:

**Lokal/Regional/National:** Präsentation der Evaluierungen auf nationalen Tagungen bzw. Veranstaltungen wie Inquiry-Day, Aktionstage der Jungen Uni, o.Ä.

**Überregional:** Die SchülerInnen präsentieren ihre Ergebnisse (Aufgabenbeschreibung, Projektplanung, Gantt-Chart, Schaltpläne, Stücklisten, Foto- und Video-Dokumentation etc.) über eine entsprechend gestaltete Website.

### 3 DURCHFÜHRUNG

#### 3.1 Planung

Die ersten Vorbereitungen für das Werkstättenlabor begannen bereits im Juli mit der Grobplanung der einzelnen Teilprojekte und Auswahl geeigneter Komponenten. Im August wurde dann die Planung des ersten Teilprojekts abgeschlossen, nachdem dessen Umsetzbarkeit garantiert war. Die weiteren Teilprojekte wurde parallel zur Bearbeitung des ersten Teilprojekts erstellt.

Aufgrund einer kurzfristigen Kürzung der Arbeitsstunden durch das Ministerium im September 2015, musste die Anzahl der SchülerInnen pro Gruppe von 8 auf 10–11 erhöht werden und gleichzeitig die geplante Arbeitszeit pro Gruppe in etwa halbiert werden. Dies erklärt die Abweichungen von der im Projektantrag angegebenen Planung in Hinblick auf Dauer und Gruppengröße.

Eine schematische Darstellung der Planung ist in Abbildung 2 zu sehen. Inhaltliche Details folgen im nächsten Abschnitt.

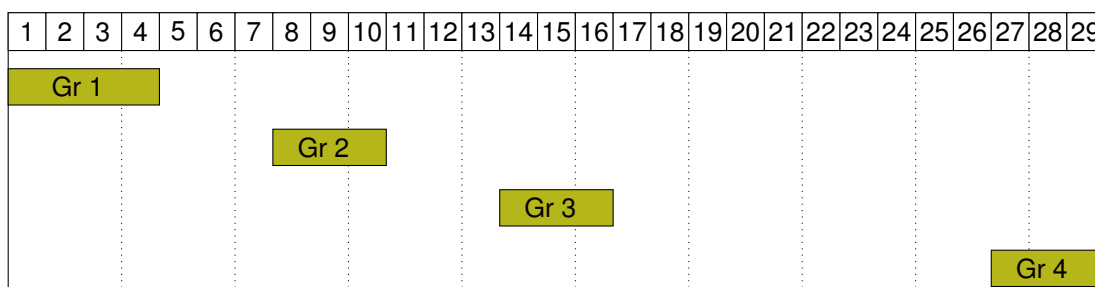


Abb. 2: Einteilung der Gruppen pro Schulwoche

#### 3.2 Ablauf des Unterrichts

Die SchülerInnen der beiden teilnehmenden Klassen (4a und 4b) wurden im Rahmen des Werkstättenlabors in vier Gruppen zu 10–11 SchülerInnen eingeteilt. Jede dieser vier Gruppen arbeitete an 2–4 Nachmittagen für jeweils 4 Schulstunden an ihrem Teilprojekt. In jedem Teilprojekt wurden die Gruppen in Zweier- und Dreier-teams unterteilt, die alle dieselben Arbeitsaufträge bearbeiteten.

Tabelle 1 zeigt die inhaltliche Beschreibung der einzelnen Nachmittagseinheiten. Der übliche Ablauf einer Nachmittagseinheit bestand in einer kurzen theoretischen Erläuterung zur grundsätzlichen Funktionsweise einer neuen Komponente mit Verweis auf das handelsübliche, meist in Englisch verfasste Datenblatt. In Anhang A.3 sind Unterlagen (in Kooperation mit Herwig Drexel erstellt) zu einigen Komponenten zu finden. Dann wurde den SchülerInnen der Arbeitsauftrag für die Einheit diktiert und anschließend arbeiteten die SchülerInnen in Zweier- und Dreier-teams an der Aufgabenstellung. Da alle benötigten Unterlagen den SchülerInnen zur Verfügung standen, konnten sie meist eigenständig den Arbeitsauftrag bearbeiten. Die Lehrperson und der Projektpartner unterstützten bei Bedarf, traten allerdings deutlich in den Hintergrund. Am Ende eines Teilprojekts verfasste jedes Team einen klar strukturierten Bericht,



<b>Gruppe</b>	<b>Einheit</b>	<b>Inhalt</b>
1	1.1	einfach Abstandsmessung mit Ultraschallsensor
1	1.2	Kombination Ultraschallsensor mit Servomotor und grafische Darstellung der Abstandsmessung
1	1.3	Bewegung eines Rades mit Lichtschranke detektieren
1	1.4	einzelne Motoren des Roboter-Autos mit Motortreiber ansteuern
2	2.1	Auslesen des Infrarot-Signals einer Infrarot-Fernbedienung mittels eines Infrarot-Sensors, Steuerung des Motortreibers mit der Infrarot-Fernbedienung (vorwärts, rückwärts)
2	2.2	entfiel
2	2.3	Erweiterung der Infrarot-Fernbedienung: drei weitere Knöpfe für unterschiedliche Geschwindigkeiten, Ultraschallsensor zur Kollisionsvermeidung im Infrarot-Modus
3	3.1	Funktionsweise per Infrarotsignal durch Bluetoothsignal ersetzen
3	3.2	Smart-Phone-App zur Steuerung des Roboter-Autos via Bluetooth (Kippen um zu lenken)
3	3.3	Ultraschallsensor mit Servomotor zur Kollisionsvermeidung im Bluetooth-Modus
4	4.1	entfiel
4	4.2	OLED Display zur Anzeige von Kennzahlen
4	4.3	Einsatz von Helligkeitssensoren zur Realisierung eines Linienerfolgers

Tab. 1: Ablauf des Unterrichts

der anschließend auf der Projekt-Website publiziert wurde. Zur Dokumentation der Ergebnisse wurde insbesondere der Programm-Code bereitgestellt und Videoclips zur Funktionsweise der verwendeten Komponenten aufgenommen und im Bericht verlinkt. Eine genaue Beschreibung der Qualitätsanforderungen (in Kooperation mit Herwig Drexel erstellt) für die Berichte ist im Anhang A.2 zu finden.

Zur Leistungsfeststellung wurde die Mitarbeit während der Arbeitsphasen und die Berichte herangezogen. Zusätzlich wurde in der jeweils zweiten Nachmittagseinheit eine Stundenwiederholung zu den theoretischen Inhalten der jeweils ersten Einheit durchgeführt.

In den Abbildungen 3 und 4 sind die Vorarbeiten zur Abstandsmessung mit dem einem Ultraschallsensor und die Fahrt des Roboter-Autos im Modus Linienerfolger zu sehen.

