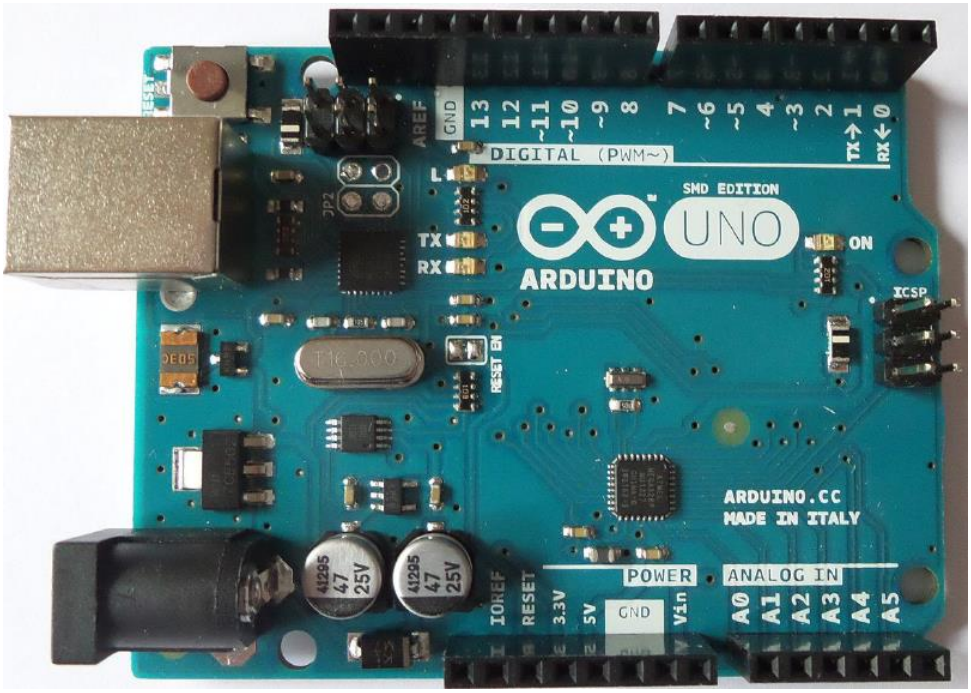
Einführung in Mikrocontroller
–
Der Arduino als Steuerzentrale



Arbeitsheft für Schülerinnen und Schüler

Tobias Frick Reinhard Fritsch Martin Trick

Stand: 06.08.2018

Schülerforschungszentrum Bad Saulgau

(Eine aktuelle Version des Arduino-Skriptes sowie zahlreiche Lösungsvorschläge zu den Aufgaben findest du auf https://sfz-bw.de/arduino-skript/)

Inhalt

1. Was ist ein Mikrocontroller?

Ein Airbag wird ausgelöst, wenn ein Auto in einen Unfall verwickelt ist. Rasenmäherroboter mähen in immer mehr Gärten den Rasen und zwar exakt bis zur Grundstücksgrenze. In vielen Geschäften öffnet sich am Eingang eine elektrische Schiebetür, sobald sich ein Kunde nähert. Neue Spülmaschinen erkennen, wie schmutzig das Geschirr darin ist, und passen ihre die Spülzeit daran an. Viele Herzpatienten bekommen nach einem Herzinfarkt einen kleinen Defibrillator eingepflanzt, der einen zukünftigen drohenden Herzinfarkt erkennt und den Patienten mit einem Stromstoß zurück ins Leben holt.

Unser Alltag ist voll von solchen elektrischen Geräten, die uns das Leben erleichtern. Manchmal sind sie sogar ware Lebensretter.

Vielleicht hast du dich bei dem ein oder anderen Beispiel von oben schon einmal gefragt, wie diese Dinge eigentlich genau funktionieren.

Sicherlich steckt in ihnen eine ganze Menge Technik bzw. Elektrontik. Doch ein normaler Computer hätte in den meisten Geräten keinen Platz und wäre auch viel zu teuer und zu „gut“ für die Anwendungsbeispiele von oben.

Wenn man einen Blick in die Technik hinter Airbags, Rasenmäherrobotern, Schiebetüren und Spülmaschinen wirft, stößt man immer auf ein gemeinsames Bauteil: **Mikrocontroller**.

Mikrocontroller funktionieren im Prinzip wie kompakte Computer, jedoch mit viel geringerer Leistungsfähigkeit. Sie vereinen verschiedene Bauteile wie Recheneinheit (CPU), Speicher, Schnittstellen wie USB, Display-Controller und Analog-Digital-Wandler auf einem einzigen Chip. Der hier verwendete Mikrocontroller hat den Name „ATmega328“. Der Vorteil von Mikrocontrollern ist, dass sie speziell für ihre Aufgabe konzipiert werden können und relativ günstig sind.

Dieses Arbeitsheft ermöglicht es dir weitestgehend eigenständig das Programmieren eines Mikrocontrollers zu erlernen. Der Mikrocontroller, den wir verwenden, heißt Arduino Uno bzw. nur **Arduino**.

Für das Wort „Mikrocontroller“ verwendet man oft die Abkürzung **µC**.
„µ“ (sprich: mü) ist ein griechischer Buchstabe und wird als Abkürzung für „Mikro“ verwendet.
„Arduino“ ist der Name einer Kneipe, in der sich die Erfinder des Arduino 2005 oft trafen.

2. Hardware: Der Arduino

Der Arduino stellt sich vor (nimmt den Arduino dazu in die Hand):

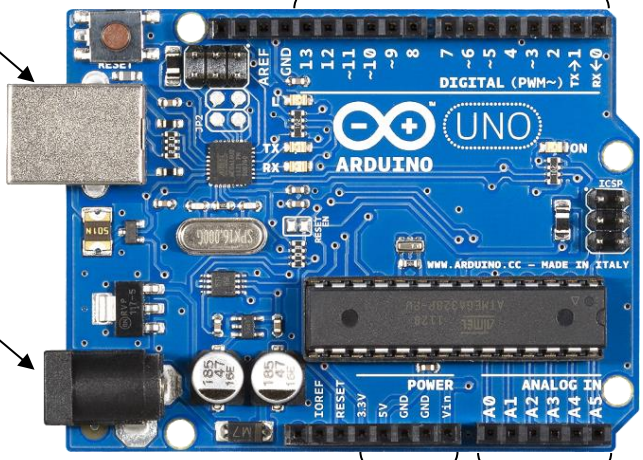
Das Herz unseres Arduino: Der eigentliche Mikrocontroller heißt „Atmega328“. Seine Anschlüsse werden **Ports** genannt. ATmega328 hat 28 Ports. Manche dieser Ports dienen als Ein- und Ausgänge für elektrische Signale.

Die Ports 0 bis 13 sind sogenannte **digitale Ports**. Das heißt, sie können nur zwei Zustände unterscheiden: „ein“ oder „aus“ bzw. „high“ oder „low“. In der Computersprache entspricht das den Zahlen 0 oder 1.

Reset-Knopf: Startet ein Programm von vorne.

USB-Schnittstelle für die Verbindung zum PC.
Er dient als Datenleitung und Stromversorgung für den Arduino.

Anschluss für eine externe Stromversorgung (bis 12V), falls der Arduino ohne PC betrieben wird.



Die Anschlüsse dienen zur Stromversorgung der **Aktoren** (z.B. Motoren, Lautsprecher, …) und liefern unterschiedliche Spannungswerte.

Die Ports A0 bis A5 sind **analoge Eingänge** für **Sensoren**. An ihnen können Spannungen zwischen 0 V und 5 V gemessen werden.

Als **Hardware** bezeichnet man allgemein die mechanischen und elektronischen Bauteile eines Mikrocontrollers bzw. PCs (im Prinzip alles, was man „in die Hand nehmen“ kann). Der Begriff „hardware“ kommt aus dem Englischen und bedeutet übersetzt ursprünglich „Eisenwaren“. Diese Bedeutung hat der Begriff im englischsprachigen Raum auch heute noch. Zusätzlich hat er sich aber weltweit auch als allgemeiner Überbegriff für die Bauteile eines Computersystems verbreitet.

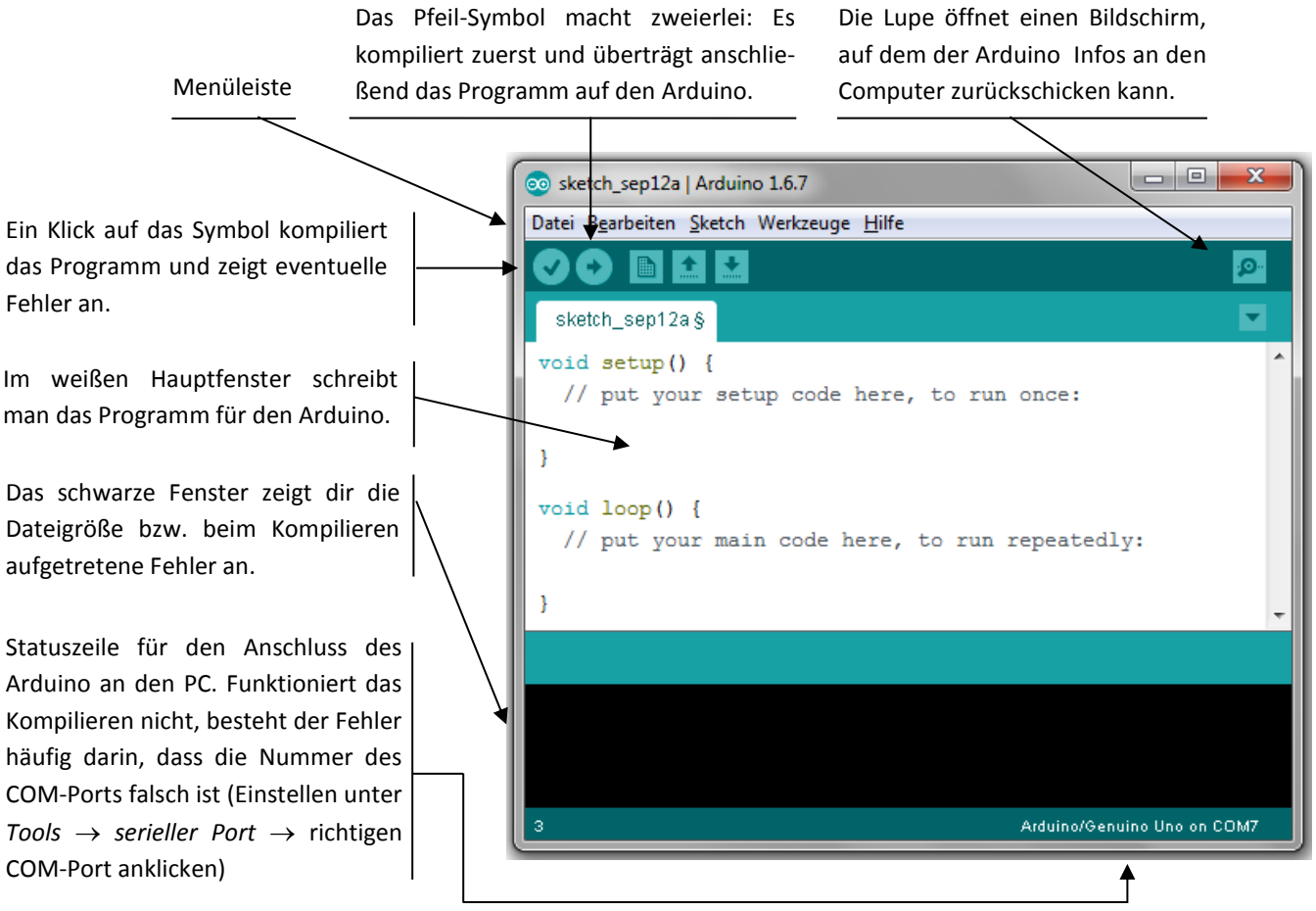
Auf der Platine unseres **Arduino** sind neben dem Mikrocontroller noch viele kleine Bauteile (Widerstände, Spannungswandler, Strombegrenzer, …) und viele verschiedene Anschlüsse angebracht.

Arduino vs. Smartphone
Bei Computern oder Smartphones wird oft die Taktfrequenz des Prozessors angegeben. Damit ist die Geschwindigkeit gemeint, mit der Daten verarbeitet werden können. Der Atmega328 unseres Arduino besitzt eine Taktfrequenz von 16 MHz und 32 Kilobyte Speicherplatz. Ein Vergleich mit dem iPhone 8 lässt den Arduino dagegen alt aussehen: Es hat einen Prozessor mit 2,4 GHz (das sind 2400 MHz) Taktfrequenz und 3 GB (das sind 3.000.000 Kilobyte) Arbeitsspeicher. Umso erstaunlicher: Beim Flug zum Mond half Neil Armstrong ein Computer mit 4 Kilobyte Arbeitsspeicher und einem 1 MHz-Prozessor.

3. Software: Die Arduino-Entwicklungsumgebung

Vor der Arbeit mit dem Arduino muss dieser mit dem PC verbunden und programmiert werden. Der Arduino ist dabei immer nur so „klug“ wie der, der ihn bedient. Er kann nicht eigenständig denken, stattdessen arbeitet er Befehle der Reihe nach ab. Eine Abfolge von solchen Befehlen heißt **Programm** oder **Sketch**.

Um den Arduino zum Leben zu erwecken, schreibt man auf dem PC in der sogenannten Entwicklungsumgebung ein Programm und überträgt es dann über die USB-Schnittstelle auf den Arduino. Wie das funktioniert, zeigt die folgende Abbildung.



Aufgabe 3.1: Starte die Entwicklungsumgebung auf dem Desktop durch einen Klick auf 

.

