

# senseBox:edu

## Dokumentation Open Educational Resources



---

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1.1
------------	-----

---

## Erste Schritte

Inhalt der Kiste	2.1
Arduino/Genuino	2.2
Installation der Software	2.3
Arduino IDE	2.4
Hello World Programm	2.5

---

## Grundlagen

Digitale Signale	3.1
Analoge Signale	3.2
Variablen	3.3
Der Serielle Monitor	3.4
if/else-Bedingung	3.5
Schleifen	3.6
Verwendung von Software-Bibliotheken	3.7
Der serielle Datenbus (I <sup>2</sup> C)	3.8
Kommentare im Quelltext	3.9
Shields	3.10
Die Echtzeit-Uhr	3.10.1
Speichern auf SD-Karte	3.10.2
openSenseMap Upload	3.10.3

---

## Projekte

Ampelschaltung	4.1
Verkehrszähler	4.2
Infrarot Abstandssensor	4.3
DIY-Umweltstation	4.4
Experimente mit Licht	4.4.1
UV-Sensor	4.4.2
Luftfeuchtigkeit und Thermometer	4.4.3
Luftdruck	4.4.4
Datenupload zur OSeM	4.4.5
senseBox:water	4.5
Leitfähigkeit	4.5.1
Wassertemperatur	4.5.2

---

---

<a href="#">PH-Wert</a>	4.5.3
<a href="#">Fotowiderstand (LDR)</a>	4.6
<a href="#">Auf die Töne fertig los!</a>	4.7
<a href="#">Lauschangriff</a>	4.8
<a href="#">Kleiner Webserver</a>	4.9
<a href="#">Mehrfarbige LED</a>	4.10
<a href="#">Kaminfeuer</a>	4.11
<a href="#">Community-Projekte</a>	4.12
<a href="#">Wetterstation mit Display</a>	4.12.1
<a href="#">Wetterstation mit Anenometer</a>	4.12.2
<a href="#">Rauchmelder</a>	4.12.3
<a href="#">LED Uhr</a>	4.12.4

---

## Anhang

<a href="#">Downloads</a>	5.1
<a href="#">Eigene Projekte beitragen</a>	5.2
<a href="#">FAQ</a>	5.3
<a href="#">Glossar</a>	5.4



## senseBox:edu

Die senseBox:edu ist ein Werkzeugkasten, der Schülerinnen und Schülern sowie Nachwuchsforscherinnen und -forschern das Programmieren spielerisch und greifbar vermitteln soll. Dazu werden einfache Schaltungen aufgebaut, die mit Hilfe eines Mikrocontrollers programmiert und gesteuert werden. Die verwendeten Mikrocontroller basieren auf der einsteigerfreundlichen [Arduino](#) Plattform, die mit einer C-ähnlichen Sprache über eine simple Programmieroberfläche (Abkürzung IDE, engl. für Integrated Development Environment) gesteuert werden.

Zusammen mit dieser Anleitung und dem Bauteilsortiment vermittelt die senseBox:edu einen praxisnahen Einstieg in die Programmierung sowie eine schrittweise Einführung zur Gestaltung eigener Technikprojekte aus den Bereichen Geoinformatik, Sensorik und Photonik, wie zum Beispiel Projekte zur Thematik Zukunftsstadt.

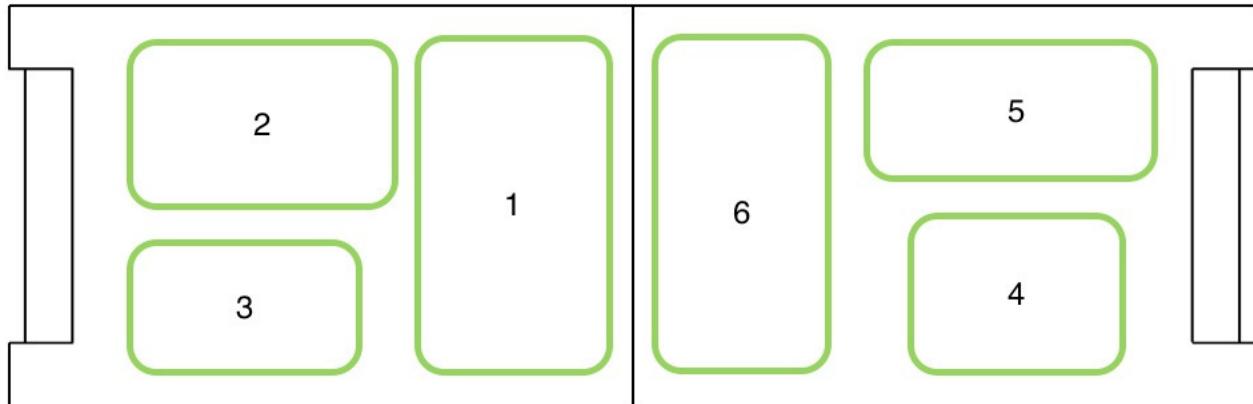
## Über dieses Buch

Auf diesen Seiten sind alle Unterlagen zur senseBox:edu zu finden. Dies umfasst Anleitungen, Aufgaben, Beispiel-Projekte, sowie Downloadlinks und ein FAQ.

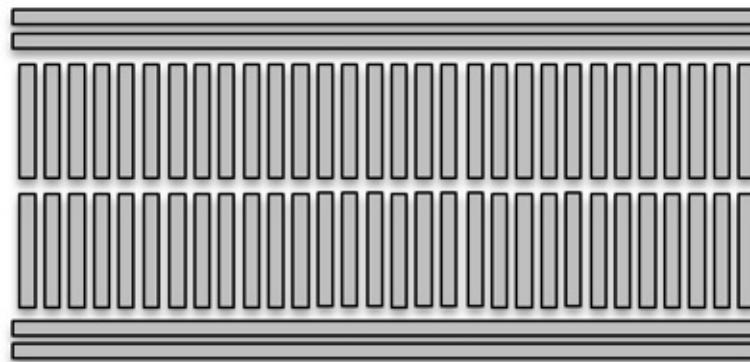
Alle Texte sind unter der [CC BY-SA 4.0 Lizenz](#) veröffentlicht, was eine freie Weiterverwendung & -entwicklung durch die Community ermöglicht; gerne fügen wir eure eigenen Projekte hier ein (siehe [Eigene Projekte](#))! Der Quelltext dieser Seiten ist auf [GitHub](#) verfügbar, wo sich auch Anmerkungen und Verbesserungen eintragen lassen.

Diese Seiten sind auch als PDF Dokument verfügbar, besuche dazu den [Downloadbereich](#).

## Inhalt der Kiste



1. Basisstation: Die Grundlage für unsere Experimente bildet die Basisstation. Sie besteht aus einem **Arduino Uno** Mikrokontroller, dem **senseBox Shield** und einem Steckbrett. Letzteres besteht aus jeweils zwei vertikalen Reihen für die Plus- und Minusanschlüsse sowie zweimal 30 horizontalen Reihen mit je fünf Bohrungen, die mit **a** bis **e** bzw. **f** bis **j** beschriftet sind. Die Plus- und Minusanschlüsse sowie die fünf horizontalen Bohrungen einer Reihe sind, wie unten dargestellt, leitend miteinander verbunden.



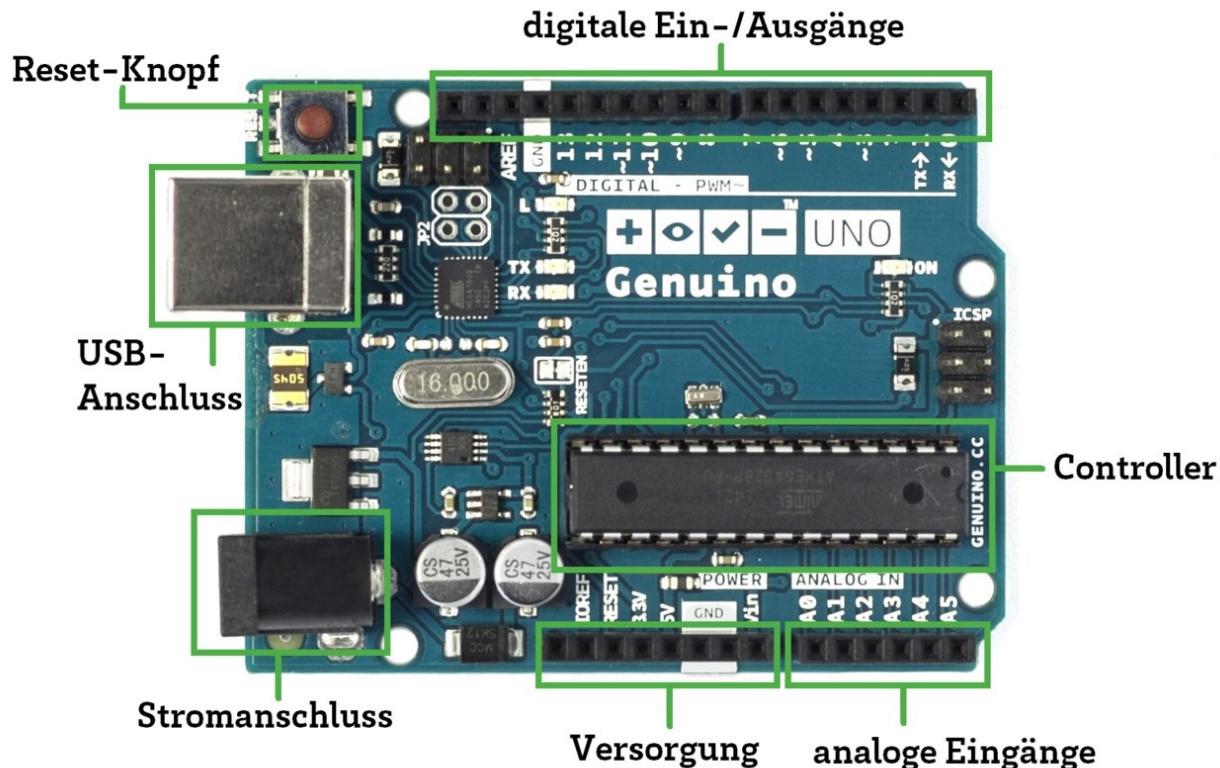
Das **senseBox Shield** ist eine Erweiterungsplatine für den Mikrokontroller, und wird einfach auf ihn drauf gesteckt (daher die Bezeichnung **Shield**). Es bietet die Möglichkeit Messungen auf einer microSD Karte abzuspeichern und zukünftige über Steckverbindungen auf der Oberseite sensoren schnell anzuschließen. Des Weiteren ist in der Platine eine Uhr eingebaut (Abkürzung **RTC**, engl. für **Real-Time Clock**), die aktiviert wird, sobald die Batterie aus dem Kleinteileset eingebaut wurde.

2. Netzteil: Normalerweise wird der Mikrokontroller über ein USB Kabel mit einem Computer verbunden. Hast du ihn einmal programmiert, ist diese Verbindung nicht mehr nötig, da das aktuelle Programm fortlaufend auf ihm ausgeführt wird. Das einzige was dann benötigt wird, ist eine konstante Stromversorgung.
3. Batterypack: Durch das Batterypack lassen sich deine Experimente mobil nutzen! Das ist vor allem sinnvoll, wenn du beispielsweise Temperaturwerte an unterschiedlichen Orten messen willst.
4. Ethernet Shield: Hiermit lassen sich Messwerte direkt ins Internet übertragen und beispielsweise auf einer Kartenanwendung wie der **OpenSenseMap** darstellen.
5. Kabelsortiment: Neben dem bereits erwähnten USB Kabel, beinhaltet das Sortiment noch ein Verbindungskabel für die Batteriehalterung sowie die Steckkabel die zur Verbindung zwischen Steckbrett und Mikrokontroller notwendig sind.
6. Sensoren und Kleinteile: Hier haben wir Sensoren und andere Komponenten zusammengestellt, die für deine Experimente notwendig sind. Das Kleinteilset beinhaltet die folgenden Teile:
  - Kombinierter Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor ([HDC1008](#))
  - Lufterdrucksensor ([BMP280](#))
  - Infrarot-Distanzsensor ([GP2Y](#))

- Ultraschall-Distanzsensor (HC-SR04)
- Lichtsensor (TSL45315)
- UV-Sensor ([VEML6070](#))
- Lichtabhängiger Widerstand (Abkürzung LDR.engl. für Light-Dependant Resistor)
- Mikrofon (CEM-C9745JAD462P2.54R)
- Leuchtdioden (Abkürzung LED, engl. für Light-Emitting Diode)
- RGB-LED (BL-L515)
- 470 Ω und 10 kΩ Widerstände
- Druckknöpfe
- Potentiometer
- Piezo-Summer
- 2GB microSD-Karte mit Adapter
- Batterie für das senseBox Shield (CR-1225)

# Das Genuino Board

Der [Genuino](#) UNO ist ein Mikrocontroller-Board welches speziell für das Prototyping, also das schnelle Entwickeln von ersten funktionsfähigen Schaltungen, gedacht ist. Neben dem [Genuino](#) UNO gibt es noch eine Menge anderer [Genuino](#) Mikrocontroller-Boards, mit denen wir uns hier aber nicht weiter beschäftigen möchten.



Oben siehst du die für den Anfang wichtigsten Bauteile des [Genuino](#) UNO auf die wir nun auch kurz eingehen werden. Alle anderen Bauteile sind natürlich ebenso wichtig, aber für uns erst einmal uninteressant.

## USB-Anschluss

Die selbst geschriebenen Programme müssen natürlich irgendwie auf den [Genuino](#) übertragen werden, dies funktioniert über den USB-Anschluss. Neben der Datenübertragung übernimmt der USB-Anschluss auch die Stromversorgung des [Genuino](#), wenn keine andere Stromquelle angeschlossen ist.

## Stromanschluss

Wie der Name schon sagt, lässt sich der [Genuino](#) über diesen Anschluss mit Strom versorgen. Der [Genuino](#) hat eine Betriebsspannung von 5V, er sollte allerdings bei externer Stromversorgung eine Spannung von mindestens 6 bis höchstens 20V erhalten.

## Reset-Knopf

Durch das Drücken des Reset-Knöpfes startet der [Genuino](#) neu. In der Praxis bedeutet dies, dass der zur Zeit gespeicherte Sketch neu gestartet wird. Der Reset-Knopf kann dann Abhilfe schaffen, wenn du dir nicht mehr sicher bist, ob dein [Genuino](#) noch ordnungsgemäß arbeitet.

## Digitale Ein- und Ausgänge

Die Pins des [Genuino](#) sind quasi seine Verbindung zur Außenwelt. Die digitalen lassen sich als Ein- und Ausgänge verwenden, d.h. man kann sie zum Anschließen von digitalen Sensoren und Aktoren verwenden. Zusätzlich bieten die digitalen Pins die Möglichkeit analoge Aktoren anzuschließen. Was die Unterschiede zwischen digitalen und analogen Signalen sind, wirst du im nächsten Kapitel erfahren.

## Analoge Eingänge

Genau wie die digitalen Pins dienen auch die analogen zur Kommunikation mit der Außenwelt. Sie können verwendet werden um analoge Sensoren anzuschließen und den [Genuino](#) sozusagen mit Daten zu "füttern". Der [Genuino](#) verfügt nicht über analoge Ausgänge, da diese Funktion von den digitalen Ein- und Ausgängen übernommen wird.

## Versorgungs-Pins

Die Versorgungs-Pins sind weder digitale noch analoge Ein- bzw. Ausgänge. Sie dienen zur Versorgung von angeschlossenen Sensoren oder Aktoren mit Strom. Weiterhin lässt sich der Gernuino auch durch spezielle Pins mit Strom versorgen.

## Controller

Der Controller ist der Gehirn des [Genuino](#), hier werden die einzelnen Prozesse ausgeführt.

## Installation der Software

Zur Programmierung des Arduinos muss auf dem Computer eine spezielle Software und ein Treiber installiert werden. Je nach Betriebssystem müssen unterschiedliche Schritte zur Installation durchgeführt werden.

Die jeweils aktuellen Installationsdateien finden sich unter <http://arduino.cc/en/Main/Software> zum Download.

## Anleitung zur Installation der Software/Treiber unter Windows

Nach dem Download müssen die Dateien nur ausgeführt und den Anweisungen gefolgt werden:

### Installation der Treiber und Windows XP/Vista/7

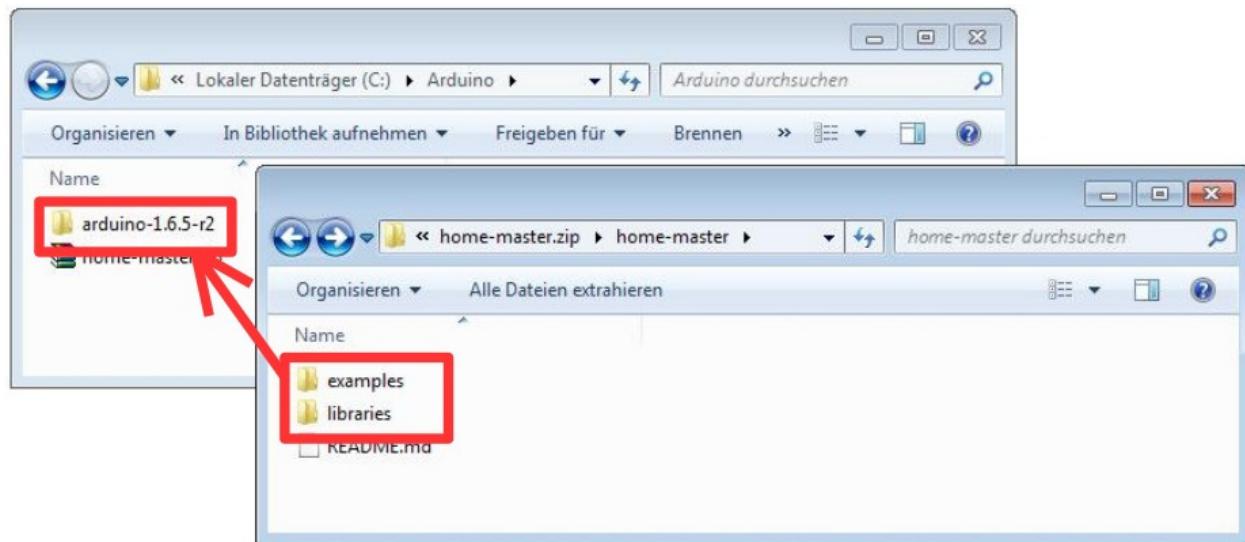
Durch die Installation der [Arduino](#)-Software wurden bereits der Treiber auf dem Computer installiert. Allerdings kann Windows die Treiber oftmals nicht automatisch dem [Arduino](#) zuordnen, sodass wir diesen Schritt manuell durchführen müssen. Dazu sind folgende Schritte nötig:

1. Schließt den [Arduino](#) Uno über ein USB Kabel an den Computer an.
2. Der Computer wird ein neues Gerät erkennen und versuchen automatisch einen Treiber zu installieren. Diese automatische Installation ist meistens nicht erfolgreich. Wir wollen den Treiber manuell installieren.
3. Öffnet dazu die Systemsteuerung (Start --> Systemsteuerung)
4. Anschließend über System und Sicherheit --> System --> in den Geräte-Manager
5. Im Geräte-Manager sucht nach dem [Arduino](#) Uno oder unbekanntes Gerät. Mit der rechten Maustaste auf das Gerät und Treibersoftware aktualisieren auswählen.
6. Anschließend die Option Auf dem Computer nach einer Treibersoftware suchen und den Computer nach dem Ordner der [Arduino](#)-Software durchsuchen. In dem [Arduino](#)-Software Ordner liegt ein weitere Ordner mit dem Namen Driver. Wählt diesen Ordner aus und bestätigt die Auswahl.
7. Windows wird die Treiberinstallation vervollständigen und der [Arduino](#)-Uno sollte funktionieren.

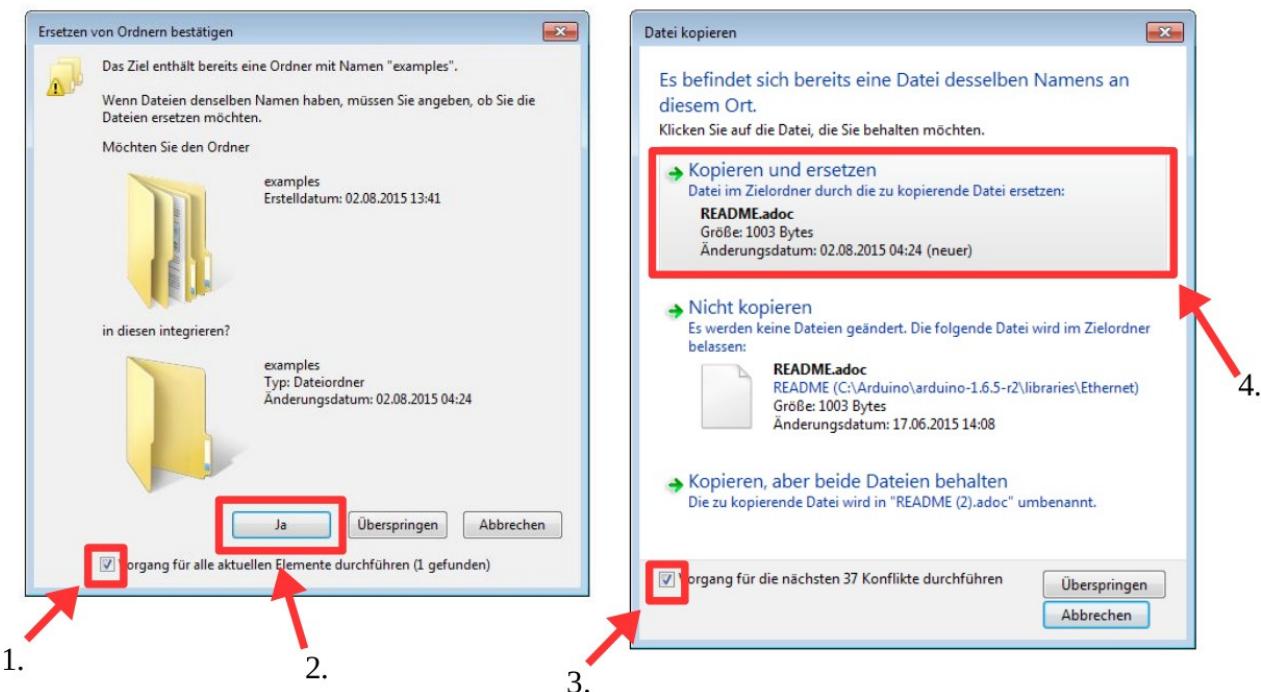
## Arduino Bibliotheken installieren

Um die Sensoren und die Netzwerkkarte nutzen zu können, müssen noch ein paar Bibliotheken installiert werden. Ein zip-Archiv mit allen benötigten Bibliotheken findet ihr [hier](#).

Ladet das zip-Archiv herunter und integriert nun die beiden Ordner „examples“ und „libraries“ aus dem Archiv in euren [Arduino](#) Ordner. Wenn ihr gefragt werdet ob bestehende Dateien ersetzt werden sollen, folgt den Anweisungen unten auf der Seite.



Setzt nun, wie unten dargestellt, im ersten Dialogfeld den Haken unten und bestätigt mit „Ja“. Daraufhin öffnet sich ein neues Fenster, in dem ihr wieder den Haken setzt, und „Kopieren und ersetzen“ auswählt.



## Arduino IDE

Die [Arduino](#) IDE ist die Programmieroberfläche, die wir für unseren Mikrokontroller verwenden. Im weißen Codefenster wird der Code programmiert und im schwarzen Bereich werden dir Status- und Fehlermeldungen angezeigt. Die [Arduino](#) IDE ist in der Lage Rechtschreibfehler sowie Fehler in der Syntax zu erkennen, Fehler in der Logik des Codes werden allerdings nicht erkannt. Im oberen Bereich der Software findest du die wichtigsten Bedienelemente, die im folgenden Kurz erklärt werden.

- Mit dem Häkchen kannst du Dein [Arduino](#) Programm (auch Sketch genannt) auf Fehler überprüfen lassen. Diesen Vorgang nennt man auch kompilieren
- Mit dem Pfeil wird der Sketch auf den [Arduino](#)-Mikrokontroller hochgeladen
- Hier kannst du einen neuen Sketch anlegen, einen bereits vorhanden Sketch öffnen oder deinen aktuellen Sketch speichern
- Mit der Lupe öffnest du den seriellen Monitor. Weitere Informationen zum seriellen Monitor findest du [hier](#)

# Hello World

## Ziel der Station

In dieser Station lernst du den [Arduino](#) Uno Mikrokontroller kennen und startest mit der Programmierung eines ersten simplen Programmes. Hierzu lernst du den generellen Aufbau des [Arduino](#)-Programmcodes, das [Arduino](#) Programm (IDE) und die ersten Kontrollstrukturen kennen.

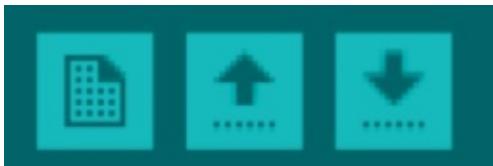
## Grundlagen

Bevor du loslegen kannst dein erstes eigenes Programm zu schreiben, musst du dir das [Arduino](#) Programm – die sogenannte Entwicklungsumgebung (engl. IDE) – anschauen. Wenn du die IDE öffnest siehst du direkt einen großen weißen Bereich, in welchem du dein Programm schreiben wirst. Im schwarzen Bereich darunter werden dir Status- und Fehlermeldungen angezeigt, es lohnt sich also immer einen Blick auf die Meldungen zu werfen.

Zuletzt solltest du dir noch die kleinen Schaltflächen über dem weißen Bereich anschauen.



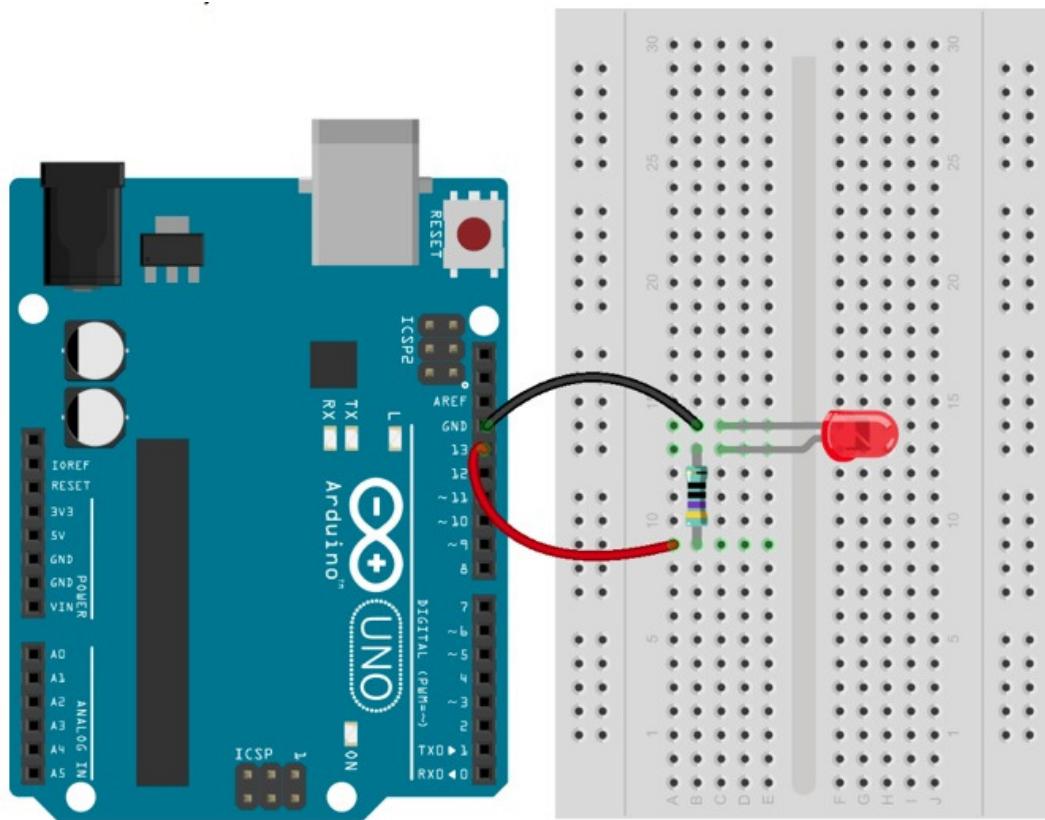
Das Häkchen und der Pfeil sind die beiden wichtigsten Symbole für dich: Mit dem Häkchen kannst du dein Programm auf Schreibfehler überprüfen lassen, und mit den Pfeil überträgst du dein Programm an den [Arduino](#).



Die anderen drei Symbole – angefangen mit dem kleinen Blatt ganz links – stehen dafür ein neues Programm zu erstellen, ein gespeichertes zu öffnen und dein geschriebenes Programm zu speichern

## Aufbau

Achte beim Aufbau darauf, dass das längere Beinchen der LED immer mit dem Pluspol verbunden werden muss, also nicht mit dem GND-Port.



## Programmierung

Jetzt endlich kannst du mit deinem ersten [Arduino](#) Programm (auch Sketch genannt) starten. Es hat einen sehr einfachen Aufbau, der aus zwei Hauptbestandteilen besteht. Diese zwei benötigten Teile enthalten Blöcke von Anweisungen:

```
void setup() {
    // Anweisungen
}

void loop() {
    // Anweisungen
}
```

Die `setup()` -Funktion wird nur einmal beim Start des Programmes ausgeführt. In der `loop()` -Funktion werden hingegen alle Anweisungen fortlaufend in einer endlosen Schleife wiederholt. Beide Funktionen sind zwingend notwendig um das Programm erfolgreich ausführen zu können.

Mit einem doppelten Schrägstrich `//` lassen sich Kommentare zum Programmcode hinzufügen. Es ist immer eine gute Idee seinen Programmcode zu kommentieren, damit auch andere nachvollziehen können, was an einer bestimmten Stelle passiert.

Beginnen wir nun mit einem Sketch, um eine LED zum Leuchten zu bringen:

```
void setup() {
    pinMode(13, OUTPUT);      // Deklariere den Port, an dem die LED
                             // angeschlossen ist, als Ausgang
}

void loop() {
    digitalWrite(13, HIGH); // Schalte die LED an
}
```

In der `setup()` -Funktion wird mit dem Befehl `pinMode(13, OUTPUT);` der Port 13 des Arduinos, als Ausgang definiert. Die Nummer, die du im Code angibst muss natürlich immer mit dem Port, an dem die LED angeschlossen ist, übereinstimmen. Ohne diesen Befehl leuchtet die LED nicht, da kein Strom an den Port geschickt wird.

Im letzten Schritt der Programmierung wird in der `loop()` -Funktion die LED schließlich angeschaltet. Dazu benutzt man den Befehl `digitalWrite(13, HIGH);`. Auch hier steht die 13 wieder für den jeweiligen benutzten Port. Das Gegenstück hierzu wäre der Befehl `digitalWrite(13, LOW);` um die LED wieder auszuschalten.

## Übertragen und Testen

Mit der oben beschriebenen Programmierung solltest du jetzt die LED zum leuchten bringen können. Schreibe das Programm ab und lade es auf den [Arduino](#).

## Aufgaben

1. Programmiere den [Arduino](#) so, dass die LED blinkt. Dazu kannst du dein geschriebenes Programm weiterentwickeln. Am Aufbau musst du dazu nichts verändern.

**TIPP :** Mit dem Befehl `delay(1000);` kannst du deinem Programm eine Pause verordnen. Die Zahl in der Klammer gibt dabei die Länge der Pause in Millisekunden an. 1000 entspricht also 1 Sekunde. Schreibst du also den Befehl `delay(1000);` hinter den Befehl der die LED anschaltet, bleibt sie 1 Sekunde an. Denke immer daran die LED auch wieder auszuschalten!

2. Verwende jetzt anstatt der LED den kleinen schwarzen Piepser, denn du in deiner senseBox findest. Diesen kannst du genau wie eine LED anschließen und programmieren.

# Digitale Signale

Digitale Signale können lediglich die Werte 1 oder 0 bzw. High oder Low annehmen. Sie verwenden also nur abzählbare Elemente wie zum Beispiel Finger. Daher auch der Begriff digital, der auf das lateinische digitus, der Finger zurück geht.

Ein [Arduino](#) Programm (auch "Sketch" genannt) hat einen sehr einfachen Aufbau, der aus zwei Hauptbestandteilen besteht.

Diese zwei benötigten Funktionen enthalten Blöcke von Anweisungen, welche den Programmablauf beschreiben:

```
void setup(){
    // Anweisungen
}
void loop(){
    // Anweisungen
}
```

Die `setup`-Funktion wird nur einmal beim Start des Programmes ausgeführt. In der `loop`-Funktion werden hingegen alle Anweisungen fortlaufend in einer endlosen Schleife wiederholt. Beide Funktionen sind zwingend notwendig um das Programm erfolgreich kompilieren und ausführen zu können. "Kompilieren" bezeichnet die Übersetzung des Programms in Maschinencode, welcher vom [Arduino](#)-Prozessor verstanden werden kann; dies übernimmt die [Arduino](#)-IDE für uns.

Mit einem doppelten Schrägstrich (`//`) lassen sich Kommentare zum Programmcode hinzufügen. Es ist immer wichtig seinen Programmcode zu kommentieren, damit auch andere nachvollziehen können, was an einer bestimmten Stelle passiert.

## Digitale Aktoren ansteuern

Um nun einen digitalen Aktor - beispielsweise eine LED - anzusteuern, benötigt man zwei Befehle: Der Erste steht im `setup()`, der Zweite im `loop()`. In der `setup`-Funktion wird mit dem Befehl `pinMode(13, OUTPUT);` festgelegt, dass an Pin Nummer 13 etwas angeschlossen ist, was als Ausgang (oder `OUTPUT`) benutzt werden soll. Die 13 kann hier durch jede andere Pin-Nummer ersetzt werden, je nachdem an welchen [Arduino](#)-Pin man den Aktor angeschlossen hat. Die zweite Funktion im `loop()` lautet `digitalWrite (13, HIGH);`. Damit wird der an Pin 13 angeschlossene Aktor mit Strom versorgt, also angeschaltet. Das Gegenstück zu diesen Befehl wäre `digitalWrite(13, LOW);` um die Stromversorgung wieder zu beenden. Auch hier ist die 13 wieder durch jede andere Pinnummer ersetzbar. Der Sketch sollte also wie folgt aussehen:

```
void setup() {
    pinMode(13, OUTPUT); // Deklariere den Pin, an dem die LED
                        // angeschlossen ist, als Ausgang
}

void loop() {
    digitalWrite(13, HIGH); // Schalte die LED an
}
```

## Digitale Sensoren auslesen

Dieselben Pins die wir zum Ansteuern von digitalen Aktoren genutzt haben, lassen sich auch zur Registrierung von Eingangssignalen verwenden. Digitale Eingänge können dabei genau wie digitale Ausgänge zwei Zustände annehmen: `HIGH` oder `LOW`. Damit eingehende Signale verarbeitet werden können, müssen diese in [Variablen](#) gespeichert werden.

Um digitale Signale zu speichern, eignet sich besonders eine boolesche Variable (auch `boolean` genannt), welche nur zwei Werte annehmen kann. Um nun einen digitalen Sensor auszulesen, werden ähnlich wie beim Ansteuern digitaler Sensoren zwei Befehle benötigt. Im `loop()` wird durch den Befehl `pinMode(13, INPUT);` Pin 13 des [Arduino](#) als Eingang festgelegt. Im `setup()` kann durch den Befehl `Testvariable = digitalRead(13);` ein an Pin 13 angeschlossener Sensor ausgelesen und der Wert in der zuvor angelegten Testvariable gespeichert werden. Genau wie beim Ansteuern von digitalen Aktoren steht die 13 für den verwendeten Pin und kann durch jeden anderen digitalen Pin ersetzt werden. Der Sketch sollte also wie folgt aussehen:

```
boolean TestVariable = 0;           // deklariere eine neue boolean Variable

void setup() {
  pinMode(13, INPUT);
}

void loop() {
  TestVariable = digitalRead (13); // schreibe den gelesenen Wert in die Variable
}
```

Den Inhalt der angelegten Variable kannst du dir im [seriellen Monitor](#) anzeigen lassen.

# Analoge Signale

Im Gegensatz zu digitalen Signalen können analoge Signale sehr viele Werte zwischen hohem und niedrigen Pegel annehmen. Die genaue Anzahl der Werte - die Auflösung des digitalen Eingangs - liegt beim [Arduino UNO](#) bei 1024 Werten (10 bit). Beim [Arduino UNO](#) entspricht der maximale Pegel 5 V und der niedrige 0 V. Diese individuellen Spannungswerte können mit den sechs analogen Pins ( A0 - A5 ) des [Arduino](#) gemessen werden.

## Aktoren analog ansteuern

Der Befehl `analogWrite()` gibt eine Spannung auf einen angegeben Pin aus. Er kann benutzt werden um beispielsweise einen Motor in verschiedenen Geschwindigkeiten laufen zu lassen.

Es ist auch möglich an auf digitalen Pins mehrere Spannungswerte auszugeben. Hierzu generiert der [Arduino](#) eine stetige Rechteckwelle mit der gewünschten Einschaltzeit und simuliert so ein analoges Signal (Pulsweitenmodulation oder PWM). Am [Arduino UNO](#) können die Pins 3, 5, 6, 9, 10 und 11 diese Funktion übernehmen. Diese sind jeweils mit einer Tilde gekennzeichnet. Die Syntax für den Befehl lautet ähnlich wie beim digitalen Gegenstück `analogWrite(pin, <wert>)`. Der Wert kann zwischen `0` (immer aus) und `255` (immer an) liegen.

Auch hier ist darauf zu achten, den Pin zuvor als `OUTPUT` zu deklarieren.

Ein Beispielhaftes Programm könnte so aussehen:

```
int ledPin = 9; // LED an Pin 9

void setup() {
    pinMode(ledPin, OUTPUT); // deklariere den Pin als Ausgang
}

void loop() {
    analogWrite(ledPin, 60); // Ansteuern der LED
}
```

## Analoge Sensoren auslesen

Der Befehl `analogRead()` liest den Wert von einem analogen Pin. Die so gemessenen Werte zwischen 0 V und 5 V werden vom eingebauten 10-bit analog zu digital Konverter (ADC) in `integer` Werte zwischen 0 und 1023 umgewandelt, d.h. das Signal verfügt über eine Auflösung von 0.0049 Volt pro Wert.

Das auslesen eines Eingangs dauert etwa 0,0001 Sekunden, es können also etwa 10.000 Messungen pro Sekunde aufgenommen werden. Es bietet sich an die gemessenen Daten im [seriellen Monitor](#) anzuzeigen.