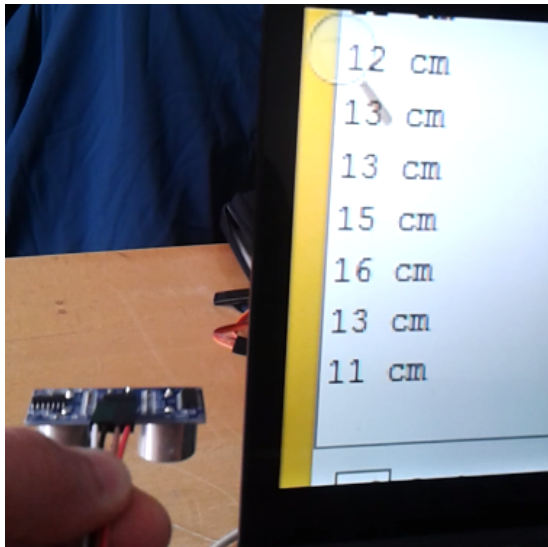


Abb. 3: Messung mit Ultraschallsensor

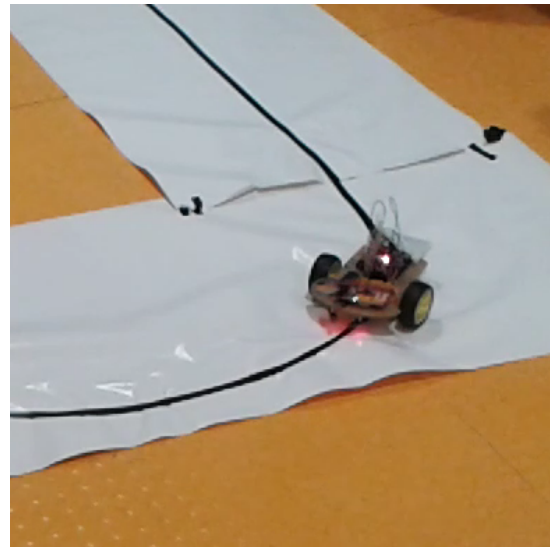


Abb. 4: Realisierung eines Linienfolgers

### 3.3 Ablauf der Verbreitungsaktivitäten

Für die laufende Dokumentation, aber auch zur Präsentation der einzelnen Teilprojekte war eine eigene Website geplant. Die erste Gruppe präsentierte ihre Ergebnisse laufend, das heißt am Ende jeder Einheit auf der Website <https://roboerlab.wordpress.com/>, doch da der Zeitaufwand für die Eingabe der Berichte in WORDPRESS unerwartet groß war, beschlossen wir einen Wechsel nach GOOGLE SITES <https://sites.google.com/site/laborathtlinn/> und dass jedes Team nur noch einen Bericht am Ende ihres Teilprojekts verfasst.

Nach den ersten vielversprechenden Evaluierungsergebnissen, gelang uns eine erfolgreiche Einreichung bei der fünften Auflage der internationalen Konferenz *New Perspectives in Science Education*. Wir konnten unser Projekt am 17. März 2016 in Florenz einem internationalen Fachpublikum präsentieren und unsere Forschungsergebnisse zur intrinsischen Motivation der SchülerInnen im Verlauf unseres Projektes erschien als Artikel in den Conference Proceedings, siehe (Stampfer und Huber 2016).

## 4 EVALUATIONSMETHODEN

Das übergeordnete Ziel unseres Projekts war es, das neu konzipierte Werkstättenlabor in Hinblick auf die intrinsische Motivation der SchülerInnen zu evaluieren. Sowohl die Inhalte als auch die Gliederung der Inhalte in Teilprojekte waren für die SchülerInnen und die Lehrperson neu. Eine Evaluierung der geplanten Ziele fand nur im Rahmen des übergeordneten Ziels statt.

Motivation ist ein hypothetisches Konstrukt, das dazu verwendet wird Richtung, Ausdauer und Intensität von Lernverhalten zu beschreiben wobei in der Forschung zwischen mehreren Lern-motivationstheorien unterschieden wird (Urhahne 2008, S. 150). Eine von diesen ist die intrinsische Motivation. Sie „bezeichnet die Absicht oder den Wunsch, eine Handlung um ihrer selbst willen durchzuführen, weil sie als interessant, spannend oder in sich befriedigend erlebt wird“ (Schiefele und Streblow 2005). Motivation – und damit insbesondere intrinsische Motivation – lässt sich nicht direkt beobachten, sondern nur aus den Handlungen oder Aussagen von Personen erschließen Schunk, Meece und Pintrich (2013). In der quantitativen Forschung sind viele Messinstrumente für intrinsische Motivation bekannt, darunter der von Deci und Ryan (2003) entwickelte INTRINSIC MOTIVATION INVENTORY (IMI). Dieses Messinstrument war allerdings für die Evaluierung unseres Werkstättenunterrichts unhandlich. Wilde, Bätz, Kovaleva und Urhahne (2009) haben eine verkürzte Variante (Kurzskala intrinsischer Motivation KIM) des IMI entwickelt und validiert, um bei außerschulischem Lernen die intrinsischen Motivation zu erheben. KIM misst die vier Faktoren *Interesse/Vergnügen*, *wahrgenommene Kompetenz*, *wahrgenommene Wahlfreiheit* und *Druck/Anspannung* mit jeweils drei Items. Die Autoren erwähnen explizit, dass KIM auch im schulischen Bereich, z. B. in offenen, handlungsorientierten Unterrichtssituationen, als wertvolles Erhebungsinstrument dienen kann (ebd., S. 42). Der von uns angepasste und eingesetzte Fragebogen ist im Anhang A.1 abgedruckt, dabei sind die Fragen wie folgt den Faktoren zugeordnet:

Fragen	Faktor
q1–q3	Interesse/Vergnügen
q4–q6	wahrgenommene Kompetenz
q7–q9	wahrgenommene Wahlfreiheit
q10–q12	Druck/Anspannung

Tab. 2: Fragen pro Faktor

	Gr 1	Gr 2	Gr 3	Gr 4
Erh. 1	10 (9)	9 (9)	10 (9)	10 (8)
Erh. 2	10 (9)	10 (9)	10 (9)	8 (8)

Tab. 3: Daten der Erhebung

Zur Berechnung der Bewertung pro Faktor wurden, wie in ebd., die Summe der zugehörigen Items berechnet. Die einzelnen Items wurden über eine fünfstufige Likert-Skala erfasst, daher ist der mögliche Wertebereich pro Faktor 0 bis 12.

Für die Erhebung der intrinsischen Motivation wurde jede Gruppe nach der Absolvierung der letzten Werkstätteneinheit mittels Fragebogen befragt und dann noch ein zweites Mal im Abstand von rund 4 Wochen. In Tabelle 3 sind die Daten der Erhebung festgehalten; in Klammer die Anzahl der bei beiden Erhebungstermine gültigen und vollständig ausgefüllten Fragebögen.

## 5 ERGEBNISSE

Bevor wir auf das Erreichen einzelner Ziele auf SchülerInnen- und LehrerInneneben eingehen, präsentieren wir kurz die Ergebnisse zur Fragebogenerhebung (vgl. Abschnitt 4).

### 5.1 Ergebnisse aus Fragebogen

In Tabelle 4 und 5 sind einige statistische Kennzahlen für die einzelnen Faktoren der insgesamt 8 Messzeitpunkte aufgelistet.

	Interesse (1)	Kompetenz (1)	Wahlfreiheit (1)	Druck (1)
Median	11.00	10.00	9.00	3.00
Mittelwert	10.37	9.40	8.60	3.00
Std-Abweichung	2.02	1.97	2.19	2.20
Minimum	3.00	5.00	2.00	0.00
Maximum	12.00	12.00	12.00	7.00
Cronbach Alpha	0.88	0.79	0.71	0.39

Tab. 4: Skalenkennwerte der Kurzskala intrinsischer Motivation bei der Erhebung 1

	Interesse (2)	Kompetenz (2)	Wahlfreiheit (2)	Druck (2)
Median	10.00	9.00	9.00	4.00
Mittelwert	10.29	9.11	8.09	3.34
Std-Abweichung	1.58	1.95	2.33	2.48
Minimum	7.00	6.00	3.00	0.00
Maximum	12.00	12.00	12.00	10.00
Cronbach Alpha	0.77	0.82	0.85	0.74

Tab. 5: Skalenkennwerte der Kurzskala intrinsischer Motivation bei der Erhebung 2

Eine grafische Darstellung in Form von Boxplots ist in Abbildung 5 zu sehen.