Die Programme werden in einer Programmiersprache geschrieben, die der berühmten Sprache „C“ ähnelt, programmiert. Bevor das geschriebene **Programm** (dieses wird oft auch **Sketch** genannt) über das Datenkabel auf den Arduino übertragen wird, übersetzt es ein elektronischer Dolmetscher in Maschinensprache. Dieser Vorgang heißt **Kompilieren**. Es ist übrigens ganz hilfreich für uns, dass wir nicht die eigentliche Sprache des Arduino lernen müssen, um mit ihm zu kommunizieren. Diese ist nämlich sehr kompliziert.
Zum Beispiel würde die Rechnung c = a + b in Maschinensprache so aussehen: *8B 45 F8 8B 55 FC 01 D0*

Bevor du eine Schaltung nachbaust und vom Arduino steuern lässt, musst du sicherstellen, dass dein Mikrocontroller richtig mit dem PC kommuniziert. Dazu übertragen wir zunächst ein „leeres“ Programm auf den PC. Alle Programme haben dabei den gleichen Aufbau.

```
void setup() {
  // Grundeinstellungen;
}

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

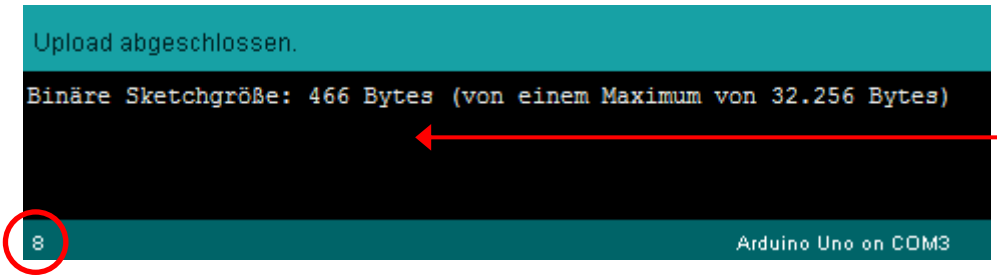
Dieser Programmteil wird **einmal** durchlaufen. Im setup()-Teil werden die Ein- und Ausgänge (und andere Grundeinstellungen) festgelegt.

Dieser Programmteil wird **unendlich oft** wiederholt (engl.: loop = Schleife).
Hier befindet sich das eigentliche Programm.

An den Stellen `// Grundeinstellungen;` und `// Anweisungen;` steht im echten (d.h. nicht leeren) Programm später dein Programmcode.
Es kommt übrigens später oft vor, dass man in sein Programm etwas hineinschreibt, häufig als Erklärung für jemanden, der bei der Entstehung des Programms nicht dabei war. Dieser „eigene“ Text soll und kann später beim Kompilieren des Programms nicht übersetzt werden. Dafür gibt es sogenannte Kommentarstellen: Alles, was in einer Zeile nach zwei Schrägstrichen `//` geschrieben wird, wird beim Kompilieren nicht beachtet. Anschaulich erkennt man Kommentare daran, dass sie vom Programm grau geschrieben werden.

Aufgabe 3.2

Verbinde den Arduino per USB-Kabel mit dem Laptop. Kopiere das leere Programm von oben in die Programmierumgebung (per Copy & Paste) und übertrage es anschließend auf den Arduino. Nach erfolgreichem Übertragen steht in der Statuszeile „Upload abgeschlossen“:



Achtung: An dieser Stelle werden später (Schreib-)Fehler im Programm in orange angezeigt. Meist steht dort auch, was falsch gemacht wurde.

Findest du heraus, was die Zahl „8“ (bei dir kann auch eine andere Zahl stehen) unten links bedeutet?

Fehlermeldungen

Es kommt später öfters vor, dass ein von dir erstelltes Programm Fehler (Schreibfehler, logische Fehler, …) aufweist. Manchmal tritt auch ein Fehler bei der Übertragung des Programms an den Arduino auf. Der Arduino erkennt viele dieser Fehler und zeigt sie – in oranger Farbe geschrieben – im Ereignis-Fenster an. Das heißt also: Immer wenn etwas orange Geschriebenes auftaucht, ist irgendwo ein Fehler aufgetreten.

Was hat es mit dem Begriff „void“ auf sich?

void kann mit *Leerstelle* oder *Loch* übersetzt werden. Der Begriff *void* wird immer den Programmteilen „setup“ und „loop“ vorangestellt. Später kannst du selbst noch weitere Programmteile (sog. Unterprogramme) erstellen, denen du einen eigenen Namen geben kannst und die auch jeweils mit *void* beginnen.

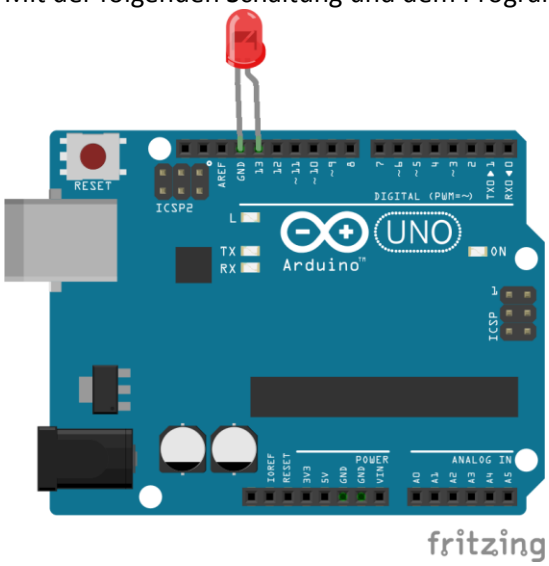
4. Jetzt geht's los: Dein erstes Programm

In diesem Kapitel lernst du, wie man eine mit Hilfe des Arduino eine LED zu Blinken bringst. Am Ende des Kapitels baust du ein Testgerät, mit dem du die Reaktionszeit deines Auges bestimmen kannst.

LEDs lassen sich mit dem Arduino gezielt steuern.
Dazu kann man die 20 Anschlussports des Arduino nutzen (0 – 13 und A0 bis A5). Sie sind wie kleine anschaltbare Steckdosen. Bei jeder Steckdose gibt es immer einen Anschluss mit dem Potenzial 0 V. Das ist beim Arduino der Anschluss GND (Ground). Für den zweiten Anschluss mit dem hohen Potenzial lassen sich beim Arduino die Ports zwischen 5 V und 0 V an- und ausschalten.

Erinnerung an die Physik: Das **elektrische Potenzial** ist eine Art „elektrischer Druck" auf einem Kabel. Ganz ähnlich wie auch in einer Wasserleitung ein hoher oder tiefer Wasserdruck herrschen kann. Verbindet man eine Leitung hohen Drucks mit einem Bereich, in dem ein tiefer Druck herrscht, dann fließt Wasser. Genauso beim Strom: Nur wenn es einen Potenzial**unterschied** gibt, werden Elektronen fließen. Der Potenzialunterschied ist die bekannte Spannung. Achtung: Weil sowohl das Potenzial als auch der Potenzialunterschied die Einheit Volt haben, werden die Begriffe Spannung und Potenzial oft verwechselt!!!

Mit der folgenden Schaltung und dem Programmtext wollen wir eine LED zum Leuchten bringen:



Merke: GND („Ground") = 0 V = LOW

```
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13,HIGH);
  delay(5000);
  digitalWrite(13,LOW);
  delay(5000);
}
```

Aufgabe 4.1

a) Stecke die LED in GND und Port 13, schreibe den Programmtext ab und übertrage das Programm. Beachte beim Anschluss der LED, diese richtig herum einzustecken (kurzes Bein der LED in GND).

b) Speichere das Programm von oben sowie alle weiteren Programme, die du erstellst, im Ordner *Meine Programme* auf dem Desktop unter der Aufgabennummer ab, z.B. *„Aufgabe_4_1_Blinken"*.

Was tun, wenn's nicht klappt?

- Sind die einzelnen Befehle richtig geschrieben? (Groß- und Kleinschreibung beachten!)
- Endet jede Befehlszeile mit einem Semikolon (Strichpunkt)?
- Meist hilft dir bei einem Fehler im Programmcode die orange Fehlermeldung im schwarzen Fenster.

Aufgabe 4.2 „Blinklicht“
Verändere deinen Programmtext so, dass deine LED schneller bzw. langsamer blinkt.

Aufgabe 4.3
Versuche mit deinem Nachbarn zu klären, welche Funktionen die Befehle in den Zeilen 2, 6, 7, 8 und 9 jeweils vermutlich erfüllen.

Was bedeutet unter anderem `delay(5000);` konkret?

```
1  void setup() {
2   pinMode(13, OUTPUT);
3  }
4
5  void loop() {
6   digitalWrite(13,HIGH);
7   delay(5000);
8   digitalWrite(13,LOW);
9   delay(5000);
10 }
```

Aufgabe 4.4
Mit diesem Programm blinkt die angeschlossene LED nicht. Erkläre warum!
(Geh davon aus, dass der `setup`-Teil korrekt ist)

```
void loop() {
 digitalWrite(13,HIGH);
 delay(500);
 digitalWrite(13,LOW);
}
```

Aufgabe 4.5
Die Anweisungen „anweisung1“ bis „anweisung5“ im folgenden Beispiel sind ja keine echten Anweisungen. Dennoch die Frage: In welcher Reihenfolge werden sie ausgeführt?