Ein Beispielhaftes Programm könnte so aussehen:

```
int analogPin = 3;      // Potentiometer an Pin 3
int val = 0;            // Variable um die Messwerte zu speichern

void setup() {
    pinMode(analogPin, INPUT);
    Serial.begin(9600); // Start des seriellen Monitors
}

void loop() {
    val = analogRead(analogPin); // Auslesen des Sensors
    Serial.println(val);        // Ausgeben der Messerwerte
}
```



# Variablen und Datentypen

Um Daten in Programmen festzuhalten, verwendet man Variablen. Eine Variable ist ein Speichercontainer, der über seinen Namen angesprochen werden kann, und in dem Daten abgelegt werden können. Auf Variablen lässt sich sowohl lesend als auch schreibend zugreifen, der Wert ist also variabel. Eine Variable hat immer einen zugeordneten Datentyp, folgende Typen sind für die Arduinoprogrammierung wichtig:

Datentypen	Bedeutung	Beschreibung
boolean	wahr o. falsch	Kann nur zwei Werte annehmen, 1 oder 0.
char	Character	Alphanumerische Zeichen (Buchstaben, Zahlen, Sonderzeichen)
byte	ganze Zahlen	ganze Zahlen von 0 bis 255
int	ganze Zahlen	ganze Zahlen von -32.768 bis 32.767
long	ganze Zahlen	ganze Zahlen von -2 Milliarden bis 2 Milliarden
float	Fließkommazahlen	Bruchzahlen
String	Zeichenkette	Text bestehend aus ASCII Zeichen
array	Variablenfeld	Eine Reihe von Werten des selben Variabtentyps können gesammelt gespeichert werden

Hinweis: Beim Programmieren gibt es einige Konventionen, das heißt einige Regeln, auf die man sich geeinigt hat, um die Lesbarkeit von Programmcode zu verbessern. Eine davon ist, dass Namen von Variablen immer klein geschrieben werden.

## So verwendet man die verschiedenen Datentypen

### boolean

Ein Boolean kann nur zwei Werte annehmen, wahr oder falsch (`true` or `false`).

```
boolean testWert = false;
```

Die Zuweisung `= false` steht in diesem Fall für den Startwert der Variable.

### char

Um beispielsweise einen Buchstaben zu speichern benötigt man den Datentyp `char`. Der Wert wird in einfachen Anführungszeichen (`''`) übergeben.

```
char testWert = 'a';
```

### byte

Ein Byte speichert eine 8-bit große, vorzeichenlose Zahl von 0 bis 255.

```
byte testWert = 18;
byte testWert2 = B10010;
```

Das `B` kennzeichnet, dass die Folgende Zahlenfolge im Binärkode geschrieben ist. `B10010` entspricht 18 im Dezimalsystem, beide Variablen enthalten also den selben Wert mit unterschiedlicher Schreibweise.

## int

Der Datentyp `int` speichert ganze Zahlen in einem Wertebereich von -32.768 bis 32.767.

```
int testWert = 99;
```

## long

Der Datentyp `long` wird dann benötigt, wenn der Wertebereich eines Integer nicht mehr ausreicht. Es können ganze Zahlen von -2 Milliarden bis 2 Milliarden gespeichert werden.

```
long testWert = 9999999;
```

## float

Um gebrochene Zahlen zu speichern benötigt man den Datentyp `float`.

```
float testWert = 2.4476;
```

## String

Ein String wird folgendermaßen definiert:

```
String testWert = "Hallo Welt";
```

Im Gegensatz zu den Datentypen die ihr zuvor kennen gelernt habt, wird der Bezeichner `String` groß geschrieben. Darauf müsst ihr achten, sonst erkennt das Programm den Datentyp nicht. In den meisten Programmiersprachen gibt es primitive Datentypen und höhere Datentypen. Du erkennst sie daran ob ihre Bezeichner klein (primitiver Datentyp) oder groß (höherer Datentyp) geschrieben werden. Für unsere Anwendungen in der senseBox:edu ist es nicht notwendig zwischen primitiven und höheren Datentypen zu unterscheiden; wenn du später komplexere Anwendungen programmierst, wirst du mehr darüber lernen. Möchtest du jetzt schon mehr darüber erfahren, dann schaue doch [hier](#) nach.

## array

Ein Array ist kein eigentlicher Datentyp, sondern viel mehr eine Sammlung mehrerer Variablen des selben Typs.

```
int testArray[5] = {5, 10, 15, 20, 15};
```

Im Beispiel wird ein Array vom Typ `int` angelegt, da ganze Zahlen gespeichert werden sollen. Die 5 in eckigen Klammern hinter dem Namen der Variable legt die Anzahl an Speicherplätzen fest. Arrays auf dem `Arduino` haben eine feste Größe, und können nicht nachträglich vergrößert werden.

Die Speicherplätze eines Arrays werden bei 0 beginnend durchnummieriert. In einem Programm lässt sich auf die verschiedenen Speicherplätze des Arrays zugreifen, indem der Index des Speicherplatzes in eckigen Klammern hinter den Variablennamen gestellt wird:

```
Serial.print(testarray[0]); // gibt 5 aus
Serial.print(testarray[4]); // gibt 15 aus
Serial.print(testarray[5]); // erzeugt einen Fehler!
```

## Lebensdauer von Variablen

Eine Variable ist immer in dem Block (innerhalb der geschweiften Klammern) für das Programm sichtbar, in welchem die Variable deklariert wurde. Man unterscheidet zwischen globalen und lokalen Variablen. Lokale Variablen sind all diejenigen, welche innerhalb geschweifter Klammern (meist innerhalb einer Funktion) deklariert wurden. Globale Variablen werden üblicherweise vor der `setup`-Funktion definiert und sind für das gesamte Programm sichtbar.

Hinweis: Da globale Variablen immer sichtbar sind, verbrauchen sie auch für die gesamte Programmlaufzeit Speicherplatz. Willst Speicherplatz sparen, definiere Variablen nur dort wo du sie benötigst. Wenn du mehr über die Lebensdauer von Variablen erfahren willst, schaue [hier](#) nach.

## Der Serielle Monitor

Der serielle Monitor ist ein Werkzeug um Daten über die USB-Verbindung des [Arduino](#) direkt in der IDE anzeigen zu lassen und Daten von der Computertastatur an den [Arduino](#) zu übertragen.

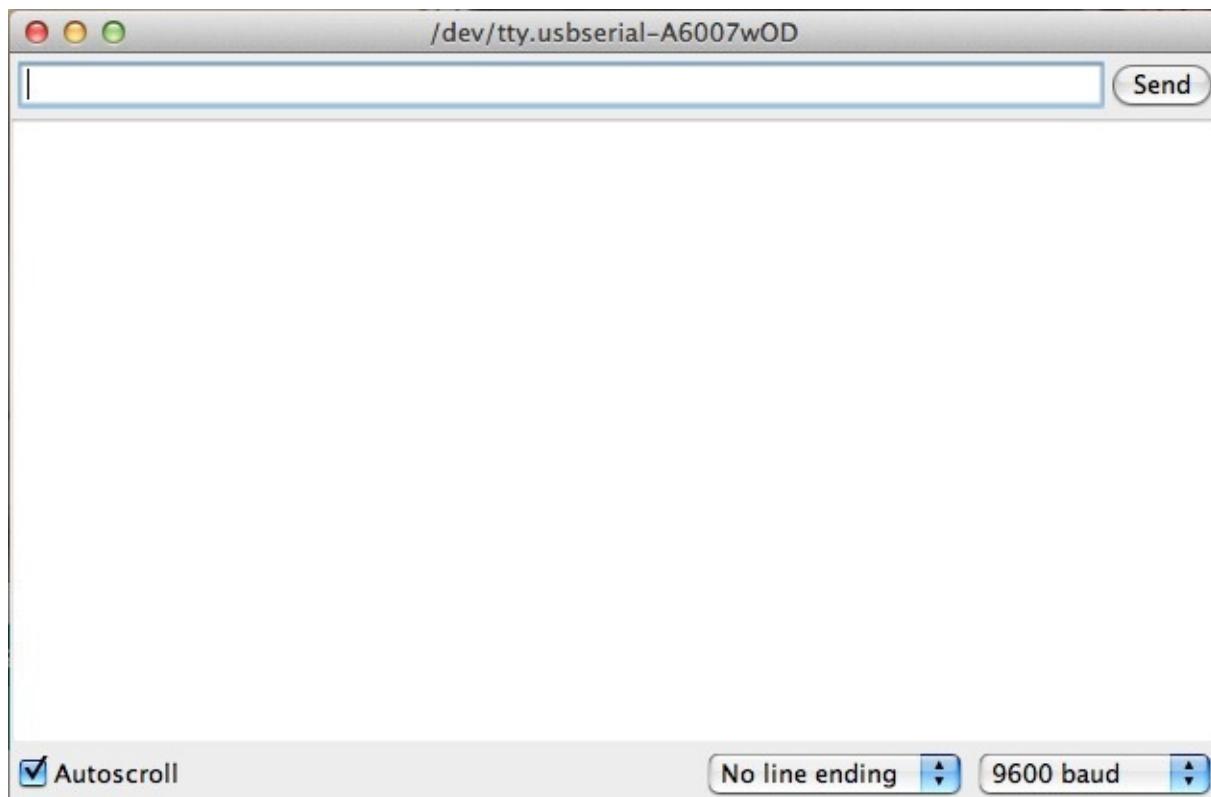
Mit diesem seriellen Monitor kann man sich am PC Daten anzeigen lassen, die der Mikrocontroller an den PC sendet (Zahlen oder Texte). Das ist sehr sinnvoll, da man nicht immer ein LCD Display am Mikrocontroller angeschlossen hat, auf dem man bestimmte Werte ablesen könnte.

### Den seriellen Monitor starten

Um den seriellen Monitor zu starten, musst du zuerst die IDE öffnen und dann in der Symbolleiste auf das Symbol mit der kleinen Lupe klicken.



Das nun geöffnete Fenster hat oben eine Eingabezeile mit "Senden"-Schaltfläche und darunter ein Ausgabefenster. Im Ausgabefenster werden fortlaufend die neusten Ausgaben angezeigt. Wenn das Häkchen bei Autoscroll gesetzt ist, werden nur die aktuellsten Ausgaben angezeigt. Das heißt, wenn das Ausgabefenster voll ist, werden ältere Daten nach oben aus dem sichtbaren Bereich des Bildschirms geschoben um Platz für die aktuellen Ausgaben zu schaffen. Deaktiviert man die Autoscroll Funktion, muss manuell über den Scrollbalken am rechten Rand gescrollt werden.



### Werte auf dem seriellen Monitor ausgeben

Um sich Daten im seriellen Monitor anzeigen lassen zu können, muss dieser zuerst initialisiert werden. Dies passiert über die Funktion `Serial.begin(9600)` in der `setup()` Funktion. Der Wert `9600` definiert die Baud-Rate, also die Geschwindigkeit mit der Daten zwischen Computer und [Arduino](#) übertragen werden. Der eingetragene Wert muss immer der im seriellen Monitor unten rechts ausgewählten Geschwindigkeit entsprechen.

Um Daten an den seriellen Monitor zu senden, verwendet man die Funktionen `Serial.print()` und `Serial.println()`. Die erste Variante der Funktion gibt einfach die Daten aus, während die zweite Variante einen Zeilenumbruch am Ende einfügt.

Als ersten Versuch sollst du jetzt Text im Ausgabefenster anzeigen lassen. Um Text anzeigen zu lassen, muss dieser in Anführungszeichen in den Klammern der Funktion stehen:

```
Serial.println("senseBox rocks!");
Serial.print("senseBox ");
Serial.println("rocks!");
```

Das Beispiel sollte in je einer Zeile den Text "senseBox rocks!" ausgeben. Beachte die Verwendung von `print` und `println`!

Neben Text kann man sich im seriellen Monitor auch die Inhalte von Variablen anzeigen lassen. Dazu muss statt dem gewünschten Text der Name der jeweiligen Variable eingetragen werden:

```
String beispielvariable = "hallo welt!";
Serial.println(beispielvariable);
```

## if/else-Bedingung

Mit `if` ist es möglich in einem Programm Entscheidungen zu fällen und den [Arduino](#), jenachdem wie die Entscheidung ausfällt, unterschiedlichen Code ausführen zu lassen. Wenn du beispielsweise eine LED in Abhängigkeit von einem Schalter leuchten lassen möchtest würde der Code wie folgt aussehen:

```
if (digitalRead(BUTTON_PIN) == HIGH) {  
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);  
}
```

Die erste Codezeile beginnt mit einem `if`. Innerhalb der darauffolgenden Klammern wird die zu prüfende Bedingung angegeben, also in diesem Fall ob der Taster gedrückt ist. Ist diese Bedingung wahr (gibt `true` zurück), wird der in den geschweiften Klammern eingetragene Code ausgeführt.

Wie dir bestimmt aufgefallen ist, wird in der Bedingung ein Vergleichsoperator verwendet, nämlich ein doppeltes Gleichzeichen (`==`). Ein häufiger Fehler besteht darin, dass nur ein einzelnes Gleichzeichen verwendet wird. Für den [Arduino](#) steht ein einzelnes Gleichzeichen jedoch nicht "prüfe, ob gleich" sondern für "setze linken gleich rechten Wert".

## Verwendung von else

Mit `else` kannst du deiner `if`-Anweisung noch eine zusätzliche Aktion hinzufügen, welche alternativ ausgeführt wird, falls die Bedingung nicht wahr ist. Wenn du also den obenstehenden Code um ein `else` ergänzt, würde der komplette Sketch so aussehen:

```
#define LED_PIN 13  
#define BUTTON_PIN 7  
  
void setup() {  
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);  
    pinMode(BUTTON_PIN, INPUT);  
}  
void loop() {  
    if (digitalRead(BUTTON_PIN)==HIGH){  
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH);  
    } else {  
        digitalWrite(LED_PIN, LOW);  
    }  
}
```

# Schleifen

Und täglich grüßt das Murmeltier...

Wenn du eine LED 50 Mal blinken lassen willst, ist das ganz schön viel Schreibarbeit:

```
digitalWrite(led, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(led, LOW);
delay(100);
digitalWrite(led, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(led, LOW);
//...
```

Da Informatiker schreibfaul sind, haben sie sich eine einfache Lösung einfallen lassen: Schleifen. Eine Schleife führt eine Anweisungen mehrmals aus, bis eine bestimmte Bedingung erfüllt ist.

## Aufbau von Schleifen

Schleifen bestehen aus zwei Teilen, einem Schleifen-Kopf und einem Schleifen-Körper. Anweisungen die wiederholt werden sollen, werden in Geschweiften Klammern in den Schleifen-Körper geschrieben. Jetzt müssen wir aber noch fest legen, wie oft diese Anweisungen wiederholt werden sollen. Dies geschieht im Schleifen-Kopf.

Es gibt verschiedene Arten von Schleifen, die je nach Bedarf verwendet werden kann. Hier sollen die zwei wichtigsten Schleifentypen vorgestellt werden.

## Die for-Schleife

`for`-Schleifen werden dann verwendet, wenn man genau weiß, wie oft Anweisungen wiederholt werden sollen. In unserem Beispiel wissen wir, dass die LED 50 Mal blinken soll. Der Kopf einer `for`-Schleife besteht aus drei Teilen, welche durch ein Semikolon ( ; ) getrennt sind:

1. Es wird eine Zählvariable erzeugt, welche angibt wie oft die schleife bereits ausgeführt wurde
2. Eine Bedingung gibt an, bis wann gezählt werden soll. Wie so eine Bedingung aussieht hast du schon einmal bei [if-Anweisungen](#) gesehen!
3. Eine Definition, wie gezählt werden soll. Üblicherweise wird die Zählvariable um `1` erhöht.

```
for (int zaehler = 1; zaehler < 50; zaehler = zaehler + 1) {
    // lasse die LED blinken
}
```

Im diesem Beispiel heißt unsere Zählvariable `zaehler`. Die Bedingung lautet: "Solange `zaehler` kleiner als 50 ist". Nach jedem Durchlauf der Schleife wird `zaehler` um eins erhöht. Deshalb wird der Schleifen Körper 50 Mal ausgeführt.

Hinweis:

- Für den Befehl `zaehler = zaehler + 1` wirst du häufig die Kurzschreibweise `zaehler++` finden. Diese macht das Gleiche.
- Natürlich kannst du der Zählvariablen jeden Namen geben. Häufig wird der Name `i` für "index" genutzt.

## Aufgabe 1

Schreibe nun eine Anweisung in den Schleifenkörper, die dir den Wert der Zählvariablen über den seriellen Monitor ausgibt.

Tipp: In [Der Serielle Monitor](#) wird erklärt wie das geht!

- a) Untersuche was passiert, wenn du `zaehler = zaehler + 1` durch `zaehler = zaehler*2` oder `zaehler--` ersetzt.
- b) Untersuche was passiert, wenn du `int zaehler = 0` durch `int zaehler = 25` ersetzt.

## Die while-Schleife

In vielen Fällen weißt du zu Beginn noch nicht, wie oft eine Anweisung wiederholt werden soll. Dann kannst du die `while`-Schleife verwenden. Die `while`-Schleife hat einen weniger strikten Aufbau: Der Schleifenkopf besteht aus dem Bezeichner `while` gefolgt von runden Klammern. In diese Klammern wird eine Bedienung geschrieben, die vor jedem Schleifendurchlauf überprüft wird. Solange diese Bedingung `true` ergibt, wird der Schleifenkörper ausgeführt

```
while (bedingung) {
    // lasse die LED blinken
}
```

Du kannst zum Beispiel einen Knopf an den [Arduino](#) anschließen und die Schleife nur dann durchlaufen, wenn der Knopf gedrückt wurde.

Achtung: Ein häufig gemachter Fehler ist, dass eine Bedingung immer wahr ist (Zum Beispiel, wenn ihr als Bedingung schreibt `i > 0`). In diesem Fall wird eure Schleife immer wieder durchlaufen. Man spricht von einer Endlosschleife. In diesem Fall reagiert euer [Arduino](#) nicht mehr und es ist relativ schwer herauszufinden, woran das liegt.

## Aufgabe 2

- a) Programmiere eine `while`-Schleife, die den Text "Die Aussage stimmt!" über den seriellen Monitor ausgibt, wenn eine Variable `a` größer als 0 ist.
- b) Programmiere eine `while`-Schleife, die eine LED blinken lässt, wenn ein Knopf gedrückt wurde.
- c) Jede `for`-Schleife lässt sich auch durch eine `while`-Schleife beschreiben. Schreibt die folgende `for`-Schleife in eine `while`-Schleife um:

```
for (int i = 10; i > 0; i--) {
    Serial.print("Countdown: ");
    Serial.println(i);
}
```

# Die Verwendung von Software-Bibliotheken

Ähnlich wie mit einem Shield die Hardware des [Arduino](#) erweitert werden kann, lassen sich auch deine Sketches mit Hilfe von Software-Bibliotheken um nützliche Funktionen erweitern. Eine solche Bibliothek (engl. Library) kann prinzipiell von jedem erstellt werden. Im Normalfall stellen die Entwickler der Hardwarekomponenten Bibliotheken für ihre Produkte bereit, sodass der Nutzer sich diese Arbeit sparen kann.

In der [Arduino](#)-IDE sind bereits einige Software-Bibliotheken enthalten, aber Bibliotheken für die senseBox Sensoren müssen manuell hinzugefügt werden. Dies solltest du bereits im Kapitel [Installation der Software](#) getan haben.

## Zusätzliche Bibliotheken installieren

Als erstes muss die gewünschte Bibliothek heruntergeladen werden, welche in der Regel ein `zip` -Archiv ist.

Die [Arduino](#)-IDE bietet eine Funktion um externe Bibliotheken zu importieren. Dazu musst du auf Sketch -> Library importieren -> Add Library... klicken. Es öffnet sich ein Fenster in welchem du zum Speicherort der heruntergeladenen `.zip` - Datei navigieren und diese dann auswählen kannst.

## Bibliotheken in deinen Sketch einfügen

Nachdem du die Softwarebibliotheken der [Arduino](#) IDE hinzugefügt hast musst du diese noch in deinen Sketch einbinden. Dazu hast du prinzipiell zwei Möglichkeiten:

### Über das Arduino IDE Menü

Um eine Bibliothek in deinen Sketch einzubinden musst du auf Sketch -> Library importieren klicken, woraufhin sich eine Liste aller verfügbarer Bibliotheken öffnet. Wenn du in einem unserer Projekte eine Bibliothek benötigst, wird dir genau erklärt werden, welche du einbinden musst.

### Über Code

Wenn du diesen Vorgang öfter machst, ist es in der Regel schneller das gleiche Ziel durch eine Zeile Programmcode zu erreichen.

Diese Zeile muss als erstes im Programmablauf stehen, noch bevor die `setup()` -Funktion definiert wird. Mithilfe der `#include` Direktive wird eine Bibliothek geladen. Für das [Ethernet-Shield](#) wird zum Beispiel eine Library benötigt, die über `#include <Ethernet.h>` eingebunden wird.

Zum besseren Verständnis kannst du dir einmal folgenden Beispielcode anschauen:

```
#include <Ethernet.h> // Einbinden der Bibliothek

int Sensor;           // Deklaration von Variablen

void setup() {
  Ethernet.begin(); // diese Funktion ist nur durch das Laden der
                    // Ethernet.h Bibliothek verfügbar!
}

void loop() {
  // Anweisungen, die fortlaufend ausgeführt werden
}
```



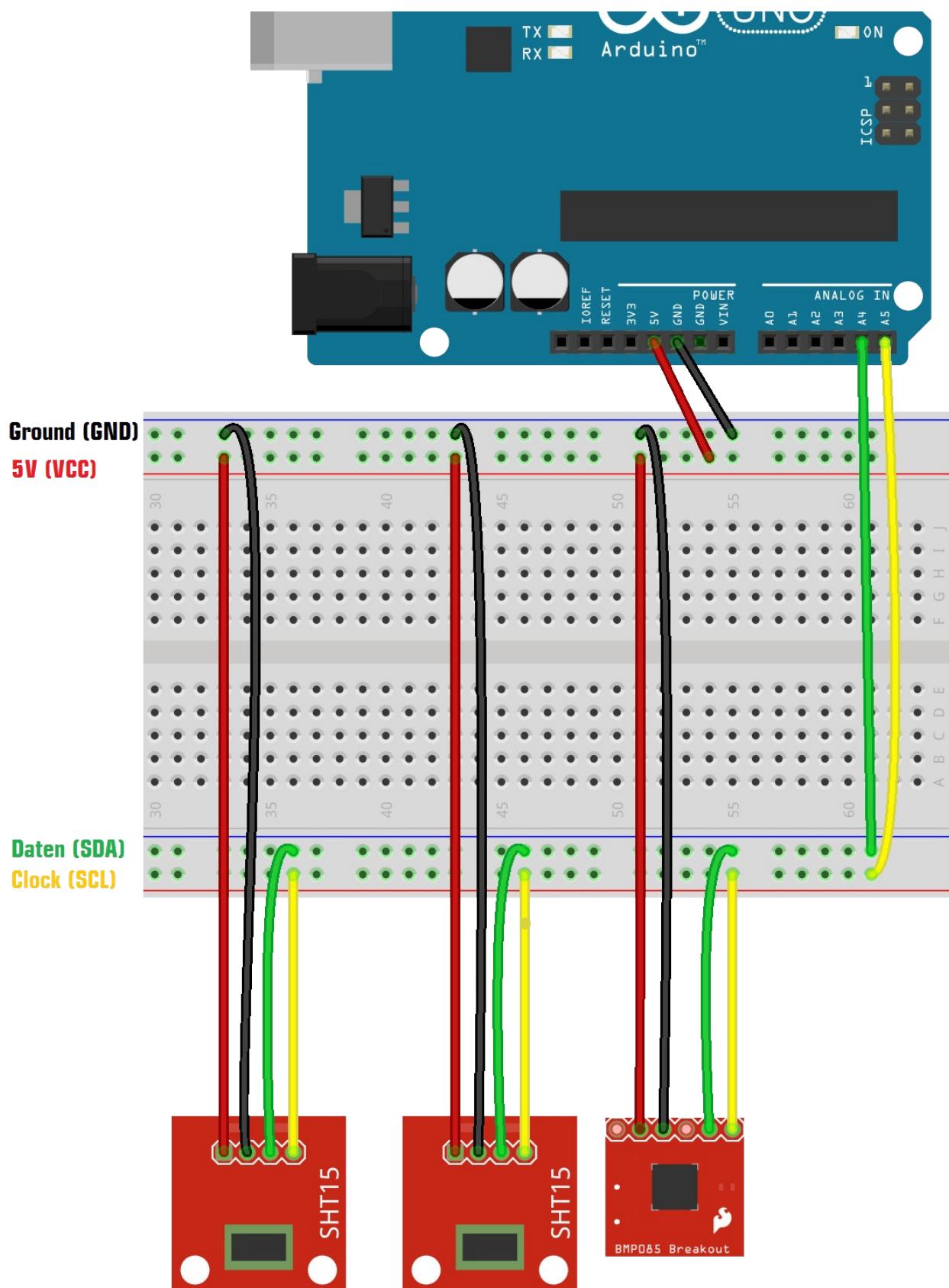
## Der serielle Datenbus

Der [Arduino](#) kann über einen Datenbus mit anderen Geräten kommunizieren. Ein Datenbus beschreibt ein System, über das zwei oder mehr Geräte Daten auf eine geordnete Art und Weise austauschen können. Bei unserem [Arduino](#) wäre das zweite Gerät fast immer ein Sensor, bzw ein Aktor.

## Der I<sup>2</sup>C-Bus

Der I<sup>2</sup>C-Bus ist ein einfach zu verwendender Datenbus um Daten zu übermitteln. Hierbei werden die Daten zwischen dem [Arduino](#) und dem anderen Gerät durch zwei Kabel übertragen, die als `SDA` und `SCL` bezeichnet werden. Die als `SDA` (serial data) bezeichnete Leitung ist die Datenleitung, über welche die eigentlichen Daten übermittelt werden. Die `SCL` (serial clock) Leitung wird auch Taktleitung genannt und gibt die Taktfrequenz vor. Am [Arduino](#) findest du die beiden Anschlüsse als `A4` (`SDA`) und `A5` (`SDC`).

Wenn mehrere I<sup>2</sup>C Geräte an den [Arduino](#) angeschlossen werden sollen, wird dies über eine Reihenschaltung umgesetzt. Das SDA Kabel am ersten Sensor würde also auf der selben Reihe des Breadboards zum nächsten Sensor verlängert:



Benutzt man den I<sup>2</sup>C-Bus auf dem [Arduino](#), gilt der [Arduino](#) immer als Master-Gerät und alle anderen Geräte am Bus als Slave. Jeder Slave hat seine eigene Adresse in Form einer Hexadezimalzahl, mit welcher er eindeutig angesprochen werden kann. Für gewöhnlich bringt jedes Gerät einen Bereich von Busadressen mit, welche man verwenden kann. Die jeweiligen Adressen können im Datenblatt des Herstellers nachgeschaut werden, und stehen auch bei uns im [Glossar](#).

## Die `Wire.h` Bibliothek

Um den I<sup>2</sup>C-Bus verwenden zu können muss die Wire-Bibliothek (welche in der [Arduino IDE](#) enthalten ist) verwendet werden. Die Bibliothek wird durch den Befehl `#include <Wire.h>` noch vor dem `setup()` eingebunden und im `setup()` mit dem Befehl `Wire.begin();` gestartet.

Die Daten werden über den I<sup>2</sup>C-Bus Byte für Byte übertragen. Um ein Byte zu senden sind drei Befehle erforderlich:

1. `Wire.beginTransmission(Adresse);`

Mit diesem Befehl wird die Kommunikation eingeleitet. Adresse steht hier für die jeweilige hexadezimale Bus-Adresse des Slave-Gerätes.

2. `Wire.write(Daten);`

Dieser Befehl sendet ein Byte Daten vom [Arduino](#) an der zuvor angesprochene Gerät.

3. `Wire.endTransmission();`

Mit diesem Befehl wird die Übertragung beendet.

Um nun Daten von einem I<sup>2</sup>C-Gerät anzufordern benötigt man vier Befehle:

1. `Wire.beginTransmission(Adresse);`

2. `Wire.requestFrom(Adresse, X);`

Bei diesem Befehl steht das X für die Anzahl an Bytes, die angefordert werden.

3. `incoming = Wire.read();`

Mit diesem Befehl speichert man die ankommenden Daten in einer Variable.

4. `Wire.endTransmission();`

Mit diesem Befehl wird die Übertragung beendet.

## Kommentare im Quelltext

Das Kommentieren von Quellcode ist leider ein Thema das stiefmütterlich behandelt wird. Den Nutzen von guten Kommentaren erkennt man häufig erst dann, wenn man versucht sich durch fremden Quelltext durchzuhuseln oder wenn man ein eigenes Programm nach langer Zeit wieder 'ausgräbt'. Kommentare werden vom Compiler nicht ausgewertet und beeinflussen den Ablauf des Programms damit nicht. Text und Programmteile die auskommentiert sind, erkennt man daran, dass sie grau gefärbt sind.

### Einzeilig

Einzeilige Kommentare finden sich oft im Quelltext. Sie dienen dazu bestimmte Befehle oder Konstrukte zu erklären. Ein einzeiliger Kommentar wird durch zwei `//` gekennzeichnet.

```
// Ich bin ein Kommentar
int led = 13; // Die variable led bekommt den Wert 13
```

### Mehrzeilige Kommentare

Mehrzeilige Kommentare stehen oft zu Beginn eines Programms oder vor einer Methode. Sie beginnen mit `/*` und enden mit `*/`. Man kann sie außerdem dazu verwenden Teile eines Programms auszukommentieren. Etwa wenn man einen Fehler hat und überprüfen möchten in welchem Programmteil er liegt.

```
/*
 *
 * Ich bin ein mehrzeiliger Kommentar
 * Ich kann zum Beispiel beschreiben, welchen Zweck ein ganzes Programm
 * oder eine einzelne Methode hat.
 *
 * Übrigens:
 * <- diese Sterne werden zwar automatisch erzeugt, sind aber nicht unbedingt notwendig.
 *
 */
```

### Wie viele Kommentare braucht ein Quellcode?

Das ist eine Frage auf die es keine klare Antwort gibt. Es gibt Programmierer, die erwarten, dass jede Zeile Quelltext kommentiert wird. Dies ist bei unseren einfachen Programmen nicht notwendig. Grundsätzlich sollten mindestens folgende Programmteile Kommentiert sein:

- Ein Kommentar zu Beginn, welcher den Zweck des Programms beschreibt.
- Jede Methode muss kommentiert sein und hier insbesondere die Eingabeparameter und eventuelle Rückgaben.
- Mathematisch oder logisch anspruchsvolle Befehle oder besondere 'Kniffe' die sich der Programmierer überlegt hat.

Tipp: Wenn du dich weiter mit dem Thema beschäftigen möchtest, dann schau doch mal [hier](#)

## Arduino Shields

Ein Shield bezeichnet eine aufsteckbare Platine für den [Arduino](#), welche den Microcomputer kompakt um Funktionalität erweitert. Shields werden einfach in die Pins des [Arduino](#) aufgesteckt und stellen diese Pinbelegung wieder selbst bereit.

Im Kasten der senseBox:edu findest du einen Shield für Internetverbindungen. Je nach Variante ist dies ein roter [Ethernet-Shield](#) oder blauer WiFi-Shield, welcher die senseBox per Netzwerkkabel oder WLAN mit dem Netzwerk verbindet.

Zusätzlich findest du einen grünen [senseBox-Shield](#), auf welchem eine [Echtzeituhr \(RTC\)](#), ein microSD-Kartenleser und weitere Anschlüsse verbaut sind.

### Besonderheiten des Ethernet-Shields

Da unser [Ethernet-Shield](#) eine modifizierte Variante des offiziellen [Arduino](#)-Shields ist, funktioniert die mit der [Arduino](#)-IDE mitgelieferte `Ethernet.h` Bibliothek nicht. Daher solltest du unsere Versionen der Bibliotheken verwenden (siehe [Downloads](#)).

Hinweis: Nachdem du diese Bibliothek installiert hast, wird die [Arduino](#)-IDE möglicherweise die Ethernet-Bibliothek updaten wollen, dies solltest du ablehnen.

### Verwandte Themen

- [Echtzeituhr](#)
- [SD-Karten Datenlogger](#)
- [openSenseMap Upload](#)

# Die RTC - Arbeiten mit Zeit

Auf dem [senseBox-Shield](#) ist eine RTC (Real Time Clock oder Echt Zeit Uhr) installiert. Sie kann dazu benutzt werden, dauerhaft die aktuelle Uhrzeit zu speichern – auch wenn der [Arduino](#) für eine Weile keinen Strom hatte.

## Materialien

- [senseBox-Shield](#)
- Knopfzellen-Batterie

## Aufbau

Steckt das [senseBox-Shield](#) vorsichtig auf den [Arduino](#). Für alle weiteren Projekte könnt ihr es auf dem [Arduino](#) lassen. Falls die Knopfzelle noch nicht in den Shield eingelegt ist, holt dies nach (flache Seite nach oben).

## Programmierung

Um die Uhr nutzen zu können, müssen wir eine Bibliothek für die Uhr importieren. Die Bibliothek wird uns einige Schritte erleichtern. Wir importieren sie mit dem Befehl: `#include <RV8523.h>`. Nun muss ein Objekt dieser Bibliothek erzeugt werden:

```
RV8523 rtc;
```

Bevor die Uhr gestartet wird, sollen einige Variablen erzeugt werden, in denen später die Uhrzeit gespeichert wird.

```
uint8_t sec, min, hour, day, month;  
uint16_t year;
```

Hinweis: Der Datentyp `uint8_t` steht für "unsigned (nur positive Zahlen) Integer(ganze Zahl) der Größe 8 Bit". Somit kann in einer Variable dieses Typs eine Zahl zwischen 0 und 255 gespeichert werden ( $2^8 - 1$ ). Da Jahreszahlen größer als 255 sind, benötigen wir für die Variable `year` den Typ `uint16_t`.

In der `setup`-Methode muss der Uhr beim ersten Start die aktuelle Uhrzeit übergeben werden. Das können wir mit dem Befehl `set()` machen. Außerdem soll noch die serielle Datenübertragung gestartet werden, um später die Uhrzeit auszugeben.

```
rtc.set(10, 24, 8, 20, 4, 2016); // 08:24:10 20.04.2016  
rtc.start();  
Serial.begin(9600);
```

Hinweis: Die Methode `rtc.set()` muss nur bei der ersten Nutzung der Uhr aufgerufen werden. Dann kann sie aus dem Code gelöscht werden. Die Uhr läuft dank der Batterie auch ohne Strom weiter.

Nun können wir mit `rtc.get()` die aktuelle Uhrzeit erhalten, und sie beispielsweise auf dem seriellen Monitor ausgeben. Das machen wir in der `loop`-Methode:

```
void loop() {  
    // save the current time and date in the variables defined before  
    rtc.get(&sec, &min, &hour, &day, &month, &year);  
  
    Serial.print("Zeitstempel: ");  
    Serial.print(hour);  
    Serial.print(":");  
    Serial.print(min);
```

```
Serial.print(":");
Serial.print(sec);
Serial.print(" ");
Serial.print(day);
Serial.print(".");
Serial.print(month);
Serial.print(".");
Serial.println(year);
delay(1000);
}
```

# Datenlogger - Speichern auf SD-Karte

In der folgenden kurzen Anleitung wird beschrieben, wie du Messwerte verschiedener Sensoren auslesen und auf SD-Karte speichern kannst.

## Materialien

- [Arduino Uno](#)
- [senseBox-Shield](#)
- microSD-Karte
- Sensor(en) (nach Wunsch)

## Grundlagen

Um Daten auf SD-Karte zu speichern stellt das [senseBox-Shield](#) einen microSD-Karten Slot bereit. Die Sensordaten werden ausgelesen und anschließend als `.csv` (comma-separated-value) Datei gespeichert.

## Vorlage

Die Folgende Code-Vorlage beinhaltet alle Bestandteile um Daten auf SD-Karte zu speichern. Nun muss nur das Auslesen des Sensors in die Code-Vorlage integriert werden und schon können die Messwerte gespeichert werden.

```
/*
senseBox Datenlogger Vorlage
Das Auslesen der jeweiligen Sensoren muss in der loop() stattfinden und individuell angepasst werden
*/

#include <SPI.h> // wichtige Libraries für das Speichern von Daten auf SD-Karte
#include <SD.h>

const int chipSelect = 4;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) { ; }

  Serial.print("Initialisiere SD-Karte");

  // Überprüfe ob eine SD-Karte eingelegt ist.
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Karte nicht gefunden");
    return;
  }
  Serial.println("Karte erfolgreich initialisiert");
}

void loop() {
  // Auslesen des Sensors. entsprechend anpassen!
  float messwert = //.....;

  // öffne die datei datalog.txt auf der SD-Karte mit schreibrechten
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

  if (dataFile) {
    // Wenn die Datei geöffnet ist, schreibe den messwert auf die SD Karte,
    // und schließe die Datei wieder.
    dataFile.print(messwert); // Speichern der Messwerte in der geöffneten Datei
}
```

```

    dataFile.println(";");
    dataFile.close();
} else {
    // Falls die Datei nicht geöffnet werden kann, soll eine Fehlermeldung ausgegeben werden
    Serial.println("Fehler beim Öffnen!");
}
delay(1000);
}

```

## Beispiel: HDC100X

Das Auslesen des Sensors sollte in der `loop()`-Funktion nach dem Öffnen der Datei stattfinden. Die Informationen zum Auslesen der Sensoren finden sich in den [Datenblättern](#) und Beispielcodes der Hersteller und müssen individuell angepasst werden. Die jeweiligen Messwerte werden mit dem Befehl `dataFile.print(Messwert);` in eine Zeile der CSV-Datei geschrieben. Der Zusatz `\n` erzeugt einen Zeilenumbruch. Über den Befehl `delay(Mikrosekunden)` kann das Mess- und Speicherintervall angepasst werden.

Zur Veranschaulichung findest du unten einen Sketch, der den HDC100x ausliest und die Messwerte auf SD-Karte speichert.

```

/*
senseBox HDC100x Datenlogger
Anschluss des HDC100x über I2C an den Arduino
SDA - A4, SCL - A5, VCC - 5V, GND - GND
*/

#include <SPI.h> //wichtige Libraries für das Speichern von Daten auf SD-Karte
#include <SD.h>
#include <Wire.h> //I2C Library
#include <HDC1000.h> //Library für den HDC100x

HDC1000 mySensor(0x43); //I2C Adresse des HDC1000

const int chipSelect = 4; //

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial) { ; }

    Serial.print("Initialisiere SD-Karte");

    // Überprüfe ob eine SD-Karte eingelegt ist.
    if (!SD.begin(chipSelect)) {
        Serial.println("Karte nicht gefunden");
        return;
    }
    Serial.println("Karte erfolgreich initialisiert");

    mySensor.begin();
}

void loop() {

    //Auslesen der Sensoren und schreiben der Daten auf SD-Karte
    File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

    float temp = mySensor.getTemp(); //Auslesen der Temperatur
    float humi = mySensor.getHumi();
    Serial.println(temp); //Anzeige der Temperatur im seriellen Monitor
    Serial.println(humi);

    if (dataFile) {
        // Wenn die Datei geöffnet ist, speichere die Messwerte
        dataFile.print(temp);
        dataFile.print(";");
        dataFile.print(humi);
        dataFile.println(";");
        dataFile.close();
    }
}

```

```
    } else {
        // Falls die Datei nicht geöffnet werden kann, soll eine Fehlermeldung ausgegeben werden
        Serial.println("Fehler beim Öffnen!");
    }

    delay(1000); //Intervall des Speichern und Auslesen
}
```

## Messgerät zur Erfassung der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck

Bei diesem Messgerät werden die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und der Luftdruck als CSV-Datei auf SD-Karte gespeichert. Die Sensoren werden über I<sup>2</sup>C mit dem [Arduino](#) verbunden. Der Code befindet sich [hier](#) zum Download.