Die drei positiven Faktoren intrinsischer Motivation (*Interesse/Vergnügen, wahrgenommene Kompetenz, wahrgenommene Wahlfreiheit*) erhalten bei beiden Erhebungen sehr hohe Bewertungen: jeweils bei min. 50% der Stichprobe größer gleich 9. Der negative Faktor (*Druck/Anspannung*) wird hingegen niedrig bewertet: bei min. 50% der Stichprobe kleiner gleich 4.

Für die Quantifizierung der internen Konsistenz wurde Cronbach's  $\alpha$  für jeden Faktor berechnet. Mit Ausnahme von Druck (1) ist  $\alpha > 70\%$  und liegt damit im akzeptablen Bereich.

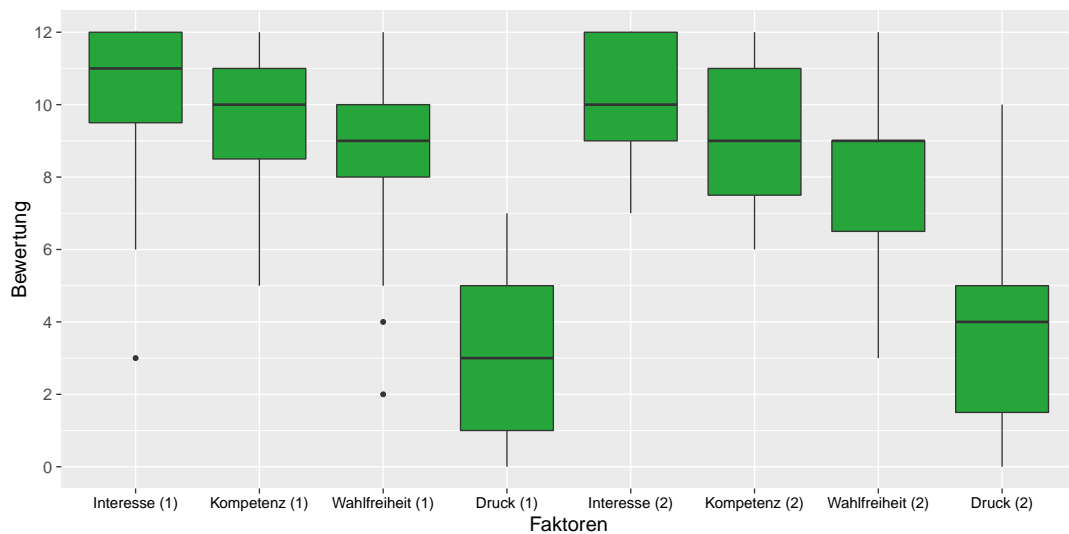


Abb. 5: Boxplot der einzelnen Faktoren für beide Erhebungen aller SchülerInnen

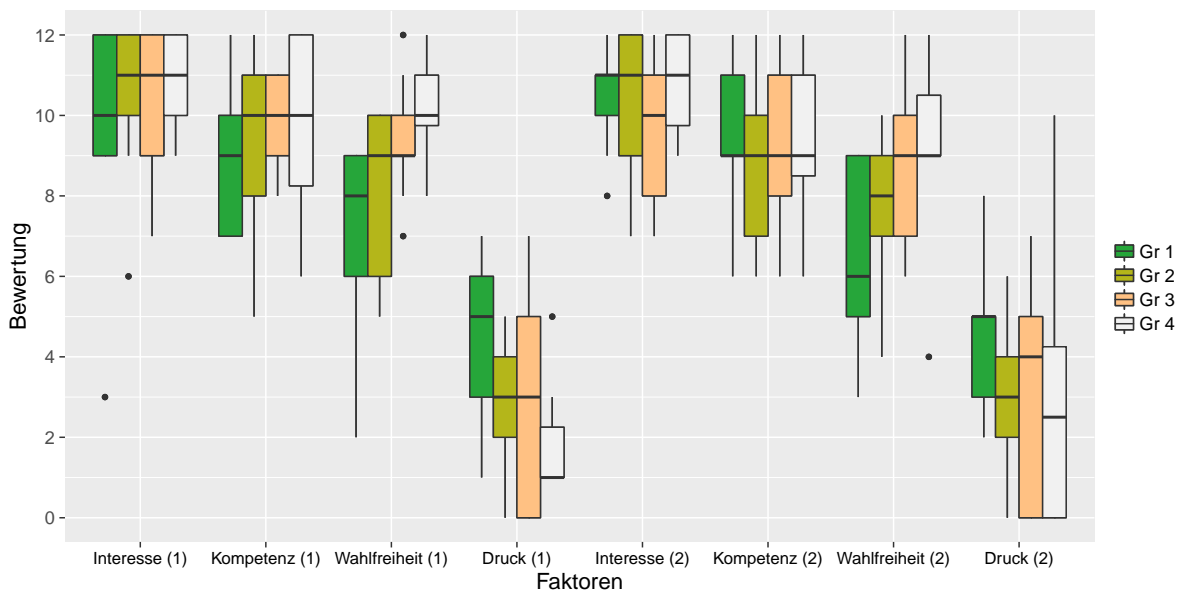


Abb. 6: Boxplot der einzelnen Faktoren für beide Erhebungen pro Gruppe

Abbildung 6 gibt einen grafischen Überblick über die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen in jedem Faktor für beide Erhebungen. Bei den Faktoren *Interesse/Vergnügen* und *wahrgenommene Kompetenz* gibt es bei beiden Erhebungen keine Unterschiede zwischen den Gruppen, allerdings wird dabei die *wahrgenommene Kompetenz* etwas niedriger bewertet. In den Faktoren *wahrgenommene Wahlfreiheit* und *Druck/Anspannung* unterscheiden sich die drei Gruppen: Bei *wahrgenommene Wahlfreiheit* vergibt Gruppe 1 die niedrigste Bewertung und Gruppe 4 die höchste, bei *Druck/Anspannung* genau umgekehrt (negativer Faktor).

Um die Bewertung bei der ersten und zweiten Erhebung pro Schüler/in vergleichen zu können, wurden die Fragebögen so kodiert, dass eine gepaarte Stichprobe vorliegt, diese Zusatzinformation lässt sich durch einen Boxplot der Differenz aus erster und zweiter Erhebung darstellen (siehe Abbildung 7). Man erkennt, dass die Mediane zwar nahe bei Null liegen, es aber auch SchülerInnen (Ausreißer) gibt, bei denen die Bewertung um mehr als 3 Zähler abnehmen.