```
void setup() {
 anweisung 1;
 anweisung 2;
}
```

```
void loop() {
 anweisung 3;
 anweisung 4;
 anweisung 5;
}
```

Aufgabe 4.6 „Windrad“
Wie andere hohe Masten müssen auch Windkraftanlagen ein rotes Blinklicht an ihrer Spitze haben, um Flugz euge zu warnen. Da die Spitze des Mastes bei einem Windrad aber nicht wirklich die Spitze der Gefahrenzone ist, blinkt ihr rotes Licht in einem besonderen Rhythmus: 1 Sekunde an, dann 0,5 Sekunden aus, dann wieder 1 Sekunde an, dann aber 1,5 Sekunden aus.
Programmiere so ein Dauerblinklicht und speichere es unter *Aufgabe_4_6_Windrad*.

Speichern und Öffnen von Arduino-Programmen
Deine selbst geschriebenen Programme , die du im Ordner *Meine Programme* auf dem Desktop abspeicherst, tragen die Endung .ino (z.B. *Aufgabe_4_6_Windrad.ino*) . Jede ino-Datei wird dabei in einen eigenen Ordner abgelegt (schau das im Ordner *Meine Programme* nach!). ino-Dateien kann man jedoch nicht per Mausklick öffnen (teste das!), sondern nur per *Datei → Öffnen* aus der Arduino-Software heraus.

Aufgabe 4.7 (für Schnelle) „Wechselblinker“
Schließe eine zweite LED an den Arduino an. Lass beide LEDs abwechselnd blinken.

Aufgabe 4.8 „Augen-Testgerät“

Verringere die delay-Zeit einer blinkenden LED so lange, bis du das Blinken nicht mehr mit deinem Auge erkennen kannst.

Bestimme daraus die Blinkfrequenz (wie oft pro Sekunde deine LED angeht) deines Auges. Bei aktuellen Kinofilmen wird das Bild in einer Sekunde ca. 30 mal geändert. Ab dieser Bildfrequenz nimmt unser Auge die Einzelbilder als flüssige Bewegung wahr

Vergleiche deine eigene Bildfrequenz mit deinem Nachbarn und mit der Bildfrequenz eines Kinofilms.

Hausaufgabe 4.9 „Spickzettel“

Lege dir auf **einem(!)** karierten DIN A4-Blatt eine Liste an, in die du zukünftig alle etwa 40 einzelnen Befehle des Arduino mit einem Beispiel einträgst (3 Spalten: linke Spalte → Befehl; mittlere Spalte → Beispielcode, in dem der Befehl vorkommt; rechte Spalte → Kommentare und Erklärungen).

Bislang sind es genau 5 Befehle. Kannst du sie und ihre exakte Schreibweise schon auswendig?

Verwende den Spickzettel bei zukünftigen Programmieraufgaben!

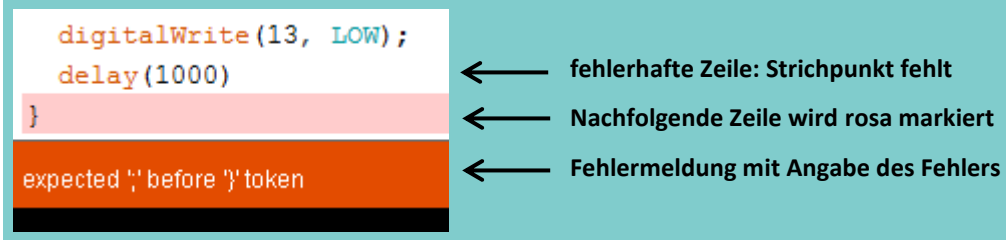
Das Blatt darfst du, sofern du es korrekt erstellt hast, in der Klassenarbeit als „Spickzettel“ verwenden.

Wie findet man Fehler?

Der Arduino ist dir gegenüber ziemlich streng im Hinblick auf Fehler im Programmcode.

Begriffe, die er nicht kennt, oder die nicht seiner „Grammatik“ entsprechen, akzeptiert er nicht und meldet sie als Fehler.

Die Entwicklungsumgebung zeigt dir teilweise auf deutsch und teilweise auf englisch in einem orangen Feld unter dem eigentlichen Programmcode an, wo sie einen Fehler vermutet. Zusätzlich springt der Arduino in die Zeile, die nach der fehlerhaften Zeile kommt und markiert diese rosa.



Die häufigsten Fehler sind hier aufgeführt:

`expected ';' before…`

Auf deutsch: Ich erwarte einen Strichpunkt vor der Zeile, die markiert ist. Diese Strichpunkte vergisst man gerne als Anfänger.

`expected ')' before…`

Es fehlt eine Klammer oder du hast einen Strichpunkt an Stelle eines Kommas gesetzt.

`expected initializer before…`

Es fehlt eine geschweifte Klammer vor der markierten Zeile.

`…was not declared in this scope`

Der Arduino ist auf etwas Unbekanntes gestoßen. Vermutlich hast du dich bei einer Anweisung vertippt.

`Prombleme beim Hochladen`

Meistens hast du nicht die richtige COM-Schnittstelle ausgewählt. Schaue unter *Werkzeuge* → *Port* nach.

Hausaufgabe 4.10 „Download“

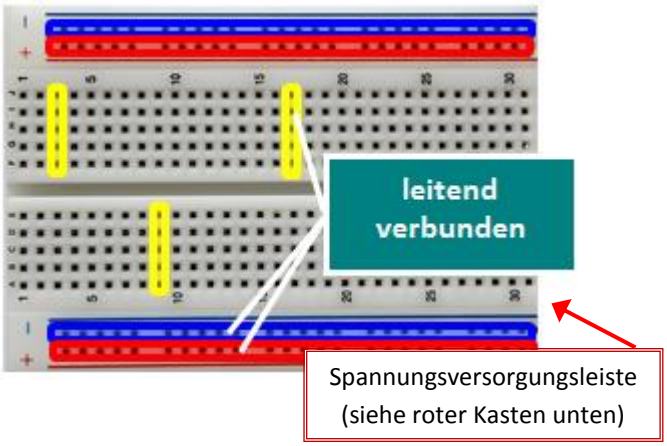
Nimm die Arduino-Software vom Schul-Laptop mit nach Hause (Ordner *arduino-1.6.7* vom Desktop auf eigenen USB-Stick kopieren) oder lade dir die Version 1.6.7 unter *www.arduino.cc* herunter.

5. Verwendung einer Steckplatine: RGB-LED und 7-Segment-Anzeige

Eine **RGB-LED** ist eine LED, die im Inneren aus einer **r**oten, **g**rünen und **b**lauen LED besteht. So können wir über die drei kurzen Beinchen der RGB-LED die verschiedenen Farben ein- und ausschalten; das vierte Beinchen dient als gemeinsamer GND-Anschluss.

Die RGB-LED soll nicht direkt auf den Arduino aufgesteckt werden, sondern auf eine sog. **Steckplatine** (auch **Bread-boar**d genannt) verschaltet werden.
Breadboards dienen dazu, Kabel ohne Löten elektrisch miteinander zu verbinden. Dabei gilt:

- Die seitlichen Kontakte (blau bzw.rot umrandet) sind über die ganze Länge leitend miteinander verbunden. Sie dienen der „Spannungversorgung" der Schaltung.
- Zusätzlich sind die 5er-Reihen (gelb umrandet) leitend miteinander verbunden.

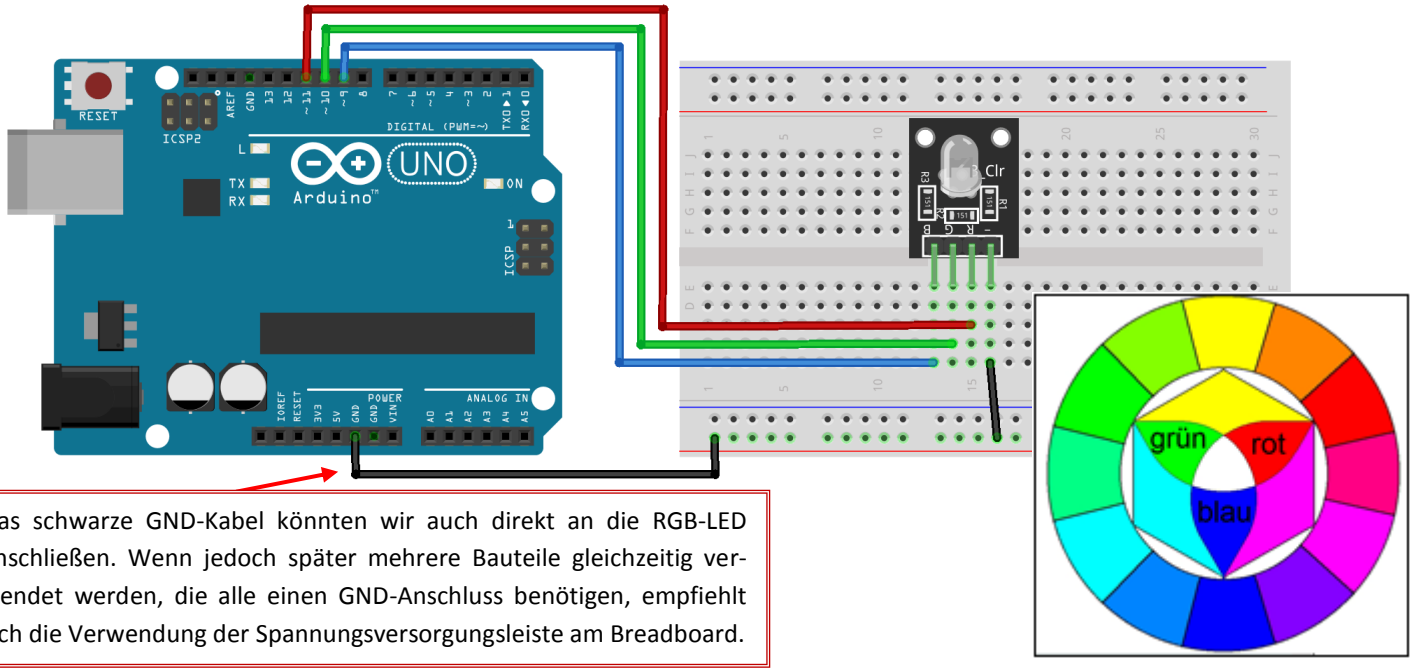


Aufgabe 5.1 **„RGB-LED"**

a) Baue die Schaltung von unten nach.
Stülpe einen Tischtennisball über die RGB-LED, um die Farben besser erkennen zu können.
Lass die RGB-LED nacheinander in den Grundfarben rot, grün und blau leuchten.
Hinweis: Im setup-Teil benötigst du für jeden der drei LED-Anschlüsse ein `pinMode(…,OUTPUT)`

b) Mit der RGB-LED lassen sich auch andere Farbeindrücke erzeugen. Lasse die RGB-LED gelb leuchten und notiere alle Farbeindrücke, die auch noch möglich sind.
Tipp: Additive Farbmischung (der Farbkreis unten rechts hilft dir weiter).

c) Stell dir vor, du hättest eine LED mit vier verschiedenen Farben.
Wie viele verschiedene Farbeindrücke sind hier möglich? Kann man das auch schnell berechnen?

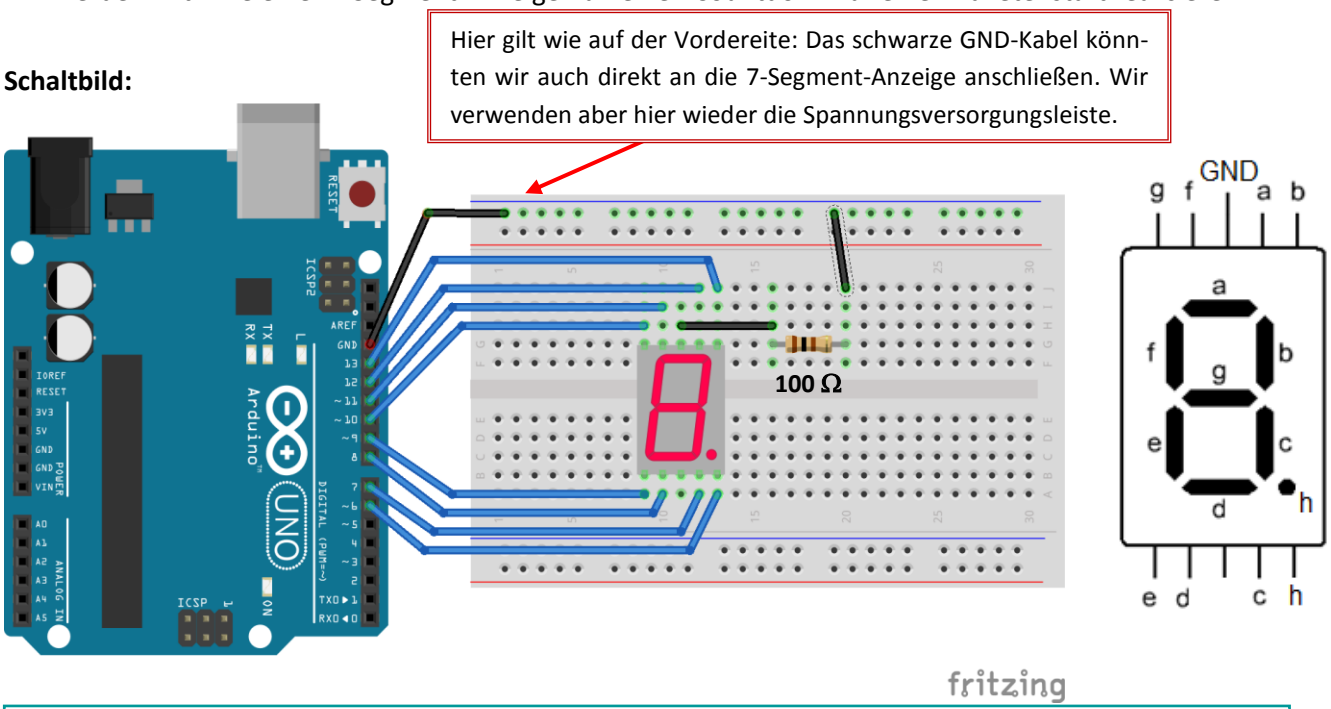


Das schwarze GND-Kabel könnten wir auch direkt an die RGB-LED anschließen. Wenn jedoch später mehrere Bauteile gleichzeitig verwendet werden, die alle einen GND-Anschluss benötigen, empfiehlt sich die Verwendung der Spannungsversorgungsleiste am Breadboard.

Die RGB-LED würde man sicherlich auch ohne Steckplatine noch an den Arduino anschließen können. Es gibt aber viele Bauteile mit noch mehr Anschlüssen, bei denen die Verwendung einer Steckplatine unumgänglich ist. So besitzt eine **7-Segment-Anzeige** (sie heißt so, weil sie aus sieben einzelnen LEDs besteht, die in einem Gehäuse verbaut sind) 10 Anschlüsse, die auf einer Steckplatine übersichtlich verschaltet werden können. 7-Segment-Anzeigen werden z.B. in Fahrstühlen zur Anzeige der Stockwerke benutzt. Die sieben LEDs besitzen einen gemeinsamen GND-Anschluss.

Wir werden mit Hilfe einer 7-Segment-Anzeige nun einen Countdown für einen Raketenstart realisieren.

Schaltbild:



Aufgabe 5.2 „Countdown“

a) Baue die Schaltung von oben nach. Lass dir die Ziffer „4“ anzeigen. (Tipp: Man kann die Schaltung auch ohne die beiden rechten schwarzen Kabel stecken. Findest du heraus, wie?)

b) Programmiere einen Countdown-Zähler. Er soll in Sekundenschritten von 9 auf 0 zählen.

(Tipp: Notiere dir zu jedem Buchstaben (a bis h) den entsprechenden Anschluss-Port des Arduino.)

Du hast sicher schon gemerkt, dass ein Programmtext schnell sehr unübersichtlich wird. Um ihn übersichtlicher zu gestalten kann man einzelne Programmbausteine in sog. **Unterprogrammen** auslagern. Zum Beispiel kann die Anzeige der Ziffer „1“ in einem Unterprogramm mit dem Namen „Eins“ erfolgen.
Aufgerufen werden die Unterprogramme mit Hilfe ihres Namens dann im Hauptprogramm an der Stelle, an der sie ausgeführt werden sollen.

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

void Eins() {
 digitalWrite(13,HIGH);
 digitalWrite(7,HIGH);
}
```

Aufgabe 5.3 „Telefonnummer“

Lass die Ziffern deiner Telefonnummer nacheinander auf der 7-Segment-Anzeige aufleuchten.
Verwende für die einzelnen Ziffern Unterprogramme.
(Tipp: Verwende ein Unterprogramm um alle LEDs auszuschalten.)
Für Schnelle: Lass dir die einzelnen Buchstaben des Wortes „HALLO“ darstellen.

6. Vorwiderstände von LEDs

Die LEDs, die wir verwenden, betreibt man idealerweise mit einer Stromstärke von ca. 20 mA. Dieser Strom fließt in etwa, wenn an der LED eine Spannung von ca. 2 V (sog. „Vorwärtsspannung“) anliegt.

Wenn wir die LED direkt an den 5 V des Arduino anschließen würden, würde ein größerer Strom als die 20 mA fließen. Als Folge davon würde sich die Lebenszeit der LED (unter idealen Bedingungen ca. 10 Jahre Dauerbetrieb) deutlich verringern, d.h. sie würde früher kaputt gehen. Um das zu vermeiden, muss man den Strom, der durch die LED fließt, verringern. Das macht man, indem man die Spannung, die an ihr anliegt, von 5 V auf 2 V verringert.