# openSenseMap - Mit der senseBox ins Internet

Mithilfe des Ethernet- oder WiFi-Shields der senseBox (je nach Variante) kannst du den [Arduino](#) in dein Netzwerk einbinden. Dies ermöglicht unter anderem den Upload deiner Sensordaten zur [openSenseMap](#) (OSeM). [Hier](#) findest du weitere Informationen zu den Shields.

## Aufbau

Stecke den Ethernet- bzw. WiFi-Shield auf den [Arduino](#). Falls der [Ethernet-Shield](#) genutzt wird, verbinde den Shield über ein Netzwerkkabel mit einem Router.

Hinweis: Der WiFi-Shield unterstützt nur WLAN-Netzwerke mit einfacher WEP/WPA/WPA2 Verschlüsselung. Netzwerke, die Zertifikate benötigen werden leider nicht unterstützt!

## openSenseMap Registrierung

Bevor deine Messdaten auf der openSenseMap veröffentlicht werden können, muss eine Messstation dort registriert werden. Besuche hierzu die [Registrierungsseite](#), und gebe deine Daten an.

Falls alle senseBox-Sensoren angeschlossen werden sollen, kann unter Sensorkonfiguration die Variante "senseBox:home" gewählt werden, da diese die gleichen Sensoren enthält. Falls andere oder weniger Sensoren angeschlossen sind, können die einzelnen Sensoren unter "manuelle Konfiguration" eingestellt werden:

The screenshot shows a web-based configuration interface for a SenseBox. At the top, there are three main categories: 'SenseBox Home' (with a dropdown arrow), 'SenseBox Photonik' (with a dropdown arrow), and 'Manuelle Konfiguration' (with a dropdown arrow). Below these, under 'Manuelle Konfiguration', there is a checked checkbox labeled 'Manuelle Konfiguration'. A table lists a single sensor entry: 'Temperatur' with unit '°C' and type 'SHT15'. To the right of the table are two buttons: a blue one with a gear icon and a red one with a minus sign. A small modal window is overlaid on the table, showing a dropdown menu with various sensor types: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Schall, Licht, Licht (digital), UV, and Kamera. The 'Luftfeuchtigkeit' option is currently selected and highlighted in blue. At the bottom of the modal is a button labeled '+ Sensor hinzufügen'.

Anschließend wird dir ein [Arduino](#)-Sketch angezeigt (und per Mail geschickt), welcher bereits Funktionen enthält um sich mit der OSeM zu verbinden. Wenn du in der Registrierung "manuelle Konfiguration" gewählt hast, muss noch der Code zum Auslesen deiner Sensoren in dem Sketch ergänzt werden.

## Erweiterung des Sketches

Falls du eine senseBox mit WiFi-Shield hast, musst du oben im Sketch unter `ssid` und `pass` deine WLAN-Logindaten einsetzen.

Den Code zum auslesen der Sensoren kannst du in etwa aus den vorigen Stationen übernehmen. Für jeden Sensor muss in der Regel...

1. eine Bibliothek eingefügt werden
2. der Sensor deklariert und initialisiert werden (`setup()` -Funktion)
3. der Sensor ausgelesen werden (`loop()` -Funktion)

Dies wird im folgenden am Beispiel des [BMP280](#) Luftdrucksensors dargestellt.

## Beispiel: BMP280

Füge die `BMP280.h` Bibliothek ganz oben im Sketch hinzu, und erstelle eine Instanz `bmp` davon. Auf diesem Objekt werden alle Funktionen des [BMP280](#) aufgerufen:

```
#include <BMP280.h>
BMP280 bmp;
```

In der `setup()` -Funktion muss der Sensor initialisiert werden. Verwende dazu die folgenden Zeilen:

```
if (!bmp.begin()) Serial.println("BMP init failed!");
bmp.setOversampling(4);
```

Nun muss der Sensor in der `loop()` -Funktion innerhalb der `if` -Abfrage ausgelesen werden. In den Variablen `temp` und `pressure` stehen dann jeweils die aktuellen Messwerte. Über die bereits vorhandene Funktion `postFloatValue()` wird ein Messwert zur OSeM geschickt.

```
double temp, pressure;
char bmpStatus = bmp.startMeasurment();

// if an error occured on the sensor: stop
if (bmpStatus == 0) {
  Serial.println(bmp.getError());
  return;
}

delay(bmpStatus); // wait for duration of the measurement
bmpStatus = bmp.getTemperatureAndPressure(temp, pressure);

postFloatValue((float)temp, 4, TEMPSENSOR_ID);
postFloatValue((float)pressure, 4, PRESSURESENSOR_ID);
```

## Netzwerkverbindung

Nachdem du den [Arduino](#) über ein Netwerkkabel mit dem Internet verbunden hast, kannst du den Sketch mit der IDE auf den [Arduino](#) hochladen. Im [Seriellen Monitor](#), wird dir nun angezeigt ob die Verbindung zum Internet funktioniert. Sofern die Verbindung mit dem Netzwerk klappt, solltest du bald deine Messwerte auf der openSenseMap finden!

## Verbindungsprobleme

Falls deine Messwerte nicht auf der openSenseMap erscheinen, gehe folgende Schritte durch:

- **Ethernet-Shield:** Überprüfe, ob die orange LED neben dem Netzwerkstecker aufblinkt. Falls nicht, überprüfe die Kabelverbindung.
- **WiFi-Shield:** Überprüfe deine WLAN-Logindaten nochmal genau!
- öffne den Seriellen Monitor, und überprüfe die Textausgabe.

- Manche Schul- und Firmennetzwerke blockieren den Port 8000. Für diesen Fall kannst du eine alternative Upload-Adresse auf Port 80 angeben: Ersetze in deinem Sketch `char server[] = "opensensem.org";` durch `char server[] = "ingress.opensensem.org";`, und weiter unten in der Funktion `postObservation()` die Zeile `if (client.connect(server, 8000))` durch `if (client.connect(server, 80))`.

# Ampel

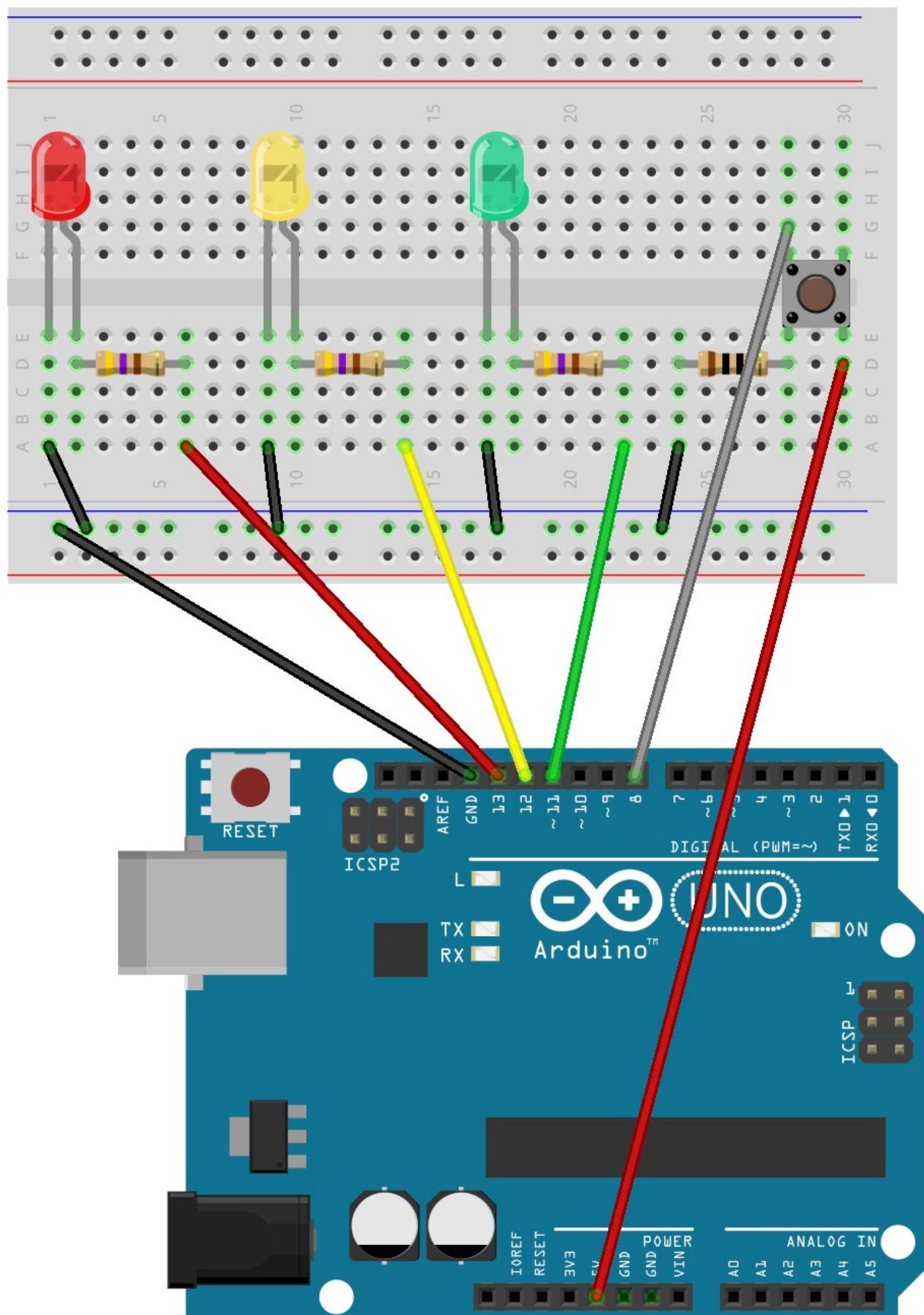
Es soll eine Ampel simuliert werden. Mit einem Button kann man die Ampel umschalten.

## Materialien

- [Genuino](#) UNO
- rote LED
- gelbe LED
- grüne LED
- 3x  $470\Omega$  Wiederstand
- Button
- $10\Omega$  Wiederstand

## Aufbau

### Hardwarekonfiguration



fritzing

## Sketch

```

int rot = 13;
int gelb = 12;
int gruen = 11;

int button = 8;

void setup() {
    pinMode(rot, OUTPUT);
    pinMode(gelb, OUTPUT);
    pinMode(gruen, OUTPUT);

    // Der Button soll Signale messen, also INPUT
    pinMode(button, INPUT);

    // Ampel zuerst auf ROT setzen
    digitalWrite(rot, HIGH);
    digitalWrite(gelb, LOW);
    digitalWrite(gruen, LOW);
}

void loop() {

    // Hier wird geprüft ob der Button gedrückt wird
    if(digitalRead(button) == HIGH) {

        delay(5000);

        // ROT zu GRUEN
        digitalWrite(rot, HIGH);
        digitalWrite(gelb, HIGH);
        digitalWrite(gruen, LOW);

        delay(1000);

        digitalWrite(rot, LOW);
        digitalWrite(gelb, LOW);
        digitalWrite(gruen, HIGH);

        delay(5000);

        // GRUEN zu ROT
        digitalWrite(rot, LOW);
        digitalWrite(gelb, HIGH);
        digitalWrite(gruen, LOW);

        delay(1000);

        digitalWrite(rot, HIGH);
        digitalWrite(gelb, LOW);
        digitalWrite(gruen, LOW);
    }
}

```

- Am Anfang der `loop()` Funktion wird jedesmal abgefragt ob der Button gedrückt wird.
- `digitalRead(button)` liest den aktuellen Zustand des Buttons aus. Wird er gedrückt, liefert die Funktion `HIGH` aus, ansonsten `LOW`.
- Um zu Prüfen ob der Button gedrückt wurde muss `digitalRead(button)` mit `HIGH` verglichen werden. Der Vergleich geschieht mit zwei Gleichzeichen `==` (Vergleichsoperator). Ein Gleichzeichen `=` ist eine Zuweisung, wie etwa `int rot = 13`.



# Verkehrszähler

## Ziele der Station

Ziel ist es, einen Verkehrs- oder Personenzähler zu entwickeln. Dazu verwenden wir einen Ultraschall-Distanzsensor. Die so aufgenommenen Werte sollen im Seriellen Monitor ausgegeben werden.

## Materialien

- Ultraschall-Distanzsensor

## Zusätzliche Materialien

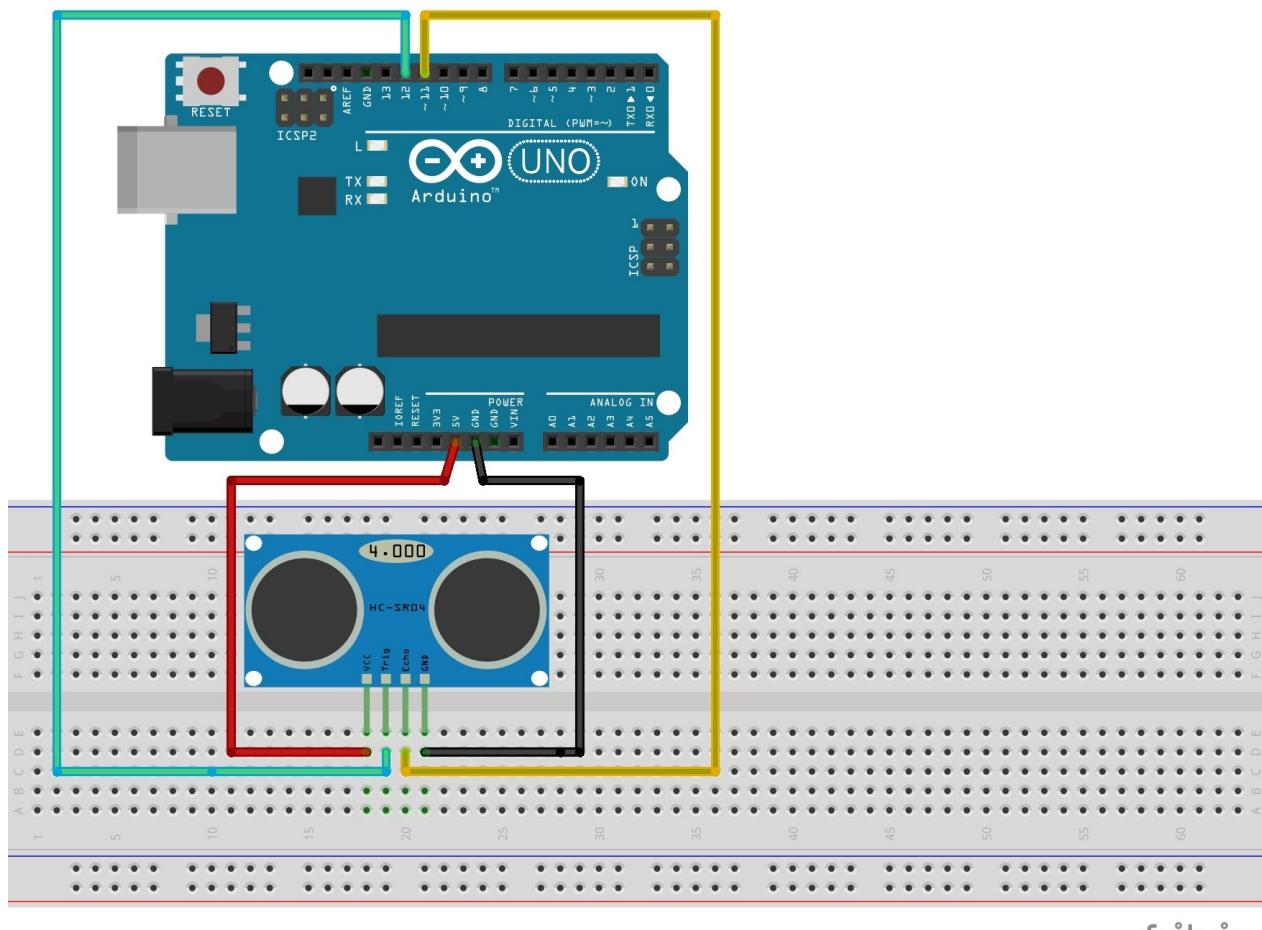
- Ihr benötigt keine zusätzlichen Materialien.

## Grundlagen

Der Ultraschall-Distanzsensor nutzt den Schall um die Entfernung von Objekten zu bestimmen. Der Sensor sendet einen Impuls aus und misst die Zeit, bis er das Echo des Impulses wieder empfängt. Aus dieser Zeit errechnet man mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit die Entfernung des Objekts.

## Aufbau

Der Ultraschallsensor wird mit vier verschiedenen Ports des [Arduino](#) verbunden. Zur Stromversorgung wird der VCC-Pin des Sensors mit dem 5V-Port des [Arduino](#) verbunden. Um den Stromkreis zu schließen wird der GND-Pin des Sensors mit einem GND-Port des [Arduino](#) verbunden. Als Letztes werden der Echo- und der Trig-Pin des Sensors jeweils mit digitalen Ports des [Arduino](#) verbunden.



Hinweis: Ihr könnt natürlich jeden digitalen Port verwenden, denkt aber daran den Code anzupassen.

## Programmierung

Definiert die Pins an dem ihr den Sensor angeschlossen habt wie üblich. Außerdem werden zwei Variablen angelegt in der die gemessene Zeit und die errechnete Distanz gespeichert werden.

```
int trig = 12; // Trig-Pin des Sensors ist an Pin 12 angeschlossen.
int echo = 11; // Echo-Pin des Sensors ist an Pin 11 angeschlossen.
unsigned int time = 0;
unsigned int distance = 0;
```

Im `setup()` müsst ihr nun den Seriellen Monitor starten und die Pins an denen der Sensor angeschlossen ist als Ein- bzw. Ausgang definieren. Der Trigger-Pin des Sensors muss als Ausgang und der Echo-Pin als Eingang definiert werden.

```
Serial.begin(9600);
pinMode(trig, OUTPUT);
pinMode(echo, INPUT);
```

Im `loop()` wird mit den Befehlen

```
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trig, LOW);
```

ein 10 Mikrosekunden langer Ultraschallimpuls ausgesendet. Der darauffolgende Befehl `time = pulseIn(echo, HIGH);` speichert die Zeit bis zum Empfang des Echos in der Variable `time`. Zum Schluss muss noch die Distanz aus der Zeit errechnet werden, sowie die Werte auf dem Seriellen Monitor angezeigt werden.

```
distance = time / 58;  
Serial.println(distance);
```

Hinweis Wir gehen davon aus, dass sich der Schall mit 348 Metern pro Sekunde ausbreitet. Diese Zahl ist nicht fix sondern hängt von der Umgebungstemperatur ab.

## Aufgabe 1

Versucht mit Hilfe bekannter Befehle und dem oben angegebenen Sketch zum Ultraschallsensor einen Personen- bzw. Verkehrszähler zu entwickeln.

Beachtet dabei folgende Hinweise:

- Versucht nur einen bestimmten Entfernungsbereich auszuwerten, damit es nicht zu Störungen durch Bewegungen im Hintergrund kommt. Effektiv misst der Sensor ca. 3 Meter.
- Um Mehrfachzählungen eines stehenden Fahrzeuges zu vermeiden solltet ihr eine Bedingung programmieren, der den Zählvorgang stoppt bis die Spur wieder frei ist, der Sensor also eine vorher festgelegte Maximaldistanz für die Spur misst. Dazu bietet sich ein `while`-Schleife an. Zuerst muss überprüft werden, ob sich etwas im Messbereich befindet. Solange der Sensor nicht misst, dass die Fahrbahn wieder frei ist, soll er erneut messen. Erst wenn die Fahrbahn wieder frei ist erhöhe deine Zählvariable um eins.
- Damit die Messwerte beim einfahren in den Messbereich nicht zu sehr schwanken, kann es helfen, zwischen den einzelnen Messungen eine Verzögerung von 200ms zu programmieren.

# Distanzmessung via Infrarot-Distanzsensor

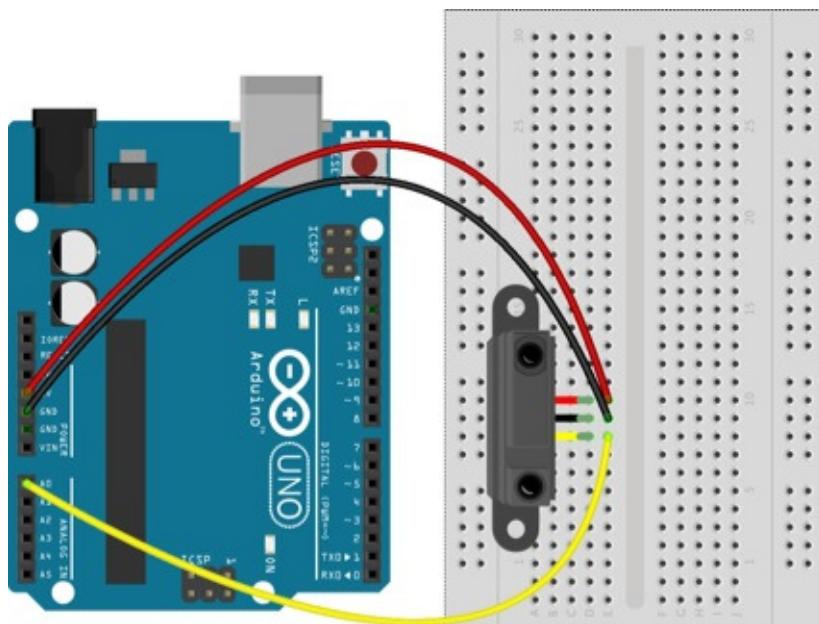
## Materialien

- IR-Distanzsensor
- rote LED
- orange LED
- Widerstand

## Grundlagen

Die Entfernungsmessung mit Infrarotlicht erfolgt durch eine sog. Triangulation. Eine Triangulation ist eine geometrische Methode, Distanzen durch genaue Winkelmessung innerhalb eines Dreiecks zu ermitteln. Damit der Sensor Entferungen messen kann, benötigt er zwei Bauteile: eine IR-Diode und eine sogenannte ortsauflösende Photodiode. Die IR-Diode sendet einen Infrarotstrahl aus und das von einem Objekt reflektierte Licht wird von der ortsauflösenden Photodiode empfangen. Ändert sich nun die Entfernung des Objektes vom Sensor, ändert sich auch der Winkel, in dem das Licht reflektiert und wieder empfangen wird. Mit dem gemessenen Winkel wird mit Hilfe der Winkelfunktionen die Entfernung des Objektes von der Lichtquelle errechnet.

## Aufbau



Baue die oben abgebildete Schaltung nach.

Tipp: Der in der senseBox verwendete Infrarot Distanzmesser gibt ein analoges Signal aus und kann nur Distanzen zwischen 5cm und 60cm messen. Der gemessene Wert kann mit einer Formel in die Distanz in Zentimetern umgerechnet werden:

$$\text{Distanz} = 4800 / (\text{Sensorwert} - 20)$$

Informationen wie die Umrechnungsformeln der Sensoren gibt es immer in den Datenblättern der Hersteller.

## Programmierung

Zunächst wollen wir wieder Variablen für die später benutzten Pins erstellen. Für dieses Projekt benötigen wir einen analogen Eingang `A0` für den IR-Sensor. Außerdem benötigen wir eine Variable, in der wir den gemessenen Abstand speichern.

```
int irsensor = A0;  
float distance = 0;
```

In der `setup`-Methode soll zunächst der serielle Monitor gestartet werden. Dann müssen wir den Pin `A0` noch als Eingang definieren.

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    pinMode(irsensor, INPUT);  
}
```

In der `loop`-Methode lesen wir zunächst den Wert des Sensors aus. Anschließend müssen wir diesen noch in Zentimeter umrechnen und in der Variable speichern.

```
void loop() {  
    int temp = analogRead(irsensor);  
    distance = 4800/(temp - 20);  
    //Falls das Objekt zu weit weg ist, kann der Sensor es nicht erfassen.  
    //Ein ähnliches Problem ergibt sich, falls das Objekt zu nah ist.  
    Serial.print("Ein Objekt befindet sich ");  
    Serial.print(distance);  
    Serial.println(" cm vor dem Sensor");  
}
```

Nun kannst du die gemessenen Werte des Sensors im seriellen Monitor sehen. Du wirst sehen, dass die Werte nur zwischen 5cm und 60cm zuverlässig gemessen werden.

## Aufgabe

Erweitere das Projekt so, dass eine orange LED zu leuchten beginnt, falls der gemessene Abstand kleiner als 20cm wird. Sollte der gemessene Abstand kleiner als 10cm werden, soll eine rote LED aufleuchten.

## DIY Umweltstation

In diesem Projekt erfahrt ihr, wie man eine senseBox Umweltstation aufbaut. Am Ende wird die Messung diverser Umweltpheomene wie Temperatur, Luftfeuchte, Helligkeit und Luftdruck, sowie die Veröffentlichung der Daten auf der [openSenseMap](#) möglich sein!

Dieses Projekt ist das umfangreichste, weshalb es in mehrere Unterkapitel aufgeteilt wurde. In jedem neuen Kapitel wird ein zusätzlicher Baustein eingeführt, bis eine vollständige – den Funktionen der senseBox:home ähnliche – Wetterstation gebaut wurde!

Ihr könnt die Stationen als einzelne Projekte bearbeiten, oder euren Programm-Code mit jeder Station erweitern, um alle fünf Phänomene gleichzeitig messen zu können.

# DIY - Experimente mit Licht

Wenn du fern siehst, das Radio anschaltest, mit deinem Smartphone eine Nachricht schreibst oder Essen in der Mikrowelle warm machst, nutzt du dabei elektromagnetische Energie. Heutzutage sind alle Menschen ständig auf diese Energie angewiesen. Ohne sie würde das Leben in modernen Städten völlig anders sein, als du es kennst.

## Ziele der Station

In dieser Station verwendest du einen Lichtsensor, um die Beleuchtungsstärke des sichtbaren Lichts in Lux zu erfassen.

## Materialien

- Lichtsensor TSL 45315

## Grundlagen

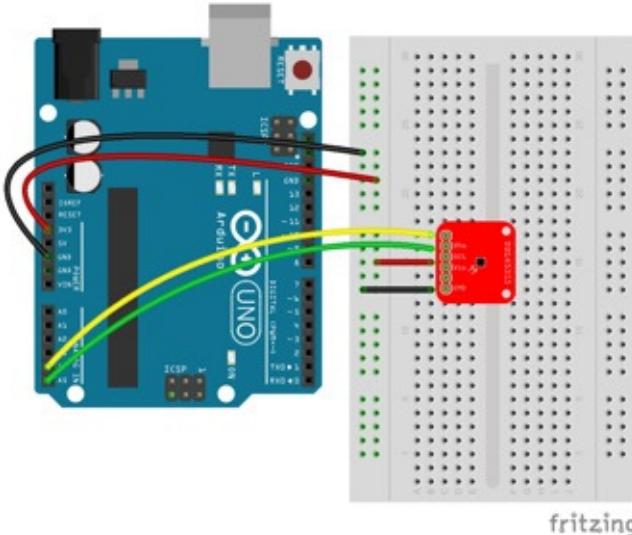
Elektromagnetische Energie bewegt sich in Wellen durch den Raum. Ihr Spektrum reicht von sehr langen Radiowellen bis hin zur sehr kurzweligen Gammastrahlung. Das menschliche Auge kann dabei nur einen sehr kleinen Teil dieses Spektrums wahrnehmen: das sichtbare Licht. Unsere Sonne ist dabei die Quelle der Energie über das gesamte Spektrum hinweg. Die Atmosphäre der Erde schützt uns davor, einem zu hohen Maß an Strahlung ausgesetzt zu werden, die für uns lebensgefährlich werden könnte.

Für uns ist die Intensität des sichtbaren Lichts besonders interessant. Um die sog. Beleuchtungsstärke des einfallenden Lichts im sichtbaren Teil des Spektrums zu messen, wird die Einheit Lux verwendet. Sie gibt das Verhältnis der Helligkeit in Lumen pro Quadratmeter an. Bei einem hellen Sonnentag beträgt sie über 100.000 Lux, in einer Vollmondnight hingegen nur etwa 1 Lux.

Für diese Messung benutzt du im Folgenden den I2C Sensor TSL45315 von AMS-TAOS. Im Datenblatt des Sensors sieht man, dass seine Empfindlichkeit auf den sichtbaren Teil des Lichtspektrums angeglichen ist, der ungefähr zwischen 400 und 700 nm liegt.

Laut dem Datenblatt hat dieser Sensor eine Reichweite von 2 bis 200.000 Lux, bei einer Auflösung von 3 Lux. Des Weiteren muss der Sensor mit 3,3V betrieben werden.

## Aufbau



## Grundlagen

Zur manuellen Programmierung benutzt du dieses Mal nur die Wire-Bibliothek. Am Anfang brauchst du ein paar Konstanten, die mit der Direktive `#define` definiert werden. Anders als bei Variablen belegen sie einen festen Platz im Speicher, der sich nur auslesen, aber nicht beschreiben lässt. In unserem Falle soll die Busadresse sowie die folgenden Registeradressen des Sensors gespeichert werden.

ADDRESS	REGISTER NAME	R/W	REGISTER FUNCTION	RESET VALUE
--	COMMAND	W	Specifies register address	0x00
0x00	CONTROL	R/W	Power on/off and single cycle	0x00
0x01	CONFIG	R/W	Powersave Enable / Integration Time	0x00
0x04	DATALOW	R	ALS Data LOW Register	0x00
0x05	DATAHIGH	R	ALS Data HIGH Register	0x00
0x0A	ID	R	Device ID	ID

Diese Register werden zur Konfiguration und Kommunikation benötigt:

```
#include <Wire.h>
#define I2C_ADDR      (0x29)
#define REG_CONTROL   0x00
#define REG_CONFIG    0x01
#define REG_DATALOW   0x04
#define REG_DATAHIGH  0x05
#define REG_ID        0x0A
```

In der `setup()`-Funktion soll nun eine Verbindung zu dem Sensor hergestellt werden und dem Kontrollregister der Befehl zum Hochfahren gegeben werden:

```
Wire.begin();
Wire.beginTransmission(I2C_ADDR);
Wire.write(0x80 | REG_CONTROL);
Wire.write(0x03); //Power on
Wire.endTransmission();
```

Als nächstes legen wir eine Belichtungszeit von 400 ms fest:

```
Wire.beginTransmission(I2C_ADDR);
Wire.write(0x80 | REG_CONFIG);
Wire.write(0x00); //400 ms
Wire.endTransmission();
```

Um die Belichtungszeit zu verändern, kann man den entsprechenden Wert von `0x00` in `0x01` oder `0x02` ändern, um die Belichtungszeit auf 200 bzw. 100 ms im Konfigurationsregister des Sensors zu reduzieren.

In der `loop()`-Funktion geben wir nun den Befehl zum Start der Messroutine und lassen uns vom Sensor die Daten senden, die für die Berechnung der Beleuchtungsstärke benötigt werden:

```
Wire.beginTransmission(I2C_ADDR);
Wire.write(0x80 | REG_DATALOW);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(I2C_ADDR, 2); // 2 Bytes anfordern
uint16_t low = Wire.read();
uint16_t high = Wire.read();
```

Falls der Sensor noch Daten sendet, sollten diese danach abgefangen werden, um Fehler im nächsten Durchgang zu vermeiden.

```
while(Wire.available()) {
    Wire.read();
}
```

Hinweis: Ähnlich wie bei unserer `loop`-Funktion führt eine `while`-Schleife die Anweisungen in den geschweiften Klammern immer wieder aufs Neue aus. Abgebrochen wird sie erst dann, wenn die Bedingung nicht mehr erfüllt wird.

Zu guter Letzt nutzt du die ausgelesenen Datenbytes, um Beleuchtungsstärke in Lux auszurechnen. Im Datenblatt findet sich die dazu passende Formel:

```
uint32_t lux;
lux = (high << 8) | (low << 0);
lux = lux * 1; // Multiplikator für 400ms
```

Um diese Formel auf eine Belichtungszeit von 200 oder 100ms anzupassen, musst du nur den Multiplikator auf 2 bzw. 4 erhöhen.

## Aufgabe 1

Füge den Code aus dieser Lektion zusammen und ergänze eine Funktion um die Daten im Seriellen Monitor ausgeben zu lassen.

## Aufgabe 2

Ändere die Belichtungszeit des Sensors und vergleiche danach die Ergebnisse der Messungen.

Tipp: Vergiss nicht, neben der Belichtungszeit im Konfigurationsregister auch die Berechnung des Lux-Wertes entsprechend anzupassen.

# DIY - UV-Licht Sensor

## Ziele der Station

In dieser Station verwenden wir einen UV-Lichtsensor, um die Intensität des UV-Lichts in Mikrowatt je Quadratzentimeter ( $\mu\text{W} / \text{cm}^2$ ) zu erfassen. Anschließend wollen wir den Wert in den UV-Index umrechnen.

## Materialien

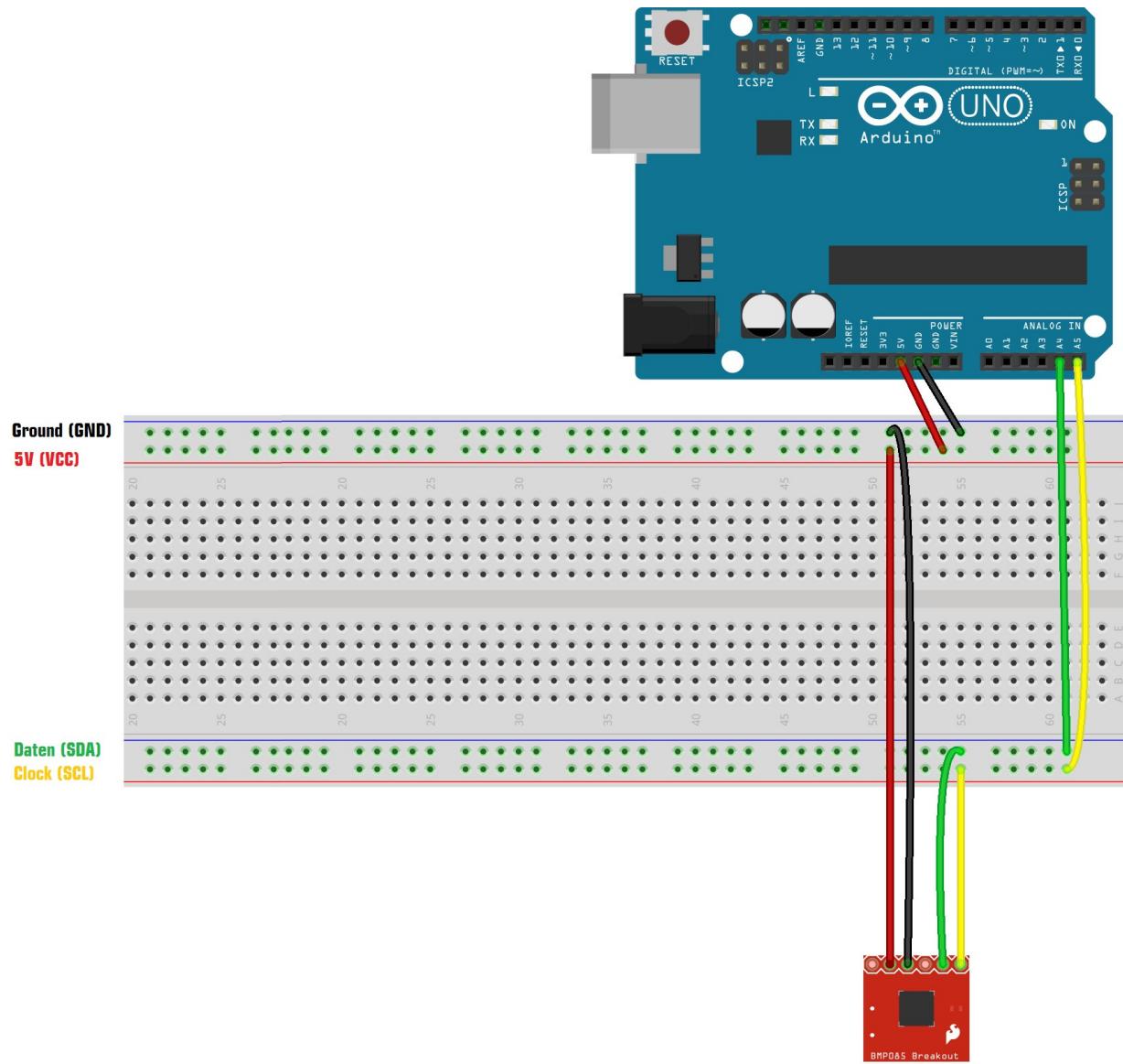
- UV-Licht Sensor [VEML6070](#)

## Grundlagen

Ultraviolettstrahlung (UV-Licht) ist für den Menschen unsichtbare elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge, die kürzer ist als die sichtbaren Lichtes, aber länger als die der Röntgenstrahlung. UV-Licht umfasst die Wellenlängen von 100 nm bis 380 nm. Wegen der Absorption in der Erdatmosphäre - insbesondere in der Ozonschicht - dringt nur wenig UV-B-Strahlung (100 - 300 nm) bis zur Erdoberfläche vor. UV-A-Strahlung (300 - 380 nm), welche weniger gefährlich für die menschliche Haut ist, wird weniger durch die Atmosphäre absorbiert.

UV-Lichtintensität wird in Mikrowatt je Quadratzentimeter ( $\mu\text{W} / \text{cm}^2$ ) gemessen. Unser Sensor misst im Bereich von ca. 300 - 400 nm, nimmt also nur UV-A Strahlung auf (für genauere Angaben beachte das [Datenblatt](#)).

## Aufbau



fritzing

Schließe den Sensor an den [Arduino](#) an, wie es in der Grafik dargestellt ist.

Um über den I<sup>2</sup>C Bus auf den Sensor zugreifen zu können, müssen wir die Bibliothek `wire.h` importieren und die Adresse des Sensors als Konstante definieren. Wir benötigen weitere Konstanten um das Auslesen des Sensors zu ermöglichen, sowie einen Referenzwert um die Messwerte in den UV-Index umrechnen zu können:

```
#include <Wire.h>

#define I2C_ADDR_UV 0x38
// Integrationszeiten
#define IT_0_5 0x0 // 1/2T
#define IT_1 0x1 // 1T
#define IT_2 0x2 // 2T
#define IT_4 0x3 // 4T

// Referenzwert: 0,01 W/m^2 ist äquivalent zu 0.4 als UV-Index
float refVal = 0.4;
```

Jetzt können wir den Sensor in der `setup()`-Funktion konfigurieren.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
```

```

Wire.beginTransmission(I2C_ADDR_UV);
Wire.write((IT_1<<2) | 0x02);
Wire.endTransmission();
delay(500);
}

```

In der `loop()` -Funktion schreiben wir unser Hauptprogramm um den Sensor regelmäßig auszulesen:

```

void loop() {
    byte msb=0, lsb=0;
    uint16_t uv;

    Wire.requestFrom(I2C_ADDR_UV+1, 1); // MSB (erstes Byte am Sensor lesen)
    delay(1);
    if(Wire.available()) {
        msb = Wire.read();
    }

    Wire.requestFrom(I2C_ADDR_UV+0, 1); // LSB (zweites Byte am Sensor lesen)
    delay(1);
    if(Wire.available()) {
        lsb = Wire.read();
    }

    uv = (msb<<8) | lsb; // beide Bytes durch Bitshift zu einer Zahl verbinden

    Serial.print("uw je cm²: ");
    Serial.println(uv, DEC); // Ausgabe als 16bit Integer
    Serial.print("UV-Index: ");
    Serial.println(getUVI(uv));

    delay(1000);
}

```

Achtung: Falls ihr das Programm kompiliert bevor ihr die Methode `getUVI()` programmiert (siehe unten), wird euch eine Fehlermeldung ausgegeben.