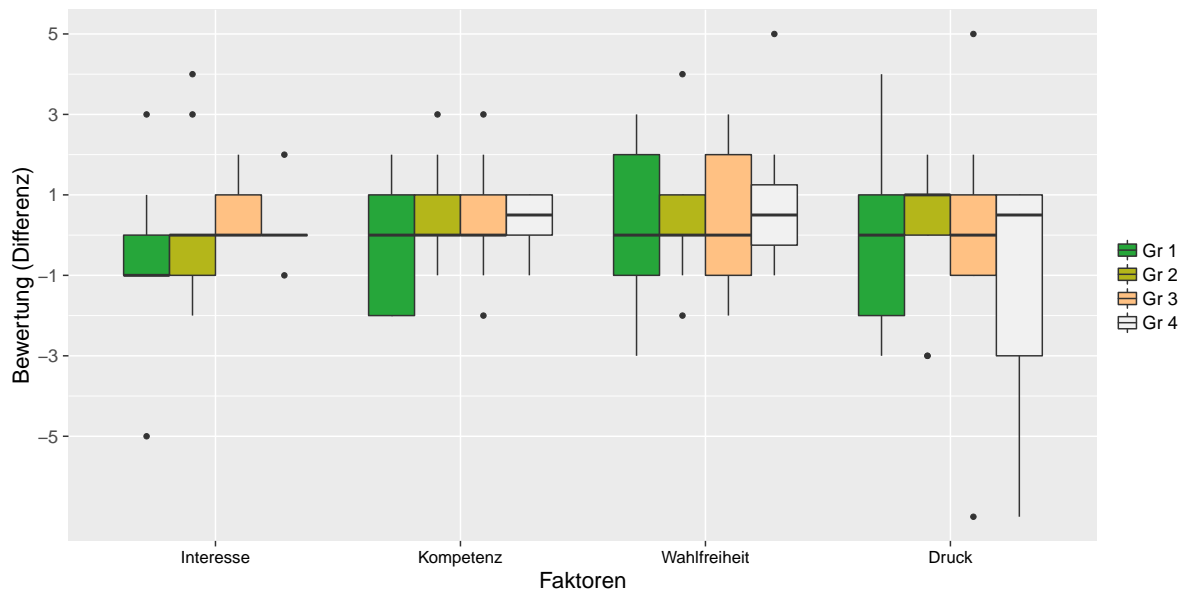


Abb. 7: Boxplot der einzelnen Faktoren für die Differenz aus Erhebung 1 und 2

In Abbildung 8 sind die Bewertungen der Gruppen 1–3, die alle im ersten Semester abgehalten wurde, pro Klasse mit 12 (4a) und 15 (4b) SchülerInnen. Gruppe 4 wurde hier ausgespart, da diese erst am Ende des Semesters ihr Teilprojekt behandelten. In Erhebung 1 erkennt man leichte Unterschiede zwischen den beiden Klassen, insbesondere beim negativen Faktor *Druck/Anspannung*. Hier lässt sich mittels eines Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests ein signifikanter Unterschied feststellen ( $p < 0.048$ ).

## 5.2 Ergebnisse zu Ziele auf SchülerInnenebene

Die Planung des Werkstättenlabors war so gestaltet, dass die SchülerInnen mehrere Phasen eines größeren Projektes durchlaufen mussten, insbesondere die Dokumentation ihrer Ergebnisse für das anschließende Teilprojekt. Die Aufgabenstellung forderte die technische und praktische Umsetzung am Beispiel einer Roboter-Plattform explizit ein, dabei mussten die SchülerInnen auf ihre Programmierkenntnisse und Inhalte aus dem Unterrichtsfach *Netzwerke und Embedded Software* zurückgreifen.

Die Auswertung der Fragebögen (siehe Abschnitt 5.1) belegen, dass das gesamte Werkstättenlabor eine Lernumgebung schuf, bei der die SchülerInnen intrinsisch motiviert waren. Zusätzlich bestätigten dies die Beobachtungen durch die Lehrperson und den Projektkoordinator während des Unterrichts.

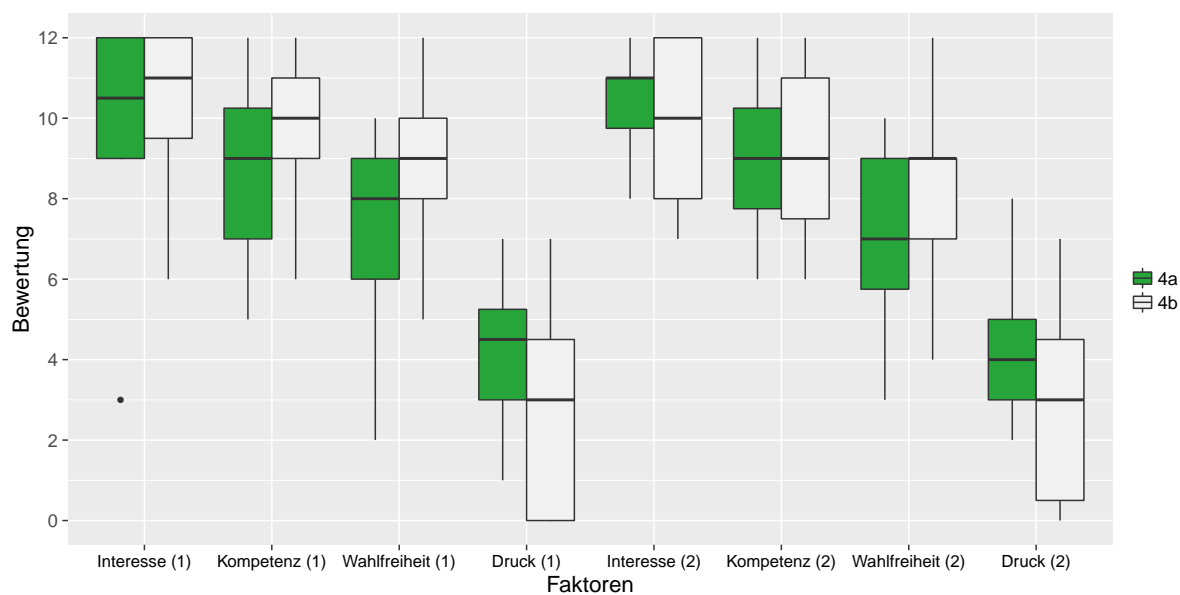


Abb. 8: Boxplot der einzelnen Faktoren für die beiden Klassen aus Erhebung 1 und 2

Das Verfassen eines Berichts nach speziellen Kriterien unterstützte die Reflexion über theoretische Inhalte und Umsetzung in der Praxis. Von einigen Gruppen wurde explizit eine Gegenüberstellung der veranschlagten Arbeitszeit und der tatsächlich benötigten verlangt, wie aus den SchülerInnenberichten hervorgeht.

### 5.3 Ergebnisse zu Ziele auf LehrerInnenebene

Die valide Messung der intrinsischen Motivation der SchülerInnen direkt nach der Absolvierung des Werkstättenlabors und mit 4 Wochen Abstand gibt der Lehrperson eine klare Rückmeldung in Hinblick auf die SchülerInnenmotivation aufgrund der Unterrichtsgestaltung. Die Durchführung des Werkstättenlabors in Teilprojekten ermöglichte insbesondere eine Anpassung der Leistungsanforderungen nach der ersten Gruppe, da der zeitliche Arbeitsaufwand der SchülerInnen sehr groß war.

Die intensive Auseinandersetzung mit der Roboter-Plattform und mit den unterschiedlichen Komponenten vor Beginn des Schuljahres und auch parallel zum Werkstättenlabor hat die fachliche Kompetenz im Umgang mit Peripheriekomponenten von Mikrocontrollern sehr stark gefördert.

## 6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Viele der geplanten Ziele konnten völlig oder zum größten Teil erreicht werden. Die Evaluierung aller einzelnen Ziele war in dieser ersten Durchführung allerdings nicht möglich, daher hatten wir uns auf eine Evaluierung des gesamten Projekts hinsichtlich der intrinsischen Motivation der SchülerInnen beschränkt.

### 6.1 Praktische Umsetzung

Die praktische Arbeit am Roboterauto hat den SchülerInnen sehr gefallen und teilweise deren Spieltrieb geweckt. Die Ergebnisse aus der Fragebogenauswertung lassen vermuten, dass das Werkstättenlabor das *Interesse/Vergnügen* der SchülerInnen längerfristig wecken konnte. Die *wahrgenommene Kompetenz* – am Ende stand ein klares Endergebnis da (fernsteuerbares Auto, selbstfahrende Linienfolger) – und auch die *wahrgenommene Wahlfreiheit* – die SchülerInnen konnten selbst über den Lösungsweg entscheiden – war bei allen SchülerInnen sehr hoch. Der *Druck/Anspannung* war bei der ersten Gruppe – mehrere Berichte – noch etwas höher, nahm dann aber, nach Anpassung der Leistungsforderungen, merklich ab. Die abgegebenen Laborberichte (abrufbar auf der Website) geben einen guten Überblick über die geleistete Arbeit.