Dazu baut man zusätzlich zur LED in Reihe einen sog. **Vorwiderstand** oder **Schutzwiderstand** in den Stromkreis ein. Dieser wird so dimensioniert, dass er die Versorgungsspannung von 5V auf 2 V, also um 3 V (sog. „Spannungsabfall“), reduziert. Zusätzlich wollen wir den Maximalstrom von 20 mA durch die LED fließen lassen. Da LED und Widerstand in Reihe geschalten sind, fließen die 20 mA auch durch den Widerstand.

Den idealen Vorwiderstand berechnet man mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes:

$$\text{Aus} \quad U = R \cdot I \quad \text{folgt} \quad R = \frac{U}{I} = \frac{5\,\text{V} - 2\,\text{V}}{20\,mA} = \frac{3\,V}{0{,}02\,A} = 150\,\Omega$$

Wird zur LED also ein $150\,\Omega$–Widerstand in Reihe geschaltet, dann fließen durch sie ein Strom von 20 mA. Unsere LEDs betreiben wir deshalb mit Vorwiderständen in der Größenordnung von $100\,\Omega$ bis $200\,\Omega$.

Die allgemeine Formel zur Berechnung des Vorwiderstands einer LED lautet:

$$R_{Vorwiderstand} = \frac{U_{Versorgung} - U_{Vorwärtsspannung}}{I_{LED}}$$

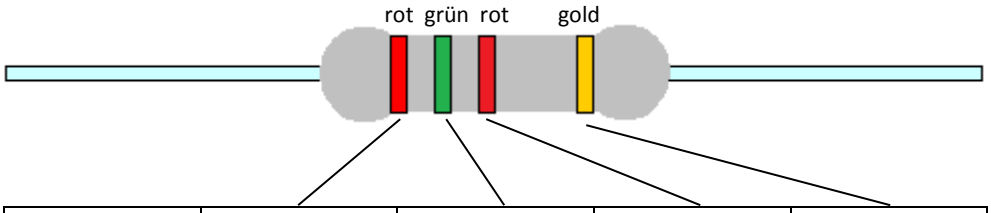
Aufgabe 6.1: ✍ Berechne den Vorwiderstand, falls die LED wie folgt angeschlossen werden soll:
a) an einer Spannungsquelle mit 9 V,
b) an einer normale Steckdose (Achtung **LEBENSGEFAHR**: Nicht zu Hause ausprobieren!),
c) an einer Hochspannungsleitung (110 kV) .
d) Berechne die Leistung $P = U \cdot I$ (in Watt), die in den Widerständen von a) – c) umgesetzt wird.

Aufgabe 6.2: ✍ Drei gleiche LEDs sollen an einer Spannungsquelle mit 9 V
a) in Reihe geschaltet b) parallel geschaltet betrieben werden.
Zeichne jeweils einen Schaltplan und berechne den passenden Vorwiderstand.
Recherchiere wie das Schaltsymbol einer LED aussieht und verwende es korrekt in deinem Schaltplan.

Hausaufgabe 6.3
✍ Skizziere die U-I-Kennlinie einer roten und einer grünen LED.
Die beiden Kennlinien unterscheiden sich offensichtlich voneinander. Beschreibe den Unterschied und erläutere mit seiner Hilfe, warum grüne und rote LEDs eigentlich versch. Vorwiderstände benötigen.
(Internetquellen: https://www.leifiphysik.de/elektronik/halbleiterdiode/ausblick/leuchtdioden-led
→ Menüpunkt: Funktionsweise und Kennlinie oder eigene Recherche.)

7. Farbcodes von Widerständen

Der Farbcode auf Widerständen besteht meistens aus vier Farbringen. Damit man weiß, auf welcher Seite man mit dem Ablesen beginnen muss, hat der letzte Ring einen etwas größeren Abstand von den anderen.



Farbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring
schwarz	-	0	-	-
braun	1	1	0	± 1%
rot	2	2	00	± 2%
orange	3	3	000	-
gelb	4	4	0.000	-
grün	5	5	00.000	± 0,5%
blau	6	6	000.000	-
lila	7	7	-	-
grau	8	8	-	-
weiß	9	9	-	-
gold	-	-	× 0,1	± 5%
silber	-	-	× 0,01	± 10%

Tipp: Notiere auf Zetteln die Größe der Widerstände und lege ihn in ein Fach deiner Box

Die ersten zwei Ringe geben jeweils Ziffern an. Jeder Ring steht für eine Ziffer der Zahl gemäß diesem Farbcode. Beim oben abgebildeten Widerstand also: 25. Der Ring vor dem etwas größeren Abstand gibt an, *wie viele Nullen angefügt werden müssen*. Beim Widerstand oben müssen (roter Ring = 00) zwei Nullen angehängt werden; so ergibt sich der Wert des Widerstands zu $2500\ \Omega = 2{,}5\ \mathrm{k}\Omega$.

Der Ring ganz rechts (meist in silber oder gold) gibt an, wie genau die Angabe des Widerstands ist. Hier (gold = ± 5%) bedeutet das, dass der tatsächliche Wert unseres Wiederstand im Bereich von $2375\ \Omega$ bis $2625\ \Omega$ liegen kann. Den exakten Widerstandswert kann man z.B. mit einem Multimeter bestimmen.

Aufgabe 7.1

a) Welchen Farbcode hätte ein Widerstand mit 450 Ω und einer Toleranz von 10%?

b) Bestimme den Widerstandswert bei folgenden Farbkombinationen:

grün – orange – braun – gold und silber – rot – blau – lila.

Aufgabe 7.2 „Ampel“

Programmiere (ohne Unterprogramme) mit einer grünen, einer gelben und einer roten LED eine Ampel. Verwende für die LEDs einen gemeinsamen Vorwiderstand. (*Probleme beim Aufbau? → s. Anhang B*)

Für Schnelle: Füge zusätzlich noch eine Fußgängerampel hinzu.

8. Lautsprecher am Arduino betreiben

Mit dem Arduino kann man auch Töne und sogar Melodien an einem kleinen Lautsprecher abspielen. Der Lausprecher wird dabei mit einem digitalen Port und GND verbunden. Der zugehörige Befehl beim Arduino heißt `tone`:

`tone(`*Port, Frequenz (Tonhöhe), Dauer des Tones in ms*`);`

Der Port, an den der Lautsprecher angeschlossen wird, muss nicht extra als OUTPUT definiert werden. Auch dies erledigt der `tone`-Befehl.

```
void loop() {
 tone(11,440);
 delay(1000);
 noTone(11);
 delay(1000);
}
```

Ein Lautsprecher an Port 11 spielt einen Ton mit der Tonhöhe 440 Hz für 1000 Millisekunden (1 Sekunde). Die `delay`-Zeit bestimmt die Länge des Tons.

Der `noTone`-Befehl schaltet den Lautsprecher am Port 11 aus. Nach einer Pause von 1000 ms beginnt das Programm von vorne.

Aufgabe 8.1 „Lautsprecher - Einstieg“

Schließe einen Lautsprecher an Port 11 und GND an.

a) Der Arduino soll ohne Pause nacheinander zwei Töne abspielen.

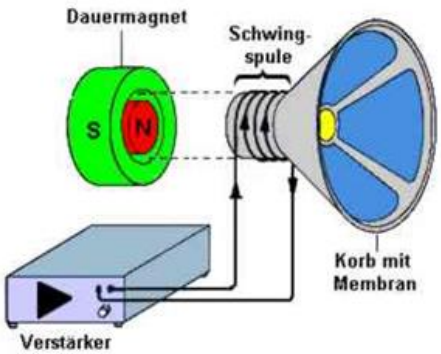
b) Der Arduino soll jeweils eine Sekunde Pause zwischen den Tönen machen.

Aufgabe 8.2 „Hörbereich“

Bestimme die Frequenz des höchsten Tones, den du noch hören kannst.

Wie funktioniert ein Lautsprecher?

Man könnte meinen, dass ein Lautsprecher sofort einen Ton von sich gibt, wenn er an eine Stromversorgung angeschlossen wird. Das ist aber falsch: Ein Lautsprecher besteht nämlich nur aus einer elastisch aufgehängten Membran, einem Elektromagnet und einem Dauermagnet. Fließt Strom durch den Elektromagnet, bildet sich ein Magnetfeld aus und der Dauermagnet zieht den Elektromagnet und die mit ihm verbundene Membran an. Fließt kein Strom, fällt die Membran wieder zurück. Ein Ton entsteht, indem die Membran schnell abwechselnd angezogen und wieder losgelassen wird, also die Stromversorgung abwechselnd ein- und ausgeschaltet wird.



www.leifiphysik.de/themenbereiche/akustische-phaenomene/ausblick#Schallquellen

Dieses schnelle Ein- und Ausschalten könnte man prinzipiell „von Hand“ programmieren. Weil man aber Töne häufig braucht, gibt es den `tone`-Befehl, der sich um das schnelle Ein- und Ausschalten kümmert: Der Befehl `tone(11,250)` ersetzt z.B. folgende Programmzeilen ersetzen: `digitalWrite(11,HIGH); delay(2); digitalWrite(11,LOW); delay(2); …` Diese vier Befehle müssten so oft wiederholt werden, so lange man den Ton hören wollte, also vermutlich ziemlich oft. Der Programmtext für einen einzigen Ton wäre ohne `tone` demnach sehr lang.

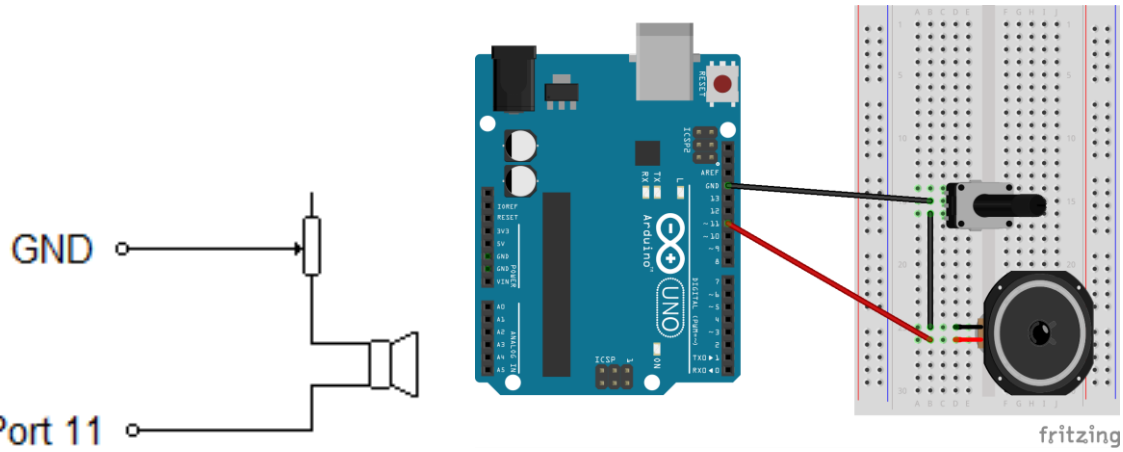
Übrigens: Junge Menschen können die Schwingfrequenzen der Membran nur zwischen etwa 20 Hertz und 20.000 Hertz als Ton wahrnehmen. Im Alter wird der sog. Hörbereich jedoch immer kleiner.

Aufgabe 8.3 **„Polizeisirene“**

a) Programmiere eine Tonfolge, die wie eine deutsche Polizeisirene klingt.

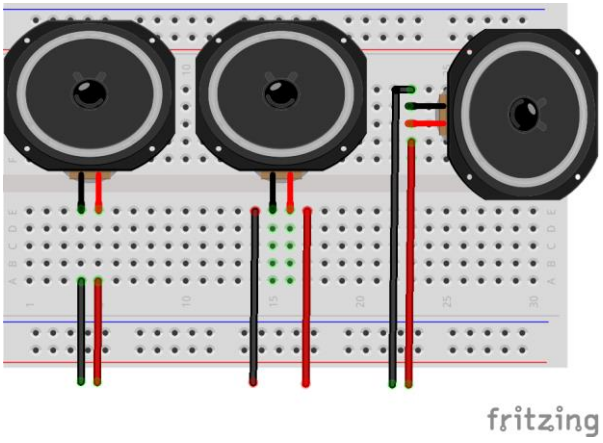
b) Schalte nacheinander verschiedene Widerstände (100 Ω, 220 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ) in Reihe zum Lautsprecher. Was beobachtest du?

c) Baue in deine Sirene einen Lautstärkergler ein (siehe Abbildung unten)
Info: Unser Lautstärkeregler ist ein regelbarer Widerstand. Er heißt Potenziometer (s. Kapitel 19).



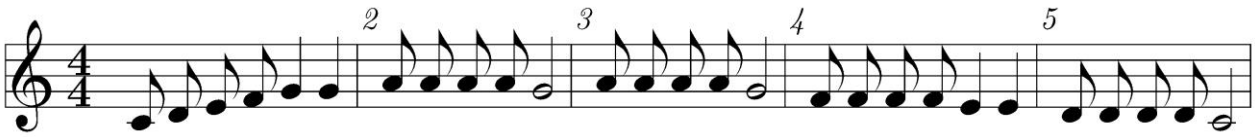
Aufgabe 8.4

Gehe davon aus, dass das schwarze Kabel jeweils an GND und das rote Kabel an einen Port des Arduino angeschlossen ist.
Nur bei einem der Lautsprecher kann man bei korrekter Programmierung einen Ton hören.
Bei welchem?
Erkläre, warum man bei den anderen Lautsprechern selbst bei korrekter Programmierung nichts hören würde.