Da im Alltag häufig mit dem **UV-Index** gearbeitet wird, wollen wir nun eine Methode schreiben, welche uns den Messwert in einen UV-Index umrechnet:

```

/*
 * getUVI()
 * erwartet den Messwert des UV-Sensors als Eingabeparameter
 * und gibt den entsprechenden Wert auf dem UV-Index zurück
 */
float getUVI(int uv) {
    float uvi = refVal * (uv * 5.625) / 1000;
    return uvi;
}

```

# DIY - Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Damit wir täglich den Wetterbericht im Internet, im Fernsehen, in der Zeitung oder in Apps sehen können, werden nicht nur Satellitendaten ausgewertet. Auch Daten von Wetterstationen am Boden spielen eine wichtige Rolle bei der Vorhersage. Aber wie funktioniert die Messung und Darstellung von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerten?

## Voraussetzungen

- Die Verwendung von Software-Bibliotheken
- Der serielle Datenbus I<sup>2</sup>C
- Der serielle Monitor

## Ziele der Station

In dieser Station beschäftigen wir uns mit dem Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor der senseBox, dem [HDC1008](#).

## Materialien

- kombinierter Temperatur und Luftfeuchtigkeitssensor [HDC1008](#)

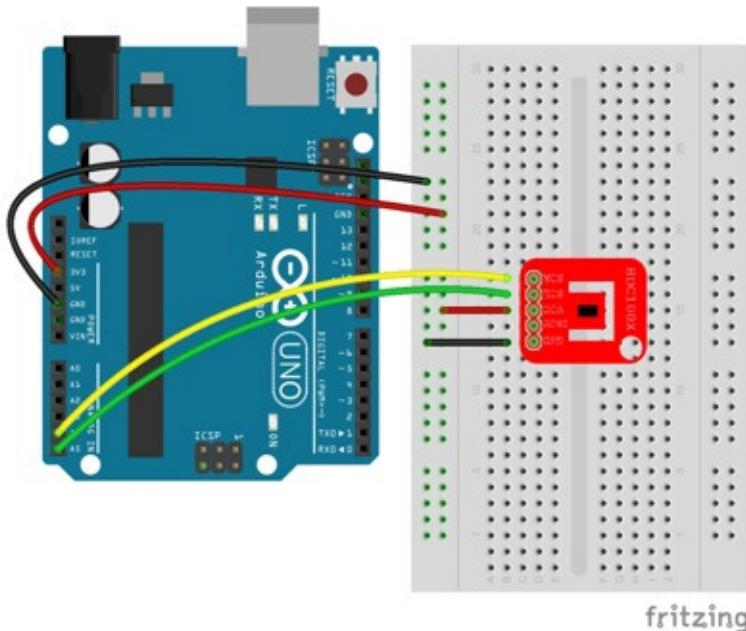
## Grundlagen

Der [HDC1008](#), aus der Serie HDX100X von Texas Instruments, ist ein kombinierter Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor. Der Sensor kann die Luftfeuchtigkeit von 0% bis 100%, sowie die Temperatur von -40°C bis 125°C bei einer Genauigkeit von ±4% bzw. von ±0,2°C messen.

Die Kommunikation des Sensors mit dem Mikrokontroller läuft über den [seriellen Datenbus I<sup>2</sup>C](#). Anders als bei einfachen digitalen oder analogen Eingängen, können an den Datenbus mehrere I<sup>2</sup>C-Geräte (wie z.B. Sensoren oder Displays) parallel geschaltet werden. Jedes Gerät hat dabei eine eindeutige Kennung, damit der Datenbus jedes Einzelne davon zuordnen und separat ansprechen kann.

## Aufbau

Steckt den Schaltkreis wie ihr ihn unten in der Grafik seht.



## Programmierung

Bevor wir mit der Programmierung starten können, müssen wir die `HDC100X.h` Bibliothek installieren. Dies solltest du eigentlich bereits mit den [ersten Schritten](#) getan haben, falls nicht kannst du im Kapitel zu [Softwarebibliotheken](#) nachlesen.

Um alle zusätzlichen Funktionen der Bibliothek nutzen zu können, muss sie an oberster Stelle in eurem Programm mit der Direktive `#include` eingebunden werden. In unserem Fall brauchen wir neben der HDC100X Bibliothek noch die Wire-Bibliothek (Standarderweiterung für I<sup>2</sup>C Geräte), also steht in den ersten beiden Zeilen:

```
#include <Wire.h>
#include <HDC100X.h>
```

Hinweis: Anders als bei regulären Befehlen, steht am Ende der include Direktive kein Semikolon.

In allen darauf folgenden Zeilen können nun die Funktionen der Bibliotheken genutzt werden.

Als erstes muss eine Verbindung zur Sensoradresse angegeben werden. Bei diesem Sensor lautet die Adresse `0x43` (vgl. [Datenblatt](#)).

```
HDC100X hdc(0x43);
```

Durch diesen Befehl hast du nun eine Instanz `hdc` des Sensors vom Typ `HDC100X` angelegt. Jetzt muss dieser Sensor in der `setup()` -Funktion wie folgt gestartet werden: Die Argumente der `begin()` -Funktion geben dabei an, dass Temperatur und Luftfeuchte gemessen werden, jeweils in einer Auflösung von 14 Bit, und dass das Heizelement des Sensors deaktiviert werden soll.

```
hdc.begin(HDC100X_TEMP_HUMI, HDC100X_14BIT, DISABLE);
```

Nachdem du den Sensor, wie oben beschrieben, initialisiert hast, kannst du zwei Befehle in der `loop()` -Funktion nutzen, um einen Temperatur- bzw. Feuchtigkeitswert ausgeben zu lassen:

```
hdc.getHumi();
hdc.getTemp();
```

Hinweis: Beim Speichern der Messwerte sollten die Variablen den gleichen Datentypen haben wie die Rückgabewerte der Messfunktionen. In unserem Fall sind das beides `float` Werte.

## Aufgabe 1

Baue die oben beschriebene Schaltung nach und versuche den [HDC1008](#) auszulesen und Dir die gemessenen Daten im seriellen Monitor anzeigen zu lassen.

Hinweis: Orientiere dich an dem Beispiel aus der HDC100X-Bibliothek.

# Luftdruck Sensor

## Materialien

- Luftdrucksensor `BMP280`

## Grundlagen

### `BMP280` Sensor

Der `BMP280` Sensor misst sowohl Luftdruck (hPa) als auch Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ). Dieser Sensor wird über das `I2C` Protokoll angesteuert, und benötigt eine Betriebsspannung von 3.3 bis 5 Volt.

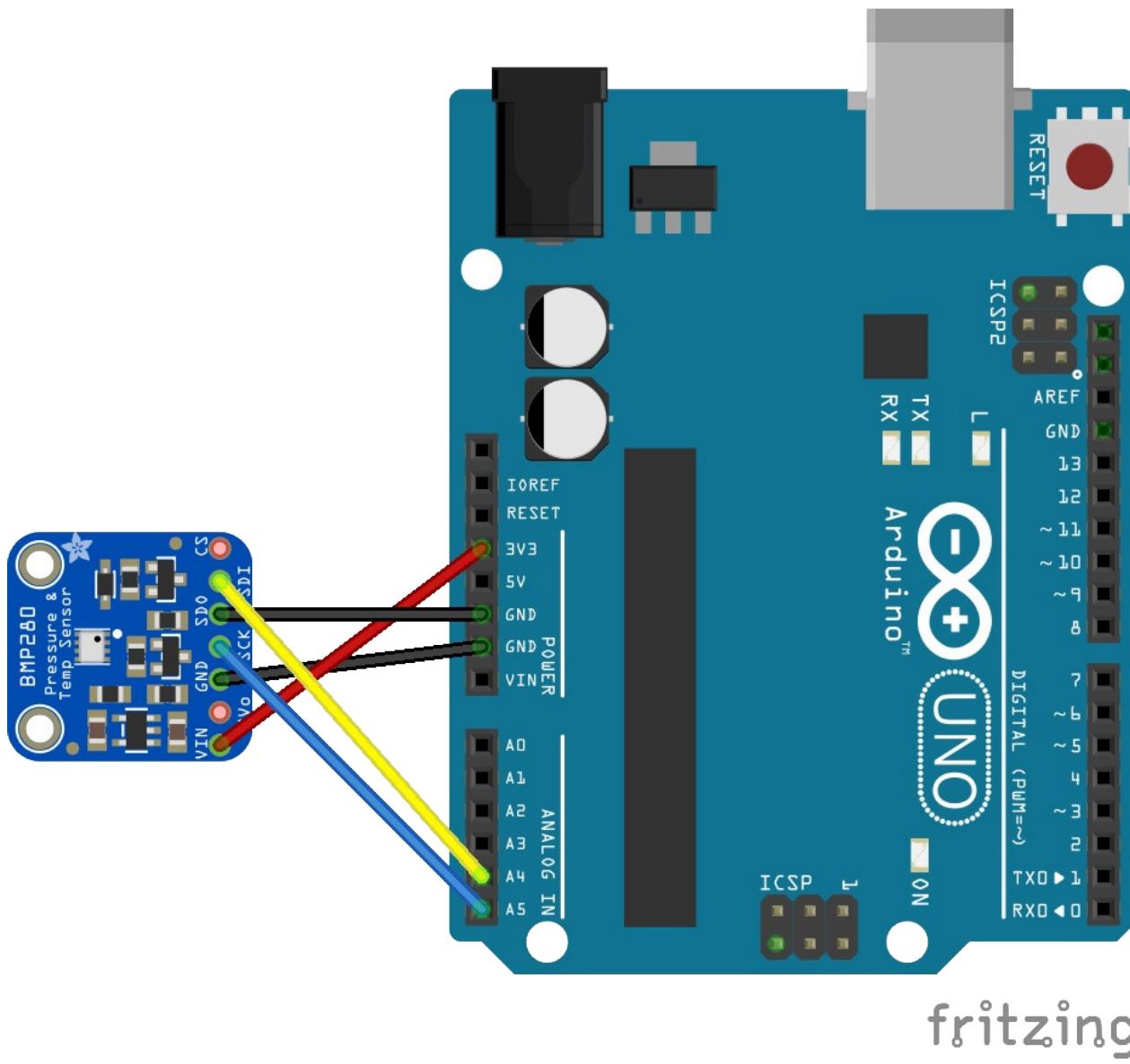
`I2C`-Geräte werden an den `Arduino` Uno über die Pins `A4` (SDA), und `A5` (SCL) angeschlossen, und so digital ausgelesen (siehe auch [Der serielle Datenbus](#)). Die `I2C`-Adresse des `BMP280` kann über den `SDO` Pin umgeschaltet werden: Liegt `SDO` auf Masse (`GND`) ist die Adresse `0x76`, sonst `0x77`.

### Höhenbestimmung über den Luftdruck

Da der Luftdruck von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängt, kann über den `BMP280` auch die Aufbau-Höhe der `senseBox` bestimmt werden. Dazu wird ein Referenzdruck `P0` benötigt, dessen Höhe bekannt ist. Üblicherweise wird dazu der aktuelle Luftdruck auf Meeresspiegelniveau verwendet. Da der Luftdruck in Abhängigkeit vom aktuellen Wetter stark schwanken kann, ist diese "Höhenmessung" aber nicht sehr akkurat, und muss immer wieder neu kalibriert werden.

## Aufbau

Die Betriebsspannung des Sensors wird über die Verbindung des `Arduino` Pins `3.3V -> VCC` und `GND -> GND` realisiert. Die `I2C` Verbindung wird wie üblich über `SDA` und `SCL` hergestellt. Zusätzlich muss `SDO` am Sensor mit `GND` verbunden werden, da die von uns genutzte `BMP280.h` -Bibliothek für die `I2C` Adresse `0x76` konfiguriert ist.



## Programmierung - Auslesen des Sensors

Der Sensor kann über die Bibliothek `BMP280.h` ausgelesen werden. Nachdem diese eingebunden wurde, muss eine Instanz `bmp` davon erstellt werden. Auf diesem Objekt werden alle Funktionen der Bibliothek aufgerufen:

```
#include <BMP280.h>
#include <Wire.h>
BMP280 bmp;
```

In der `setup()`-Funktion muss der Sensor initialisiert werden. Verwende dazu die folgenden Zeilen:

```
if (!bmp.begin()) {
    Serial.println("BMP init failed!");
}
bmp.setOversampling(4); // lege Auflösung der Messungen fest
```

Nun muss der Sensor in der `loop()`-Funktion ausgelesen werden. In den Variablen `temp` und `pressure` stehen dann jeweils die aktuellen Messwerte.

```
double temp, pressure;
char bmpStatus = bmp.startMeasurment();
```

```
// if an error occurred on the sensor: stop
if (bmpStatus == 0) {
    Serial.println(bmp.getError());
    return;
}

delay(bmpStatus); // wait for duration of the measurement
bmpStatus = bmp.getTemperatureAndPressure(temp, pressure);
```

## Aufgaben

### Aufgabe 1

Verbinde den `BMP280` Sensor mit dem `Arduino`, und erstelle einen `Arduino`-Sketch, welcher regelmäßig Luftdruck und Temperatur auf dem seriellen Monitor ausgibt!

### Aufgabe 2

Betrachte den oben angegebenen Code zum Auslesen des `BMP280`. Wozu dient die Variable `bmpStatus` ?

### Aufgabe 3

Du hast erfahren, dass sich aus dem gemessenen Luftdruck die Aufbauhöhe der senseBox bestimmen lässt. Verwende die Funktion `bmp.altitude(...)` um die Höhe zu berechnen, und gebe diese ebenfalls auf dem Seriellen Monitor aus.

Tipp: Sieh dir das der `BMP280`-Bibliothek beiliegende Beispiel an. Der Referenzdruck P0 muss an die derzeitige Wetterlage angepasst werden: [Hier](#) findest du den aktuellen Luftdruck. Wähle eine Wetterstation die nahe des Meeresspiegelniveaus ist (zB. Greifswald, Emden, Fehmarn)

## DIY - Datenupload zur openSenseMap

Wenn wir unsere Wetterstation aufgebaut haben, wäre es doch schön die gewonnenen Daten immer von jedem Ort aus abrufen zu können. Dazu gibt es die [openSenseMap](#) (OSeM), welche diverse Sensordaten online sammelt und auf einer Karte darstellt. Über den Ethernet- oder WiFi-Shield oder können wir unsere senseBox ans Internet anbinden und die Daten zur OSeM hochladen.

### Ziele der Station

In dieser Station wird beispielhaft die Integration eines Sensors in die openSenseMap gezeigt, sodass die gewonnenen Daten online verfügbar sind.

### Materialien

- [Ethernet-Shield](#) bzw WiFi-Shield (je nach Variante)
- evtl. Netzwerk-Kabel
- Mindestens einen (beliebigen) Sensor

### Grundlagen

- [Shields](#): Lese dieses Kapitel um zu erfahren, wie der [Arduino](#) mit Shields um eine Netzwerkverbindung erweitert werden kann.
- [openSenseMap Upload](#): In diesem Kapitel erfährst du, wie du deine senseBox in die openSenseMap einbinden kannst.

### Aufgaben

#### Aufgabe 1

Mache dich mit der openSenseMap vertraut (siehe Grundlagen), und registriere dort deine senseBox mit den Sensoren, welche du bisher angeschlossen hast.

#### Aufgabe 2

In dem [Arduino](#)-Sketch, den du bei der Registrierung in Aufgabe 1 erhalten hast, fehlt noch das Auslesen von Sensoren. Erweitere den Sketch von der OSeM-Registrierung sodass deine angeschlossenen Sensoren ausgelesen werden.

Tipp: Folge der Anleitung im [Grundlagenkapitel](#). Du kannst deinen bisherigen Code überwiegend wiederverwenden!

#### Aufgabe 3

Erweitere den Sketch aus Aufgabe 2, sodass die Sensordaten zur openSenseMap hochgeladen werden.

Hinweis: Falls du die `BMP280.h` -Bibliothek nicht in der [Arduino](#) IDE findest, kannst du sie unter [Downloads](#) herunterladen und in den `Arduino/libraries` Ordner kopieren.

## senseBox:water

In diesem Projekt wird eine Messstation entwickelt, welche verschiedene Qualitäten und Eigenschaften von Wasser messen soll.

Achtung: Einige der verwendeten Sensor-Komponenten sind nicht standardmäßig in der senseBox:edu enthalten!

Jede Station beschreibt Aufbau und Programmierung für je einen Sensor. Ziel des Projekts ist, alle diese Sensoren parallel zu betreiben. Abschließend sollten diese Stationen also kombiniert werden, und in einem geeigneten wasserfesten Gehäuse aufgebaut werden.

# Leitfähigkeit-Sensor

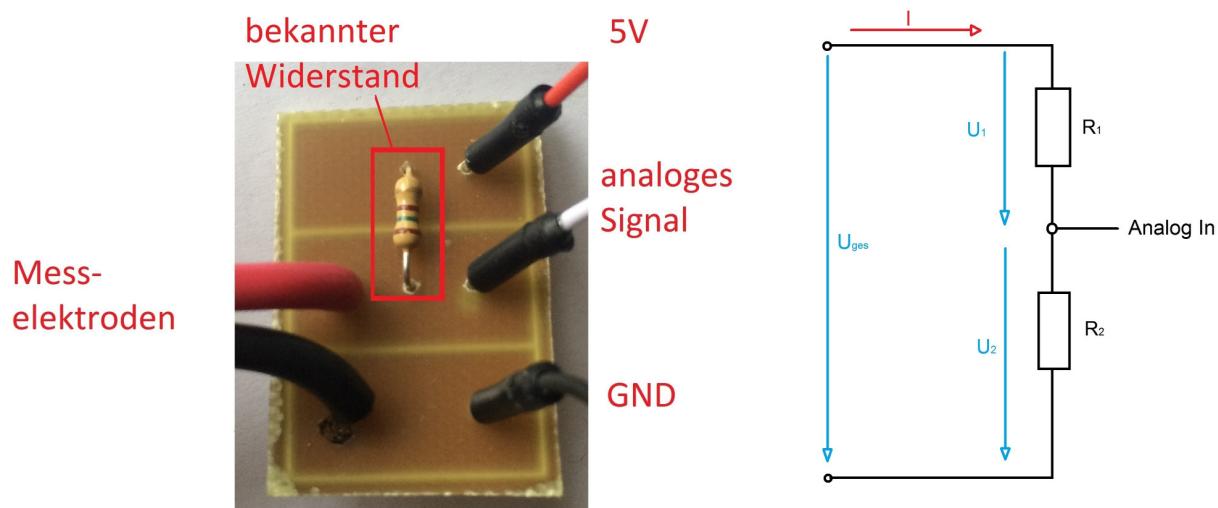
## Ziel der Station

In dieser Station bauen wir mit Hilfe eines Widerstandes und einfachen Elektroden ein Messgerät für die elektrische Leitfähigkeit von Materialien.

## Materialien

- beliebiger Widerstand
- Elektroden (die Kabel der senseBox funktionieren hierfür auch!)

## Aufbau



Mit dieser Schaltung kann die Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektroden gemessen werden. Du kannst sie entsprechend auf dem Breadboard nachbauen.

In der Programmierung gehen wir davon aus, dass der analoge Eingang 8 verwendet wird.

## Programmierung

Die Programmierung ist analog zur [Fotodiode \(LDR\)](#). Wir verwenden den Befehl `analogRead()` um im ersten Schritt die Spannung am analogen Eingang zu bestimmen.

Diese Spannung wird anschließend in den Widerstand zwischen den Elektroden in Ohm umgewandelt. Um die Leitfähigkeit in Siemens zu erhalten, muss der Widerstand noch umgewandelt werden.

```

float quellspannung = 5.0;
int analogPin = 8;
int R1 = 150;           // Wert des bekannten Widerstands (150 Ohm)
long messwert;
float spannungR2; // Spannung über dem zu messenden Widerstand
float widerstand;
float leitfaehigkeit;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

```

```
}

void loop() {
    messwert = 0;
    for (int i = 0; i < 5; i++) {
        messwert += analogRead(analogPin);
    }

    messwert = trunc(messwert / 5); // Mittelwert von fünf Messungen

    spannungR2 = (quellspannung / 1023.0) * messwert;           // Spannung berechnen
    widerstand = R1 * (spannungR2 / (quellspannung - spannungR2)); // Berechnung: (R2 = R1 * (U2/U1))
    leitfaehigkeit = 1 / (widerstand * 4);
    Serial.println(leitfaehigkeit);
}
```

## Übertragen und Testen

Mit der oben beschriebenen Programmierung solltest du jetzt die Leitfähigkeit in Siemens auslesen können. Übertrage den Code auf den [Arduino](#) und schaue dir die Ausgabe auf dem seriellen Monitor an. Du kannst nun die Elektroden an verschiedene Materialien halten, und deren elektrische Leitfähigkeit prüfen!

# Wasserdichter Temperatursensor

## Ziel der Station

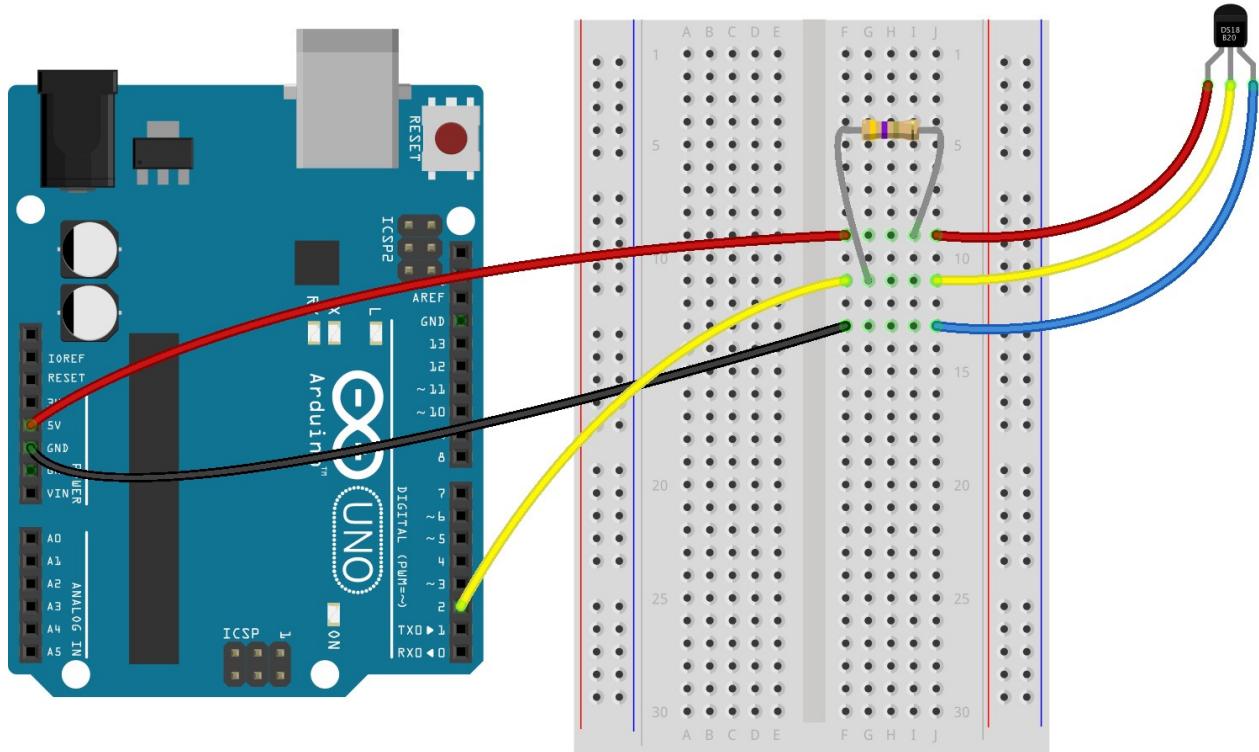
In dieser Station sollst du den wasserdichten Temperatursensor (DS18B20) an die senseBox anschließen und die Temperatur auslesen. Danach kannst du den Sensor ins Wasser hängen und die Wassertemperatur bestimmen.

## Materialien

- $470\ \Omega$  Widerstand
- [wasserfester Temperatursensor DS18B20](#) (nicht in der senseBox enthalten)

## Aufbau

Der Sensor kommuniziert über das proprietäre [OneWire Protokoll](#) von Dallas. Dieses Protokoll erfordert eine Spannung auf dem Datachannel, sodass wir einen Widerstand als Pull Up in die Schaltung einsetzen:



fritzing

## Programmierung

Bevor wir mit der Programmierung beginnen, müssen wir zunächst die erforderlichen Bibliotheken herunterladen.

- [OneWire](#)
- [Arduino-Temperature-Control-Library](#)

Nach dem Herunterladen müssen beide Bibliotheken entpackt werden und in das `libraries` Verzeichnis kopiert werden. Dieses findest Du hier: `Dokumente\Arduino\libraries`.

Daraufhin kannst du die [Arduino](#) IDE starten und einen neuen Sketch erstellen. Über der `setup()`-Funktion fügst Du folgenden Programmcode ein um die Bibliotheken einzubinden:

```
// First we include the libraries
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Data wire is plugged into pin 2 on the Arduino
#define ONE_WIRE_BUS 2

// Setup a OneWire instance to communicate with any OneWire devices
// (not just Maxim/Dallas temperature ICs)
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

Dieser Programmcode fügt die von Dir heruntergeladenen Bibliotheken zum Programm hinzu. Außerdem gibst du mit `#define ONE_WIRE_BUS 2` an, an welchen Pin Du den Sensor mit der `senseBox` verbunden hast.

In der `setup()`-Funktion fügst Du nun folgenden Programmcode ein, damit wir Daten auf die Konsole schreiben können und der Temperatursensor angesprochen wird:

```
// start serial port
Serial.begin(9600);

// Start up the library
sensors.begin();
```

Jetzt können wir damit beginnen die Temperatur vom Sensor abzufragen. Da wir mehrere Messungen machen wollen, fragen wir die Temperatur in der `loop()`-Funktion ab. Das geht mit folgendem Code:

```
// call sensors.requestTemperatures() to issue a global temperature
// request to all devices on the bus
Serial.print("Requesting temperatures...");
sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature readings
Serial.println("DONE");

Serial.print("Temperature is: ");
Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); // Why "byIndex"?
// You can have more than one DS18B20 on the same bus.
// 0 refers to the first IC on the wire
delay(1000);
```

## Übertragen und Testen

Mit dem oben beschriebenen Programm solltest Du jetzt die Temperatur auslesen können. Übertrage den Code auf den [Arduino](#) und schaue dir die Ausgabe auf dem seriellen Monitor an.

## Aufgaben

- Entferne die Konsolenausgaben so, dass nur noch die gemessene Temperatur ausgegeben wird
- Versuche die Anzahl der Messungen pro Sekunde zu erhöhen.

# pH-Wert Sensor

## Ziel der Station

In dieser Station sollst eine pH-Elektrode anschließen um den pH-Wert verschiedener Lösungen automatisch bestimmen zu können.

## Materialien

- [pH-Meter Shield](#) von Gravity

## Aufbau

Das pH-Meter Board hat neben den Anschlüssen für die Stromversorgung (+ GND) und (- 5V) einen Analogen Ausgang. Diesen schließen wir am [Arduino](#) an den analogen Eingang A0 an.

## Programmierung

Die Programmierung des pH-Sensors ist sehr ähnlich zum Auslesen des LDR's. Wir verwenden den Befehl `analogRead()` um das Signal abzufragen.

```
#define SensorPin 0           // pH meter Analog output an Arduino Analog Input A0
unsigned long int avgValue; // Speichern der Durchschnittswerte des Sensors
float b;
int buf[10], temp;

void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  for(int i = 0; i < 10; i++) {      // mache 10 Messungen um einen Mittelwert zu bilden
    buf[i] = analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }

  for(int i = 0; i < 9; i++) {      // sortiere die Messwerte nach Höhe
    for(int j = i+1; j < 10; j++) {
      if(buf[i] > buf[j]) {
        temp = buf[i];
        buf[i] = buf[j];
        buf[j] = temp;
      }
    }
  }

  // Nehme die mittleren 6 Messwerte und berechne den Mittelwert
  avgValue = 0;
  for(int i = 2; i < 8; i++) {
    avgValue += buf[i];
  }

  // Umrechnung des Eingangswert in Millivolt
  float phValue = (float)avgValue * 5.0 / 1024 / 6;
  // Umrechnung des Wertes von Millivolt in die pH-Skala
  phValue = 3.5 * phValue;
}
```

```
Serial.print(" pH:");
Serial.print(phValue, 2);
Serial.println(" ");
digitalWrite(13, HIGH);
delay(800);
digitalWrite(13, LOW);
}
```

## Übertragen und Testen

Mit der oben beschriebenen Programmierung solltest du jetzt den pH-Wert auslesen können. Übertrage den Code auf den [Arduino](#) und schaue dir die Konsolenausgabe an.

## Aufgaben

- Kalibriere den Sensor mithilfe eines zweiten Messgerätes und einer Maßlösung. Verwende dazu das Potentiometer auf dem pH-Meter Shield.

# LDR

## Ziel der Station

Du sollst in dieser Station einen einfachen Helligkeitssensor auslesen und dir die gemessenen Werte im seriellen Monitor anzeigen lassen. Wir verwenden dazu einen Fotowiderstand (engl. light dependent resistor - LDR).

Wir wollen anschließend eine Lampe einschalten, sobald die Helligkeit unter einen Grenzwert fällt.

## Materialien

- Fotowiderstand (LDR)
- LED
- 10 kOhm Widerstand

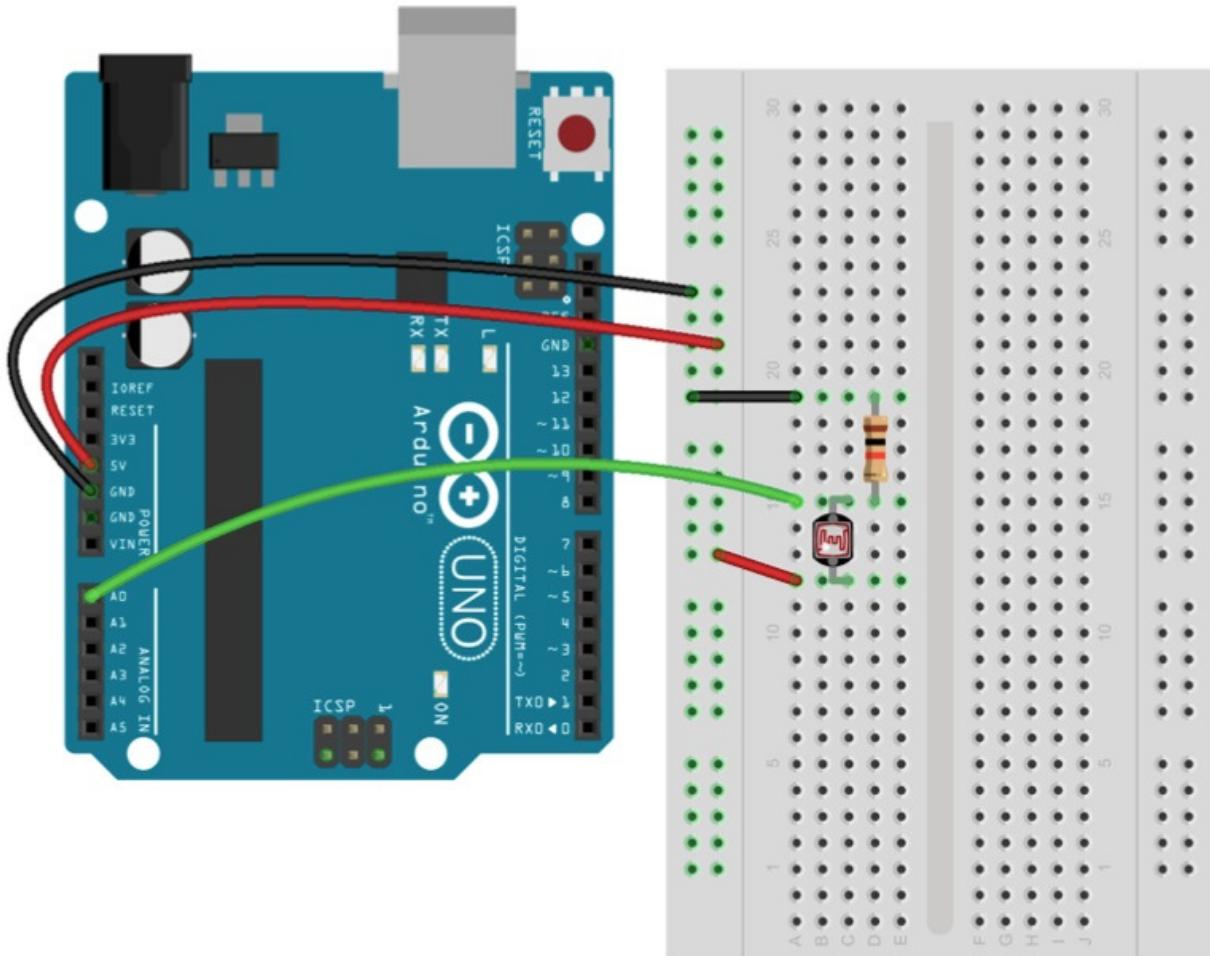
## Grundlagen

Der Mikrokontroller soll über einen Fotowiderstand auslesen, wie hell es ist. Dieser Sensortyp verwendet eine einfaches physikalisches Prinzip: Wenn in einem Stromkreis zwei Verbraucher hintereinander angeschlossen sind (Reihenschaltung), dann „teilt“ sie sich auch die gemeinsam anliegende Spannung. Ein Fotowiderstand ändert seinen Widerstand in Abhängigkeit der Lichtstärke. Diesen Effekt nutzt man, um anhand der an ihr anliegenden Spannung einen Wert für Helligkeit bzw. Dunkelheit in Form von verschiedenen Spannungen abzulesen.

Das Mikrocontroller-Board ist in der Lage, [analoge Signale](#) (Spannung) zu messen und diese zu verarbeiten. Dies geschieht mit den analogen Eingängen auf dem Board. Diese wandeln den gemessenen Spannungswert in eine Zahl um, die dann im Code weiter verarbeitet werden kann. 0 Volt entspricht dabei der Zahl 0 und der höchste Messwert 5 Volt entspricht der Zahl 1023 (0 bis 1023 entspricht 1024 Werte = 10 Bit). Beispiel: Es wird eine Spannung von 2,5 Volt gemessen, dann liefert der Mikrokontroller den Wert 512 ( $0.5 * 1024$  ).

In diesem Sketch wird der [serielle Monitor](#) verwendet, um die Werte anzeigen zu lassen, die das Board von dem Fotowiderstand einliest. Wozu ist das sinnvoll? Mal angenommen, die LED soll erst bei beginnender Dunkelheit anfangen zu leuchten. Dann muss es im Sketch einen Bereich geben, der die Funktion hat: „Wenn der Wert des Fotowiderstandes den Wert x unterschreitet, dann soll die LED leuchten“. Dazu müsste man wissen wie groß der Wert x bei beginnender Dämmerung ist. Lösung: Ich sende den ausgelesenen Wert „x“ der Spannung an dem Fotowiderstand bei entsprechender Helligkeit (bspw. Dämmerung) an den „serial monitor“ und lasse ihn mir dort anzeigen. Mit diesem Wissen kann ich später das Programm in der folgenden Form abändern: „Wenn der Spannungsausgabewert des Fotowiderstandes einen Wert von „x“ unterschreitet, dann schalte die LED an.“

## Aufbau



Um die oben beschriebene Spannungsteilung zu erzeugen, schließt du den Fotowiderstand und einen Widerstand (10 K Ohm) in Reihe an und verbindest sie mit 5 Volt und der „Erdung“ (Ground / GND ).

## Programmierung

Durch die folgenden drei Befehle wird der analoge Eingang 0 in `eingang`, und der digitale Port 10 in `LED` umbenannt. Mit dem Befehl `int sensorWert = 0;` wird eine Variable für den Sensorwert mit 0 als Startwert erstellt.

```
int eingang = A0;
int LED = 10;
int sensorWert = 0;
```

In der `setup()`-Funktion initialisieren wir das Programm. Der Befehl `Serial.begin(9600);` startet die Kommunikation mit dem seriellen Monitor. Das benötigst du, um dir später die ausgelesenen Werte anzeigen zu lassen. Der Befehl `pinMode(LED, OUTPUT);` legt den LED-Pin als Ausgang fest, genau wie bei der LED in der ersten Station:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED, OUTPUT);
}
```

Die wiederholt aufgerufene `loop()`-Funktion soll jeweils eine Messung durchführen und die LED aktiviert werden. Mit dem Befehl `sensorWert = analogRead(eingang);` wird der Photowiderstand ausgelesen und die Werte in der Variable "sensorWert" abgespeichert. Die nächsten beiden Befehle schreiben die gemessenen Daten in den seriellen Monitor.

```
void loop() {
```

```
sensorWert = analogRead(eingang);
Serial.print("Sensorwert = ");
Serial.println(sensorWert);
```

Im letzten Programmabschnitt wird mit einer `if`-Bedingung eine Bedingung festgelegt, nach welcher die angeschlossene LED leuchten soll. Das heißt im Klartext, dass die LED nur dann leuchten soll, wenn ein Schwellwert (in diesem Beispiel 512) erreicht wird. Diesen Schwellwert solltest du vor jeder Verwendung des Programms neu anpassen.

```
if (sensorWert > 512) {      // Wenn der Sensorwert über 512 beträgt...
    digitalWrite(LED, HIGH); // ...soll die LED leuchten...
}

else {                      // andernfalls...
    digitalWrite(LED, LOW); // ...soll sie nicht leuchten.
}

delay(50);                  // Eine kurze Pause, bevor wir die nächste Messung starten
}
```

## Übertragen und Testen

Mit der oben beschriebenen Programmierung solltest du jetzt die Helligkeit auslesen können. Übertrage den Code auf den [Arduino](#) und schaue dir die Ausgabe auf dem seriellen Monitor an.

## Aufgaben

- Passe den Schwellwert entsprechend der aktuellen Helligkeit an.

# Die ersten Töne - Nutzung eines Summers

Bis jetzt ist unsere senseBox noch recht schweigsam, aber das wollen wir in dieser Station ändern.

## Ziele der Station

In einem ersten Schritt wollen wir den Summer zum Piepen bringen. In einem zweiten Schritt wollen wir die Lautstärke des Summers verändern und in einem dritten Schritt soll der Summer eine kurze Melodie abspielen. Während die ersten beiden Ziele recht schnell erreicht werden, ist der dritte Teil ein kleines bisschen kniffeliger.