Um in den nächsten Jahren eine Umsetzung auch in parallelen Kursen zu ermöglichen, wurden am Ende des Projekts ein weiterer Satz an Roboter-Autos angekauft. Da es einige Schwierigkeiten mit der Montage der Komponenten am Roboter-Auto gab, erforscht ein Schüler im Rahmen seiner Diplomarbeit unterschiedliche Montagesysteme. Die überzeugendste Variante kommt dann im nächsten Jahr zum Einsatz.

### 6.2 Arbeitsweisen

Die Arbeitsweise im Werkstättenlabor während der Arbeitsphasen war den meisten SchülerInnen aus ähnlichen Unterrichtsgegenständen bereits bekannt. Die Arbeit an einem Teilprojekt im Rahmen eines größeren Projekts war für viele neu. Die SchülerInnen mussten einerseits den Bericht des Vorgänger-Teilprojekts lesen bzw. nachvollziehen und andererseits einen schlüssigen Bericht für das Nachfolger-Teilprojekt verfassen. Es lagen zwar explizite Anforderungskriterien für die Berichte vor, doch die Umsetzung dieser war nicht immer vorhanden. Die direkte Arbeitserleichterung durch die Vorlage eines effektiven Berichts des Vorgänger-Teilprojekts wurde noch nicht zur vollen Zufriedenheit der Lehrperson und des Projektkoordinators erlebt. Sehr häufig wurden Teile erneut und damit doppelt erstellt. Diesbezüglich streben wir in einem neuen Projekt die Erstellung einer objektorientierten Software-Bibliothek für unsere modulare Roboter-Plattform an.

### 6.3 Gender und Diversität

Die Untersuchung der Motivation hat bei den ersten drei Gruppen in Hinblick auf die Klassenzugehörigkeit messbare Unterschiede ergeben (siehe Abbildung 8). Die SchülerInnen der Klasse



4a haben bei allen positiven Faktoren niedrigere Bewertungen und beim negativen Faktor eine höhere Bewertung vergeben. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die SchülerInnen in den vorangegangenen Jahren in den Unterrichtsfächern, die inhaltlich und methodisch für das Werkstättenlabor benötigt werden, von unterschiedlichen Lehrpersonen unterrichtet wurden. Dazu wäre es spannend sich im Detail, mittels SchülerInneninterviews, die (explizite) Anknüpfung an das Wissen aus dem vorhergehenden Theorieunterricht anzuschauen. Bereits bei der diesjährigen Durchführung war es notwendig, durch einen kurzen zusätzlichen Input am Beginn der Einheit, sicher zu stellen, dass die SchülerInnen der Klasse 4a den selben Kenntnisstand über bereits im letzten Jahr verwendete Komponenten hatten. Besonders bei Laboren, in denen von unterschiedlichen Lehrpersonen unterrichtete SchülerInnen gemeinsam arbeiten müssen, muss gewährleistet werden, dass keine Teilgruppe systematisch benachteiligt ist.

Im Rahmen der nächstjährigen Durchführung werden wir untersuchen, ob ein ähnlicher, systematischer Unterschied zwischen den zwei teilnehmenden Klassen feststellbar ist.

## 7 LITERATUR

- BMBF (BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FRAUEN) (2015). *Lehrplan der höheren Lehranstalt für Wirtschaftsingenieure – Betriebsinformatik*. URL: [https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=BgblAuth&Dokumentnummer=BGBLA\\_2015\\_II\\_262](https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=BgblAuth&Dokumentnummer=BGBLA_2015_II_262).
- DECI, Edward L. und Richard M. RYAN (2003). *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)*. URL: <http://www.selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/> (besucht am 18.01.2016).
- GRIMHEDEN, Martin und Martin TÖRNGREN (2005). "What is embedded systems and how should it be taught?—results from a didactic analysis". en. In: *ACM Transactions on Embedded Computing Systems* 4.3, S. 633–651. URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1086519.1086528> (besucht am 07.01.2016).
- JAMIESON, Peter (2011). "Arduino for Teaching Embedded Systems. Are Computer Scientists and Engineering Educators Missing the Boat?" In: *Proceedings of FECS '11*. Hrsg. von Hamid R. ARABNIA, Victor A. CLINCY und Leonidas DELIGIANNIDIS. Las Vegas, U S A. URL: <http://weblidi.info.unlp.edu.ar/worldcomp2011-mirror/FEC.htm>.
- SCHIEFELE, Ulrich und Lilian STREBLOW (2005). "Intrinsische Motivation - Theorie und Befunde". In: *Motivationspsychologie und ihre Anwendung. 1. Aufl.* Hrsg. von Regina VOLLMEYER, Joachim BRUNSTEIN, Bettina FRENZ, Stefan Hermann ENGESER und Brigitte LUND. Stuttgart: Kohlhammer, S. 39–58.
- SCHUNK, Dale H., Judith R. MEECE und Paul R. PINTRICH (2013). *Motivation in Education: Theory, Research, and Applications*. Englisch. Pearson New International Edition. Pearson Education Limited.
- STAMPFER, Florian und Martin HUBER (2016). "Intrinsic Motivation in a Sub-Project Designed Microcontroller Course for Technical Secondary Colleges". In: *Conference Proceeding. New Perspectives in Science Education*. 5, S. 191–196.
- URHAHNE, Detlef (2008). "Sieben Arten der Lernmotivation". In: *Psychologische Rundschau* 59.3, S. 150–166. URL: <http://econtent.hogrefe.com/doi/abs/10.1026/0033-3042.59.3.150> (besucht am 26.06.2016).
- WILDE, Matthias, Katrin BÄTZ, Anastassiya KOVALEVA und Detlef URHAHNE (2009). "Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM)". de. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15, S. 31–45.

# 8 ANHANG

## A.1 Fragebogen

### Fragebogen



Liebe Schülerinnen und Schüler,

wir bitten euch den folgenden Fragebogen auszufüllen. Bitte kreuzt bei jeder Aussage genau eine Antwort an.

Damit diese Fragebögen der ersten Durchführung zugeordnet werden können, tragt bitte folgendes Kürzel ein:

- die ersten zwei Buchstaben des Vornamens eurer Mutter (z.B. Ch für Christina)

- euer Geburtsdatum ohne Jahr (z.B. 0112 für 01.12.1999) 

--	--	--	--

 Tag      Monat

Herzlichen Dank für eure Unterstützung!

Klasse:  4AHWII       4BHWII

0 – stimmt gar nicht, 1 – stimmt wenig, 2 – stimmt teils-teils, 3 – stimmt ziemlich, 4 – stimmt völlig

	0	1	2	3	4
☞Die Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) war unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Mit meiner Leistung im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) bin ich zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Ich konnte die Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) selbst steuern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Bei der Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) fühlte ich mich unter Druck.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Ich fand die Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) sehr interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Ich glaube, ich war bei der Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) ziemlich gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Bei der Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) konnte ich so vorgehen, wie ich es wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Bei der Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) fühlte ich mich angespannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Die Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) hat mir Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Bei der Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) stellte ich mich geschickt an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Bei der Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) konnte ich wählen, wie ich es mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
☞Ich hatte Bedenken, ob ich die Tätigkeit im Werkstättenlabor (Robotor-Projekt) gut hinbekomme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## A.2 Anforderungen Werkstättenbericht

# Erstellen einer Projekt-Dokumentation

[Zielpublikum der Projekt-Dokumentation](#)

[Abgabe der Dokumentation als Google Doc](#)

[Schreibstil und äußere Form](#)

[Gliederung der Dokumentation in Kapitel](#)

[AutorInnen](#)

[Aufgabenstellung](#)

[Teile-Liste](#)

[Arbeitsaufwand](#)

[Arduino-Befehle und -Libraries](#)

[Erstellung der Hardware](#)

[Schaltpläne](#)

[Erstellung der Software](#)

[Beifügen von Fotos, Videos und sonstiger Dateien zum Artikel](#)



[gad!](#) / [Foter](#) / [CC BY-SA](#)

### Zielpublikum der Projekt-Dokumentation

Zielpublikum der Dokumentation sind LeserInnen auf dem Wissensstand der 3. Klasse HTL in den Bereichen

- Programmieren,
- Elektrotechnik / Elektronik,
- Grundkenntnisse der Arduino-Programmierung

Dieses Zielpublikum soll durch die Dokumentation in die Lage versetzt werden,

- einerseits aufbauend auf dem geschilderten Endergebnis (Hardware und Software) und der vorliegenden Dokumentation ohne weitere Einarbeitungszeit ein Nachfolgeprojekt starten zu können und
- andererseits aufgrund der vorliegenden Dokumentation alle Arbeitsschritte selbst nachzuvollziehen.