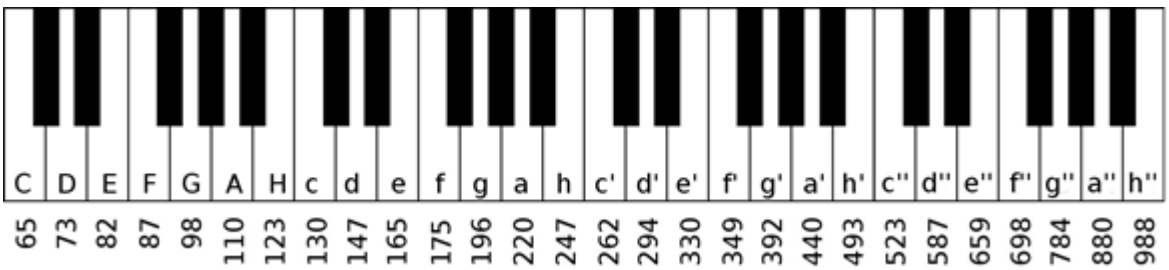


Aufgabe 8.5 (*Die Frequenzen der Töne findest du bei der Klaviatur unten)*
Variante a): Programmiere das Kinderlied „Alle meine Entchen“. Achte auf die richtigen Tonlängen!
Variante b): Spiel die Titelmusik eines bekannten Kinofilms (Noten erhältst du bei deinem Lehrer).

Melodie von „Alle meine Entchen“:



Klaviatur mit den Frequenzen der einzelnen Töne:



Ton:	C	D	E	F	G	A	H	c	d	e	f	g	a	h	c'	d'	e'	f'	g'	a'	h'	c''	d''	e''	f''	g''	a''	h''
Frequenz (in Hz):	65	73	82	87	98	110	123	130	147	165	175	196	220	247	262	294	330	349	392	440	493	523	587	659	698	784	880	988

9. Rückmeldungen an den Nutzer – der serielle Monitor

In verschiedenen Situationen kann es sinnvoll sein, dass der Mikrocontroller eine Rückmeldung auf einen Ausgabebildschirm gibt (Beispiele: bei der Ampel: „Stopp“ und „Gehen“; beim Lautsprecher: Liedtitel angeben; bei Sensoren: Messwerte anzeigen). Oft wird ein Ausgabebildschirm auch für die Fehlersuche in Programmen eingesetzt: Wenn an bestimmten Stellen im Programm eine Rückmeldung einprogrammiert war, wusste man bei Erscheinen des Textes, dass das Programm bis zu dieser Stelle fehlerfrei durchgelaufen war.

Der Arduino kann über den **seriellen Monitor** Daten, die vom Arduino gesammelt oder produziert werden, anzeigen. Schließe dazu an Port 13 eine LED mit Vorwiderstand an und übernehme folgendes Programm:

```
int i=0;

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

void loop() {
 i=i+1;
 digitalWrite(13,HIGH);
 Serial.print("Anzahl: ");
 Serial.println(i);
 delay(500);
 digitalWrite(13,LOW);
 delay(500);
}
```

Definiert eine Variable `i` als „integer“, d.h. als ganze Zahl, mit dem (momentanen) Wert 0.

Legt die Übertragungsrate für den Ausgabebildschirm fest. Bei uns immer 9600 (Bit pro Sekunde).

Der Wert von `i` wird pro Durchgang um jeweils 1 erhöht und fungiert ist hier als **Zählvariable**.

Der Text zwischen den Anführungszeichen wird auf dem Ausgabebildschirm angegeben.

Der Wert der Variablen `i` wird auf dem Aus- gabebildschirm angegeben.

Achtung: Die Anführungszeichen werden beim Kopieren des Codes nicht korrekt übernommen.

In der Entwicklungsumgebung des Arduino findest du oben rechts den Button  , mit dem du den Ausgabebildschirm (den „Serial Monitor“) öffnen kannst.

Öffne den Monitor erst, wenn die Übertragung des Programms **komplett abgeschlossen** ist!

Aufgabe 9.1

a) Was ist der Unterschied zwischen `Serial.print("i");` und `Serial.print(i);` ?

b) Was ist der Unterschied zwischen
`Serial.print("Hallo Welt")` und `Serial.println("Hallo Welt");` ?

c) Notiere, was das Beispielprogramm von oben macht.

kleines L (println liest man als „Print Line“)

Aufgabe 9.2: „Gesicht“

Schreibe ein Programm, das ein „Gesicht“ auf dem Ausgabebildschirm erzeugt:

```
 _~~~_
 x   x
   o
 l___l
```

Kannst du das Gesicht nur einmal anzeigen?

Aufgabe 9.3:

Damit du flott und sicher programmieren kannst, musst du die Befehle des Arduino auswendig können. Suche dir jemanden zum gegenseitigen Abhören: Könnt ihr alle 10 Befehle und deren exakte Schreibweise und wisst obendrein, wie man ein Unterprogramm schreibt?

10. Variablen

Eine Variable ist ein „Platzhalter“ für eine Zahl. Dieser Platzhalter kann beliebig bezeichnet (Achtung: keine Umlaute!) und mit einem Wert belegt werden:

```
int rot = 2;
```

In diesem Beispiel wird die Variable mit dem Namen „**rot**“ als **Integer**-Variable definiert und ihr wird gleichzeitig der **Wert 2** zugeordnet. An jeder Stelle des Programms hat diese Variable nun den Wert 2.
Die Definition der Variablen erfolgt meist vor dem setup-Teil, sie kann aber auch erst im loop-Teil erfolgen.

Bemerkung: Je nachdem, welchen Wertebereich die Variable umfassen soll, muss ihr Datentyp entsprechend festgelegt werden (siehe nächste Seite). Je „kleiner“ der Datentyp gewählt wird, desto weniger Speicherplatz wird benötigt.

Im folgenden Programm wird zusätzlich noch eine zweite Variable `zeit` eingeführt. Welchen Vorteil hat ihre Verwendung hier wohl?

```
void setup() {
 pinMode(2, OUTPUT);
}

void loop() {
 digitalWrite(2, HIGH);
 delay(1000);
 digitalWrite(2, LOW);
 delay(1000);
}
```

```
int rot = 2;
int zeit = 1000;

void setup() {
 pinMode(rot, OUTPUT);
}

void loop() {
 digitalWrite(rot, HIGH);
 delay(zeit);
 digitalWrite(rot, LOW);
 delay(zeit);
}
```

Gut zu wissen: **Vermeide** beim Anschluss deiner Bauteile **die Ports 0 und 1**. Wenn der serielle Monitor benutzt wird, funktionieren diese Ports nicht mehr.

Die Verwendung von Variablen hat folgende Vorteile:

- Wird eine LED an einem anderen Pin angeschlossen, muss nur eine Zeile geändert werden.
- Der Sketch ist einfacher zu lesen und zu verstehen, vor allem wenn mehrere LEDs oder andere Bauteile (Motoren…) verwendet werden.

Aufgabe 10.1
Führe bei deinem Ampel-Programm (Aufgabe 7.2) Variablen ein.
Speichere das Programm unter dem Namen „Ampel_mit_Variablen“.

Hilfreiche Tastenkombinationen bei der Erstellung eines Programms

STRG + C	Kopiert einen vorher markierten Text
STRG + V	Fügt den kopierten Text an der Stelle des Textcursors wieder ein
STRG + Z	Macht die letzte(n) Aktion(en) rückgängig (mehrmals hintereinander anwendbar)
STRG + T	Auto-Formatierung eines Programms (korrigiert z.B. Einrückungen)

Wie speichert ein PC Zahlen?
In einem PC oder Mikrocontroller werden alle Informationen digital gespeichert, das heißt mit zwei Werten (0 oder 1). Dabei steht 1 Bit für einen Speicherplatz („Informationshäppchen“) mit dem Wert 0 oder 1. 1 Byte sind 8 Bit, also 8 Plätze, auf denen 0 oder 1 gespeichert werden kann. So können Zahlen im Binärsystem (Zweiersystem) gespeichert werden. Zum Beispiel entspricht die Zahl 13 im Binärsystem $(1101)_2$.

Eine Variable ist im Prinzip ein Stück Speicherplatz, auf den über den Namen der Variable zugegriffen werden kann. Im Beispiel oben hast du die Variablenart mit dem Namen `int` kennengelernt. Wenn in deinem Programm `int x;` steht, bedeutet dies:

*Lieber Arduino, reserviere mir im Speicher ein Stück Speicherplatz der Größe **int** und lass mich auf diesen Speicher über den Namen **x** zugreifen.*

„Int“ ist die Abkürzung für „integer“ und integer ist das englische Wort für „ganze Zahl“. Die Größe des für int reservierten Speicherplatzes beträgt bei unserem Arduino 16-Bit, also 2 Byte, d.h. es gibt 16 Plätze mit 0 oder 1 zum Speichern der ganzen Zahl.

Folgende Variablentypen gibt es unter anderem in der Programmiersprache C:

Type	Bits / Bytes	Zahlenumfang	Beschreibung
byte	8 Bit / 1 Byte	0 bis 255 (0 bis 2^8–1)	natürliche Zahl (d.h. ohne Komma)
int	16 Bit / 2 Bytes	–32 768 bis 32 767 (–2^{15} bis 2^{15}–1)	ganze Zahl mit Vorzeichen
float	32 Bit / 4 Bytes	zwei Nachkommastellen Genauigkeit	rationale Zahl
long	32 Bit / 4 Bytes	-2 147 483 648 bis 2 147 483 647	ganze Zahl mit Vorzeichen

Bemerkungen:

- Integer- und long-Variablen werden bei Überschreiten der Limits „**überlaufen**“. Wenn zum Beispiel int x = 32767 ist und eine Anweisung 1 zu x hinzu addiert (z.B. x = x + 1), wird 'x' dabei „überlaufen“ und den Wert -32768 annehmen.
- Neben den Variablen für Zahlen gibt es in der Programmiersprache auch Variablen, die sich Text merken können. Diese Variable heißt **char**. Ein char kann einen Buchstaben speichern.
- Ein vorangestelltes `unsigned` macht aus `int` bzw. `long` eine **vorzeichenlose** Variable mit doppelt so großem positiven Zahlenumfang. (Beispiel: *unsigned int* umfasst die Werte 0 bis 65 535)

Aufgabe 10.2

a) ✍ **Notiere**, was der Monitor bei den ersten beiden „Überläufen“ anzeigt, wenn das Programm rechts abläuft. Führe das Programm am Arduino erst aus, **nachdem du die Zahlen notiert hast.** (Tipp: Im seriellen Monitor Häkchen bei „Automatisch scrollen“ entfernen)

b) Ersetze im Programm „byte“ durch „int“. Wiederhole a) und erkläre die Unterschiede!

```
byte i=0;

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

void loop() {
 Serial.print("Aktueller Wert: ");
 Serial.println(i);
 i=i+10;
 delay(5);
}
```

Aufgabe 10.3

✍ Stell dir vor es gibt eine 4-Bit-Variable, die **horst** heißt. Mit welchen Zahlen kann **horst** rechnen?

11. LCD

Auf Leuchtreklamen in großen Städten laufen bunte Werbetexte über einen Bildschirm. Auch an den Arduino kann man ein Leucht-Display, ein sog. **LCD** (engl. **L**iquid **C**rystal **D**isplay), anschließen und betreiben.

Wir verwenden ein 16x2 Modul, d.h. das Anzeigefeld besteht aus 16 Spalten und 2 Zeilen. Um unser LCD verwenden zu können, benötigt man sogenannte **Bibliotheken** (siehe Anhang C).

Aufgabe 11.1

Schließe das LCD an den Arduino an (schwarz → GND, rot → 5 V, weiß → Port 2).
Sobald es angeschlossen wurde, wird kurz der Hersteller und die Typbezeichnung des LCD angezeigt.

a) Übertrage das Programm auf den Arduino. Was bedeutet `(1,0)` und `(2,4)` anschaulich?
b) Lass deinen Namen auf dem LCD anzeigen.
c) Lass deinen Namen auf dem LCD von links nach rechts und wieder zurück laufen.

Programmtext:

```
#include <SoftwareSerial.h>     // Die Bibliothek „SoftwareSerial" wird geladen
#include <SerLCD.h>             // Die Bibliothek „SerLCD" wird geladen

SoftwareSerial mylcd(0,2);      // RX-Pin des LCD ist an Port 2 angeschlossen
SerLCD lcd(mylcd);

void setup() {
 mylcd.begin(9600);
 lcd.begin();
}

void loop() {
 lcd.setPosition(1,0);  lcd.print("Hallo Besitzer");
 lcd.setPosition(2,4);  lcd.print("Wie gehts?");
}
```

Wichtige LCD-Befehle und ihre Bedeutung:

`lcd.setPosition(`*Zeile*`,`*Position*`);`	geht im Display an die entsprechende Position
`lcd.clear();`	löscht sämtlichen Text wieder vom Display

Aufgabe 11.2

Erweitere das Programm von oben um einen netten Gruß an deinen Teampartner.
Die beiden Textblöcke „Hallo Besitzer – wie geht's?" und dein Text sollen im Sekundentakt abwechselnd auf dem LCD erscheinen.

Der millis-Befehl

Der Befehl `millis()` gibt dir die Zeit in **Milli**sekunden an, seit der das aktuelle Programm läuft.

Aufgabe 11.3

Auf dem LCD soll folgender Text erscheinen: „*Programmstart vor … Sekunden*".

12. for-Schleife

Einige neue Autos verfügen über einen sogenannden *dynamischen Blinker*. Dabei leuchten die einzelnen LEDs des Blinkers kurz nacheinander auf, bis am Ende das gesamte Blinklicht am Stück leuchtet. Rechts siehst du eine Momentaufnahme des Blinkers des Audi A6.
Anstatt die LEDs des A6 alle nacheinander einzeln anzuschalten, kann man die Programmierung mit einer **for-Schleife** einfacher und schneller realisieren. In diesem Kapitel lernst wie das geht.