## Materialien

- Summer
- Potentiometer

## Grundlagen

Ein Summer oder Piezo ist ein Bauteil, welches elektrische Signale in Töne umwandelt. Die Lautstärke beträgt bis zu 80dB. Der Summer hat zwei Pins, mit denen er auf das Steckboard gesteckt werden kann. Die Betriebsspannung des Summers liegt zwischen 1V und 12V, wobei er bis zu 19mA verbraucht. Wie bei der LED kann der Strom nur in eine Richtung fließen. Der kürzer Pin muss mit Ground (GND) verbunden werden und der längere mit einer Spannungsquelle.

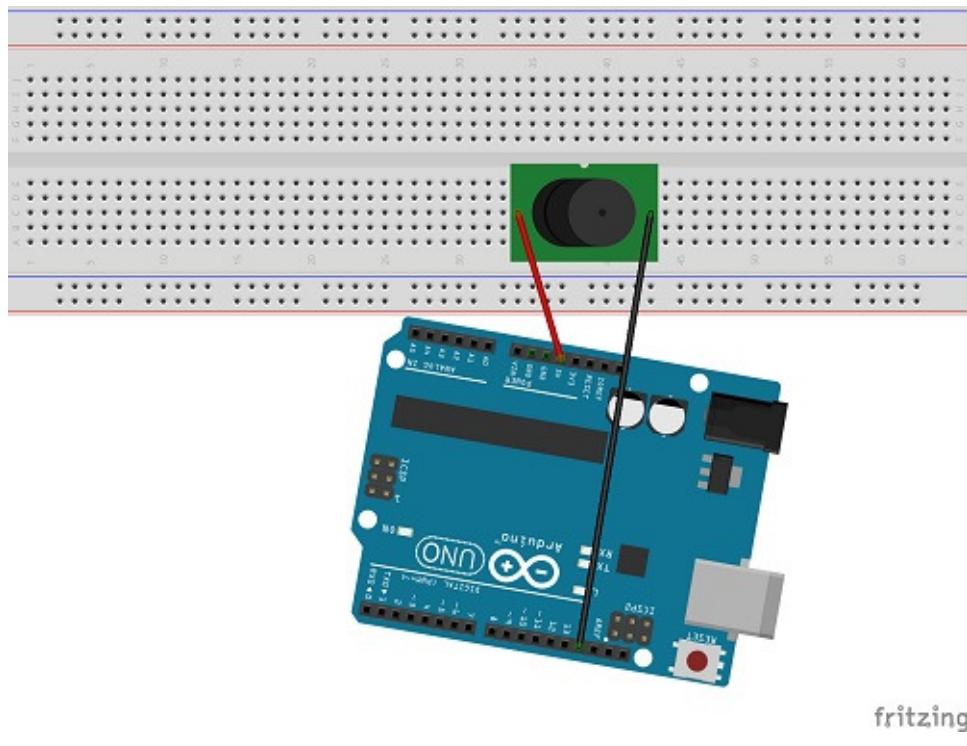
Das Potentiometer ist ein elektrisches Bauelement dessen Widerstandswert sich stufenlos einstellen lässt. Über einen Widerstandskörper wird der sogenannte Schleifer bewegt. Die Position des Schleifers bestimmten den Widerstand. Gewöhnlich hat ein Potentiometer drei Anschlüsse: Zwei für den Widerstand und einen dritten für den Abgriff. Unser Potentiometer hat einen maximalen Widerstand von 10k Ohm.

Achtung: Kleine Potentiometer sind nur für einen relativ geringen Stromfluss konstruiert. Für die elektrischen Bauteile in der senseBox reicht das Potentiometer aus, doch wenn du Bauteile mit einer größeren Stromaufnahme anschließen möchtest (z.B. einen Servomotor), benötigst du ein größeres Potentiometer.

## Aufbau

### Schritt 1:

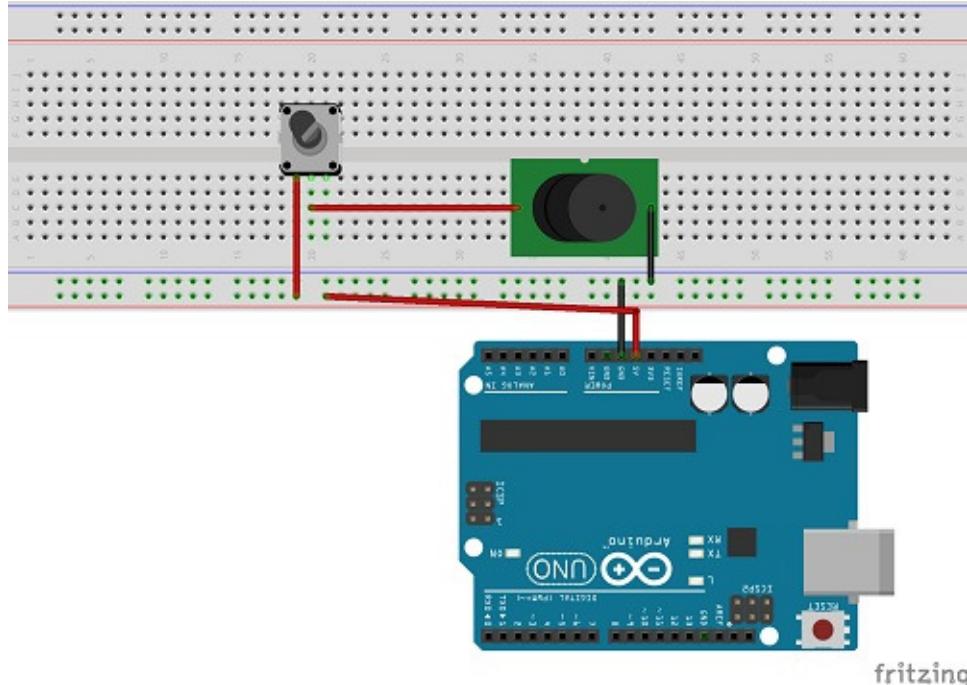
Wenn ihr den Schaltkreis wie in der Grafik steckt und den [Arduino](#) mit dem Netzteil verbindet, sollte der Summer einen lauten Dauerton erzeugen. Damit haben wir unsere erste Aufgabe bereits erledigt.



## Schritt 2:

Nun wollen wir ein weiteres Bauteil in unseren Schaltkreis integrieren, mit dessen Hilfe sich die Lautstärke des Summers verändern lässt. Wie in älteren Radios wollen wir dazu ein Potentiometer verwenden.

Verbinde dazu den `5V` Ausgang des Arduinos mit dem Potentiometer, und dieses mit dem längeren Pin des Summers. Nun musst du den kurzen Pin des Summers noch mit `GND` verbinden und schon kannst du über das Potentiometer die Lautstärke verändern.



Tipp: Falls ihr ein paar Informationen zur Funktionsweise eines Potentiometers lesen möchtet, schaut euch den Eintrag im Glossar an.

Idee: Falls ihr nicht jedes Mal das Kabel ziehen wollt um den Summer auszuschalten, könnt ihr noch einen Drucktaster einbauen.

### Schritt 3:

Ein einzelner durchgehender Ton ist nicht besonders spannend; unser Summer kann mehr. Um dem Summer verschiedene Töne zu entlocken, müssen wir spezielle Ausgänge des Arduinos nutzen, welche dazu in der Lage sind Pulsweiten auszugeben. Für nähere Information zu Pulsweitenmodulation (PWM) kannst du [hier](#) mehr erfahren. Für dieses Projekt ist das aber nicht unbedingt nötig.

Diese Pins sind mit dem Zeichen - gekennzeichnet: Das sind unter anderem die Pins 4, 5, 6, 9, 10 und 11. Ein Summer setzt jede Pulsweite in einen spezifischen Ton um. Wir wollen unser Programm so schreiben, dass eine Note (Tonleiter: c, d, e, f, g, a, h, c) für eine Pulsweite steht. Dazu benutzen wird das Konstrukt `#define` wie folgt:

```
#define h    4064 // 246 Hz
#define c    3830 // 261 Hz
#define d    3400 // 294 Hz
#define e    3038 // 329 Hz
#define f    2864 // 349 Hz
#define g    2550 // 392 Hz
#define a    2272 // 440 Hz
#define h    2028 // 493 Hz
#define C    1912 // 523 Hz
#define E    1518 // 659 Hz
#define F    1432 // 698 Hz
#define R    0     // Definiere eine Note als Ersatz für eine Pause
```

Nun benötigen wir einige Variablen um das spätere Abspielverhalten des Arduinos zu steuern. Die Werte könnt ihr für den Anfang so übernehmen. Wenn ihr später ein fertiges Programm habt, dann könnt ihr verschiedene Werte einsetzen und prüfen wie sich das auf die Melodie auswirkt:

```
// Set overall tempo
long tempo = 26000;
// Set length of pause between notes
int pause = 1000;
// Loop variable to increase Rest length
int rest_count = 50;
```

Zusätzlich benötigen wir noch einige globale Variablen welche von den Abspielfunktionen intern genutzt werden, und definieren im `setup` unseren Ausgangs-Pin:

```
// Initialize core variables
int tone = 0;
int beat = 0;
long duration = 0;
int speakerOut = 9;

void setup() {
  pinMode(speakerOut, OUTPUT);
}
```

Jetzt könne wir unsere Melodie in ein Array schreiben. Ein weiteres Array `beats` definiert, wie lange die entsprechende Note in `melody` gespielt werden soll:

```
int melody[] = { g, e, R, R, R, e, f, g, E, E, C }; //example melody
int beats[] = { 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 8, 16, 16, 32 };
```

Natürlich dürft ihr hier später eure eigene Melodie einfügen. Dazu könnt ihr im Internet einmal die Noten eures Lieblingsongs suchen (siehe unten).

Wir schreiben uns eine Hilfsmethode, welche genau einen Ton unserer Melodie abspielt. Dazu überprüft sie in der ersten `if` - Anweisung ob es sich um eine Note oder eine Pause handelt. Falls es sich um eine Note handelt, wird die Note in einer Schleife für `duration` Millisekunden gespielt:

```
void playTone() {
    long elapsed_time = 0;
    if (tone > 0) { // if this isn't a Rest beat
        while (elapsed_time < duration) {

            digitalWrite(speakerOut, HIGH);
            delayMicroseconds(tone / 2);

            // DOWN
            digitalWrite(speakerOut, LOW);
            delayMicroseconds(tone / 2);

            // Keep track of how long we pulsed
            elapsed_time += (tone);
        }
    } else { // Rest beat;
        for (int j = 0; j < rest_count; j++) {
            delayMicroseconds(duration/2);
        }
    }
}
```

Nachdem wir jetzt einen Ton abspielen können, soll eine weitere Hilfsmethode die gesamte Melodie abspielen. Dazu geht eine `for`-Schleife unser Array `melody` durch und ruft für jeden Eintrag die Hilfsfunktion `playTone()` auf, die wir weiter oben definiert haben. Zusätzlich wird nach jeder Note eine kurze Pause eingefügt.

```
int MAX_COUNT = sizeof(melody) / 2; // number of tones

void playMelody(){

    for (int i=0; i<MAX_COUNT; i++) {
        tone = melody[i];
        beat = beats[i];

        duration = beat * tempo; // Set up timing

        playTone();

        delayMicroseconds(pause);
    }
}
```

Es fehlt uns nur noch die Hauptschleife, welche den Ablauf des Programms steuert:

```
void loop() {
    playMelody();
}
```

Idee: Falls ihr für eure Melodie höhere oder tiefere Töne benötigt, so könnt ihr diese wie im Beispiel oben definieren. Wie viel Hertz ein Ton hat könnt ihr [hier](#) nachschauen. Diesen Wert müsst ihr dann mit einem antiproportionalen Dreisatz umrechnen.

Achtung: Zwei Variablen im Programm dürfen nicht den gleichen Namen haben!

# Lauschangriff

## Ziele der Station

In dieser Station wollen wir lernen, wie wir das Mikrofon mit dem [Arduino](#) nutzen können.

## Materialien

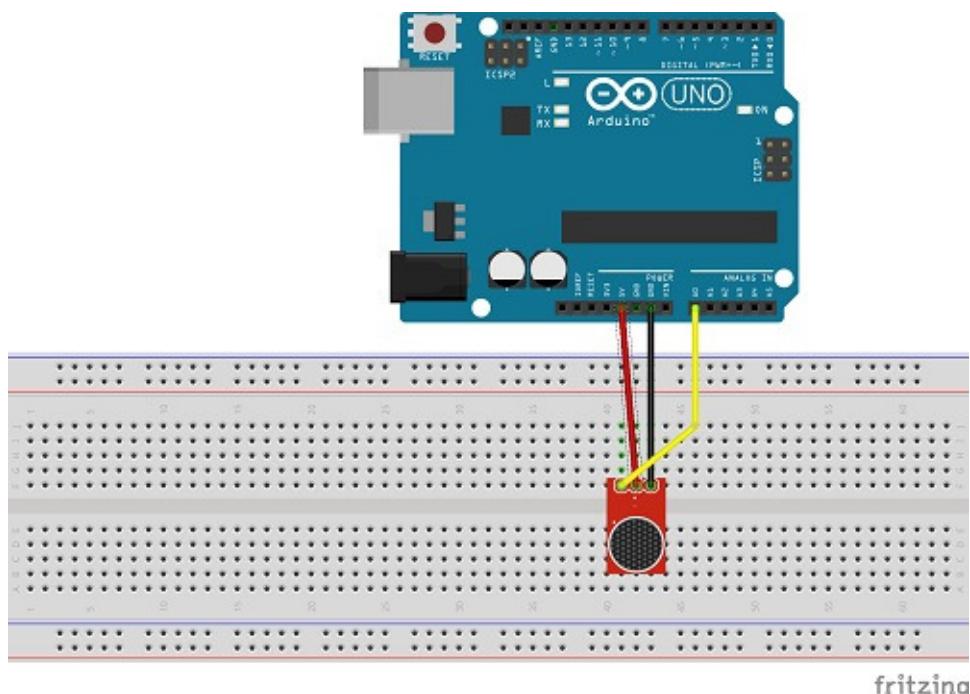
- Mic-Breakout

## Grundlagen

Das Mikrofon ist zusammen mit einem Verstärker (100x) auf dem Board verbaut. Es benötigt eine Betriebsspannung von 2.7V - 5.5V und ist in der Lage Geräusche zwischen 58dB und 110dB wahrzunehmen.

## Aufbau

Steckt den Schaltkreis wie ihr ihn unten in der Grafik seht.



fritzing

Hinweis: Falls euer analoger Pin `A0` bereits belegt ist, könnt ihr natürlich auch einen anderen Pin verwenden. Vergesst nicht, dies auch im Code zu ändern.

## Aufgabe 1

Definiert den Pin an dem der Ausgang von eurem Mikrofon anliegt wie üblich. Außerdem muss eine Variable angelegt werden, in der die Werte des Mikrofons gespeichert werden:

```
int mic = A0;
long micVal = 0; //speichert den Wert des Mikrofons
```

Nun muss die serielle Ausgabe initialisieren werden und dem Pin `mic` der Modus `INPUT` zuordnen. Das machen wir im `setup`:

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(mic, INPUT);
}
```

Wir schreiben uns eine Funktion, die den Mikrofonwert ausliest:

```
long getMicVal() {
    micVal = analogRead(mic);
    return micVal;
}
```

Wenn ihr nun in eurem `loop()` den Wert auslest könnt ihr ihn euch über den seriellen Monitor ausgeben lassen.

```
void loop() {
    Serial.print(getMicVal());
}
```

Ihr werdet sehen, dass die Ausgabe in einem leisen Raum um den Wert 510 schwankt. Bei lauten Geräuschen können auch negative Werte zurück gegeben werden. Um die Lesbarkeit der erhaltenen Werte zu verbessern führen wir einige Berechnungen in der Methode `getMicVal()` durch:

```
long getMicVal(){
    int period = 3; // mittelt drei Werte um 'Ausreißer' abzufangen
    int correction_value = 510;
    for(int i = 0; i < period; i++){
        // berechnet den Absolutbetrag des Wertes um negative Ausschläge abzufangen
        micVal = micVal + abs(analogRead(mic)-correction_value);
        delay(5);
    }
    micVal = constrain(abs(micVal/period),1,500);
    return(micVal);
}
```

Jetzt könnt ihr ausprobieren Welche Geräusche welche Ausschläge verursachen:

- Wie stark ist der Ausschlag bei Gesprächen?
- Was passiert wenn du den Summer vor das Mikrofon hältst?
- Und was, wenn du hinein pustest?

## Aufgabe 2

Bau eine Geräuschampel mit drei LED's, welche in einem leisen Raum grün leuchtet, bei Zimmerlautstärke orange und bei Lärm rot.

# Kleiner Webserver

## Ziele der Station

In dieser Station wollen wir lernen, wie wir eine Webseite aufrufen die auf der SD Karte des Arduinos gespeichert ist. Über diese Seite sollen dann einzelne Pins des Arduinos geschaltet werden.

Das Projekt ist aufwändiger als die Einstiegsprojekte; du solltest also schon ein bisschen Erfahrung aus anderen Projekten gesammelt haben bevor du mit dem Webserver beginnst. Die Themen Netzwerkzugriff und HTML sind so umfangreich, dass wir sie im Rahmen dieses Projekts nur anschneiden können. Weiterführende Informationen sind im Internet aber leicht zu finden!

## Materialien

- [Ethernet-Shield](#)

Materialien die nicht in der senseBox enthalten sind

- LAN Kabel

## Grundlagen

### Ethernet-Shield

In der senseBox ist ein Ethernetshield enthalten. Über dieses kann man den [Arduino](#) mit Hilfe des LAN-Kabels mit dem Netzwerk verbinden.

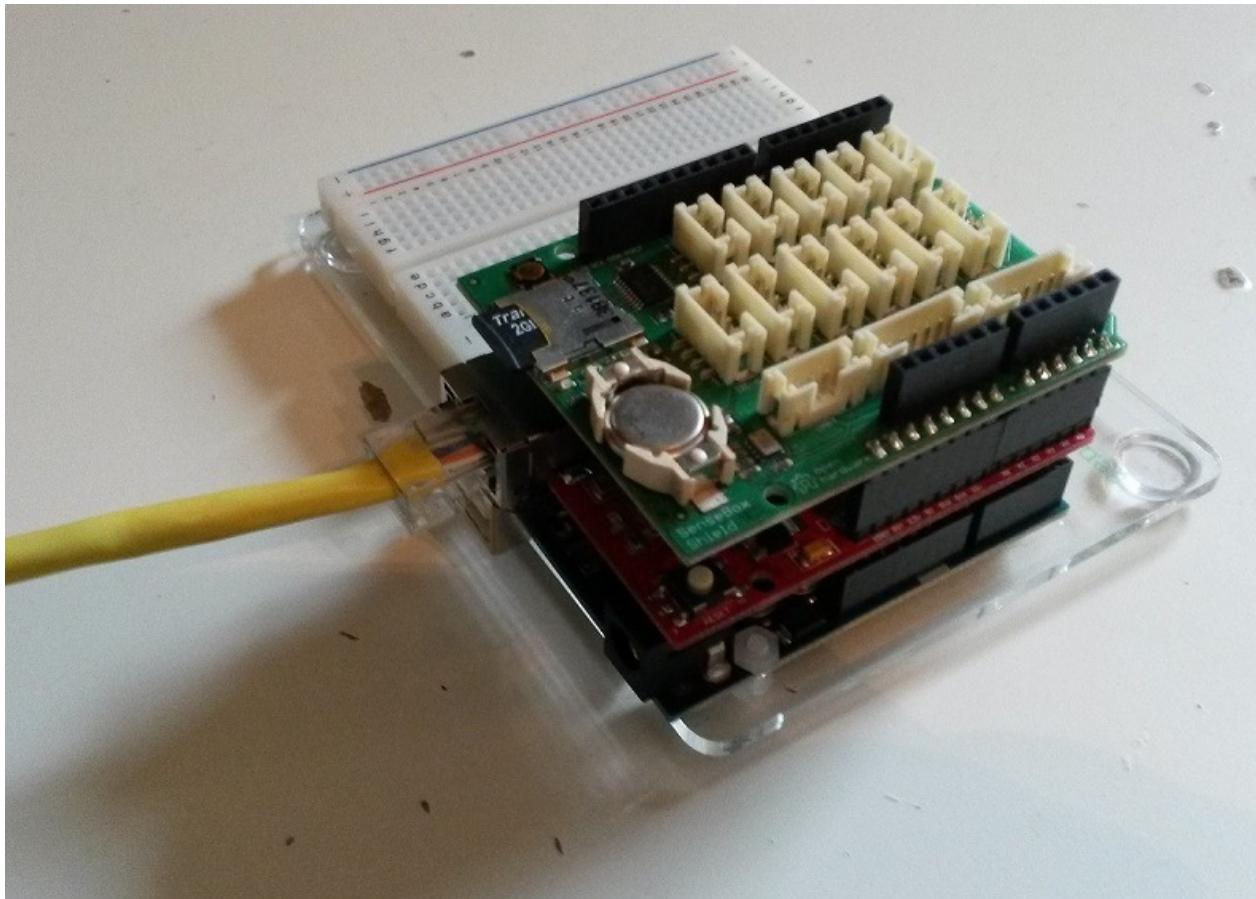
Da es meist sehr schwer ist, über das Internet auf ein Schulnetzwerk zu zugreifen, werden wir nur über das lokale Netzwerk auf den [Arduino](#) zugreifen.

Falls ihr dennoch den [Arduino](#) über das Internet erreichbar machen wollt und Zugang zu eurem Router habt, gibt es die Möglichkeit dies über Portforwarding umzusetzen. [Hier](#) findet ihr weitere Informationen dazu.

### Webserver

Als Webserver (englisch server ‚Diener‘) bezeichnet man einen Computer mit Webserver-Software (in unserem Fall den [Arduino](#)), der Dokumente an Clients wie z.B. Webbrowser überträgt. Das Dokument ist bei uns der Inhalt von index.htm.

## Aufbau



## Aufgabe 1

Für den Server werden drei Bibliotheken benötigt:

```
#include <Ethernet.h>
#include <TextFinder.h>
#include <SD.h>
```

Achtung Es ist wichtig, dass ihr unsere Version der Ethernet-Bibliothek nutzt (siehe [Downloads](#)). Mit der Standartbibliothek vom [Arduino](#) funktioniert unser [Ethernet-Shield](#) nicht. Die Arduinoumgebung wird die Ethernet-Bibliothek immer 'aktualisieren' wollen; das darf ihr nicht machen.

Anschließend müssen in zwei Variablen die MAC-Adresse und die IP-Adresse des [Arduino](#)-Servers fest legen. Zusätzlich muss der Pin 4 als SD-Karten Pin festgelegt werden. Außerdem definieren wir uns ein `File` -Objekt `webFile` in dem die HTML Seite abgelegt wird.

```
// MAC-Adresse des Ethernet-Shield
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
// Lokale IP zum aufrufen des Webservers
IPAddress ip(192, 168, 0, 42);
// Pin der SD-Karte
byte sdPin = 4;
File webFile;
```

Dem Server müssen wir jetzt noch ein Port zuweisen. Außerdem führen wir eine Variable ein, über die definiert wird ob wir uns im Testmodus befinden. In diesem Fall werden über den seriellen Port zusätzliche Statusinformationen ausgegeben, die das System allerdings verlangsamen.

```
// Server port
EthernetServer server(80);
```

```
boolean testmode = false; // Auf true setzen falls etwas nicht funktioniert.
Dann werden Informationen über die serielle Schnittstelle ausgegeben.
```

In der `setup`-Methode wird im ersten Schritt die mac-Adresse und die IP-Adresse an den Server übergeben. Anschließend wird überprüft ob ein Zugriff auf die SD Karte besteht und ob auf der Karte eine Datei mit dem Namen `index.htm` existiert. Falls die Variable `testmode` auf `true` gesetzt wurde, werden über die serielle Schnittstelle Statusinformationen ausgegeben. Das kann dir bei der Suche von Fehlern helfen.

```
void setup() {
    if(testmode) Serial.begin(9600);
    Ethernet.begin(mac, ip); // Client starten
    server.begin(); // Server starten

    if(testmode) Serial.println("Initialisiere SD-Karte...");
    if(!SD.begin(sdPin)) {
        if(testmode)Serial.println("Initialisierung der SD-Karte fehlgeschlagen!");
        return;
    }
    if(testmode) Serial.println("SD-Karte erfolgreich initialisiert.");

    if(!SD.exists("index.htm")) {
        if(testmode) Serial.println("Datei (index.htm) wurde nicht gefunden!");
        return;
    }
    if(testmode) {
        Serial.println("Datei (index.htm) wurde gefunden.");
        Serial.println("Verbraucher schalten");
    }
}
```

Die `loop`-Methode ist in zwei Bereiche unterteilt. Im ersten Teil werden Aktionen auf der Website ausgewertet, im zweiten Teil wird die Website von der SD-Karte ausgelesen und an den Browser gesendet.

## Auswertung von Anfragen

Wenn der client verfügbar ist, wartet der `finder` auf eine Anfrage vom client. Bekommt er diese, sucht er das Schlüsselwort "pin" speichert er die nächsten beiden Zeichen in den Variablen `typ`, `pin` und `val`. Je nach Typ wird dann eine Aktion ausgeführt. Standartmäßig sind die Typen D, A und a definiert. D = digitalen Pin schalten A = analogen Pin schalten a = analogen Pin auslesen

```
void loop() {
    /*
     * Anfragen auswerten *
     */
    EthernetClient client = server.available(); // Auf Anfrage warten
    if(client) {
        TextFinder finder(client);

        if(finder.find("GET")) { // erkennet Aktion auf der Website
            while(finder.findUntil("pin", "\n\r")) { // Bis das Schlüsselwort "pin" erkannt wird
                char typ = char(client.read());
                int pin = int(finder.getValue());
                int val = int(finder.getValue());

                if(typ == 'D') {
                    pinMode(pin, OUTPUT);
                    digitalWrite(pin, val);
                    if(testmode)Serial.print(" - D"+String(pin));
                }
                else if(typ == 'A') {
                    analogWrite(pin, val);
                    if(testmode)Serial.print(" - A"+String(pin));
                }
                else if(typ == 'a') { // a -> Sensorwert auslesen und ausgeben
                    val = analogRead(pin);
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        if(testmode)Serial.print(" - a"+String(pin));
    }
    else {
        if(testmode) Serial.print(" - Falscher Typ");
    }
    //Hier können neue Befehle definiert werden die aus dem Browser gestartet werden.
    if(testmode) {
        if(val==1) Serial.println(" ein");
        else if(val==0) Serial.println(" aus");
        else Serial.println(" "+ val);
    }
}
}

```

## Webformular anzeigen

Jede Zeile des HTML Dokuments wird eingelesen und an den Browser geschickt. Da der Speicherplatz für Variablen sehr begrenzt ist, wird die Zeichenkette (String) bei jedem Leerzeichen oder Zeilenumbruch geteilt. Anschließend wird der String nach bestimmten Schlüsselwörtern durchsucht. Diese kann man nach bedarf in der Methode `filter` nach bedarf definieren. Diese Schlüsselwörter können dann durch Sensorwerte ersetzt werden.

```

/*
* Webformular anzeigen *
*/
boolean current_line_is_blank = true;           // eine HTTP-Anfrage endet mit einer Leerzeile und einer neuen Zeile

String htmlline = "";
while (client.connected()) {
    if (client.available()) {                     // Wenn Daten vom Server empfangen werden

        char c = client.read();                  // empfangene Zeichen einlesen
        if (c == '\n' && current_line_is_blank) { // wenn neue Zeile und Leerzeile empfangen
            // Standard HTTP Header senden
            client.println("HTTP/1.1 200 OK");
            client.println("Content-Type: text/html");
            client.println("Connection: close");
            client.println();

            // Website von SD-Karte laden
            webFile = SD.open("index.htm"); // Website laden
            if (webFile) {
                while(webFile.available()) {
                    char temp = char(webfile.read());
                    //Bei jedem Leerzeichen wird ein neuer String generiert
                    if((int(temp) != 10)&&(int(temp) != 32)&&(int(temp) != 13)){
                        htmlline = htmlline + char(temp);
                    }
                    else {
                        htmlline = filter(htmlline); //Ersetzt Schlüsselwörter zum Beispiel durch Sensorwerte
                        client.println(htmlline);
                        if(testmode) Serial.println(htmlline);
                        htmlline = "";
                    }
                }
                webFile.close();
            }
            break;
        }
        if (c == '\n') {
            current_line_is_blank = true;
        }
        else if (c != '\r') {
            current_line_is_blank = false;
        }
    }
    delay(1);
    client.stop();
}

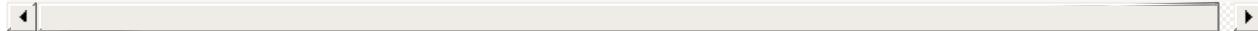
```

```

}

//Ersetzt Schlüsselwörter zum Beispiel durch Sensorwerte
// Es können nach belieben neue Schlüsselwörter definiert und durch andern Text ersetzt werden
String filter(String htmlline){
    htmlline.replace("sa0en",String(analogRead(A0)));
    htmlline.replace("sa1en","No sensor");
    htmlline.replace("sa2en","No sensor");
    htmlline.replace("sa3en","No sensor");
    htmlline.replace("sa4en","No sensor");
    htmlline.replace("sa5en","No sensor");
    return htmlline;
}

```



## HTML Dokument

Unsere erste kleine Webseite sieht so aus:



sensebox

## Arduino Server senseBox

Digitale Ausgänge	Aktion	Analoge Ausgänge	Aktion
Pin0:	<a href="#">Ein Aus</a>	Pin A0:	<a href="#">Ein Aus getValue</a>
Pin1:	<a href="#">Ein Aus</a>	Pin A1:	<a href="#">Ein Aus getValue</a>
Pin2:	<a href="#">Ein Aus</a>	Pin A2:	<a href="#">Ein Aus getValue</a>
Pin3:	<a href="#">Ein Aus</a>	Pin A3:	<a href="#">Ein Aus getValue</a>
Pin4:	<a href="#">Ein Aus</a>	Pin A4:	<a href="#">Ein Aus getValue</a>
Pin5:	<a href="#">Ein Aus</a>	Pin A5:	<a href="#">Ein Aus getValue</a>
Pin6:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin7:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin8:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin9:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin10:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin11:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin12:	<a href="#">Ein Aus</a>		
Pin13:	<a href="#">Ein Aus</a>		

Diesen Code musst du kopieren und in einer Textdatei abspeichern. Den Namen der Textdatei musst du anschließend in index.htm ändern. Das HTML Dokument muss anschließend auf der SD Karte gespeichert und diese in das Ethernetshield gesteckt werden.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
    <title>Arduino Server senseBox</title>
    <style type="text/css">
        h2 { margin-bottom:5px; }
        table {width: 40%;} th { background-color: #666; color: #fff; } tr { background-color: #ffffbf0; color: #000; } tr
:nth-child(odd) { background-color: #e4ebf2 ; } </style>
    </style>
</head>
<body>
    
    <h1>Arduino Server senseBox</h1>

```

```

<!-- D for digitalWrite, A for analogWrite, d for digitalRead, a for analogRead -->
<table>
  <tr> <td>Digitale Ausgabe</td> <td> Aktion </td><td>Analoge Ausgabe</td><td>Aktion</td></td></tr>
  <tr> <td>Pin0:</td> <td> <a href="/?pinD0=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD0=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td> Pin A0:</td> <td> <a href="/?pinA0=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinA0=0" target="ifr">Aus </a> <a href="/?p
  ina0=2" target="ifr"> getValue </a></td></tr>
  <tr> <td>Pin1:</td> <td> <a href="/?pinD1=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD1=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td> Pin A1:</td> <td> <a href="/?pinA1=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinA1=0" target="ifr">Aus</a> <a href="/?p
  ina1=2" target="ifr"> getValue </a></td></tr>
  <tr> <td>Pin2:</td> <td> <a href="/?pinD2=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD2=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td> Pin A2:</td> <td> <a href="/?pinA2=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinA2=0" target="ifr">Aus</a> <a href="/?p
  ina2=2" target="ifr"> getValue </a></td></tr>
  <tr> <td>Pin3:</td> <td> <a href="/?pinD3=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD3=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td> Pin A3:</td> <td> <a href="/?pinA3=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinA3=0" target="ifr">Aus</a> <a href="/?p
  ina3=2" target="ifr"> getValue </a></td></tr>
  <tr> <td>Pin4:</td> <td> <a href="/?pinD4=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD4=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td> Pin A4:</td> <td> <a href="/?pinA4=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinA4=0" target="ifr">Aus</a> <a href="/?p
  ina4=2" target="ifr"> getValue </a></td></tr>
  <tr> <td>Pin5:</td> <td> <a href="/?pinD5=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD5=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td> Pin A5:</td> <td> <a href="/?pinA5=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinA5=0" target="ifr">Aus</a> <a href="/?p
  ina5=2" target="ifr"> getValue </a></td></tr>
  <tr> <td>Pin6:</td> <td> <a href="/?pinD6=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD6=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin7:</td> <td> <a href="/?pinD7=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD7=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin8:</td> <td> <a href="/?pinD8=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD8=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin9:</td> <td> <a href="/?pinD9=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD9=0" target="ifr">Aus</a> </td>
  <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin10:</td> <td> <a href="/?pinD10=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD10=0" target="ifr">Aus</a> </t
  d> <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin11:</td> <td> <a href="/?pinD11=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD11=0" target="ifr">Aus</a> </t
  d> <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin12:</td> <td> <a href="/?pinD12=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD12=0" target="ifr">Aus</a> </t
  d> <td></td></tr>
  <tr> <td>Pin13:</td> <td> <a href="/?pinD13=1" target="ifr">Ein</a> <a href="/?pinD13=0" target="ifr">Aus</a> </t
  d> <td></td></tr>
</table>
<iframe name="ifr" style="display:none;" width="0" height="0"></iframe>
</body>
</html>

```

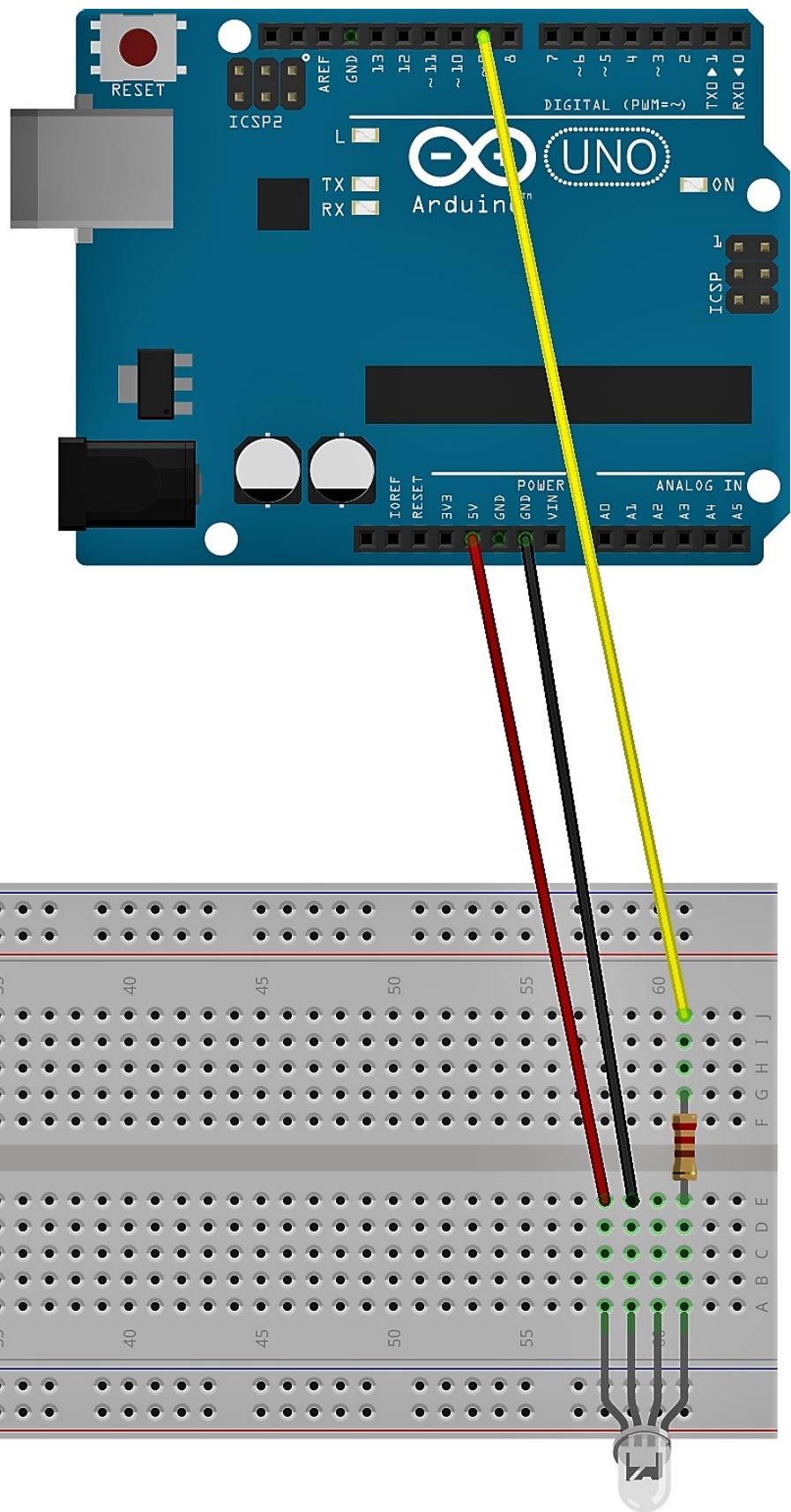
## RGB LED

Wie man eine mehrfarbige LED verwendet

### Materialien

- [Genuino UNO](#)
- RGB LED
- 1x  $470\Omega$  Widerstand

### Aufbau



fritzing

## Programmierung

Zunächst muss unsre [Arduino](#) IDE um die NeoPixel Bibliothek erweitert werden. Wie das funktioniert kannst du [hier](#) nachlesen. Die Bibliothek kannst du unter [Downloads](#) herunterladen und installieren.

Nun kannst du mit dem Schreiben des Programms beginnen, indem du die NeoPixel Bibliothek einbindest. Anschließend solltest du eine Variable erstellen, in der du speicherst, an welchem Pin deine LED angeschlossen wird. Dann erstellst du ein Objekt `rgb_led` über das du die LED später steuern kannst.

Hinweis Da die LED über Pulsweitenmodulation (PWM, siehe auch [Analoge Signale](#)) gesteuert wird, muss sie an einen Pin mit dem Symbol `~` angeschlossen werden (Pins 3,5,6,9,10 oder 11). Wenn du mehr über PWM lernen willst, schaue [hier](#) nach.

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
int pin = 9;

Adafruit_NeoPixel rgb_led = Adafruit_NeoPixel(1, pin, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
```

Nun muss die LED in der `setup()` -Methode gestartet werden.

```
void setup() {
    rgb_led.begin();
}
```

Die Farbe der LED lässt sich über den Befehl `rgb_led.color(x, y, z)` bestimmen. Jede der Variablen `x`, `y` und `z` kann man durch eine Zahl zwischen 0 und 255 ersetzen, wobei `x` für den Rotanteil, `y` für den Grünanteil und `z` für den Blauanteil steht. Anschließend muss die definierte Farbe an die LED übergeben werden. Dies geschieht über den Befehl `rgb_led.setPixelColor(0, rgb_led.Color(x,y,z))`. Sichtbar wird die gewählte Farbe mit dem Befehl `rgb_led.show()`. Im folgenden siehst du ein Beispiel, das die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau der Reihe nach leuchten lässt.