### Abgabe der Dokumentation als Google Doc

- Falls nicht ohnehin bereits vorhanden (z.Bsp. über Android Smartphone), ist ein Google-Konto anzulegen. Die weiteren Schritte werden durchgeführt, während die Anmeldung unter diesem Konto aktiv ist.
- Die Dokumentation ist in einem Google-Drive-Ordner zu erstellen, dessen Web-Adresse von dem/der ÜbungsleiterIn per Email mitgeteilt wird. Dazu einfach auf den Link im Email klicken und den Ordner, der sich dann öffnet, mittels entsprechendem Button "In Google Drive öffnen".
- In diesem Ordner ist ein Unterordner anzulegen, der mit "Projektbezeichnung Name1 Name2" benannt wird, also zum Beispiel "Ultraschallradar Müller Mair". Die im Folgenden geschilderten Dateien werden in diesem Unterordner abgelegt.
- Die Dokumentation ist in dem gerade angelegten Unterordner als Google Doc ("Neu - Google Doc") unter Verwendung der entsprechenden Formatvorlagen (Titel, Text,

Herwig Drexel, HTL Anichstraße

1

Überschriften) zu erstellen. Allfällige zur Dokumentation gehörige zip-Dateien sind im selben Ordner abzulegen.

- **Am besten speichert man sich eine Kopie des Google Doc ["Vorlage für Projekt-Dokumentationen"](#), in der bereits etliche der nachfolgenden Vorgaben umgesetzt sind.**
- Wenn die Dokumentation in einem anderen Format (zum Beispiel Word, Open Office) erstellt wird, ist diese in ein Google Doc umzuwandeln. Die nachfolgend beschriebenen Formatierungsschritte sind mit dem Google Doc durchzuführen.
- Das Google Doc mit der Dokumentation ist mit "Projektbezeichnung Name1 Name2" zu bezeichnen, also zum Beispiel "Ultraschallradar Müller Mair". Eine allfällige zugehörige zip-Datei erhält die gleiche Bezeichnung.
- Unmittelbar nach dem Titel ist ein Inhaltsverzeichnis einzufügen (*Einfügen / Inhaltsverzeichnis*). Das Inhaltsverzeichnis aktualisiert sich automatisch auf die Überschrifts-Formatvorlagen, die bei der Abfassung der Dokumentation zu verwenden sind.
- In der Fußzeile des Dokuments (*Einfügen / Fußzeile*) sind die Namen der Verfasser und eine Seitennummerierung (*Einfügen / Seitennummer*) einzufügen.
- Die Eigentümerschaft am Dokument an "HTL Anichstraße Labor" übertragen, indem man die Freigabe-Einstellungen des Dokuments auswählt, unter "Erweitert" das Drop-Down-Menü neben "HTL Anichstraße Labor" öffnet und "Eigentümer" auswählt.
- Auf die gleiche Weise wird die Eigentümerschaft am selbst angelegten Unterordner an "HTL Anichstraße Labor" übertragen.
- Neben der elektronischen Abgabe der Dokumentation ist auch eine Papierversion abzugeben.

#### Schreibstil und äußere Form

- Die Dokumentation ist so abzufassen, dass der zu schildernde Sachverhalt mit einfachen Sätzen und Formulierungen eindeutig beschrieben wird.
- Aus Gründen dieser Eindeutigkeit ist für ein und denselben Gegenstand immer die selbe Bezeichnung zu verwenden und die Verwendung von Synonymen ist möglichst zu vermeiden. Wenn dadurch Wortwiederholungen auftreten, stellt dies (anders als in einem Deutsch-Aufsatz) keinen stilistischen Mangel dar, sondern macht den Text besser verständlich.
- Formulierungen in der ersten Person ("Ich habe ... programmiert" bzw. "Wir haben ... gemessen") sind strikt zu vermeiden.
- Unnötige und selbstverständliche Formulierungen und Satzteile ("Das Programm wurde erstellt") sind zu vermeiden.
- Bilder sind in der Nähe jenes Absatzes einzufügen, an der sie erstmalig im Text erwähnt werden. Auf Youtube-Videos ist entsprechend zu verlinken.
- Grafiken sind vollständig zu beschriften (Achsenbeschriftung, dargestellte Größe incl. Einheit).
- Für Abbildungen, die aus dem Internet übernommen wurden, ist die Quelle anzugeben.
- Folgende Formulierungen sind zu vermeiden:  
dann soll noch die Temperatur gemessen werden..., wir sollten..., als erstes soll...

Aufgabe war es..., Aufgabenstellung war es... stattdessen  
es wurde die Temperatur bestimmt indem.... Im Labor sollen nicht Aufgaben erledigt  
werden sondern sie werden erledigt.

als zweites mussten wir..., dann musste noch..., als dritte Aufgabe musste...,  
darüber hinaus mussten...  
Wir machen die Laborarbeit doch gerne und nicht nur weil wir müssen.

Siehe dazu auch diese [Anleitung zum Erstellen eines Laborberichts](#) und diese [Anleitung zum Erstellen von Tabellen und Grafiken](#).

### Gliederung der Dokumentation in Kapitel

Die Dokumentation hat jedenfalls die nachfolgenden Kapitel zu beinhalten, sofern sie im Rahmen des Projekts relevant sind. Weitere Kapitel und Unterkapitel können eingefügt werden und sind insbesondere dann nötig, wenn zur Umsetzung des Projekts mehrere Teilschritte nötig sind. Nachträglich revidierte Teilschritte (etwa nachträglich verbesserte Programm- oder Hardware-Versionen) sind höchstens kurz zu besprechen, sollen aber keinesfalls so ausführlich beschrieben werden wie die endgültige Version. Im Google-Docs-Editor sind für die Gliederung die vordefinierten Absatzformate für Überschriften zu verwenden.

#### AutorInnen

Hier sind die AutorInnen des Artikels anzuführen und anzugeben, wer welchen Teil des Artikels verfasst hat. Ebenfalls anzugeben ist der prozentuelle Anteil an der Gesamtarbeit. Zum Beispiel:

Name1: Aufgabenstellung, Teile-Liste, Hardware (40%)  
Name2: Arbeitsaufwand, Arduino-Befehle, Software (60%)

#### Aufgabenstellung

- Das Endziel des Projekts wird beschrieben.
- Bei Abschluss des Projekts wird auf ein kurzes Video verlinkt, mit dem das Endergebnis der Arbeit demonstriert wird.
- Falls es sich um ein Folgeprojekt handelt, ist das vorhergehende Projekt anzuführen und auf die entsprechende Dokumentation zu verlinken.