Quelle: www.motor-talk.de/bilder

Das folgende Programm zeigt, wie man einen dynamischen Blinker mit einer for-Schleife realisieren kann:

```
int i = 1;

void setup() {
  ...
}

void loop() {
  for( i;  i<11;  i=i+1) {
    digitalWrite(i,HIGH);
    delay(50);
  }
  alleAus();
}
```

Diese Programmzeilen werden so lange wiederholt, bis die Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Damit das Programm weiß, welche Zeilen mit der for-Schleife wiederholt werden sollen, werden diese Zeilen in eigenen geschwungenen Klammern zusammengefasst.

Die for-Schleife besteht aus drei Teilen:

1. Startwert: `int i = 1`
   Einmalig zu Beginn der Schleife wird festgelegt, um welchen Variablentyp es sich handelt und welchen Startwert die sog. **Zählvariable** hat.
   Hier im Beispiel: Variablentyp: integer, Startwert: 1.

2. Bedingung: `i < 11`
   Bei jedem Durchgang der Schleife wird überprüft, ob die Bedingung(i <11) erfüllt ist. Wenn ja, wird die Schleife ausgeführt, wenn nein, wird sie nicht mehr ausgeführt.
   Hier wird die Schleife ausgeführt, solange der Wert von i kleiner als 11 ist (also für i = 1; 2; 3; 4; …; 9; 10)

3. Änderung / Zähler: `i = i+1`
   Nach jedem Durchgang wird der Wert der Zählvariable i neu festgelegt.
   Hier: Erhöhung von `i` pro Durchgang um 1.

Man kann die Zählvariable auch direkt im for-Befehl definieren: `for(int i=1; i<5; i=i+1)`. Dann wird die Zählvariable nach jedem loop-Durchlauf wieder auf den alten Wert zurückgesetzt.

Beachte, dass der Ausdruck **i=i+1** hier keine mathematische Gleichung darstellt! Statt diesem Ausdruck kann man auch einfach **i++** schreiben. Entsprechend gibt es den Ausdruck **i = i–1** bzw. **i––**. Man könnte, falls das benötigt wird, auch **i=i+2** schreiben. Dafür gibt es aber keine abkürzende Schreibweise wie oben.

Aufgabe 12.1 Beantworte die folgenden Fragen zum Programm von oben:

- Aus wie vielen LEDs besteht der Blinker?
- Was muss in den setup-Teil geschrieben werden?
- Was steht vermutlich im Unterprogramm `alleAus()`?
- Was sieht man, wenn man `digitalWrite(5,HIGH)` statt `digitalWrite(i,HIGH)` schreibt?

Aufgabe 12.2 „Blinklicht mit for-Schleife“
Schreibe mithilfe einer for-Schleife ein Programm, das eine LED genau 10-mal blinken lässt und teste es.

Als weitere Anwendung erzeugen wir mit Hilfe einer `for`-Schleife verschiedene ansteigende Töne:

```
int lautsprecher = 10;
int i;

void setup() {
}

void loop() {
 for(i=100; i<570; i=i+50){
  tone(lautsprecher,i);
  delay(1000);
 }
}
```

Achtung: Am Ende der for-Zeile wird kein Semikolon gesetzt!!!

Der Variablen mit dem Namen „lautsprecher“ wird der Port 10 zugewiesen.

Die Zählvariable i wird definiert und bekommt den Wert 100 zugewiesen.
Nach jedem Durchgang wird der Wert von i um 50 erhöht; und zwar so lange, wie i < 570 ist.

Der Lautsprecher spielt einen Ton der Höhe i. Das ist der aktuelle Wert der Zählvariablen.

Aufgabe 12.3 „Tonreihe“

a) Welche Töne werden vom Lautsprecher gespielt, bevor die komplette „Tonreihe“ von vorne wiederholt wird? Notiere die Frequenzen der einzelnen Töne.
b) Verändere die for-Schleife so, dass der Lautsprecher Töne vom Ton a‘ (440 Hz) in 10-Hz-Schritten abwärts bis zum Ton a (220 Hz) abspielt. Notiere die neue for-Schleife.
c) Worin unterscheiden sich `for(i=100; i<570; i=i+50)` und `for(i; i<570; i=i+50)`?

Aufgabe 12.4 „Sirene mit for-Schleife“
Programmiere eine amerikanische Polizeisirene (auf- und absteigende Sirene), bei der die Tonhöhe mit Hilfe einer for-Schleife automatisch in 1 Hz-Schritten verändert wird.

Aufgabe 12.5 „Dynamischer Blinker“ → *Probleme beim Aufbau?* → *Hilfe findest du im Anhang B*
Baue und programmiere den auf der Vorderseite beschriebenen dynamischen Blinker des Audi A6.

Aufgabe 12.6 „Lauflicht“ → *Probleme beim Aufbau?* → *s. Anhang B*
Wenn mehrere LEDs schnell hintereinander an- und wieder ausgehen, spricht man von einem **Lauflicht**. Das Auto *KITT* aus der Serie *Knight Rider* verfügt zum Beispiel über ein solches Lauflicht.
Baue und programmiere mit einer for-Schleife ein Lauflicht, das aus mindestens 6 LEDs besteht und vor und wieder zurück läuft.
Verwende für die LEDs einen gemeinsamen Vorwiderstand.


Quelle: www.wikipedia.org/wiki/Knight_Rider

Aufgabe 12.7 „Quadratzahlen“
Der Arduino kann auch rechnen, das Zeichen „*“ dient dabei als Mal-Zeichen.
Lass dir mittels einer for-Schleife auf dem seriellen Monitor die Quadratzahlen von 1^2 bis 20^2 anzeigen.
Auf dem seriellen Monitor soll zunächst die Rechnung gestellt werden (z.B. „12 x 12“), nach kurzer Wartezeit von 2-3 Sekunden soll der Arduino das Ergebnis (hier: „= 144“) anzeigen.

13. Programmablaufplan (PAP)

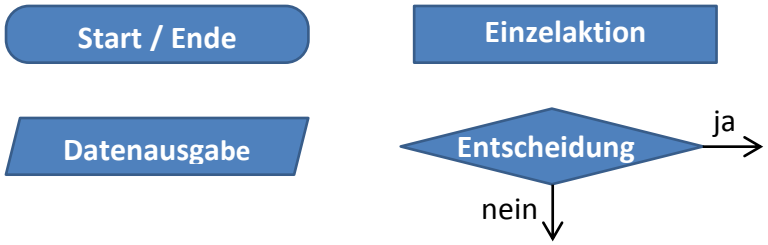
Wenn Programme zunehmend komplexer werden, verliert man schnell mal den Gesamtüberblick über das komplette Programm.

Um diesen wieder zu erlangen, hilft ein sog. **Programmablaufplan** (kurz: **PAP**). Ein PAP ist eine grafische Darstellung eines Programms und beschreibt die Abfolge von Operationen zur Lösung einer Aufgabe.

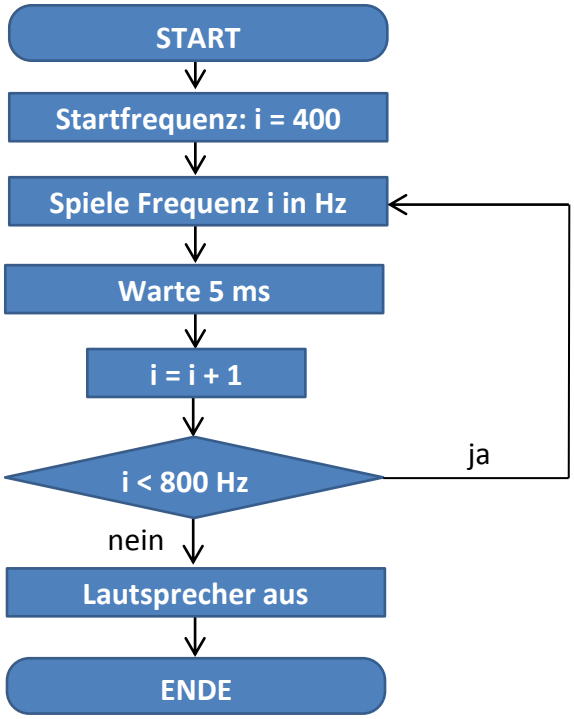
Den PAP für eine Verkehrsampel siehst du rechts abgebildet.

Allgemein kann man für jedes unserer Programme einen PAP zeichnen, der das komplette Programm kurz und übersichtlich abbildet. Da PAPs unabhängig von der Programmiersprache eingesetzt werden, darf man darin keine spezifischen Befehle des Arduino (z.B. `tone(…)` verwenden).

Für die Darstellung stehen vier verschiedene Formen zur Verfügung:



Der PAP einer aufsteigenden (amerikanischen) Polizeisirene könnte z.B. folgendermaßen aussehen:



Aufgabe 13.1

a) Schreibe das Programm, das zum PAP der Polizeisirene gehört.
b) Erstelle den PAP zum Lautsprecher-Programm, das auf Seite 19 oben abgebildet ist.

14. while-Schleife und random-Befehl

Bei der for-Schleife wird ein Programmteil so lange wiederholt, wie eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Eine andere Möglichkeit einen Programmteil endlich oft zu wiederholen, bietet die **while-Schleife**. Sie wird ebenfalls nur so oft wiederholt, solange eine bestimmte Bedingung erfüllt ist. Als Beispiel lassen wir den Arduino mithilfe des Befehls `random` (Erklärung siehe unten) eine Zahl „würfeln“. Sobald er eine 6 würfelt, soll er dies melden und eine Pause machen.

Aufgabe 14.1
Übernimm den folgenden Programmtext und lass den Arduino mehrmals „würfeln“.

while-Schleife:

```
int a = 0;

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

void loop() {
 while(a!=6) { // != bedeutet ungleich
   a = random(1,7);
   delay(500);
   Serial.println(a);
 }
 Serial.println("Treffer!");
 delay(2000);
 a = 0;
}
```

Die while-Schleife funktioniert ähnlich wie die for-Schleife. Sie wird so oft wiederholt, solange eine bestimmte Bedingung erfüllt ist.
Im Beispiel: Die Aktionen in der geschweiften Klammer wird solange ausgeführt, wie $a \neq 6$ ist.

Der Arduino kann Bedingungen nur mathematisch abfragen, indem er die Werte von Variablen mit Zahlen vergleicht. Hierfür gibt es folgende logische Operatoren:

<	kleiner	bzw.	> größer
<=	kleiner gleich	bzw.	>= größer gleich
==	gleich	bzw.	!= ungleich

Unterschied zwischen „=“ und „==“
Bei der Schreibweise „a = 0“ handelt es sich um eine **Zuordnung**: Der Variablen a wird der Zahlenwert 1 zugeordnet. Die Schreibweise „a==0“ dagegen wird oft in Bedingungsschleifen verwendet. An dieser Stelle wird überpüft, ob a den Wert 1 besitzt. Das „==“ kann deshalb mit „ist gleich?“ übersetzt werden.

Aufgabe 14.2
a) Was ändert sich beim Programm von oben, wenn man das „`a=0`“ in der letzten Zeile weglässt?
b) Starte die Würfelfolge durch drücken auf „Reset“ mehrmals neu. Fällt dir an den Zahlen etwas auf?

Der `random`-**Befehl** erzeugt eine ganze Zufallszahl. Dabei gibt es zwei verschiedene Schreibweisen:
→ **`random(10,20)`** erzeugt eine Zufallszahl aus dem Zahlenbereich **zwischen 10 und 19**
→ **`random(10)`** erzeugt eine ganze Zufallszahl **von 0 bis 9**.
Du hast beim mehrmaligen Ausführen des Würfel-Programmes von oben vielleicht festgestellt, dass der Arduino jedesmal dieselben „Zufalls“-Zahlen erzeugt, d.h. die Zufallszahlen des Arduino sind gar nicht zufällig. Der Arduino berechnet seine Zufallszahlen nämlich mit einer (uns unbekannten) Formel, in die er zu Beginn jedes Mal dieselbe Anfangszahl einsetzt. Um für uns brauchbare Zufallszahlen zu erzeugen, müssen wir bei jedem Durchlauf einfach verschiedene dieser Anfangszahlen (sog. seeds) verwenden. Dazu schreiben wir **in den setup-Teil** folgenden Befehl: `randomSeed(analogRead(A0));`

Verwende im Folgenden zur Erzeugung „echter“ Zufallszahlen jeweils den `randomSeed`-Befehl.

Aufgabe 14.3 „12er-Würfel“

Verändere das Beispielprogramm auf Seite 21 folgendermaßen:
Ein 12-seitiger Würfel soll so lange gewürfelt werden, bis die Zahl 12 fällt.
Das Programm soll anschließend ausgeben nach wie vielen Würfen die 12 gefallen ist.

Aufgabe 14.4

Erstelle einen PAP zum Beispielprogramm auf der Vorderseite.

Aufgabe 14.5 „Kopfrechen-Generator“

Programmiere ein Kopfrechen-Übungsprogramm für Fünftklässler, mit dem diese das „große 1×1“ üben können (Multiplikationen von „1 × 1“ bis „20 × 20“). Erzeuge dazu zwei geeignete Zufallszahlen.
Ein Schüler soll auf dem seriellen Monitor zehn Aufgaben der Form „7 × 12 =“ gestellt bekommen.
Nach einiger Bedenkzeit soll das Ergebnis angezeigt werden.
(Tipp: Mit Hilfe der for-Schleife kannst du dir genau zehn Aufgaben anzeigen lassen)
Veranstalte anschließend mit deinem Partner einen **Kopfrechenwettbewerb**. Wer rechnet schneller?