```
void loop() {
    // rot
    rgb_led.setPixelColor(0,rgb_led.Color(255, 0, 0));
    rgb_led.show();
    delay(200);
    // gruen
    rgb_led.setPixelColor(0,rgb_led.Color(0, 255, 0));
    rgb_led.show();
    delay(200);
    // blue
    rgb_led.setPixelColor(0,rgb_led.Color(0, 0, 255));
    rgb_led.show();
    delay(200);
}
```

## Aufgabe

Schließe ein Potentiometer an und regle über dieses eine der drei Grundfarben. Falls du mehrere Potentiometer hast, kannst du auch alle drei Farben regeln und damit jede Farbe erzeugen!

## Kaminfeuer

Es soll ein Kaminfeuer simuliert werden. Dazu wird eine rote LED zum flackern gebracht.

### Materialien

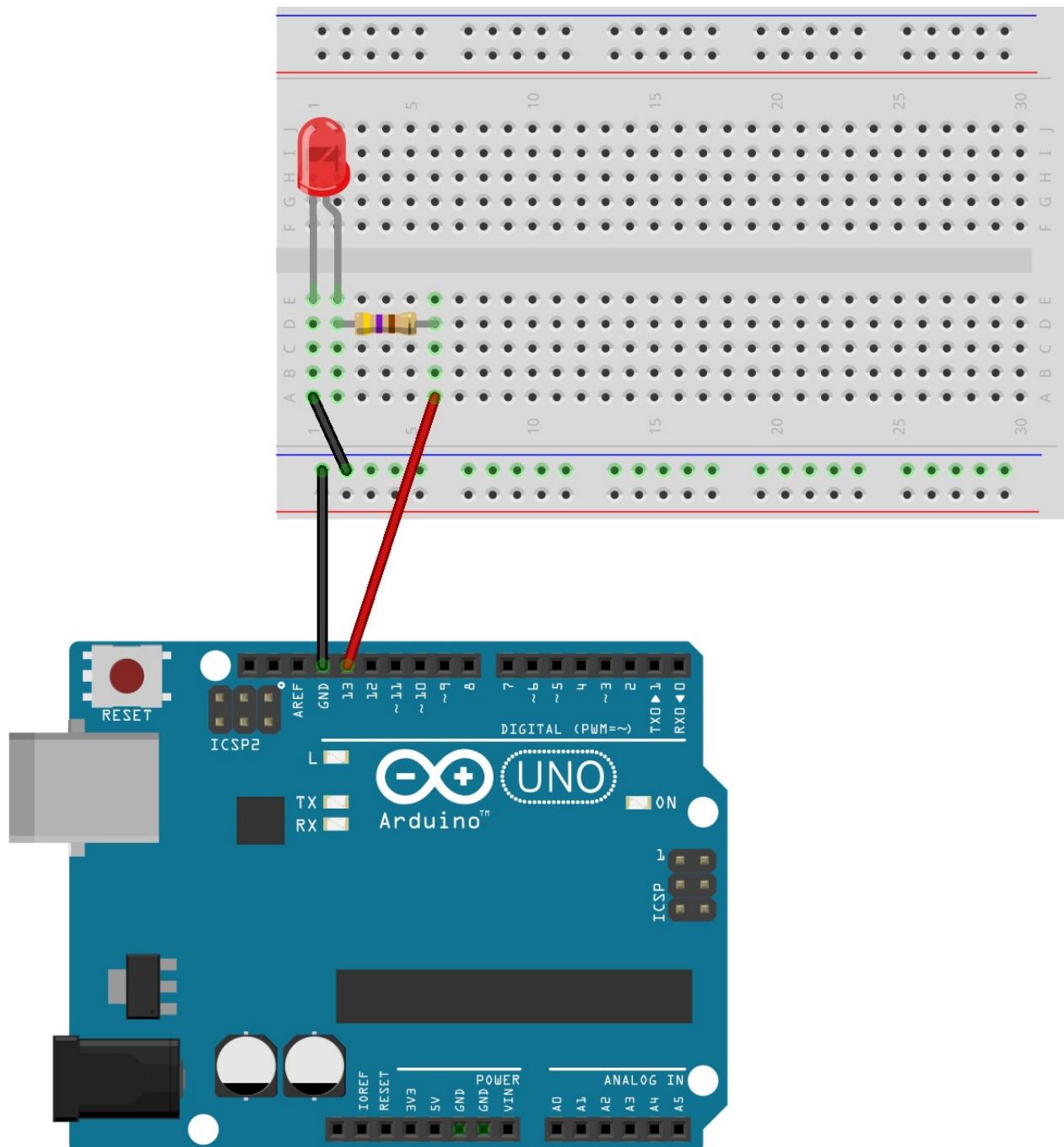
Aus der senseBox:edu

- [Genuino UNO](#)
- LED
- $470\Omega$  Widerstand

### Setup Beschreibung

#### Hardwarekonfiguration

Es wird nur die LED angeschlossen. Diese wird am langen Beinchen mit einem  $470\Omega$  Widerstand mit dem digitalen Port 13 verbunden. Das kurze Beinchen wird mit GND verbunden.



## Softwaresketch

```
// die LED ist an den digitalen Port 13 angeschlossen
int led = 13;

void setup() {
    // der digitale Port 13 wird als OUTPUT definiert
    // d.h.: es werden Signale herausgeschickt
    pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop() {
    // generiert Zufallswert zwischen 0 und 1000 und speichert ihn in randomDelayAn
    int randomDelayAn = random(1000);
    digitalWrite(led, HIGH);
```

fritzing

```
// Zufallswert wird eingesetzt, LED bleibt entsprechend lange an (in Millisekunden)
delay(randomDelayAn);

// generiert Zufallswert zwischen 0 und 500 und speichert ihn in randomDelayAus
int randomDelayAus = random(500);
digitalWrite(led, LOW);

// Zufallswert wird eingesetzt, LED bleibt entsprechend lange aus (in Millisekunden)
delay(randomDelayAus);
}
```

- Wir speichern den digitalen Port 13 in einer Variable, damit wir uns nur noch den aussagekräftigen Variablennamen merken müssen und nicht die Portnummer. Das ist vor allem bei mehreren angeschlossenen LEDs hilfreich.
- Die Funktion `random(max)` generiert Zufallszahlen von 0 bis `max`. Falls man ebenfalls ein Minimum angeben will kann man die Funktion `random(min, max)` benutzen.

## Community Projekte

Hier sind verschiedene Projekte zu finden, welche von der Community erstellt wurden!

Ihr könnt auch einen Blick auf die [englischsprachigen Projekte](#) in der englischen Version dieses Buchs werfen.

Wenn ihr selber ein Projekt hinzufügen wollt, schaut euch die [Anleitung](#) an.

Projekt Titel	Autor	Datum	zusätzliche Materialien
<a href="#">Wetterstation mit Anenometer</a>	Specki & Eric	April 2016	Anenometer
<a href="#">Wetterstation mit Display</a>	Christoph	April 2016	LCD Display
<a href="#">Rauchmelder</a>	Bernd	Januar 2017	Rauchmelder, Lötkoben
<a href="#">LED Uhr</a>	Bernd	Januar 2017	LED-Ring, analoge Uhr

## senseBox:edu + LCD

Wir haben eine senseBox entwickelt, die nur in der senseBox:edu enthaltene Sensoren benutzt, dafür jedoch auch ein LCD zum sofortigen Ablesen der Messdaten aufweist.

### Ziel

Unsere senseBox kann die "Basis-Daten" der Wetterbeobachtung messen: Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck. Außerdem werden UV-Strahlung und die Helligkeit aufgezeichnet.

Das Besondere an dieser senseBox ist, dass die Messdaten über das Display direkt abgelesen werden können - ohne den "Umweg" über die OpenSenseMap.

Damit kann man das Wettergeschehen an seinem eigenen Wohnort beobachten, was für den interessierten Laien sehr attraktiv ist. Über die OpenSenseMap kann unsere senseBox dazu beitragen, mehr offene Daten zusammenzutragen. Insbesondere die Messung der UV-Strahlung ist aufgrund der wenigen offiziellen Messstellen interessant. Mit dem Helligkeitssensor wird "The Loss of Night" adressiert.

### Materialien

#### Aus der senseBox:edu

- [Genuino](#) UNO
- Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor
- Barometer (mit zusätzlichem Temperatursensor)
- UV-Sensor
- Helligkeitssensor
- [Ethernet-Shield](#)
- Diverse Kabel, Widerstände etc.

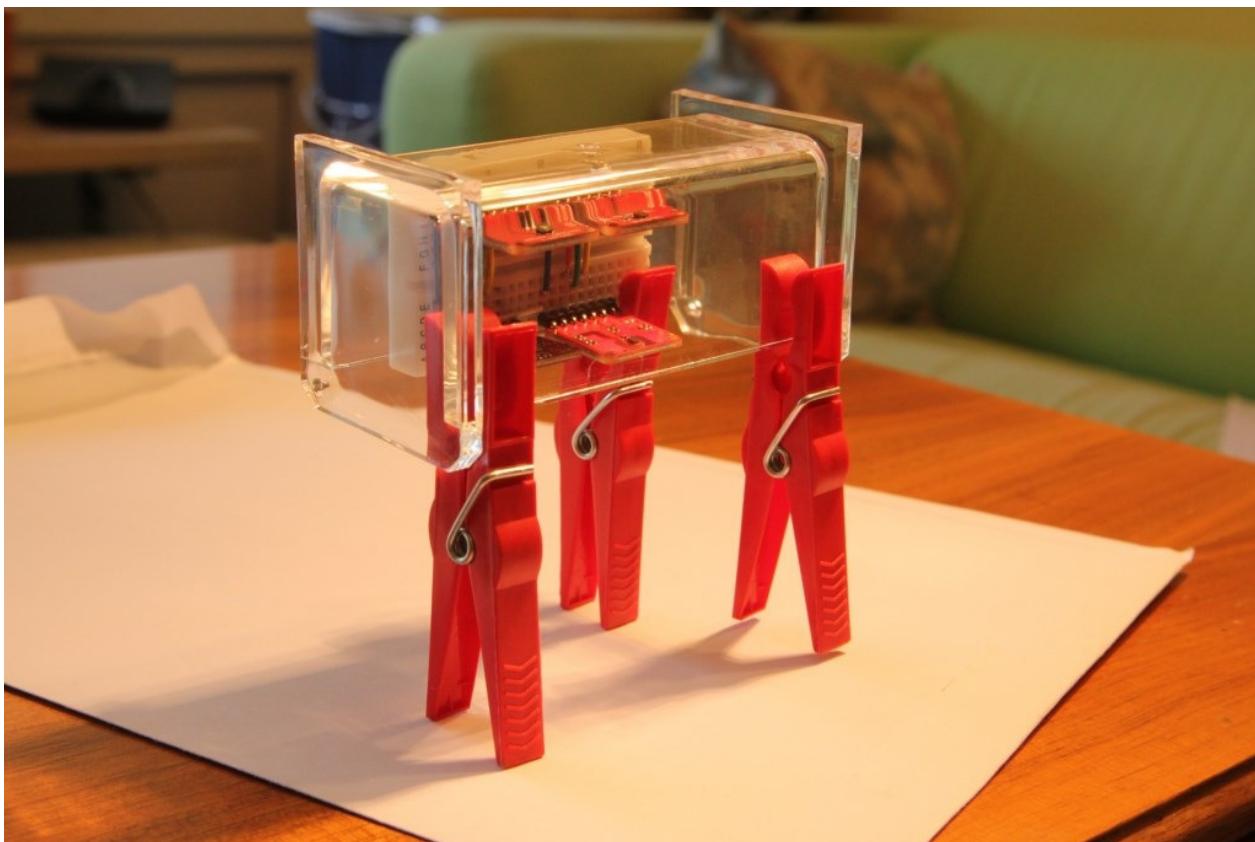
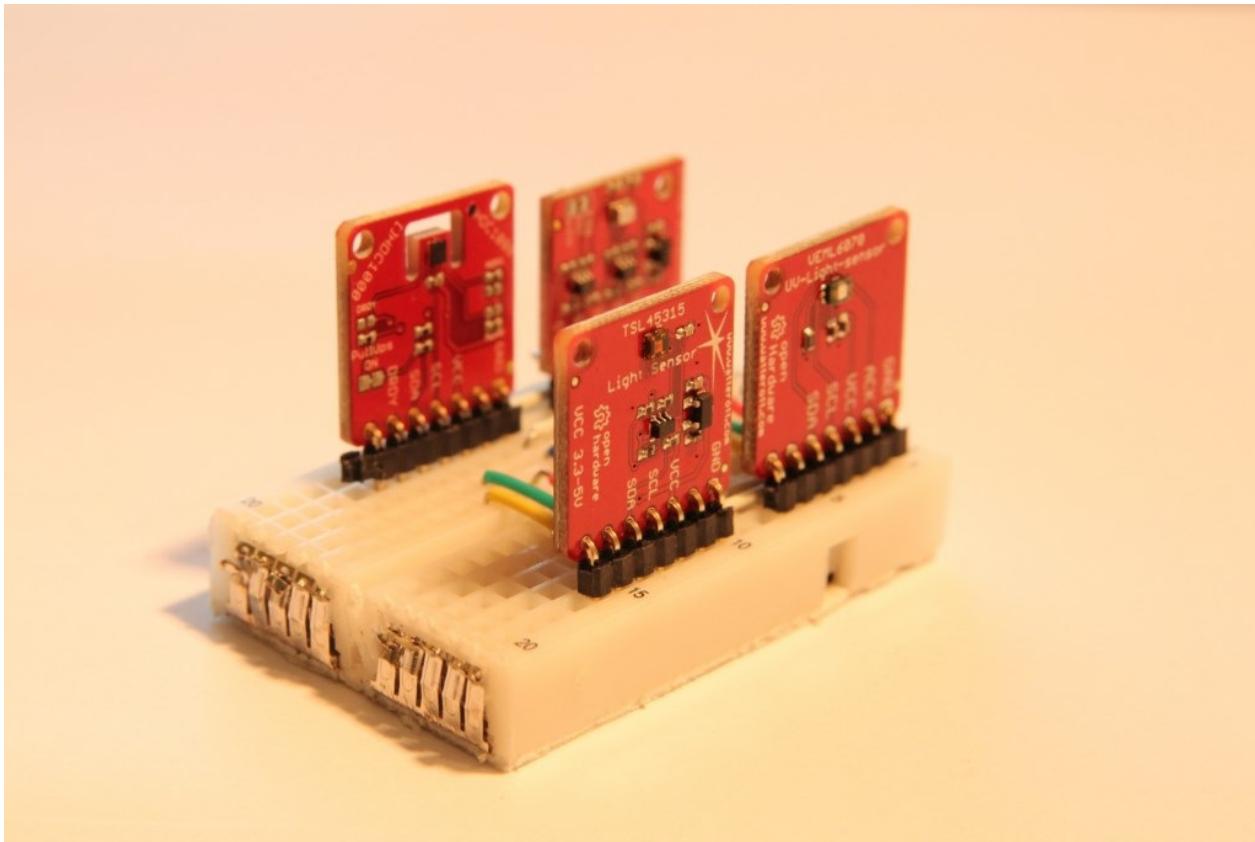
#### Zusätzliche Hardware

- LCD von Displaytech, Modell 162A
- Breadboards
- Power-over-Ethernet-Kabel und Adapter
- Potentiometer
- senseBox-Gehäuse von Farnell (17x8cm)
- Sensoren-Gehäuse von ebelin/dm (10x4cm)

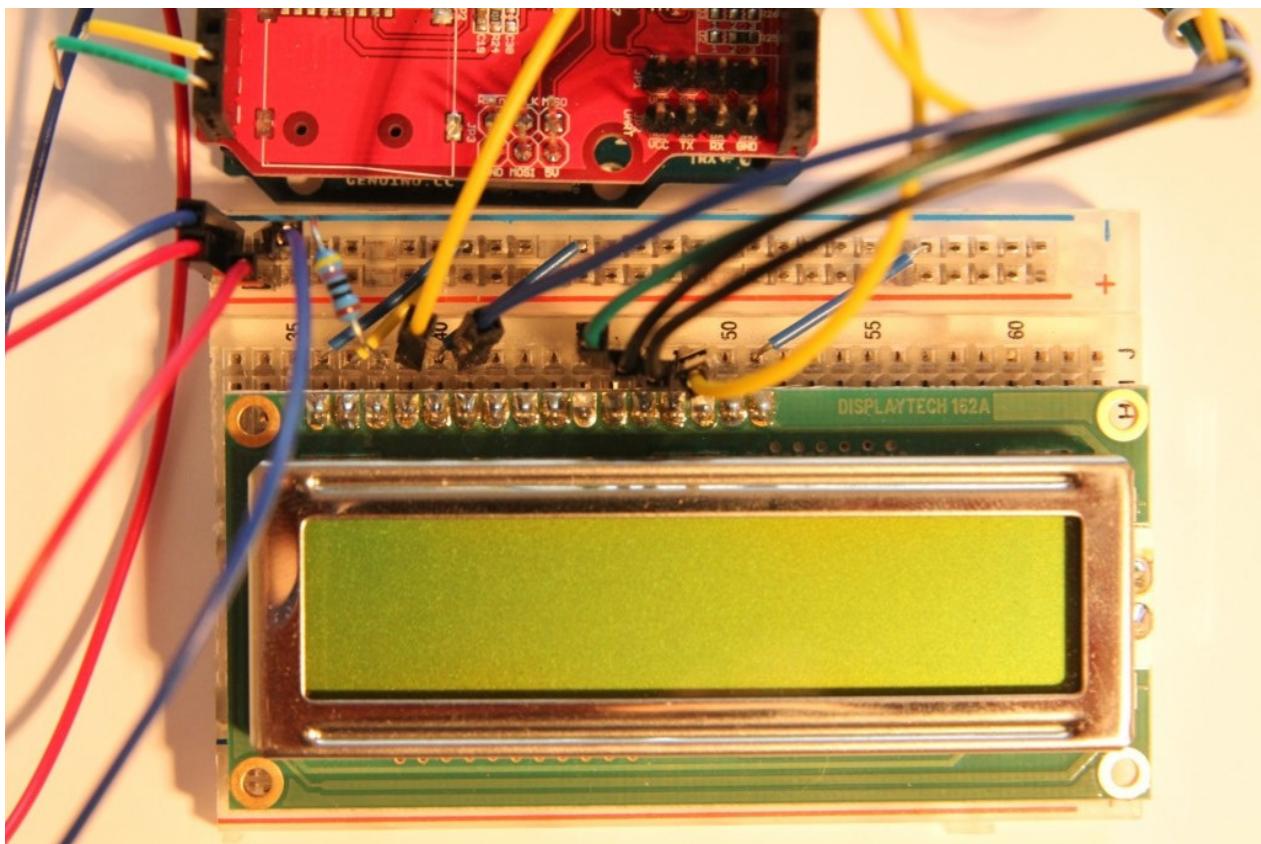
### Setup-Beschreibung

#### Hardwarekonfiguration

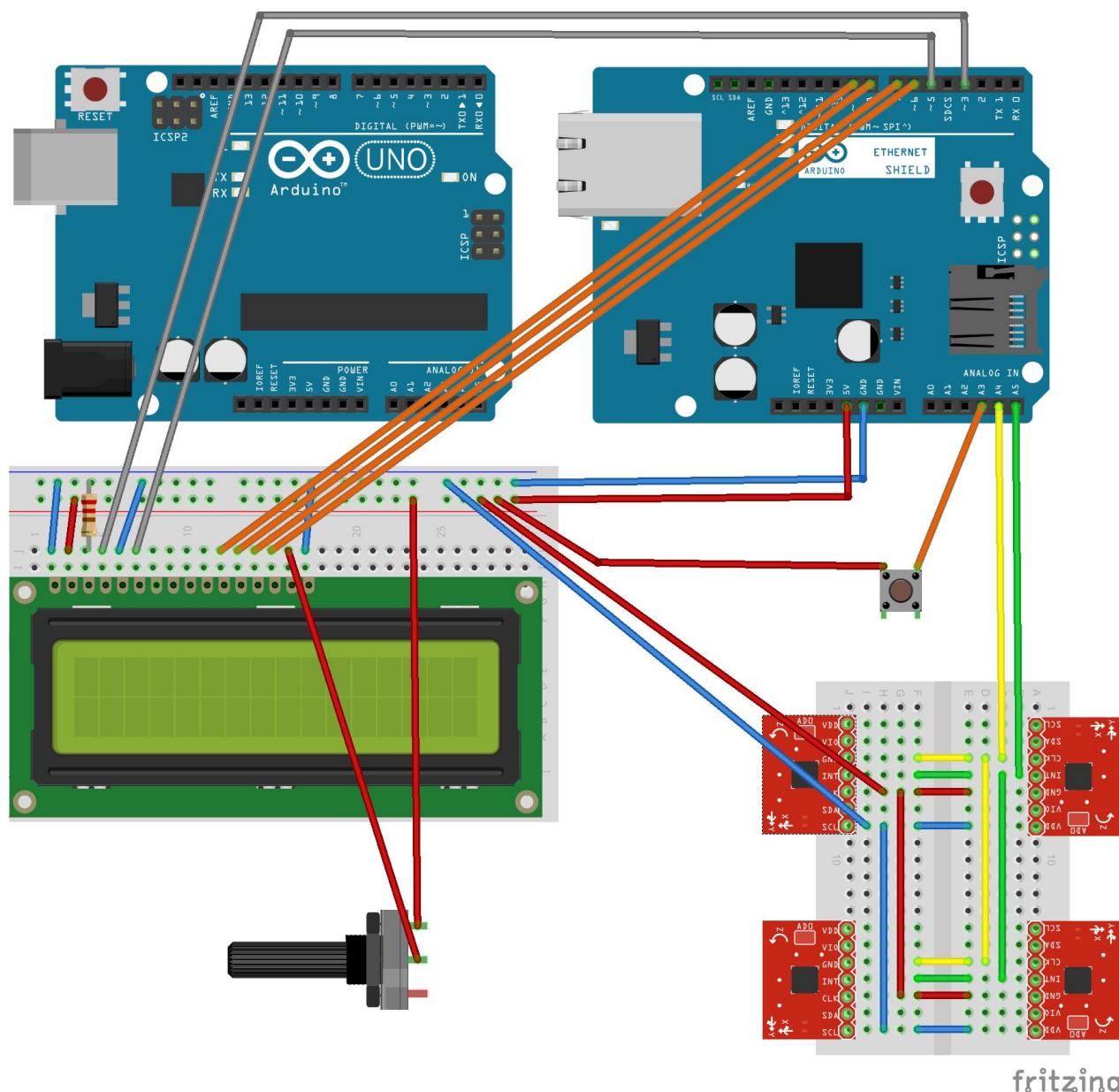
Die Sensoren befinden sich auf einem eigenen, zurechtgesägten Breadboard. Dieses wird in einem eigenen "Sensorhäuschen" untergebracht und per vieradrigem Kabel mit dem Hauptgehäuse verbunden. Dort befinden sich der [Genuino](#) Uno und das Display. Die Strom- und Internetversorgung erfolgt über ein Power-over-Ethernet-Flachbandkabel, das auch durch ein geschlossenes Fenster gelegt werden kann.

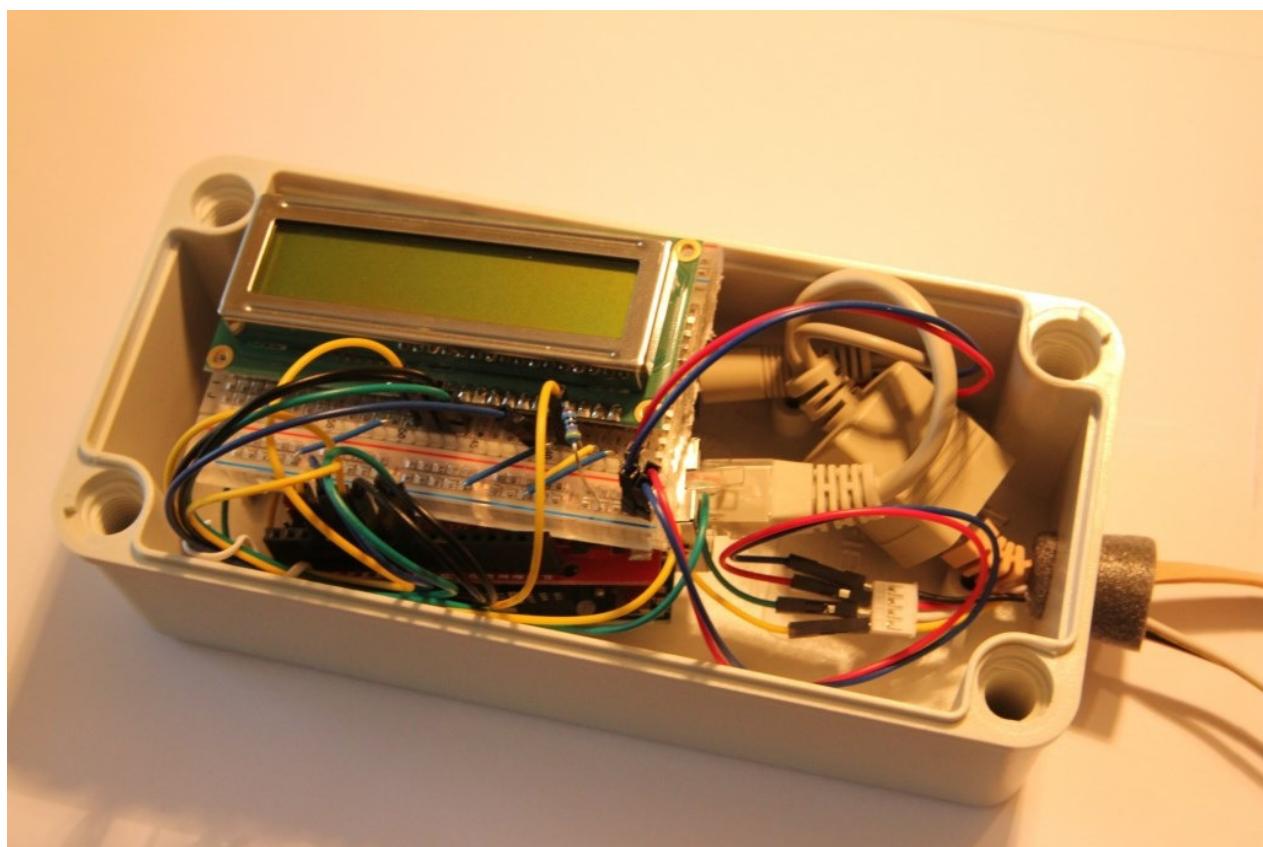
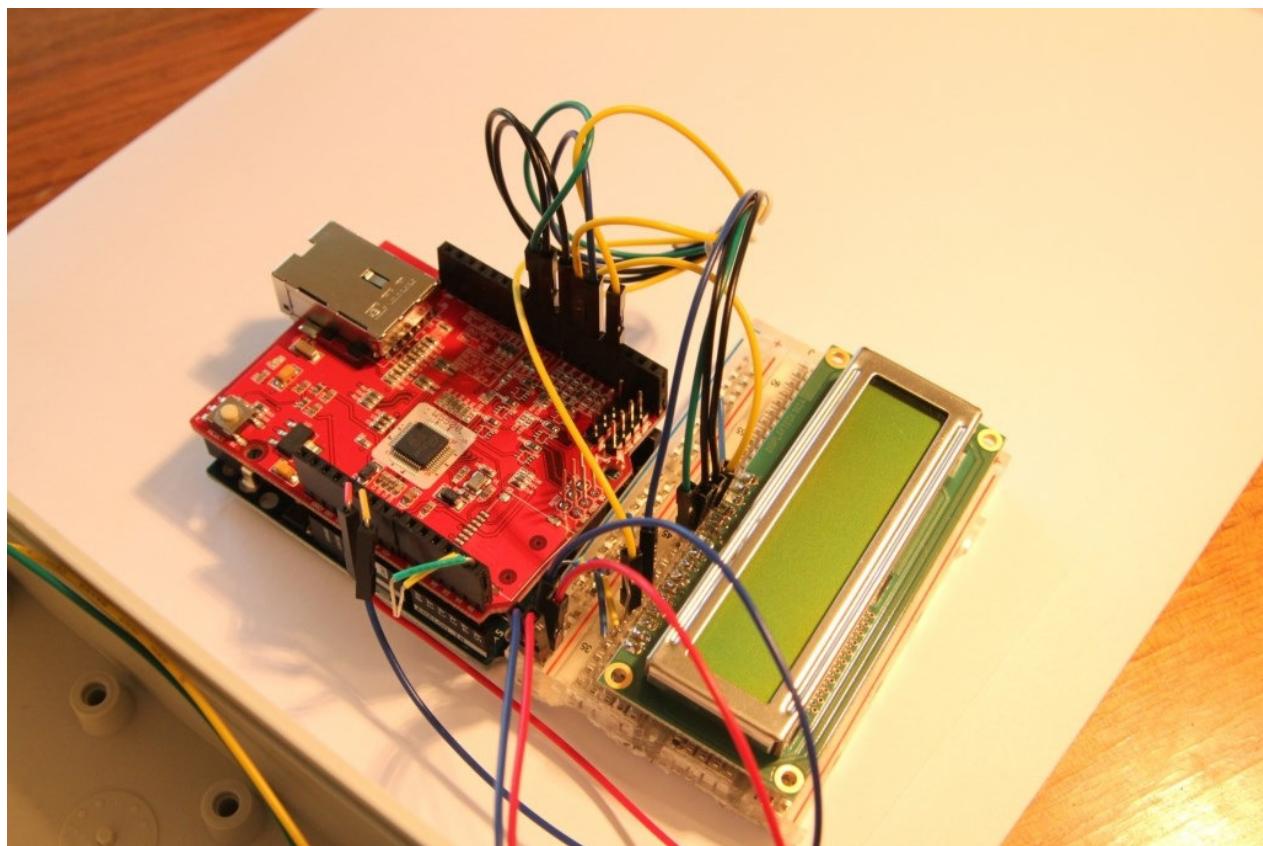


Die Verkabelung des Displays mit dem [Genuino](#) erwies sich als schwierig. Man benötigt zur Ansteuerung des Displays mindestens sechs digitale Ports. Das unvermeidbare [Ethernet-Shield](#) benutzt jedoch bereits viele der am [Genuino](#) zur Verfügung stehenden Ports intern, sodass nur bestimmte zur weiteren Nutzung frei bleiben. Das ist bei der Verkabelung zu bedenken.



Verkabelung:





## Softwaresketch

Die Ansteuerung der Sensoren erfolgt über die jeweils auf der Hersteller-Seite von Watterot verlinkten Bibliotheken, bzw. beim UV-Sensor über eine selbst programmierte Methode mithilfe der Wire-Bibliothek.

Links zu den zusätzlichen Bibliotheken:

- [HDC100X](#)
- [TSL45315](#)
- [BMP280](#)

Da das Display einen zum Hitachi HD44780 kompatiblen Chipsatz benutzt, kann die bei der [Arduino](#)-IDE mitgelieferte LiquidCrystal-Bibliothek zur Ansteuerung genutzt werden. Hierbei ist wichtig, im Konstruktor die korrekte Verkabelung anzugeben.

Da das verwendete Display nur zwei Zeilen à 16 Spalten hat, können nicht alle Messdaten auf einmal ausgegeben werden. Dies wurde durch einen Umschalter gelöst, bei dessen Betätigung die sonst nicht zu sehenden Daten angezeigt werden. Aufgrund der oben beschriebenen Problematik mit den wenigen zur Verfügung stehenden digitalen Ports wurde dieser über einen analogen Port an den [Genuino](#) angeschlossen.

Code:

Initialisierung der Sensor-Objekte

```
// Temp & Humidity sensor
#include <HDC100X.h>
HDC100X temphumisensor = HDC100X(0x43);

// Light sensor
#include <Makerblog_TSL45315.h>
Makerblog_TSL45315 luxsensor = Makerblog_TSL45315(TSL45315_TIME_M4);

// Barometer sensor
// Using Adafruit library because mahfuz195's Arduino library doesn't work for some reason
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#define BMP_SCK 13
#define BMP_MISO 12
#define BMP_MOSI 11
#define BMP_CS 10
Adafruit_BMP280 bme;

// UV sensor
#define I2C_ADDR 0x38
#define IT_1_2 0x0 //1/2T
#define IT_1 0x1 //1T
#define IT_2 0x2 //2T
#define IT_4 0x3 //4T
```

LCD und Netzwerk:

```
// LCD
#include <LiquidCrystal.h>
// Using display in 4-bit mode
// The constructor takes the ports the LCD is wired to, in the following order: RS, Enable, Data Ports 4 to 7
LiquidCrystal lcd(3, 5, 9, 8, 7, 6);

// Custom characters for display
byte smiley[8] = {
  B00000,
  B10001,
  B00000,
  B00000,
  B10001,
  B01110,
  B00000,
};

byte degree[8] = {
  B00111,
  B00101,
  B00111,
  B00000,
```

```

    B00000,
    B00000,
    B00000,
};

// remember if in offline mode
boolean online = true;

// The following comes directly from the SenseBox script

// Ethernet
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

//SenseBox ID
#define SENSEBOX_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"

//Sensor IDs
#define TEMPSENSOR_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
#define HUMISENSOR_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
#define PRESSURESENSOR_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
#define TEMPSENSOR2_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
#define UVSENSOR_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"
#define LIGHTSENSOR_ID "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx"

//Ethernet-Parameter
char server[] = "www.opensensemap.org";
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
// Diese IP Adresse nutzen falls DHCP nicht möglich
IPAddress myIP(192, 168, 0, 42);
EthernetClient client;

//Messparameter
int postInterval = 10000; //Uploadintervall in Millisekunden
long oldTime = 0;

```

### Eigene Methoden:

```

// Own method for reading data from UV sensor using Wire library
float readUV()
{
    byte msb=0, lsb=0;
    float uv;

    Wire.requestFrom(I2C_ADDR+1, 1); //MSB
    delay(1);
    if(Wire.available()) msb = Wire.read();

    Wire.requestFrom(I2C_ADDR+0, 1); //LSB
    delay(1);
    if(Wire.available()) lsb = Wire.read();

    uv = (msb<<8) | lsb;
    uv = uv * 5.625;
    return uv;
}

// Helper method to output a quick info message on the LCD during setup
void shortLCDmessage(String message)
{
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("          ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(message);
    delay(1000);
}

```

### Setup:

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // LCD setup
  lcd.createChar(0, smiley);
  lcd.createChar(1, degree);
  lcd.begin(16, 2);

  // WELCOME MESSAGE
  lcd.print("Welcome to your");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("sensebox:edu+LCD");
  delay(2000);

  lcd.clear();
  delay(1000);

  // SENSOR INITIALIZATION
  lcd.clear();
  lcd.print("Starting sensors");

  // Temp & Humidity Sensor setup
  shortLCDmessage("Temp sensor");
  temphumisensor.begin(HDC100X_TEMP_HUMI, HDC100X_14BIT, HDC100X_14BIT, DISABLE);

  // Light sensor setup
  shortLCDmessage("Light sensor");
  luxsensor.begin();

  // Barometer setup
  shortLCDmessage("Barometer");
  if (!bme.begin()) {
    Serial.println(F("Could not find a valid BMP280 sensor, check wiring!"));
    while (1);
  }

  // UV sensor setup
  shortLCDmessage("UV sensor");
  Wire.begin();
  Wire.beginTransmission(I2C_ADDR);
  Wire.write((IT_1<<2) | 0x02);
  Wire.endTransmission();

  // Setup button
  pinMode(A3, INPUT);

  lcd.clear();
  delay(1000);

  // ETHERNET INITIALIZATION
  lcd.print("Starting network");
  shortLCDmessage("Trying DHCP");

  // Ethernet
  Serial.print("Starting network...");
  //Ethernet Verbindung mit DHCP ausführen..
  if (Ethernet.begin(mac) == 0)
  {
    Serial.println("DHCP failed!");
    shortLCDmessage("DHCP failed");
    shortLCDmessage("Trying static IP");
    //Falls DHCP fehlschlägt, mit manueller IP versuchen
    Ethernet.begin(mac, myIP);
  }

  client.connect(server, 8000);
  if(!client.connected())
  {
    online = false;
    shortLCDmessage("Static IP failed");
    lcd.clear();
  }
}

```

```

    delay(1000);
    lcd.print("Switching to");
    shortLCDmessage("LCD output only");
}
else
{
    client.stop();
    online = true;
    shortLCDmessage("Connected");
}

Serial.println("done!");
Serial.println("Starting loop.");

lcd.clear();
delay(1000);
lcd.print("Ready! Waiting");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("for 1st data set");
delay(1000);
}

```

Loop:

```

void loop() {
    if (millis() - oldTime >= postInterval)
    {
        oldTime = millis();

        // Read measurements from sensors and convert to String
        String temp = String(temphumisensor.getTemp(), 1);
        String humi = String(temphumisensor.getHumi(), 1);
        String lux = String(luxsensor.readLux());
        String temp2 = String(bme.readTemperature(), 1);
        String pres = String(bme.readPressure()/100);
        String alti = String(bme.readAltitude(1013.25));
        String uv = String(readUV(), 1);

        // Output measurements to LCD
        lcd.clear();
        lcd.print(temp + "C " + humi + "%");
        lcd.setCursor(0, 1);
        // Output light sensor or barometer data depending on whether button is pressed or not
        if(analogRead(A3) < 1000) lcd.print(temp2 + "C " + pres + "hPa"); else lcd.print(lux + "lux " + uv + "uW/cm2");

        // Output measurements to Serial Monitor
        String daten = temp + "," + humi + "," + lux + ',' + temp2 + ',' + pres + ',' + alti + ',' + uv;
        Serial.println(daten);

        // Post measurements to OpenSenseMap if network available
        if(online)
        {
            // Inform user on LCD about upload progress
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print("1/6"); postStringValue(temp, 1, TEMPSENSOR_ID);
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print("2/6"); postStringValue(humi, 1, HUMISENSOR_ID);
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print("3/6"); postStringValue(pres, 1, PRESSURESENSOR_ID);
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print("4/6"); postStringValue(temp2, 1, TEMPSENSOR2_ID);
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print("5/6"); postStringValue(uv, 1, UVSENSOR_ID);
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print("6/6"); postStringValue(lux, 1, LIGHTSENSOR_ID);
            lcd.setCursor(13,0); lcd.print(" ");
            lcd.write(byte(0)); // smiley when done : )
        }
    }
}

```

Methoden zum Hochladen der Messdaten:

```

// Re-write of sensebox script's postFloatValue method (conversion to String is already done in loop so no need to do
// that here)
void postStringValue(String measurement, int digits, String sensorId)

```

```
{
    //Json erstellen
    String jsonValue = "{\"value\":\"";
    jsonValue += measurement;
    jsonValue += "}";
    //Mit OSeM Server verbinden und POST Operation durchführen
    Serial.println("-----");
    Serial.print("Connecting to OSeM Server...");
    if (client.connect(server, 8000))
    {
        Serial.println("connected!");
        Serial.println("-----");
        //HTTP Header aufbauen
        client.print("POST /boxes/");client.print(SENSEBOX_ID);client.print("/");client.print(sensorId);client.println("HTTP/1.1");
        client.println("Host: www.opensensemap.org");
        client.println("Content-Type: application/json");
        client.println("Connection: close");
        client.print("Content-Length: ");client.println(jsonValue.length());
        client.println();
        //Daten senden
        client.println(jsonValue);
    }else
    {
        Serial.println("failed!");
        Serial.println("-----");
    }
    //Antwort von Server im seriellen Monitor anzeigen
    waitForServerResponse();
}

void waitForServerResponse()
{
    //Ankommende Bytes ausgeben
    boolean repeat = true;
    do{
        if (client.available())
        {
            char c = client.read();
            Serial.print(c);
        }
        //Verbindung beenden
        if (!client.connected())
        {
            Serial.println();
            Serial.println("-----");
            Serial.println("Disconnecting.");
            Serial.println("-----");
            client.stop();
            repeat = false;
        }
    }while (repeat);
}
```

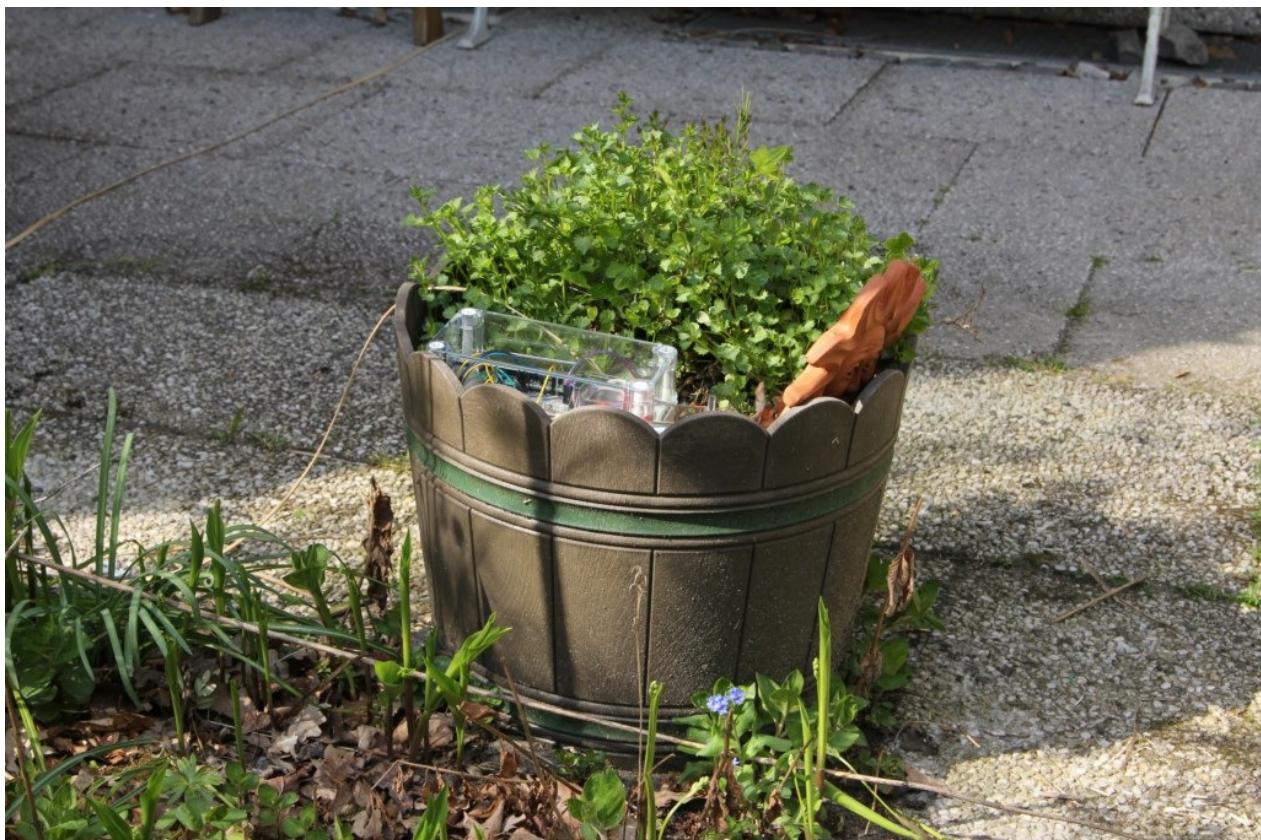
## OpenSenseMap Registrierung

Zur Registrierung unserer senseBox haben wir auf OpenSenseMap.org einen Account erstellt. Nachdem man seinen Namen, E-Mail-Adresse, Name und Aufstellungsort eingegeben hat, muss man mittels "manueller Konfiguration" die Sensoren der senseBox eintragen. Unter "Typ" steht dabei der Name des Sensors.