#### Teile-Liste

- Die verwendeten Bauteile werden mit ihrer genauen Bezeichnung aufgelistet. Mit diesen Information muss es möglich sein, die Bauteile nachzubestellen.
- Ein Link zur Beschreibung des Bauteils (zum Beispiel zum Datenblatt bei elektronischen Bauteilen) wird eingefügt.
- Nach Möglichkeit wird auch ein Link zu einem einfachen Arduino-Beispielprogramm eingefügt, das die Ansteuerung des jeweiligen Bauteils für eine einfache Anwendung demonstriert. Falls das Beispiel-Programm bereits in der Arduino-IDE standardmäßig inkludiert ist, ist dies anzuführen.

#### Arbeitsaufwand

Für die einzelnen Arbeitsschritte ist der benötigte Arbeitsaufwand (in Stunden bzw. Minuten) anzugeben. Die Zeit für die Einführung und Erklärungen durch die Lehrperson ist dabei nicht zu berücksichtigen.

Hier ein Beispiel:

Tätigkeit	Dauer	Bemerkung
Ultraschall-Sensor: Grundlegende Funktionsweise und Programmierung	20 min	Problem mit defektem Sensor
Servo-Motor: Grundlegende Funktionsweise und Programmierung	15 min	problemlos
Provisorischer Aufbau der Hardware einschließlich Verkabelung	30 min	problemlos
Arduino-Programm für Entfernungsmessung einschließlich Kommunikation mit PC	1 Std.	
C# – Programm zur graphischen Darstellung	3 Std.	mit Geschwindigkeits-Optimierung
<b>Gesamtaufwand</b>	<b>5 Std</b>	

#### Arduino-Befehle und -Libraries

Angeführt werden hier

- besondere, im Projekt verwendete Arduino-Befehle. Nicht anzuführen sind "Standardbefehle" wie beispielsweise delay, analogRead, digitalWrite
- Arduino-Libraries, die mit "#include" in den Sourcecode eingefügt werden müssen

Sowohl für die Befehle als auch für die Libraries

- ist auf eine ausführliche Beschreibung zu verlinken
- ist in der Dokumentation eine Kurzbeschreibung einzufügen und
- ist anzuführen, für welchen Teilbereich des Projekts sie verwendet werden

#### Erstellung der Hardware

Die passende Kapitelüberschrift ist selbst zu wählen (zum Beispiel "Anschluss des Servomotors"). Die jeweiligen Kapitel haben die folgenden Punkte zu enthalten:

- Die Arbeitsschritte zur Erstellung der Hardware zu beschreiben und mit Fotos und Videos zu dokumentieren.
- Schaltpläne und Konstruktionszeichnungen sind in einer zip-Datei zusammenzufassen und dem Artikel beizufügen (siehe nächstes Kapitel).

- Eventuelle Probleme / Schwierigkeiten und ihre Lösung sowie Besonderheiten, die bei der Hardware-Erstellung zu beachten sind, müssen als entsprechende Bemerkungen im Artikel angeführt werden.

#### Schaltpläne

Die Verschaltung der Bauteile ist mit Schaltplänen zu dokumentieren. Zu deren Erstellung ist die Software Fritzing zu verwenden, die [hier heruntergeladen werden kann](#). Fritzing enthält bereits eine umfangreiche Bauteil-Bibliothek, weitere Bauteile kann man nachinstallieren. Am besten googelt man nach "Fritzing" und der entsprechenden Bauteil-Bezeichnung. Falls sich tatsächlich kein entsprechendes Fritzing-Bauteil findet, kann man ein ähnlich aussehendes Bauteil verwenden.

#### Erstellung der Software

Die passende Kapitelüberschrift ist selbst zu wählen (zum Beispiel "Ansteuerung des Servomotors"). Die jeweiligen Kapitel haben die folgenden Punkte zu enthalten:

- Erwähnung der benötigten Arduino-Libraries, nötigenfalls mit Link zur Download-Seite
- Der Programmcode ist möglichst übersichtlich und modular zu gestalten und mit erläuternden Kommentaren zu versehen.
- Jede Sourcecode-Datei ist in einem eigenen Unterkapitel zu beschreiben und Programmteile, die nicht ohnehin selbsterklärend sind, entsprechend zu erläutern.
- Der Sourcecode ist dem Artikel in Form einer zip-Datei beizufügen (siehe nächstes Kapitel).

#### Beifügen von Fotos, Videos und sonstiger Dateien zum Artikel

- Fotos und Screenshots können über *Einfügen / Bild* direkt hochgeladen und in den Artikel eingebunden werden.
- Videos werden auf Youtube hochgeladen. Vom Google-Dokument wird an geeigneter Stelle auf das Video verlinkt.
- Alle anderen Dateien (zum Beispiel Programmcode) werden in einer zip-Datei zusammengefasst und ins entsprechende Google-Verzeichnis hochgeladen. Im Artikel wird auf diese zip-Datei verlinkt.
- Konstruktions- und Schaltpläne werden der zip-Datei sowohl in Form der Sicherungsdatei der jeweiligen Software als auch dem Artikel als PDF beigefügt.



## A.3 Unterlagen zu den Arbeitsaufträgen

# Software, Bauteile und Module

## Software

[Arduino Entwicklungsumgebung](#)

[Klassen und Libraries erstellen](#)

[Projektbezogene Libraries](#)

[Projektübergreifende Libraries](#)

[Zusätzliche Treiber](#)

[Arduinos mit CH340-Chip](#)

[Troubleshooting bei Arduino-Fehlermeldungen](#)

[Arduino-Fehler unter Windows XP](#)

[Fritzing: Programm zum Zeichnen von Schaltplänen](#)

[Spezielle Module und Bauteile](#)

[Servomotor Micro Servo 9g](#)

[Infrarot-Sensor](#)

[L298N Motortreiber Modul \(Dual H Bridge\)](#)

[Lichtschranke für Encoder](#)

[Bluetooth-Modul HC-05 / LC-05](#)

[0.96 inch I2C OLED Display Module](#)

[HC-SR04 Ultraschall-Distanzsensor](#)

[Gabellichtschranke TCST2103](#)

## Software

### Arduino Entwicklungsumgebung

Die jeweils aktuelle Version der Arduino-Entwicklungsumgebung (IDE) kann [von der Arduino-Website heruntergeladen werden](#).

### Klassen und Libraries erstellen

Klassen können zwar auch direkt in der Hauptprogramm-Datei (\*.ino) erstellt werden, sollten aber der Übersichtlichkeit halber in eigene Libraries ausgelagert werden. Wie in C üblich, besteht eine Library aus einer Header-Datei (\*.h) und der zugehörigen Implementierung (\*.cpp).

Eine ausführliche Anleitung zum Erstellen von Libraries findet sich [hier](#).

### Projektbezogene Libraries

Projektbezogene Libraries machen den Sourcecode des aktuellen Projekts übersichtlicher, weil Klassen in eigene Dateien "ausgelagert" werden. Die h- und die cpp-Datei werden in der Arduino-IDE mit dem Pfeil-Symbol rechts - "New Tab" angelegt. Diese Dateien werden automatisch im Verzeichnis des aktuellen Arduino-Programms abgelegt und können nicht in anderen Arduino-Programmen verwendet werden.

Die Header-Datei wird in den Source-Code mit

Herwig Drexel, HTL Anichstraße

1

```
#include "xxx.h"
```

eingebunden (mit Anführungszeichen !)

Ein Beispiel für ein einfaches Arduino-Programm mit einer derartigen Klassen-Library findet sich [hier](#).

#### Projektübergreifende Libraries

Wenn man eine Library in mehreren Projekten verwenden möchte, muss ein eigener Ordner im Arduino-"libraries"-Verzeichnis angelegt werden, der die h- und die cpp-Datei enthält.