Aufgabe 14.6 „Sechsen zählen“

Ein normaler Würfel soll 600-mal geworfen und dabei gezählt werden, wie oft die „6“ gefallen ist.
Wiederhole den Versuch mehrmals und vergleiche mit dem theoretisch zu erwartenden Wert.

Aufgabe 14.7 „Tafeldienstgenerator“

Aus einer Klasse mit 20 Schülern sollen zwei Schüler für den Tafeldienst zufällig ausgewählt werden.
Schreibe mit dem while-Befehl ein Programm, das zwei **verschiedene** Zahlen zwischen 1 und 20 ausgibt.
Anleitung: „Würfle“ zweimal und speichere die „gewürfelten“ Werte in zwei Variablen a und b ab.
Im Normalfall sind die beiden Zahlen bereits verschieden und können angezeigt werden.
Falls („while“) beide Zahlen gleich sind (a == b), soll eine der beiden Zahlen neu gewürfelt werden.

Aufgabe 14.8 „Größte Zufallszahl“

Lass den Arduino nacheinander 100 Zufallszahlen im Bereich von 0 bis 1000 erzeugen.
Die größte der 100 Zahlen soll ermittelt und ausgegeben werden.

Vergleich von for-Schleife und while-Schleife

Prinzipiell kann eine while-Schleife in eine for-Schleife umgeschrieben werden und umgekehrt.
Beide Schleifenarten bestehen aus den Teilen *Variable*, *Bedingung* und *Änderung*:

```
for(Variable; Bedingung; Änderung)
{…}
```

```
Variable
while(Bedingung)
{… Änderung …}
```

Aufgabe 14.9

Schreibe die for-Schleife aus dem Lautsprecher-Programm von Seite 19 oben in eine while-Schleife um.

15. Dimmen einer LED - Pulsweitenmodulation

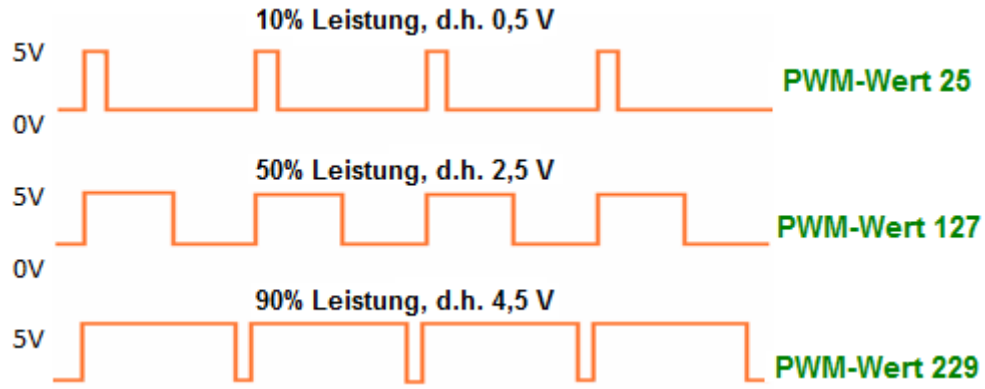
Der Arduino ist ein digitaler Mikrocontroller. Er kann seine Ausgänge nur an- oder ausschalten, also nur 5V (HIGH) oder 0V (LOW) anlegen. Um die Helligkeit einer LED zu verändern, müsste man die Spannung jedoch variieren können. Zum Beispiel 5V, wenn die LED hell leuchten soll, 4V, wenn sie etwas dunkler leuchten soll usw. Das geht bei digitalen Ausgängen aber nicht!

Es gibt dennoch eine Möglichkeit Spannungen zwischen 0 V und 5 V zu erhalten. Sie nennt sich **Pulsweitenmodulation** (kurz: **PWM**). Durch schnelles Ein- und Ausschalten eines Ports (Wechsel zwischen HIGH und LOW im Millisekundenbereich) wirkt es so, als ob am Port ein Potenzial **zwischen** 0V und 5V anliegt. Die Ports auf dem Arduino, die mit (~) versehen sind, können ein PWM-Signal erzeugen.
Allgemein sind PWM-Ports in der Lage 256 verschiedene Zustände einnehmen (0 bis 255). Das bedeutet, einige der Ports 1 bis 13 können als digitale **und** als analoge Ausgänge benutzt werden.

Aufgabe 15.1
Nenne deinem Nebensitzer alle PWM-Ports des Arduino.

Der folgende Befehl erzeugt solch ein PWM-Signal: **analogWrite(pin, Wert);**

Der zeitliche Verlauf am Ausgang sieht bei verschiedenen **Werten** dann wie folgt aus:



Aufgabe 15.2
a) Übernimm das Programm und probiere verschiedene PWM-Werte zwischen 0 und 255 aus.
b) Beim Wert 128 sollte man im Vergleich zum Wert 255 eigentlich die „halbe“ Helligkeit erwarten. Überprüfe das! Suche ggfs. den PWM-Wert, der für dich der halben Helligkeit von 255 entspricht.

```
int led = 9;      // LED an PWM-Port 9

void setup()  {
}

void loop() {
 analogWrite(led, PWM-Wert 1); delay(1000);
 analogWrite(led, PWM-Wert 2); delay(1000);
}
```

Hinweis:
PWM-Ports müssen nicht im `setup`-Teil als OUTPUT definiert werden.

Analoge und digitale Signale

Signale (zum Steuern oder zum Messen) können generell **digital** oder **analog** sein. Digitale Signale haben nur zwei eindeutige Zustände, ein hohes und ein niedriges Niveau (anschaulich: „an“ oder „aus“).
Beispiel: `digitalWrite` kennt nur zwei Zustände – „LED an“ oder „LED aus“
Daneben können Signale analog sein. Diese Signale enthalten viele Zwischenstufen zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Niveau. Rein analoge Signale besitzen einen kontinuierlichen Verlauf.
Beispiel: analog`Write` kennt viele (256!) Zwischenstufen – eine LED ist in 256 Helligkeitsstufen dimmbar.

Aufgabe 15.3 „Pulsierende LED“

a) Verwende eine `for`-Zählschleife, um die Helligkeit der LED von 0 auf 255 zu steigern.
b) Schreibe ein Programm, das eine LED kontinuierlich heller und dann wieder dunkler werden lässt. Lass dir zusätzlich den PWM-Wert am seriellen Monitor anzeigen.

Aufgabe 15.4 „MEHR Farben“ und „LED-Farbwechsel“

Du hast bereits die RGB-LED kennen gelernt. Dabei konnten die sieben Farbeindrücke rot, grün, blau, gelb, magenta, cyan und weiß erzeugt werden. Durch das Mischen der drei Grundfarben in unterschiedlichen Intensitäten lassen sich deutlich mehr Farben erzeugen.

a) Lass den Farbeindruck türkis entstehen. (Schau die PWM-Werte z.B. in Word nach: *Schriftfarbe* → *Weitere Farben* → *Benutzerdefiniert* → Farbe türkis anklicken und PWM-Werte ablesen)
b) Erzeuge einen schrittweisen Übergang von rot nach grün. (Profis: …. und weiter nach blau.)
Tipp: `analogWrite(rot,i)` und `analogWrite(gruen,255-i)` in passender for-Schleife.

Aufgabe 15.5 „Elektrisches Teelicht“

Programmiere ein elektrisches Teelicht mit Flacker-Effekt, wie man es aus einigen Restaurants kennt. Verwende für die zufälligen Helligkeitsänderungen zusätzlich zu `random`-Befehl.

Aufgabe 15.6 Das Programm unten enthält 16 Fehler. Finde sie und notiere die korrekte Version.
Zum Programm: Das folgende Programm soll einen Lautsprecher (Port 5) steuern und dessen gespielte Frequenzen untereinander auf dem Monitor ausgeben. Gleichzeitig ist an Port 13 eine LED angeschlossen, die jeweils blinken soll, sobald sich die Frequenz des Lautsprechers ändert.

```
i = 100;
void setup() {
 SerialBegin(6900);
 pinMode(13,Output)
}
void loop {
 for(i < 1000, i+50); {
  ton(i,5);
  delay(500);
  Serial.print("i");
  digitalWrite(13;HIGH);
  digitalWrite(13,LOW);
 }
}
```

Verständnis:
Wie oft blinkt die LED insgesamt?

16. Der Arduino bekommt Sinne

Bisher hat der Mikrocontroller immer nur etwas GETAN. Er hat die Anweisungen ausgeführt, die du ihm gegeben hast. Wenn Menschen sich so verhalten würden, wäre die Welt eintönig – wir müssten nur tun was man uns aufträgt und wären gleichzeitig taub, blind und gefühlslos.
Abhilfe: Alle Ports, die du bisher als AUSGÄNGE kennengelernt hast, lassen sich auch als EINGÄNGE benutzen. Statt **digitalWrite() und analogWrite()** wird dazu der Begriff **digitalRead()** oder **analogRead()** benutzt.

Du baust jetzt mithilfe des Arduino ein Batterietestgerät, indem du das Potenzial des Plus-Anschlusses misst

```
int wahrnehmung;
void setup() {
 pinMode(13, INPUT);
}

void loop() {
 wahrnehmung = digitalRead(13);
 delay(500);
}
```

Setzt den Modus für Port 13 auf „Eingang“

Der Arduino liest das Potenzial, das am Port 13 anliegt, aus: Alles, was über ca. 2,3 Volt ist, wird vom Arduino als „an“, „HIGH“ bzw. „1“ wahrgenommen, Potenziale unter 2,3 Volt spürt er als „aus“, „LOW“ bzw. „0“. Der Wert (0 oder 1) wird dann an die Variable Wahrnehmung übergeben.

Aufgabe 16.1
Stecke ein Ende eines einzelnen Kabels in Port 13. Übernimm das Programm von oben. Lass dir zusätzlich den Wert der Variablen *wahrnehmung* **auf dem seriellen Monitor** anzeigen.

a) Stecke das andere Ende des Kabels nacheinander in GND, in 3,3V und in 5V. Was beobachtest du?
b) Batterietester Nr. 1:
Lege zwei 1,5V-Batterien in den Batteriehalter ein. Die beiden Batterien liegen dort „in Reihe“.
Stecke das schwarze Kabel des Batteriehalters in GND und das rote Kabel in Port 13.
Prüfe, ob die Batterien voll (Ausgabe: „1“) oder leer (Ausgabe: „0“) sind.

Wenn du die Spannung deiner Batterie genau bestimmen möchtest, hilft dir die Tatsache, dass die Ports A0 bis A5 nicht nur zwei, sondern 1024 verschiedene Potenzialwerte (0 bis 1023) einlesen können.

Je nachdem, welches Potenzial an den Ports anliegt, wird ein Wert zwischen 0 und 1023 ausgegeben. Die Schrittweite („Auflösung“) beträgt dabei 5V : 1023 ≈ 0,005V.
Damit ergibt sich die nebenstehende Tabelle.

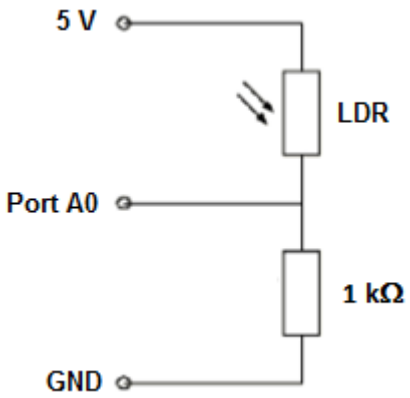
Potenzial am Port	analoger Wert
0 V	0
0,005 V	1
0,010 V	2
…	…
1,00 V	205
…	…
5,00 V	1023

Aufgabe 16.2 „Batterietester Nr. 2“
Ersetze in deinem Programm von oben `digitalRead`(13) durch `analogRead(A0)` und stecke das rote Kabel des Batteriehalters von Port 13 in Port A0.
Rechne mit dem Arduino den Analogwert in den entsprechenden einen Spannungswert (in Volt) um.
Überprüfe mit einem Spannungsmessgerät, ob dein Wert mit der Messung übereinstimmt.

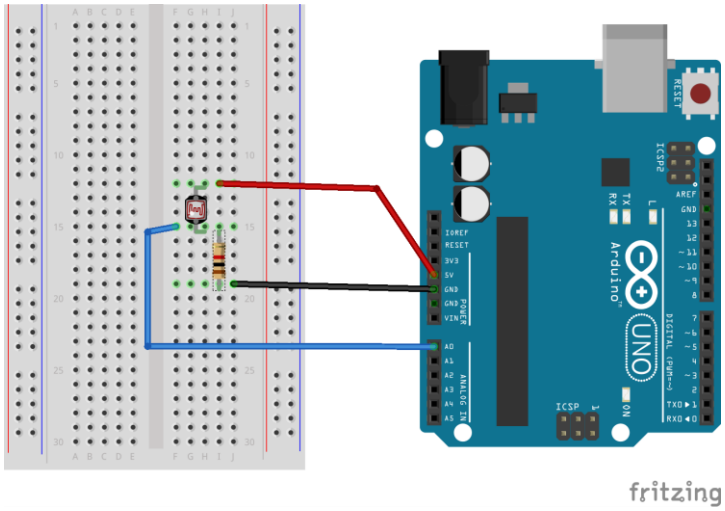
17. Hell oder dunkel? Der Arduino wird zum Messgerät

Um die Helligkeit zu messen, verwenden wir einen lichtabhängigen Widerstand (**LDR**, engl. **L**ight **D**ependent **R**esistor). Der Widerstandswert eines LDR ändert sich, je nachdem, wie viel Licht auf ihn einfällt: *je mehr Licht, desto geringer der Wert*. Diese Eigenschaft benutzt man, um einen LDR als Lichtsensor zu verwenden. Der LDR kann jedoch nicht einfach wie ein Lautsprecher mit GND und einem Port verbunden werden. Wir schließen den LDR in einer sog. **Spannungsteilerschaltung** an den Arduino an (Erklärung: siehe Kapitel 20).