Nach Absenden des Formulars erhält man eine E-Mail mit einem [Arduino](#)-Sketch, den man zum Hochladen der Daten benutzen kann. Wir haben dessen Methoden in unser schon bestehendes Sensor-Auslese-Sketch eingepflegt.

## Stationsaufbau

Die Station wurde auf der Terrasse eines Hauses in Münster-Kinderhaus aufgestellt. Der Standort zeigt Richtung Süden, ist recht sonnig, jedoch sehr windgeschützt.



Münster, im April 2016



# Wetterstation mit Anenometer

Autoren: [Specki](#) & Eric in einem Studienprojekt am [ifgi](#), April 2016

In dieser senseBox werden Umweltdaten gemessen und an die openSenseMap übermittelt, die dadurch als Basis für verschiedene Karten dienen kann. Die Station wird durch einen zusätzlichen Windmesser (Anenometer) ergänzt.

## Materialien

### Aus der senseBox:edu

- [Genuino](#) UNO
- [HDC1000](#) (Temperatur&Luftfeuchtigkeitssensor)
- [VEML6070](#) (UV-Lichtsensor)
- [TSL45315](#) (Lichtsensor)

### Zusätzliche Hardware

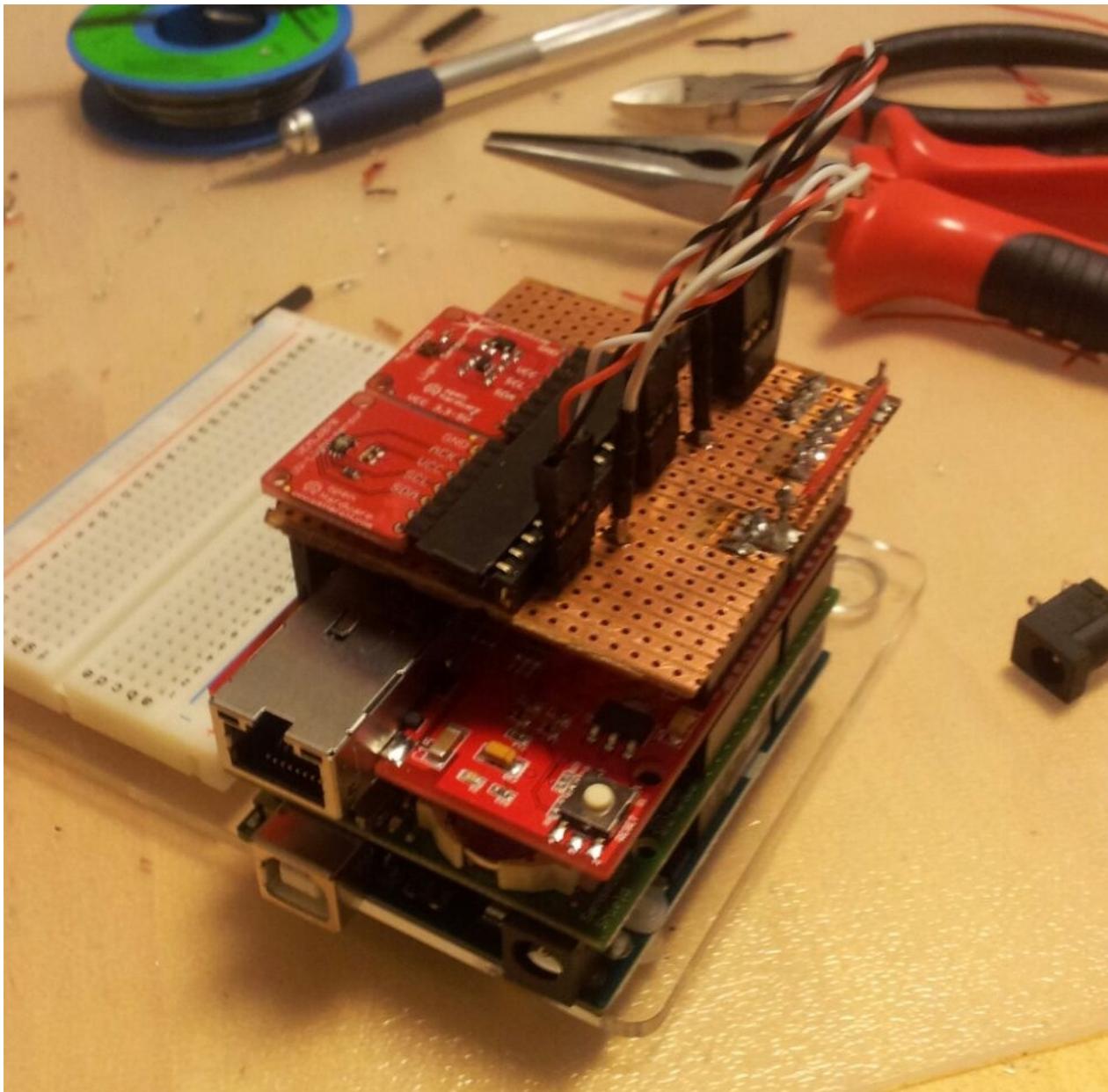
- [Anemometer](#) (Windsensor)
- Kupferplatine
- diverse Kabel
- Ethernet-Kabel
- Power-over-Ethernet Adapter

## Setup

### Hardwarekonfiguration

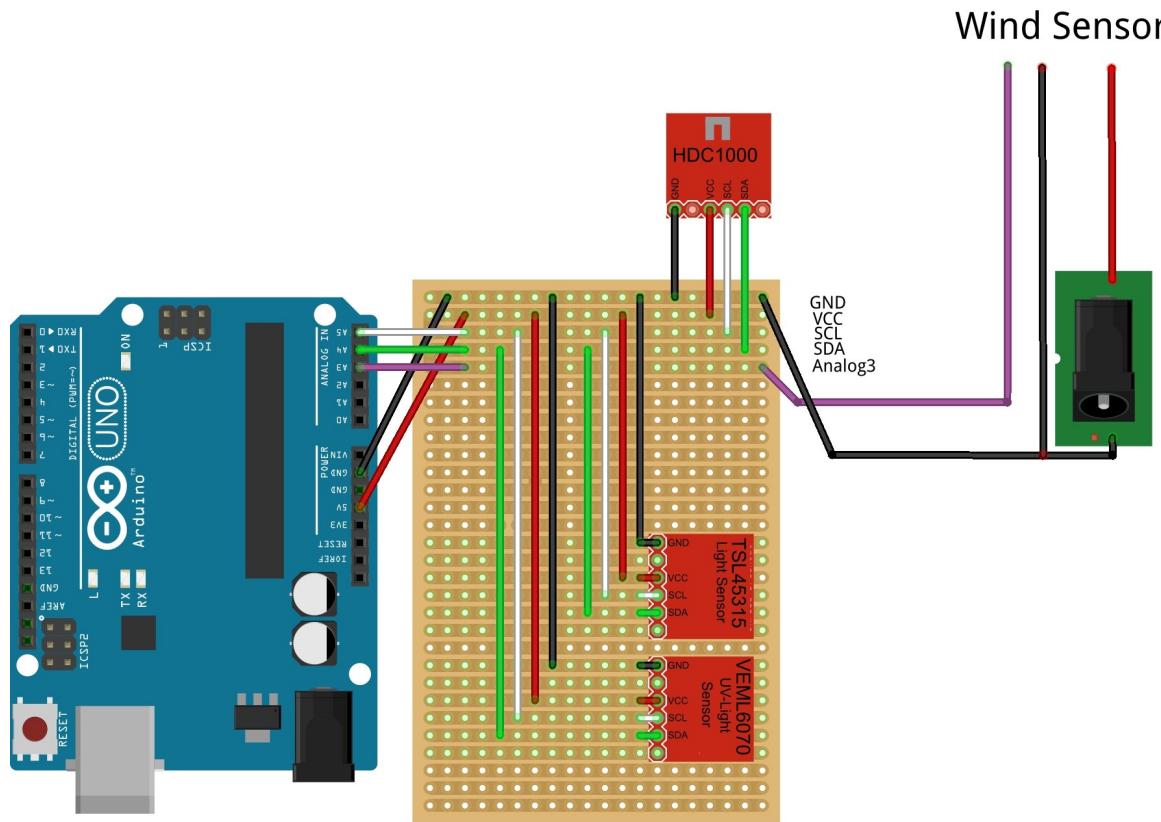
Auf das [Genuino](#)/Uno ist das WIZnet Ethernet Shield gesteckt um Netzwerk und Stromverbindung zu ermöglichen. Zusätzlich haben wir das Board um eine Kupferplatine erweitert um UV und Lichtsensoren horizontal ausgerichtet zu befestigen, damit korrekte Messdaten ermittelt werden können. Während sich die oben genannten Sensoren innerhalb der Wetterfest-Box befinden, sind Temperatursensor und Anemometer außerhalb der Box installiert um die Messdaten nicht zu verfälschen. Über ein Ethernet-Kabel werden die Messdaten in einem vorgegebenen Intervall an die openSenseMap übermittelt. Die Stromversorgung der gesamten Box wird über einen Power-over-Ethernet Adapter realisiert.

Improvisiertes Shield für den [Arduino](#):



Das improvisierte Shield für den [Arduino](#) basiert auf einer einfachen einseitigen Streifenrasterplatine. Da fast alle Sensoren über I2C ausgelesen werden, wurden die für I2C benötigten Pins (GND,VCC,SCL,SDA) direkt nebeneinander gelegt. Dies ermöglicht es, mit einem einzelnen Kabel mit 3er-Stecker die auf den Sensoren direkt nebeneinanderliegenden Anschlüsse

VCC,SCL,SDA direkt anzuschließen. Zusätzlich wird noch ein einzelnes Kabel für GND benötigt. Durch die Verwendung der 3er-Stecker sinkt die Anzahl der benötigten Kabel auf zwei, was hilft die gesamte Schaltung übersichtlich zu halten. Schaltplan:



fritzing

In dem Schaltplans wurde auf Grund der Übersichtlichkeit auf die 3er-Stecker verzichtet (Kabelstränge würden dauerhaft überlappen -> Schaltung nicht mehr klar zu erkennen). Stattdessen sind die Anschlüsse zu den Sensoren durch 3 parallele einzelne Kabelverbindungen dargestellt.

Das Anemometer gibt die Windgeschwindigkeit als analoges Stromsignal zwischen 0,4V und 2V über das Violett eingezeichnete Kabel wieder. Das Anemometer benötigt eine eigene Stromversorgung von 9-25V. Diese wird von einer zusätzlichen Batteriebox innerhalb der senesBox gewährleistet.

Wichtig in dem Schaltplan zu beachten ist zudem, dass der Minuspol der zusätzlichen Stromversorgung mit dem Minuspol des [Arduino](#) verbunden ist! Ist dies nicht der Fall, ist es für den [Arduino](#) unmöglich die Spannungsschwankungen auf dem Signalkabel des Anemometers zu erkennen!

Fertig zusammengebaute Box mit zusätzlicher integrierter Stromversorgung:



## Softwaresketch

Der Softwaresketch basiert auf der von der openSenseMap bereitgestellten Schablone.

Neben dem eigentlichen Lesen der konkreten Sensorwerte werden zusätzlich verschiedene Umrechnungen direkt im Programmcode realisiert. Da das Anemometer die Windgeschwindigkeit über ein analoges Stromsignal wiedergibt (mehr Strom = höhere Windgeschwindigkeit) ist eine Umrechnung von Volt zu Windgeschwindigkeit(m/s) implementiert worden. Auch bei der UV-Intensität muss eine ähnliche Umrechnung stattfinden um das gewünschte Endergebnis zu erhalten ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Die restlichen Sensoren geben direkt nutzbare Werte aus und werden daher direkt hochgeladen.

Links zu zusätzlichen Bibliotheken die für einige der Sensoren/Shields benötigt werden

- [HDC1000 Bibliothek](#)
- [Ethernet Bibliothek](#)

Programmcode:

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

/*
 * Zusätzliche Sensorbibliotheken, -Variablen etc im Folgenden einfügen.
 */
#include <Wire.h>
#include <HDC100X.h>

//SenseBox ID
#define SENSEBOX_ID "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"

//Sensor IDs und MAC-Addressen wurden zensiert
#define SENSOR1_ID "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX" // Luftfeuchtigkeit
#define TEMPSENSOR_ID "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
#define UVSENSOR_ID "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
#define SENSOR2_ID "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX" // Licht
#define SENSOR3_ID "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX" // Wind (Anemometer)
```

Im folgenden werden Variablen für die internen Umrechnungen deklariert

```
// I2C Variablen Lichtsensor
#define I2C_ADDR_LUX      (0x29)
#define REG_CONTROL_LUX    0x00
#define REG_CONFIG_LUX     0x01
#define REG_DATALOW_LUX    0x04
#define REG_DATAHIGH_LUX   0x05
#define REG_ID_LUX          0x0A

// I2C Variablen UV-Sensor
#define I2C_ADDR_UV (0x38)
//Integration Time
#define IT_1_2 0x0 //1/2T
#define IT_1   0x1 //1T
#define IT_2   0x2 //2T
#define IT_4   0x3 //4T

// Initialisierung des Temp/Humi Sensors
HDC100X hdc_temp_humi(0x43);

// Analogpin Windsensor
const int analogSensorPin = A3;
```

Netzwerkeinstellungen:

```
//Ethernet-Parameter
char server[] = "www.opensensemap.org";
```

```

byte mac[] = { XXXX, XXXX, XXXX, XXXX, XXXX, XXXX };
// Diese IP Adresse nutzen falls DHCP nicht möglich
IPAddress myIP(XXXX, XXXX, XXXX, XXXX);
EthernetClient client;

//Messparameter
int postInterval = 10000; //Uploadintervall in Millisekunden
long oldTime = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

```

Netzwerksetup wurde aus der von openSenseMap bereitgestellten Schablone übernommen:

```

Serial.print("Starting network...");
//Ethernet Verbindung mit DHCP ausführen..
if (Ethernet.begin(mac) == 0)
{
  Serial.println("DHCP failed!");
  //Falls DHCP fehlschlägt, mit manueller IP versuchen
  Ethernet.begin(mac, myIP);
}
Serial.println("done!");
delay(1000);
Serial.println("Starting loop.");

// Analoger Windsensor Pin
pinMode(analogSensorPin, INPUT);
}

void loop()
{
  //Upload der Daten mit konstanter Frequenz
  if (millis() - oldTime >= postInterval)
  {
    oldTime = millis();

```

Die Sensoren werden der Reihenfolge nach ausgelesen. Lichtsensor wird erst über I2C gestartet und daraufhin die Belichtungszeit festgelegt. Anschließend werden 2 Bytes von dem Lichtsensor angefordert. Diese enthalten

```

// SENSOR 1: Lichtsensor
// Starten des Lichtsensors
Wire.begin();
Wire.beginTransmission(I2C_ADDR_LUX);
Wire.write(0x80 | REG_CONTROL_LUX);
Wire.write(0x03); //Power on
Wire.endTransmission();
// Festlegen der Belichtungszeit
Wire.beginTransmission(I2C_ADDR_LUX);
Wire.write(0x80 | REG_CONFIG_LUX);
Wire.write(0x01); //400 ms Belichtungszeit
Wire.endTransmission();

```

Der Sensor liefert zwei Bytes mit einem high/low Wert. Diese werden lokal gespeichert um die einfache Umrechnung zu ermöglichen.

```

Wire.beginTransmission(I2C_ADDR_LUX);
Wire.write(0x80 | REG_DATALOW_LUX);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(I2C_ADDR_LUX, 2); //2 Bytes anfordern

uint16_t low = Wire.read();
uint16_t high = Wire.read();

while (Wire.available()) {
  Wire.read();

```

```
}
```

Umrechnung von high/low Bytes zu Lux wurde aus dem SenseBox-Wiki übernommen.

```
uint32_t lux; //Umrechnung für Lux vom Sensebox-Wiki
lux = (high << 8) | (low << 0);
lux = lux * 2; //Multiplikator für 400ms

// 131070 is Error value if Sensor is not connected! Fehlerbehebung!
if (lux != 131070) {
    postFloatValue(lux, 1, "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
} else {
    Serial.println("Light Sensor not connected/not working!");
}
// Ende von SENSOR 1
```

Temperatur/Luftfeuchtigkeitssensor wird gestartet. Falls der Temperatursensor inkorrekt angeschlossen oder defekt ist, liefert er einen inkorrekten Messwert von etwa -40. Da dieser Messwert klar als irregulär erkannt werden kann, da er im Einsatzgebiet dieser SenseBox nicht vorkommt (Mitteleuropäisches Klima), wird eine Fehlermeldung an den Seriellen Port geschickt und auf das Hochladen der Daten verzichtet.

```
// SENSOR 2: Temperature/Humidity Sensor
hdc_temp_humi.begin(HDC100X_TEMP_HUMI, HDC100X_14BIT, HDC100X_14BIT, DISABLE);

// Error value if Sensor is not connected is about -40!
if (hdc_temp_humi.getTemp() > -35) {
    postFloatValue(hdc_temp_humi.getTemp(), 1, "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
} else {
    Serial.println("Humidity/Temperature Sensor not connected/not working!");
}
```

Analog zu der Fehlererkennung bei dem Temperatursensor, werden auch bei dem Luftfeuchtigkeitssensor Daten die offensichtlich nicht der Realität entsprechen (Luftfeuchtigkeit von weniger als 0,5%) nicht an die openSenseMap übertragen.

```
// Error value if Sensor is not connected is about 0.4!
if (hdc_temp_humi.getHumi() > 0.5) {
    postFloatValue(hdc_temp_humi.getHumi(), 1, "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
} else {
    Serial.println("Humidity/Temperature Sensor not connected/not working!");
}
// Ende von SENSOR 2
```

Das Auslesen des UV-Sensors wurde aus dem Anwendungsbeispiel des Sensors von der offiziellen Herstellerseite übernommen. Weitere Informationen [hier](#). Wieder wurde eine einfache Fehlererkennung implementiert (UV-Sensor gibt '3' aus wenn defekt).

```
// SENSOR 4 : UV-Sensor
// Umrechnung vom Hersteller übernommen
Wire.beginTransmission(I2C_ADDR_UV);
Wire.write((IT_1 << 2) | 0x02);
Wire.endTransmission();

byte msb = 0, lsb = 0;
uint16_t uv;

Wire.requestFrom(I2C_ADDR_UV + 1, 1); //MSB
delay(1);
if (Wire.available())
    msb = Wire.read();

Wire.requestFrom(I2C_ADDR_UV + 0, 1); //LSB
delay(1);
if (Wire.available())
    lsb = Wire.read();
```

```

uv = (msb << 8) | lsb;

if (uv != 3) { //Fehlerbehebung!
    postFloatValue(uv * 5.625, 1, "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
} else {
    Serial.println("UV Sensor not connected/not working!");
}
// Ende von SENSOR 4

```

Die Umrechnung von der 0-1023 Skala der analogRead() Funktion des [Arduino](#) zu m/s Windgeschwindigkeit wurde übernommen. Genauere Erklärung zu der Umrechnung in den Inline-Kommentaren.

```

// SENSOR 5: Wind
/*
 *  Code taken from : http://www.hackerscapes.com/2014/11/anemometer/
 *
 *  All credits belong to their respectful owners.
 *  Edited on 07.04.2016 by Specki
 */

int sensorValue = 0; //Variable stores the value direct from the analog pin
float sensorVoltage = 0; //Variable that stores the voltage (in Volts) from the anemometer being sent to the analog pin
float windSpeed = 0; // Wind speed in meters per second (m/s)

float voltageConversionConstant = .004882814; //This constant maps the value provided from the analog read function, which ranges from 0 to 1023, to actual voltage, which ranges from 0V to 5V
int sensorDelay = 1000; //Delay between sensor readings, measured in milliseconds (ms)

//Anemometer Technical Variables
//The following variables correspond to the anemometer sold by Adafruit, but could be modified to fit other anemometers.

float voltageMin = .4; // Minimum output voltage from anemometer in mV.
float windSpeedMin = 0; // Wind speed in meters/sec corresponding to minimum voltage

float voltageMax = 2.0; // Maximum output voltage from anemometer in mV.
float windSpeedMax = 32; // Wind speed in meters/sec corresponding to maximum voltage

sensorValue = analogRead(analogSensorPin); //Get a value between 0 and 1023 from the analog pin connected to the anemometer

sensorVoltage = sensorValue * voltageConversionConstant; //Convert sensor value to actual voltage

//Convert voltage value to wind speed using range of max and min voltages and wind speed for the anemometer
if (sensorVoltage <= voltageMin) {
    windSpeed = 0; //Check if voltage is below minimum value. If so, set wind speed to zero.
} else {
    windSpeed = (sensorVoltage - voltageMin) * windSpeedMax / (voltageMax - voltageMin); //For voltages above minimum value, use the linear relationship to calculate wind speed.
}

//Print windspeed to serial
postFloatValue(windSpeed, 1, "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");
// Ende von SENSOR 5
}
}

```

Routinen zum Upload der Messdaten wurde aus der von der openSenseMap bereitgestellten Schablone übernommen.

```

void postFloatValue(float measurement, int digits, String sensorId)
{
    //Float zu String konvertieren
    char obs[10];
    dtostrf(measurement, 5, digits, obs);
    //Json erstellen
    String jsonValue = "{\"value\":";
    jsonValue += obs;
    jsonValue += "}";
}

```

```

//Mit OSeM Server verbinden und POST Operation durchführen
Serial.println("-----");
Serial.print("Connecting to OSeM Server...");
if (client.connect(server, 8000))
{
    Serial.println("connected!");
    Serial.println("-----");
    //HTTP Header aufbauen
    client.print("POST /boxes/"); client.print(SENSEBOX_ID); client.print("/"); client.print(sensorId); client.println(" HTTP/1.1");
    client.println("Host: www.opensensemap.org");
    client.println("Content-Type: application/json");
    client.println("Connection: close");
    client.print("Content-Length: "); client.println(jsonValue.length());
    client.println();
    //Daten senden
    client.println(jsonValue);
} else
{
    Serial.println("failed!");
    Serial.println("-----");
}
//Antwort von Server im seriellen Monitor anzeigen
waitForServerResponse();
}