Die Header-Dateien werden in den Source-Code mit

```
#include <xxx.h>
```

eingebunden (mit <...> !)

Für eine derartige projektübergreifende Library sollte man sowohl ein kurzes Beispielprogramm erstellen als auch eine "keywords.txt" angelegt werden, damit das Code-Highlighting im Editor funktioniert.

#### Zusätzliche Treiber

In manchen Fällen muss man zusätzlich zu den "Standard-Treibern" der Arduino-IDE noch weitere Treiber installieren.

#### Arduinos mit CH340-Chip

Manche Arduinos (z.Bsp. manche chinesische Arduino Nano) verwenden den CH340-Chip zur USB-Seriell-Wandlung. Die dazu erforderlichen Treiber für Windows, Mac und Linux [können hier heruntergeladen werden](#). Den Windows-Treiber für 32bit und 64bit (im Zweifelsfall die 32bit-Version verwenden) [gibt es auch hier](#).

#### Troubleshooting bei Arduino-Fehlermeldungen

##### Arduino-Fehler unter Windows XP

Die neueren Versionen der Arduino-XP liefern unter Windows XP beim Compilieren zeitweise einen "ld error". Abhilfe: Die Datei "%Arduino%/hardware/tools/avr/avr/bin/ld.exe" in "ld\_old.exe" umbenennen und [durch diese Datei ersetzen](#).

(Quelle: [http://oregu.ru/myfiles/arduino\\_fix](http://oregu.ru/myfiles/arduino_fix))

#### Fritzing: Programm zum Zeichnen von Schaltplänen

Fritzing ist kostenlos und [kann hier heruntergeladen werden](#).

## Spezielle Module und Bauteile

### Servomotor Micro Servo 9g

[Bildquelle](#)

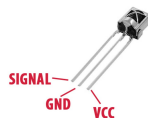
[Beschreibung des Servomotors](#)



Der Servomotor kann mit Hilfe eines PWM-Signals auf eine bestimmte Position gedreht werden. Zum Ansteuern verwendet man am besten die Arduino-Library "servo", ein einfaches Beispiel findet sich in der Arduino-IDE unter "File - Examples - Servo - Knob".

### Infrarot-Sensor

[Bildquelle](#)



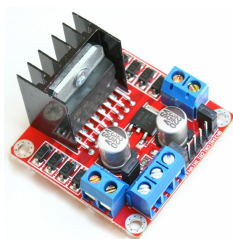
Der Sensor kann zum Empfang der Infrarot-Signale von handelsüblichen Infrarot-Fernsteuerungen (von Fernsehern, Stereoanlagen etc.) verwendet werden.

Der Sensor kann mit der Library [IR-Remote](#) verwendet werden, die [hier](#) mit dem Button "Download zip" heruntergeladen werden kann.

WICHTIG: Das Verzeichnis /libraries/RobotIRremote im Arduino-Installations-Verzeichnis muss gelöscht werden, um IR-Remote verwenden zu können. Ein einfaches Beispielprogramm findet sich nach der Installation von IR-Remote in der Arduino-IDE unter Examples / IRremote / IRrecvDemo

[Datenblatt](#)

### L298N Motortreiber Modul (Dual H Bridge)



[Bildquelle](#)

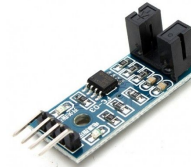
Die vier Treiber-Ausgänge lassen sich unabhängig zwischen den beiden Polen der Motor-Versorgungsspannung schalten. Damit kann

- ein vierphasiger Schrittmotor oder
- vier DC-Motoren (Laufrichtung nicht umschaltbar)
- oder zwei DC-Motoren (Laufrichtung umschaltbar) angesteuert werden.

## Lichtschanke für Encoder

[Bildquelle](#)

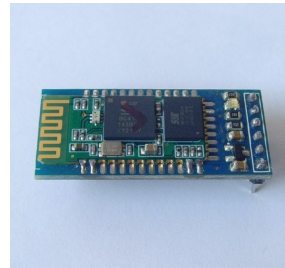
Bei jeder Unterbrechung der Lichtschranke wird ein Impuls am Analog-Ausgang ausgegeben.



## Bluetooth-Modul HC-05 / LC-05

[Bildquelle](#)

Der LC-05 kann sowohl als Bluetooth-Master als auch als Slave konfiguriert werden und ist kompatibel mit dem HC-05, für den sich [in diesem "Kochbuch"](#) eine gute Beschreibung findet (oder [hier als PDF](#)).



Wenn man eine Bluetooth-Verbindung mit einem Android-Handy einrichten möchte, eignet sich dazu beispielsweise die App [ArduinoRC](#).

Für die serielle Kommunikation mit dem Arduino verwendet man am besten die Library "SoftwareSerial", die mit der Arduino-IDE mitgeliefert wird. Diese Library ermöglicht die serielle Kommunikation auch über andere Pins als über die "Standard-Pins" 0 und 1, die damit für die Kommunikation mit dem PC / Laptop frei bleiben.

Ein Beispielprogramm findet sich unter "Examples - SoftwareSerial - SoftwareSerialExample", eine geringfügige Änderung dieses Beispiels findet sich untenstehend.

```
/*
  Receives from the hardware serial, sends to software serial
  Receives from software serial, sends to hardware serial.

  The circuit:
  * RX is digital pin 4 (connect to TX of other device)
  * TX is digital pin 5 (connect to RX of other device)

  Note:
  Not all pins on the Mega and Mega 2560 support change interrupts,
  so only the following can be used for RX:
  10, 11, 12, 13, 50, 51, 52, 53, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

  Not all pins on the Leonardo support change interrupts,
  so only the following can be used for RX:
  8, 9, 10, 11, 14 (MISO), 15 (SCK), 16 (MOSI).

  created back in the mists of time

```

Herwig Drexel, HTL Anichstraße

4

```

modified 25 May 2012
by Tom Igoe
based on Mikal Hart's example

This example code is in the public domain.

*/
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial mySerial(4, 5); // RX, TX

void setup()
{
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
  }

  Serial.println("Verbindung mit Serial-Monitor ok!");
  mySerial.begin(9600);
}

void loop() // run over and over
{
  if (mySerial.available())
    Serial.write(mySerial.read());
  if (Serial.available())
    mySerial.write(Serial.read());
}

```

## 0,96 inch I2C OLED Display Module

[Bildquelle](#)

[Video-Anleitung](#)

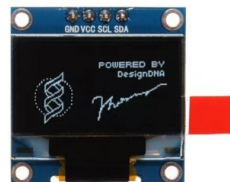
Am besten folgt man dieser [Anleitung zur Ansteuerung des Displays](#), wobei allerdings im Demo-Programm noch die Zeilen

```

#if (SSD1306_LCDHEIGHT != 64)
#error("Height incorrect, please fix Adafruit_SSD1306.h!");
#endif

```

zu löschen bzw. auszukommentieren sind.



## HC-SR04 Ultraschall-Distanzsensor

[Bildquelle](#)

Herwig Drexel, HTL Anichstraße

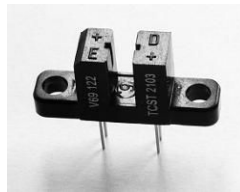


Eine Erklärung der Funktionsweise und ein Beispielprogramm [finden sich hier](#) oder [hier](#). Ein anderes Beispielprogramm [ist hier zu finden](#).

## Gabellichtschranke TCST2103

[Bildquelle](#)

Die Lichtschranke funktioniert auch, wenn die Widerstandswerte recht deutlich von den im Schaltplan angegebenen abweichen, zum Bsp.  $R1=470\ \Omega$ ,  $R2=10\ k\Omega$ .



die