void waitForServerResponse()
{
    //Ankommende Bytes ausgeben
    boolean repeat = true;
    do {
        if (client.available())
        {
            char c = client.read();
            Serial.print(c);
        }
        //Verbindung beenden
        if (!client.connected())
        {
            Serial.println();
            Serial.println("-----");
            Serial.println("Disconnecting.");
            Serial.println("-----");
            client.stop();
            repeat = false;
        }
    } while (repeat);
}

```

## openSenseMap Registrierung

Die Station wurde auf der openSenseMap unter dem Namen "Wetterstation Specki & Eric" registriert. Es wurden insgesamt 5 Sensoren angegeben:

- Lichtintensität (in Lux)
- UV-Intensität ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )
- Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )
- Windgeschwindigkeit (m/s)
- Luftfeuchtigkeit (%)

Die Box kann direkt unter der Adresse [\\* Wetterstation Specki & Eric](#) erreicht werden.

## Stationsaufbau

Die Station wird am Michaelweg, 48149 Münster in einem Garten aufgestellt. Das Anemometer befindet sich in möglichst offener Lage, sodass die Messdaten möglichst wenig verfälscht werden. Auch der Temperatur/Feuchtigkeitssensor befindet sich außerhalb der Box, damit die Daten möglichst wenig verfälscht werden. Licht/UV-Sensor befinden sich innerhalb der Box.

Platzierung der Box:



## Einen Rauchmelder mit dem Arduino verbinden

### Ziele der Station

In dieser Station lernen wir, wie wir einen Rauchmelder mit dem [Arduino](#) verbinden, sodass wir auslesen können, wann Alarm geschlagen wird. Dies soll später auch über ein Netzwerk möglich sein.

Achtung: Wir können keine Garantie übernehmen, dass der Rauchmelder dabei funktionstüchtig bleibt. Aus diesem Grund darf ihr auf keinen Fall an einen Rauchmelder herumbasteln, der in Benutzung ist. Der veränderte Rauchmelder darf immer nur ein Zweitgerät sein!

### Materialien

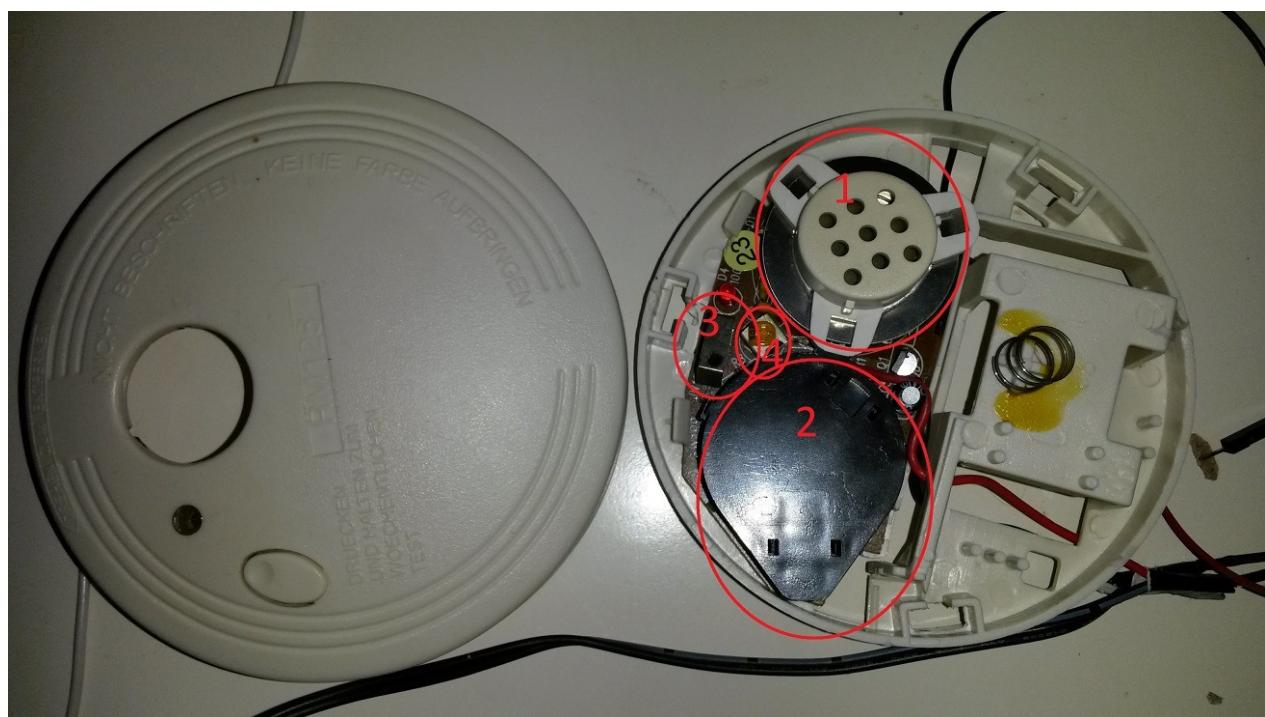
- Ethernetshield

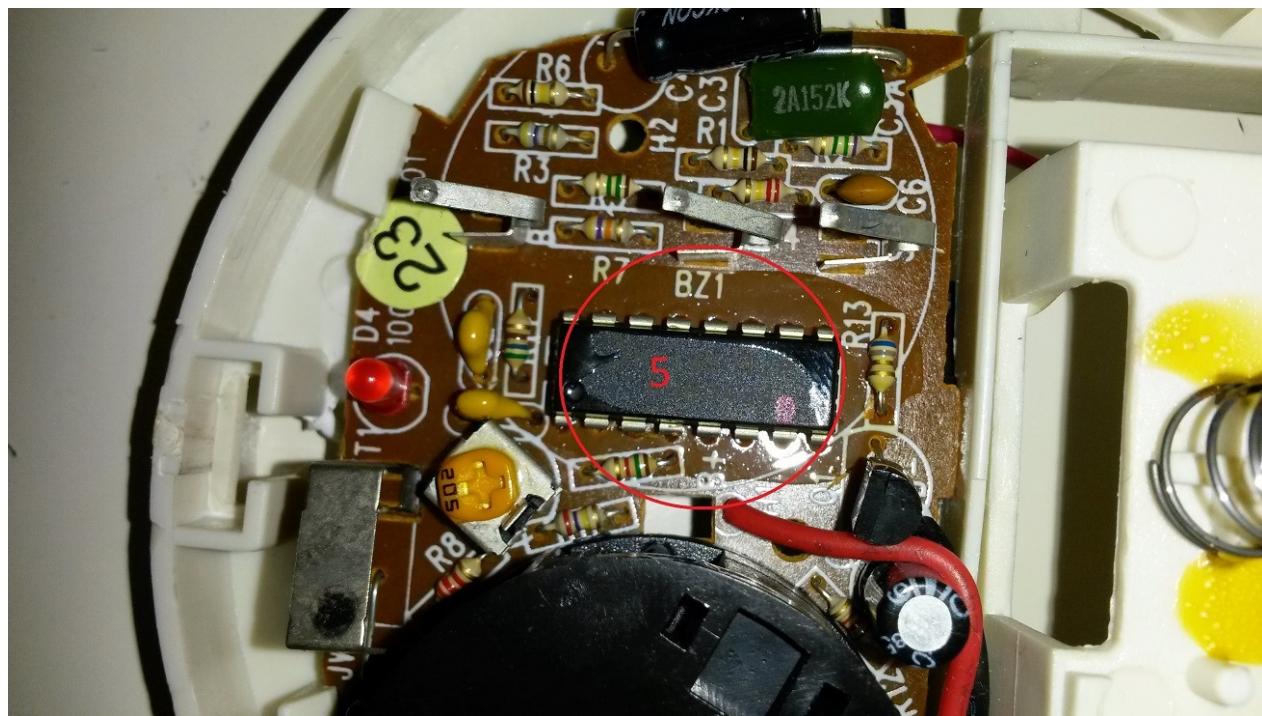
### Materialien die nicht in der senseBox enthalten sind

- handelsüblicher Rauchmelder (wir verwenden einen RM125, aber die meisten Modelle sind geeignet)
- Lötkolben

### Grundlagen

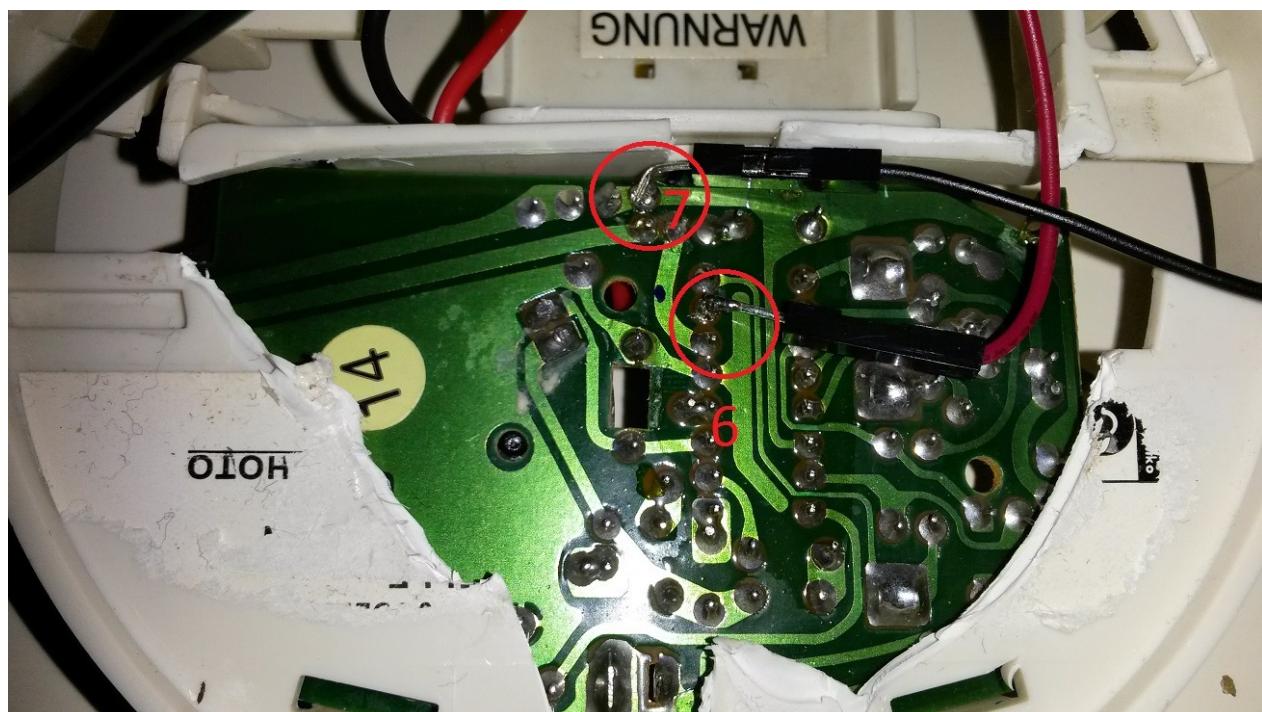
Wenn ihr das Gehäuse des Rauchmelders öffnet, könnt ihr euch die Platine und die einzelnen Bauteile genauer ansehen. Wenn zusätzlich der Piezo entfernt wird, kommt auch der Controller des Rauchmelders zutage (s. zweite Abbildung).





1. Piezo, ähnlich dem im senseBox Set
2. Rauchsensor
3. Prüftaster
4. Potentiometer
5. Steuerchip (MC145012)

## Aufbau



Signalkabel verlöten

Wenn wir uns die Unterseite der Platine anschauen, sehen wir, dass der Pin 7 (6 im Foto) des Steuerchips nirgendwo angeschlossen ist. Über diesen Pin wird eine Spannung ausgegeben, wenn der Rauchmelder Alarm schlägt. Diesen Pin werden wir verwenden, um den Rauchmelder mit unserem [Arduino](#) zu verbinden. Hierzu verlöten wir mit etwas Lötzinn ein Kabel an diesen Pin. Dabei müsst ihr aufpassen keinen Kurzschluss zu verursachen.

## Stromversorgung

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten der Stromversorgung.

1. [Arduino](#) und Rauchmelder über unterschiedliche Stromquellen versorgen. Hierbei kann der Rauchmelder weiter mit einem 9V Block versorgt werden. Der [Arduino](#) wird dann wie üblich durch ein Netzteil mit Spannung versorgt. In diesem Fall muss der Rauchmelder mit dem [Arduino](#) geerdet werden. Dazu muss der Minuspol des Rauchmelders mit dem des [Arduino](#) verbunden werden. Schaut euch dazu an, wo der Minuspol der Batterie mit der Platine verbunden ist (7 im Foto), und lötet ein Kabel an diese Stelle an.
2. [Arduino](#) und Rauchmelder über ein Netzteil versorgen. Praktischerweise kann sowohl der [Arduino](#), als auch der Rauchmelder mit einer Betriebsspannung von 9 V versorgt werden. Daher können wir das Netzteil der senseBox nutzen, um beide Komponenten zu betreiben. Ein Nachteil ist, dass das Kabel des Netzteils dabei zerschnitten wird. Schneidet zunächst den Batterieanschluss des Rauchmelders ab und isoliert die beiden Kabel ab. Nun zerschneidet das Kabel des Netzteils ca. 10 cm unterhalb des DC-Steckers. Lötet nun die Stromanschlüsse des Rauchmelders zwischen Netzteil und DC-Stecker. Achtet darauf das Plus und Minuspol nicht zu vertauschen. Verwendet dazu ein Strommessgerät.

## Verbindung

Nun kann das an Pin 7 des Chips angelötete Kabel mit Pin 8 des [Arduino](#) verbunden werden. Im Fall getrennter Stromversorgung muss der Minuspol mit einem GND-Pin verbunden werden.

Registriert der Rauchmelder Rauch, so wird neben dem Piezo auch Pin 7 von `LOW` auf `HIGH` gestellt.

## Aufgabe 1

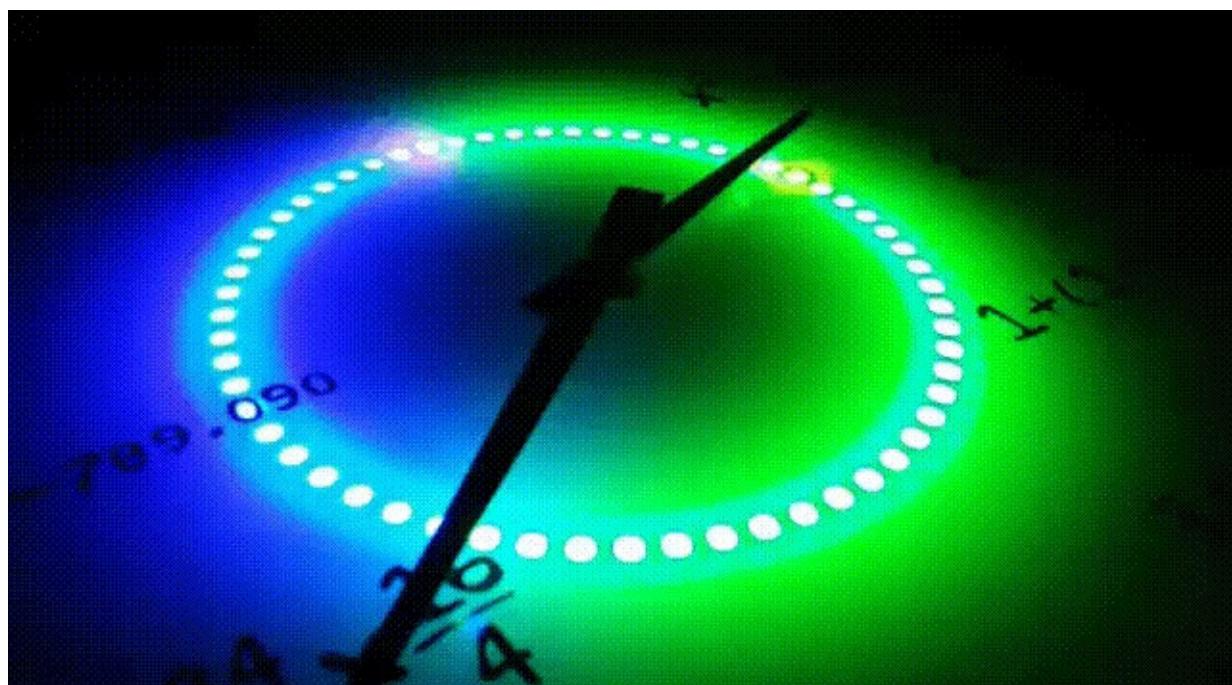
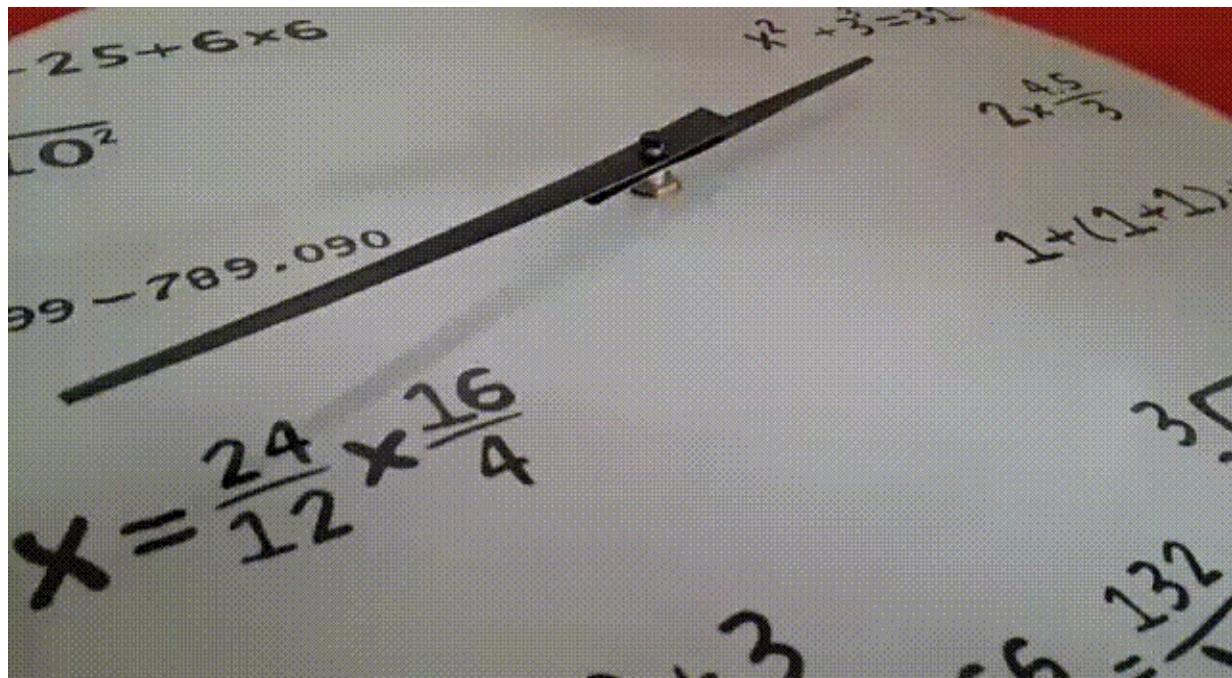
Schreibt ein Programm, mit dem das Signal des Rauchmelders über den seriellen Monitor und eine rote LED ausgegeben wird. Löse zum testen den Rauchmelder über den Prüftaster aus (einige Sekunden gedrückt halten). Wenn der Lärm des Piezo stört, könnt ihr ihn auch einfach abnehmen.

## Aufgabe 2

Nun wollen wir aus dem Netzwerk auf Daten des Rauchmelders Zugreifen. Schau dir im Projekt [Kleiner Webserver](#) an, wie man aus dem [Arduino](#) einen Server macht. Füge der HTML Tabelle eine Zeile für den Rauchmelder hinzu, in der man seinen Status abfragen kann.

## LED Uhr

Du wirst Nachts wach und willst wissen wie spät es ist? Einfach zweimal in die Hände klatschen und eine Uhr beginnt zu leuchten.



## Ziele der Station

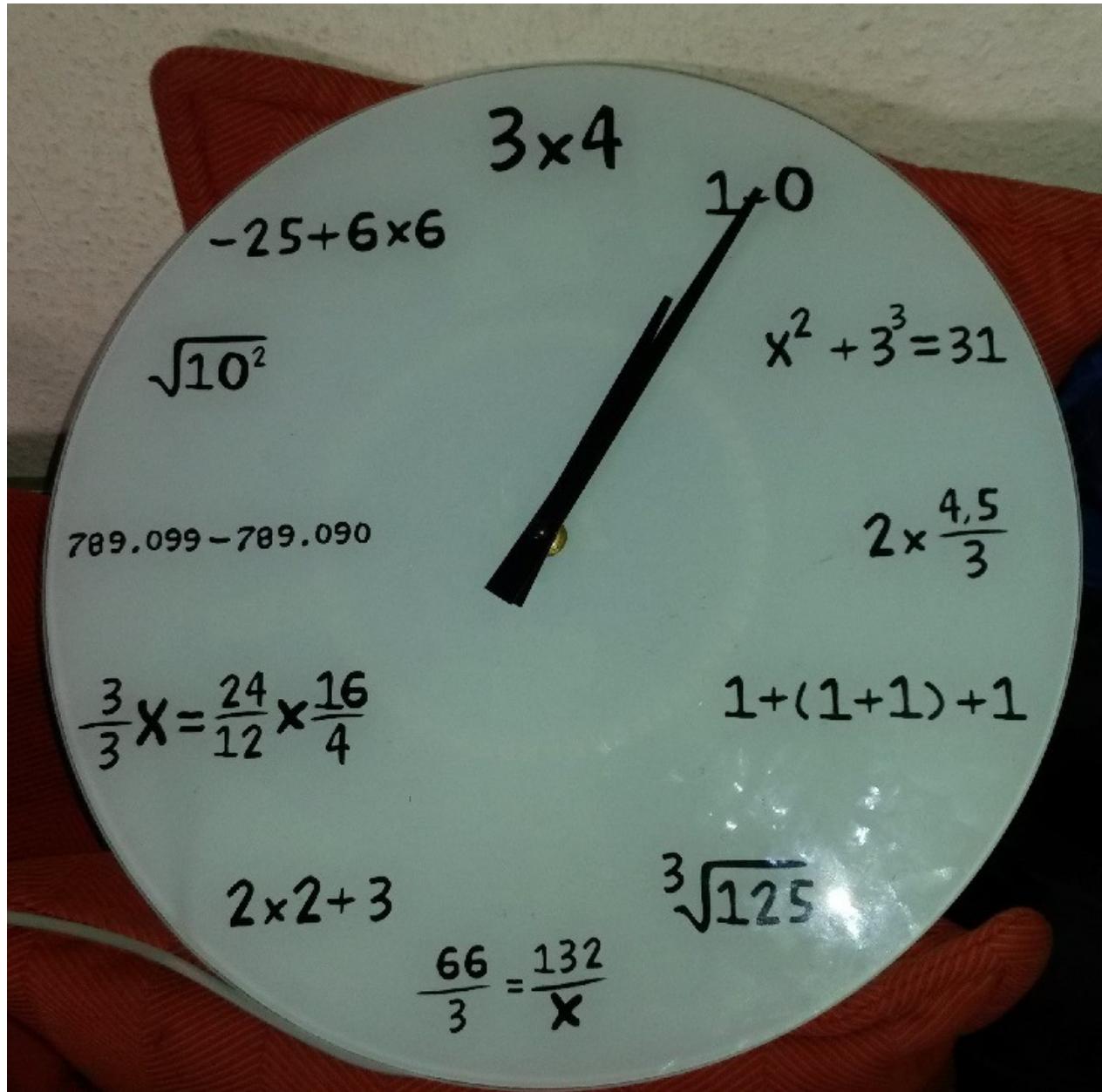
Wir wollen mit Hilfe des Neopixelrings mit 60 LEDs eine Uhr bauen, die durch klatschen aktiviert wird.

## Materialien

- [Arduino](#)
- Mikrofon

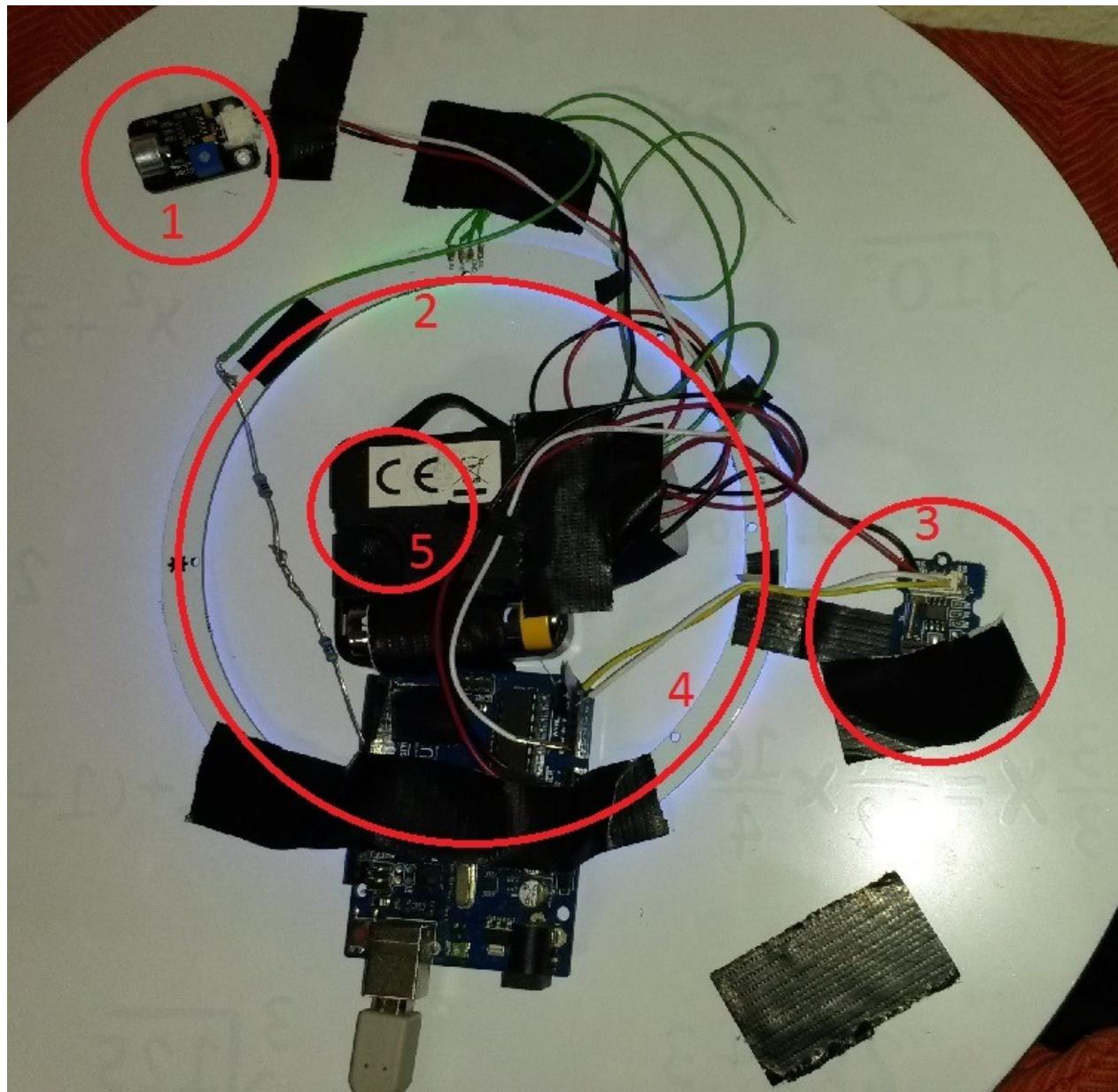
## Materialien die nicht in der senseBox enthalten sind

- [Neopixel Ring](#)
- RTC Element
- analoge Uhr mit Glasscheibe (optional)



Hinweis: Man kann das RTC Modul auf dem [senseBox-Shield](#) verwenden. Wir verwenden aus Platzgründen jedoch das Grove Module

## Aufbau



1. Mikrofon
2. Neopixel LED Ring
3. Grove RTC
4. Arduino
5. Analogen Uhrwerk (ist nicht mit dem Arduino verbunden)

### Schritt 1: Der LED Ring

Viele LED Ringe kommen ohne angelötete Kabel. In diesem Fall müssen wir zunächst Kabel an die Kontakte `Di` (Steuersignale), `5V` (Spannungsversorgung) und `GND` (Minuspol) anlöten. Um den LED Ring vor Überspannung zu schützen, sollte ein Widerstand an den Datenpin gelötet werden. Anschließend müssen wir den LED Ring mittig hinter die Glasscheibe der Uhr kleben. Den Ring nun mit dem `Arduino` verbinden (`Di` an Pin 6).

### Schritt 2: RTC Modul (Uhr)

Die RTC wird über den `I2C`-Bus angeschlossen. Dazu muss der Anschluss `SCL` mit Pin `A5` verbunden werden und der Anschluss `SDA` mit Pin `A4`. Anschluss `GND` und `VCC` wie üblich an Pin `GND` und Pin `3.3V`.

### Schritt 3: Mikrofon

Das Mikrofon wird über 3 Pins angeschlossenen `GND`, `3.3V` und eine analoge Datenleitung. Da wir bereits beide Pins mit konstanter Spannung am [Arduino](#) belegt haben, müssen wir uns mit einem kleinen Trick behelfen. Entweder löten wir die `3.3V` Anschlüsse von RTC Modul und Mikrofon zusammen oder Teilen den Pin über ein Breadboard auf. Die Datenleitung muss an einen analogen Pin des [Arduino](#) angeschlossen werden. Wir wählen pin `A0`. Jetzt müssen alle Bauteile mit Heißkleber oder Panzerband hinter der Glasscheibe befestigt werden.

## Programmierung

Zunächst importieren wir die benötigen Bibliotheken für den LED-Ring, die RTC und den [I<sup>2</sup>C](#) Bus:

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
```

Dann sollten Variablen für die Pins definiert werden, welche wir beim Aufbau verwendet haben. Außerdem müssen Objekte der einzelnen Bibliotheken erstellt werden.

```
// define pins
int ring = 6;
int mic = A0;
int duration = 15; // time of backgroundlight (how long clock showes time on led ring)

RTC_DS1307 RTC; // Establish clock object
DateTime Clock; // Holds current clock time
Adafruit_NeoPixel strip = Adafruit_NeoPixel(60, ring, NEO_GRB + NEO_KHZ800); // strip object
byte hour_val, minute_val, second_val, day_val, month_val, year_val; // holds the time
byte pixelColorRed, pixelColorGreen, pixelColorBlue; // holds color values
```

In der `setup`-Methode werden die Objekte mit der Methode `begin()` initialisiert. Den Pins für das Mikrofon und für den LED Ring wird zugewiesen, ob sie ein Eingang oder Ausgang sind und schließlich wird der Uhrzeit übergeben.

Dies ist spezifisch für die RTC von Grove. Wie man die RTC des senseBox-Shields startet kannst du im Grundlagenkapitel [Die Echtzeit-Uhr](#) nachschauen.)

Die Uhrzeit soll nur dann auf dem LED Ring angezeigt werden, wenn das Mikrofon zwei laute Geräusche in einem Zeitintervall von ca. 3 Sekunden registriert. Dazu schreiben wir die Methode `checkfordoubleClap()`. Sie gibt `true` zurück falls zwei Geräusche registriert wurden. Ansonsten gibt sie `false` zurück.

```
boolean checkDoubleClap() {
    if (analogRead(mic) > 90) {
        //Serial.println("trigger1");
        delay(200);
        int counter = 0;
        //checks for second sound for ca. 5*500 ms
        while (counter < 100) {
            if (analogRead(mic) > 90) {
                //Serial.println("trigger2");
                return true;
            }
            counter++;
            delay(5);
        }
    }
    return false;
}
```

Außerdem wollen wir uns eine Methode `getTime()` schreiben, welche die aktuelle Uhrzeit vom RTC Modul erfragt und in Variablen speichert.

```
void getTime() {
    Clock = RTC.now(); // get the RTC time
```

```

second_val = Clock.second(); // get seconds
minute_val = Clock.minute(); // get minutes
hour_val = Clock.hour(); // get hours
day_val = Clock.day();
month_val = Clock.month();
year_val = Clock.year() + 1792;
}

```

Etwas komplizierter ist die Methode `setPixelColour()` zu schreiben. Diese Methode soll mit Hilfe der Uhrzeit berechnen, in welcher Farbe die jeweiligen LEDs leuchten müssen.

```

void setPixelColour() {
    for (uint8_t i = 0; i < strip.numPixels(); i++) {
        pixelColorBlue = 255;
        pixelColorRed = 0;
        pixelColorGreen = 0;

        if (i <= minute_val) {
            pixelColorGreen = 255;
            pixelColorBlue = 0;
        }
        if (i == second_val) {
            pixelColorRed = 255;
            pixelColorBlue = 0;
            pixelColorGreen = 0;
        }

        // set hour led red
        float temp_h = (hour_val % 12); // from 24 to 12
        temp_h = temp_h * 5; // temp_h /12*60
        temp_h = temp_h + (minute_val / 12); // ever 12 minutes the red dot wanders one led further
        int temp_h2 = int(temp_h) % 60; // if temp_h bigger 60 eg 12:24
        if (temp_h2 == i) {
            pixelColorRed = 255;
            pixelColorBlue = 0;
            pixelColorGreen = 0;
        }
        strip.setPixelColor(i, strip.Color(pixelColorRed, pixelColorGreen, pixelColorBlue));
    }
    strip.show();
    // wait
    delay(100);
}

```

Nun haben wir alle Methoden die wir brauchen. In der `loop()` -Methode soll nun alles zu einem funktionierenden Programm verbunden werden.

```

void loop() {
    // checks for two loud noises within 3 sec.
    boolean double_clap = false;
    double_clap = checkDoubleClap();

    // shows time on led ring
    if (double_clap) {
        // keeps clock brigth for `duration`
        strip.setBrightness(64);
        second_val = Clock.second();
        int timer = (second_val + duration) % 59;

        while (second_val != timer) {
            // get time
            getTime();
            // Ring to show minutes(green), sec(red) and hour (red) else (blue)
            setPixelColour();
        }
        strip.setBrightness(0);
        strip.show();
    }
}

```

```
    delay(5);  
}
```

## Aufgabe 1

Füge deiner Uhr einen Piezo hinzu, der zu jeder vollen Stunde kurz piept.

# Downloads

In diesem Bereich findest du verschiedene Downloads, die dir bei der Verwendung der senseBox helfen können.

## Libraries

Ein vollständiges Library Paket für die senseBox:edu findest du [hier](#). Beachte, dass wir eine modifizierte Version der `Ethernet.h` -Bibliothek verwenden, da die Variante der `Arduino`-IDE inkompatibel mit unserem `Ethernet-Shield` ist.

## Datenblätter

Viele Hersteller bieten für ihre Sensoren und andere Bauteile Datenblätter an, aus denen ihr verschiedenen elektronische Spezifikationen ablesen könnt:

Sensor	Beschreibung	Hersteller	Download
<a href="#">BMP280</a>	Luftdrucksensor	Bosch	<a href="#">Datenblatt</a>
<a href="#">HC-SR04</a>	Ultraschall Distanzsensor	KT-Electronic	<a href="#">Datenblatt</a>
<a href="#">HDC1008</a>	Kombinierter Temperatur und Luftfeuchtigkeitssensor	Texas Instruments	<a href="#">Datenblatt</a>
<a href="#">TSL4531</a>	Digitaler Lichtsensor	TAOS Texas Advanced Optoelectronics Solutions	<a href="#">Datenblatt</a>
<a href="#">VEML6070</a>	UV-Lichtsensor	VISHAY	<a href="#">Datenblatt</a>
<a href="#">GP2Y0A21YK0F</a>	IR-Distanzsensor	Sharp	<a href="#">Datenblatt</a>

## Dokumentation als PDF

Dieses Buch ist auch als [PDF zum ausdrucken](#) verfügbar!

# Eigene Projekte beitragen

Wenn ihr ein eigenes Projekt selbst entwickelt und die Entwicklung dokumentiert habt, fügen wir eure Anleitung gerne zu diesem Buch hinzu! Nicht nur eigene Inhalte, auch Korrekturen & Verbesserungen am bestehenden Inhalt sind gern gesehen ;)

## Inhalt

Die Dokumentation sollte einen Überblick über das Projekt geben, und eine Schritt-für-Schritt Anleitung zum Nachbau enthalten. Fotos und Programmcode können ebenfalls hinzugefügt werden!

In jedem Fall sollten alle Informationen enthalten sein, sodass das Projekt von anderen wiederholt werden kann!

Falls ihr schonmal mit GitHub gearbeitet habt, könnt ihr uns gerne die Dokumentation per Pull Request im Markdown Format zusenden. Hierfür findet ihr weiter unten eine ausführliche [Anleitung](#).

Alternativ könnt ihr diese [Office-Vorlage](#) verwenden, und uns das Dokument einfach [per Mail](#) schicken. Wir werden die Dokumentation anschließend in dieses Buch einarbeiten.

## Lizenz

Euer Beitrag wird - wie der Rest des Buchs - unter der [CC BY-SA 4.0](#) Lizenz eingefügt. Das bedeutet, dass der Beitrag von anderen frei weiterverwendet werden darf, solange der Autor zusammen mit dem Inhalt genannt wird.

Vielen Dank für euren Beitrag!

---

## Schreiben der Dokumentation in Markdown

Falls ihr den Weg über GitHub gehen wollt, und doch nicht ganz vertraut damit seid, findet ihr hier eine kurze Hilfestellung.

Für die Bearbeitung und Verwaltung dieses Buches verwenden wir [github.com](#) und das Tool [GitBook](#), alle Inhalte werden in [Markdown](#) geschrieben. Falls ihr nicht vertraut mit Markdown seid, findet ihr [hier](#) eine Hilfestellung und Syntaxerläuterung. Sofern sie für euer Projekt geeignet ist, könnt ihr euch an dieser [Vorlage](#) orientieren.

Um das Schreiben mit Markdown zu vereinfachen gibt es übrigens auch online-Editoren wie [stackedit](#).

### Dateinamen

Achtet darauf, dass in den Dateinamen keine Leerzeichen enthalten sind! Wenn Bilder oder andere Dateien (z.B. [Arduino-Sketches](#)) eingebunden werden sollen, legt diese einfach im in einem gleichnamigen Unterordner ab:

```
mobile-wetterstation.md  
mobile-wetterstation/uebersicht.jpg  
mobile-wetterstation/mobile-wetterstation.ino
```

### Hochladen der Dokumentation

Um uns die Dokumentation zuzusenden, fügt ihr diese am besten in das Buch selber ein.

Der Quellcode dieses Buches ist [hier](#) auf GitHub zu finden. Forkt dazu dieses Repository, fügt eure Inhalte dort ein, und erstellt dann einen Pullrequest.

Falls ihr mit git nicht vertraut seid, erfahrt ihr nun im Detail wie das alles funktioniert. Wenn Fragen offen bleiben, stehen wir euch auch gerne [per Mail](#) zur Verfügung.

## GitHub Account erstellen

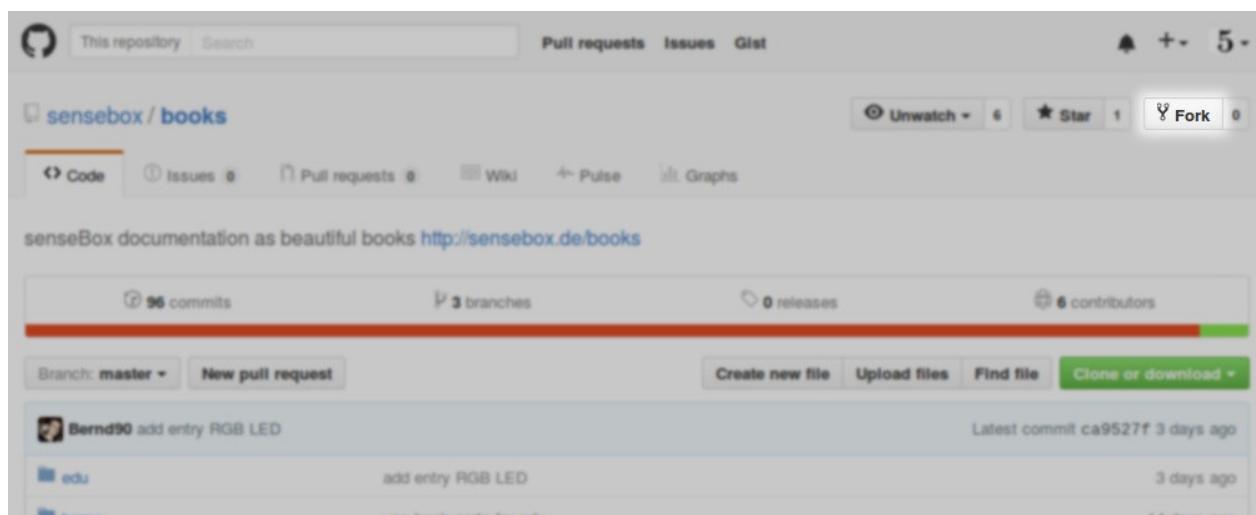
Um eigene Beiträge auf GitHub zu erstellen wird dort ein Account benötigt. Erstellt diesen [hier](#). Das kostenlose Konto ist vollkommen ausreichend, da wir keine nicht-öffentlichen Repositories erstellen wollen.

GitHub ist ein Dienst, welcher git-Repositories online bereitstellt. Ein Repository ist ein Verzeichnis für Code und Daten, welche inhaltlich zusammengehören. Zu jedem Repository gehört eine Versions-Geschichte, über welche vorherige Versionen wiederhergestellt werden können. Jede Version wird als Commit bezeichnet.

## Repository forken

Durch diese Versionsverwaltung können gleichzeitige Entwicklungsstränge dezentral entwickelt und wieder zusammengeführt werden; einen abgezweigten Entwicklungsstrang bezeichnet man Fork (engl. Gabelung).

Um unser Buch also weiter zu entwickeln, müsst ihr das Quelltext-Repository forken. Besucht dazu die [Seite des Repositories](#), und klickt den Button "Fork" oben rechts.

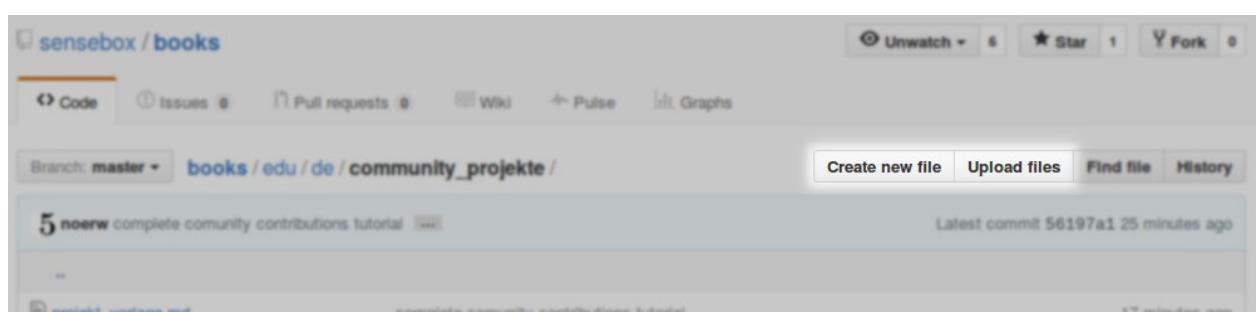


Das Repository wurde mit dem aktuellen Zustand zu eurem Account kopiert, und ist unter `https://github.com/<dein nutzernname>/books/tree/book_edu` zu finden. Auf dieser Kopie habt ihr Schreibrechte, und könnt euren Inhalt einfügen!

## Inhalt einfügen

Fügt eure Dateien in den Ordner `de/community_projekte/` ein.

Besucht dazu die Adresse `https://github.com/<dein nutzernname>/books/tree/book_edu/de/community_projekte`, wo ihr über die Buttons "Upload files" und "Create New File" Bilder und Textdateien hochladen könnt:



Zusätzlich könnt ihr die Projekt-Anleitung im Inhaltsverzeichnis (`de/SUMMARY.md`) verlinken, hier ist ein Beispiel:

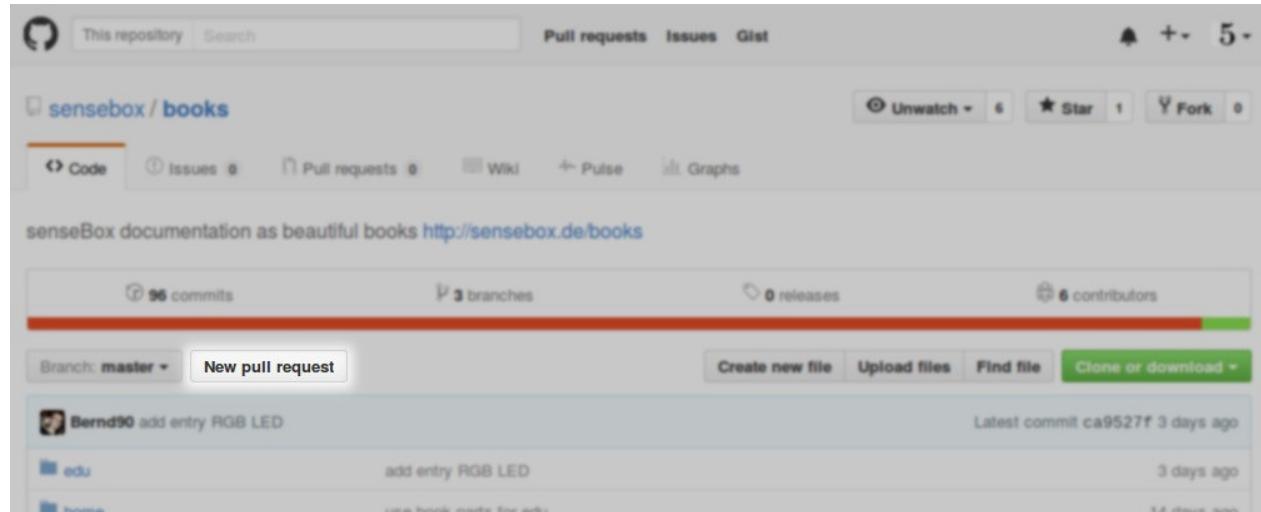
...

```
* [Community-Projekte](community_projekte/README.md)
* ...
* [Mobile Wetterstation](community_projekte/mobile_wetterstation.md)

...
```

## Pull Request erstellen

Euer Inhalt ist nun zwar online auf Github, aber noch nicht in unserem Repository. Um uns zu benachrichtigen, dass ihr eure Änderung in unser Ursprungs-Repository einfügen wollt, könnt ihr einen Pull Request auf der Github-Weboberfläche erstellen. Erstellt dazu auf der GitHub-Weboberfläche von eurem geforkten Repository einen Pull Request.



The screenshot shows a GitHub repository page for 'sensebox / books'. At the top, there are tabs for 'Pull requests', 'Issues', and 'Gist'. Below the tabs, the repository name 'sensebox / books' is displayed, along with options to 'Unwatch', 'Star', and 'Fork'. A navigation bar includes links for 'Code', 'Issues', 'Pull requests', 'Wiki', 'Pulse', and 'Graphs'. Below this, a summary bar shows '96 commits', '3 branches', '0 releases', and '6 contributors'. A prominent 'New pull request' button is located in the middle of the page. The main content area lists recent commits, with one entry by 'Bernd90' titled 'add entry RGB LED' dated '3 days ago'. Another commit by 'edu' is also visible.

Im erscheinenden Fenster könnt ihr eine kurze Beschreibung eurer Änderung und weitere Kommentare angeben. Wählt hier unter Base den Branch `book_edu`.

Wir werden nun über euren Beitrag informiert und uns eure Änderung ansehen. In den nächsten Tagen solltet ihr eure Anleitung in diesem Buch im Kapitel [Community-Projekte](#) finden!

---

Alternativ zu dem Prozess auf GitHub gibt es auch den [Gitbook.com Editor](#), welcher euch einen Teil der Arbeit auf GitHub erspart. Auch hier wird allerdings ein Github Account benötigt.

## FAQ

## Glossar

### Arduino

Der [Arduino](#) ist ein quelloffenes Mikrocontroller-Board, auf welchem ein Microcomputer sowie mehrere digitale und analoge Eingänge integriert sind.

### Wattuino

Der [Wattuino](#) UNO wurde in älteren Versionen der senseBox verwendet und entspricht weitgehend dem [Arduino](#) UNO, wird aber in Deutschland von [Watterott electronic](#) hergestellt.

### Genuino

[Genuino](#) ist der aufgrund von Lizenzverfahren in Europa verwendete Vertriebsname von [Arduino](#).

### BMP280

Der [BMP280](#) ist ein Luftdruck- und Temperatursensor, welcher in der senseBox auf einem Breakoutboard installiert ist. Er wird über [I<sup>2</sup>C](#) angesteuert und hat die dort die Adresse 0x77. Betriebsspannung 3 - 5.5V. [Datenblatt](#)

### VEML6070

Der [VEML6070](#) ist ein UV-Intensitäts-Sensor, welcher in der senseBox auf einem Breakoutboard installiert ist. Er wird über [I<sup>2</sup>C](#) angesteuert und hat die dort die Adressen 0x38 und 0x39. Betriebsspannung 2.7 - 5V. [Datenblatt](#)

### HDC1008

Der [HDC1008](#) ist ein Luftfeuchte- und Temperatursensor, welcher in der senseBox auf einem Breakoutboard installiert ist. Er wird über [I<sup>2</sup>C](#) angesteuert und hat die dort die Adresse 0x43. Betriebsspannung 3.3 - 5V. [Datenblatt](#)

### RV8523

Die [RV8523](#) ist eine Realtimeclock (RTC), welche durch eine separate Stromversorgung (Knopfbatterie) dem [Arduino](#) immer die aktuelle Zeit angibt. Die RTC ist auf dem [senseBox-Shield](#) integriert und wird über [I<sup>2</sup>C](#) unter der Adresse 0x68 angesteuert.

### I<sup>2</sup>C

[I<sup>2</sup>C](#) (Inter-Integrated Circuit) ist ein Protokoll zur digitalen Kommunikation von Geräten auf einem Bus. Das Protokoll wurde 1982 entwickelt und darauf optimiert, mehrere Geräte mit möglichst wenigen Kanälen ansteuern zu können. Geräte haben dabei eine bestimmte Adresse, über die sie auf zwei Kanälen SDA (serial data) und SDC (serial clock) angesteuert werden. Mehrere Geräte können so in Reihe hintereinander an ein Masterdevice (in unserem Fall den [Arduino](#)) angeschlossen werden.

### Ethernet-Shield

Das [Ethernet-Shield](#) basiert auf dem Wiznet W5500 Ethernet Chip und ermöglicht es den Geduino über ein LAN-Kabel an ein Netzwerk anzuschließen. Es läuft mit einer Betriebsspannung von 3.3V - 5V. Mit dem Reset-Knopf wird sowohl das Shield als auch der [Arduino](#) neugestartet. [Datenblatt](#)

## senseBox-Shield

Das [senseBox-Shield](#) ist eine Steckplatine, die vom senseBox-Team zusammen mit [Watterott electronic](#) entwickelt wurde. Auf dem Shield ist ein SD-Kartenslot (über Pin 4) und eine Realtimeclock [RV8523](#) mit Batterie verbaut. Außerdem sind I2C-Steckplätze für die senseBox:home-Sensoren verlotet, welche für die senseBox:edu nicht benötigt werden. Da der SD-Kartenslot Pin 4 und 10 belegt, sind diese standardmäßig nicht mehr verwendbar. Benötigt man den SD-Kartenslot nicht, so kann man die Pins mit den Befehlen `pinMode(4, INPUT); digitalWrite(4, HIGH);` freigeben. [Schemazeichnung](#)