Schaltplan:



Anschluss an den Arduino:



Programmtext:

```
int ldr = A0;
int helligkeit;

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

void loop() {
 helligkeit = analogRead(ldr);
 Serial.println(helligkeit);
 delay(200);
}
```

Der LDR wird als Sensor an den analogen Eingang A0 angeschlossen.

Für das analoge Einlesen ist im setup-Teil keine INPUT-Definition nötig.

Der Variablen Helligkeit wird der aktuelle Helligkeitswert des LDR (0…1023) zugewiesen.

Der aktuelle Helligkeitswert wird auf dem seriellen Monitor angezeigt.

Aufgabe 17.1

a) Baue den Helligkeitssensor wie oben dargestellt auf und lass dir die Helligkeitswerte anzeigen, während du deine ausgestreckte Hand über den LDR bewegst. Notiere folgende Werte:
   - Maximale Beleuchtung des LDR (ohne „Hilfsmittel“)
   - Minimale Beleuchtung des LDR (Abdecken mit einem Finger)

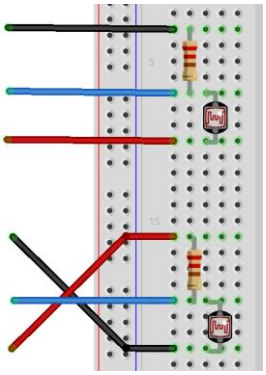
b) Benenne die Variablen um (LDR in Sensor, Helligkeit in Sensorwert) und speichere das Programm unter „Sensorabfrage“. So kannst du es in Zukunft als Vorlage für weitere Sensoren verwenden.

Der LDR selbst besitzt, je nach Helligkeit, einen Widerstand zwischen 250 Ω (hell beleuchtet) und 4 kΩ (abgedunkelt). Der **Festwiderstand** (hier 1 kΩ) ist so gewählt, dass er **in derselben Größenordnung wie der Widerstandswert des LDR** liegt. In diesem Fall decken die Helligkeitswerte einen großen Bereich ab.

Aufgabe 17.2

Vertausche in deiner Spannungsteilerschaltung die Position der äußeren Kabel von LDR und Festwiderstand (siehe Abbildung).

Was beobachtest du beim Abdunkeln des LDR an den Analogwerten?

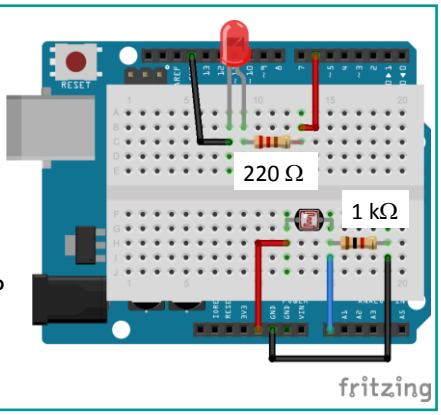


Aufgabe 17.3 „Helligkeitsanzeiger“

Erstelle einen einfachen Helligkeitsanzeiger:

a) Je dunkler es in einem Raum ist, desto schneller soll eine LED blinken. (Tipp: `delay(helligkeit)`)

b) Je dunkler es ist, desto heller soll die LED leuchten
(Tipp: `analogWrite(led, helligkeit/4))`
Welche Idee steckt hinter der Division der `helligkeit` durch 4?
Was verändert sich, wenn man diese Division weglässt?
Versuche deine Beobachtung zu erklären.



18. if-Bedingung
Der Arduino reagiert auf seine Umwelt

Den Schirm aufmachen, wenn es regnet, Trinken, wenn man Durst hat – die Welt steckt voller Reaktionen auf Bedingungen. Hier lernst du, wie der Arduino auf Dinge von außen reagieren kann.

Bis jetzt hast du beides getrennt gelernt: Wie der Arduino Ausgänge steuern und wie er Sensorwerte auslesen kann. Nun soll beides miteinander verknüpft werden.

Eine Reaktion oder Entscheidung heißt in der Programmiersprache: „Bedingungsschleife“. Sie lautet allgemein: `if(Bedingung) {Reaktion}`

In Worten: Wenn die Bedingung in der runden Klammer erfüllt ist, werden die Befehle aus der geschweiften Klammer abgearbeitet. Das gilt auch umgekehrt: Wenn die Bedingung nicht erfüllt ist, werden die Befehle in der geschweiften Klammer ignoriert.

Mit der if – Bedingung kann man den Arduino dazu bringen, eine **Reaktion** auszuführen, **wenn** eine bestimmte **Bedingung** erfüllt ist, z.B soll er eine LED anschalten, wenn die Helligkeit der Umgebung abnimmt. Die **Bedingung** wäre hierbei also, dass die Helligkeit unter einen bestimmten Wert fällt, die **Reaktion** wäre, die LED anzuschalten.

Das Programm *„wenn der Helligkeitswert kleiner als 400 ist, dann schalte die LED an, ansonsten schalte sie aus“* heißt in der Sprache des Arduino (ein LDR ist in einer Spannungsteilerschaltung an A0 angeschlossen):

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

void loop() {
 helligkeit = analogRead(A0);
 if (helligkeit < 400) {
   digitalWrite(led, HIGH);
 }
 else {
   digitalWrite(led, LOW);
 }
}
```

Erster Teil: *Bedingung (wenn / if):*
Zu Beginn wird geprüft, ob die Bedingung erfüllt ist. Hier ist dies der Fall, wenn der Befehl `analogRead(A0)` einen Wert kleiner als 400 liefert.

Zweiter Teil: *Bedingung erfüllt (dann / then):*
Ist die Bedingung erfüllt, dann führt der Arduino das Programm in der ersten geschwungenen Klammer aus. Hier wird z.B. eine LED angeschaltet.

Dritter Teil: *Bedingung nicht erfüllt (ansonsten / else):*
Ist die Bedingung nicht erfüllt, dann führt der Arduino das Programm in der zweiten geschwungenen Klammer aus. Vor diese wird der Befehl else geschrieben. Hier im Beispiel wird die LED ausgeschaltet.

Allgemein sieht eine if – Bedingung so aus:

```
if (Bedingung) {
  Reaktion 1;
}
else {
  Reaktion 2;
}
```

Bei der Abfrage der `if`-Bedingung werden die gleichen logischen Operatoren verwendet wie bei der while-Bedingung:

< kleiner	bzw.	> größer
<= kleiner oder gleich	bzw.	>= größer oder gleich
= = gleich	bzw.	! = ungleich

Beachte: Der vergleichende Operator besteht aus **zwei** Gleichheitszeichen!

Aufgabe 18.1

Vervollständige das Programm auf der vorigen Seite. Lass dir zusätzlich den Wert der Variablen `helligkeit` auf dem seriellen Monitor anzeigen.

Baue die zugehörige Schaltung auf. Verwende den LDR in einer Spannungsteilerschaltung mit einem 1 kΩ-Festwiderstand.

Vergleich von if-Bedingung und while- bzw. for-Schleife

Grundsätzlich ist die if-Bedingung ähnlich aufgebaut wie eine while- bzw. for-Schleife:

```
if(Bedingung) {
  Reaktion;
}
```

```
while(Bedingung) {
  Reaktion;
}
```

```
for(…,Bedingung,…) {
  Reaktion;
}
```

Es wird jeweils überprüft, ob eine Bedingung erfüllt ist. Gegebenenfalls erfolgt eine Reaktion.

Ein großer Unterschied zwischen if und while besteht jedoch in einem zentralen Punkt:
Die **if-Bedingung** wird nach positiver Überprüfung der Bedingung (erfüllt? ja!) **genau einmal durchlaufen** , die **while- bzw. for-Schleife** wird so oft durchlaufen, **solange die Bedingung erfüllt** ist (beim Reaktionszeittester bspw. solange man den Taster nicht drückt). Anschaulich sitzt man bei while bzw. for so lange „gefangen“, wie die Bedingung erfüllt ist. Deshalb heißt es for-/while-SCHLEIFE und if-BEDINGUNG.

Aufgabe 18.2

Erstelle einen PAP zum Beispielprogramm auf der Vorderseite.

Aufgabe 18.3 „Helligkeitsanzeiger 1“

Baue und programmiere ein Gerät, das mithilfe von zwei LEDs anzeigt, ob im Raum das Licht an ist:

- Bei Helligkeit soll eine grüne LED leuchten.
- Hält man eine ausgestreckte Hand über den LDR, dann soll eine rote LED leuchten.

Mit `else if(zweite Bedingung) {Reaktion 3}` lassen sich zusätzliche Bedingungen abfragen.

```
if (erste Bedingung) {
  Reaktion 1;
}
else if (zweite Bedingung) {
  Reaktion 2;
}
else {
  Reaktion 3;
}
```

Beispiel:

```
if (i > 100) {
  digitalWrite(rot,HIGH);
}
else if (i < 50) {
  digitalWrite(gruen,HIGH);
}
else {
  digitalWrite(gelb,HIGH);
}
```

Aufgabe 18.4 „if mit zwei Bedingungen – Verständnis“

Erkläre welche Farbe (rot/grün/gelb) bei folgenden Werten der Variablen `i` leuchtet: 135, 10, 60, 50, 100

Aufgabe 18.5 „Helligkeitsanzeiger 2“

Erweitere deinen „Helligkeitsanzeiger 1“ aus Aufgabe 18.3 mithilfe von `else if` wie folgt:

- Bei Helligkeit soll (wie bisher) eine grüne LED leuchten.
- Bei Abdunklung mit einer Hand soll (wie bisher) eine rote LED leuchten.
- Wenn man den LDR komplett mit dem Finger abdeckt (neu!) soll eine blaue LED schnell blinken.

Verknüpfen mehrerer Bedingungen: UND und ODER

Mit Hilfe der Operatoren „&&“ (bedeutet „und“) bzw. „||“ (bedeutet „oder“, genauer „einschließendes oder“, nicht: „entweder… oder…“) lassen sich zwei Bedingungen miteinander verknüpfen.

Stell dir vor, man müsste menschliche Reaktionen nach dem Muster des Arduino programmieren und dein „Programm“ würde so lauten.

```
if (draußen ist es kalt && draußen regnet es) {Jacke anziehen}
```

Was würdest du tun, wenn es regnet? Was, wenn es kalt ist? Was, wenn es kalt ist **und** regnet?

Wie sähen die drei Fälle aus, wenn dein „Programm“ so lautet:

```
if (draußen ist es kalt || draußen regnet es) {Jacke anziehen}
```

Aufgabe 18.6 „Diebstahlschutz“

Baue und programmiere mit Hilfe eines LDR eine Diebstahlsicherung. Ein Alarmton soll ertönen, sobald ein Gegenstand von seiner Position entfernt wird.

Tipp: Miss zweimal kurz nacheinander die aktuelle Helligkeit (`a=analogRead(ldr); delay(…); b=analogRead(ldr);`) und überprüfe, ob sich die Differenz `b-a` merklich ändert : `if(b-a > …)`.

Variante der if-Bedingung ohne `else`

Wenn bei einer `if`-Schleife mehrere Fälle unterschieden werden müssen, kann man manchmal auch auf die Verwendung von `else` verzichten.

Angenommen mittels `entscheidung = digitalRead(eingang);` wird ein Taster abgefragt.

Beispiel: mit `else`

```
if (entscheidung == 1) {
  digitalWrite(rot, HIGH);
}
else {
  digitalWrite(gruen, HIGH);
}
```

Beispiel: ohne `else`

```
if (entscheidung == 1)  {
  digitalWrite(rot, HIGH);
}
if (entscheidung == 0) {
  digitalWrite(gruen, HIGH);
}
```

Bedenke: Die Variante ohne `else` funktioniert, weil es außer „`entscheidung == 1`“ nur als einzige Alternative „`entscheidung == 0`“ gibt. Deshalb kann hier `else` durch ein zweites `if` ersetzt werden. Gäbe es statt den möglichen Werten „1“ und „0“ für `entscheidung` noch eine dritte Möglichkeit „2“, dann müsste im Beispiel ohne `else` im Programmtext eine drittes `if` erscheinen:

Beispiel: mit `else`

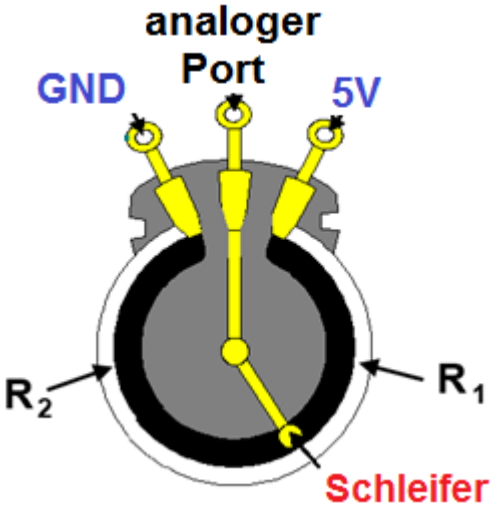
```
if (entscheidung == 1) {
  digitalWrite(rot, HIGH);
}
else if (entscheidung == 0) {
  digitalWrite(gruen, HIGH);
}
else {
  digitalWrite(blau, HIGH);
}
```

Beispiel: ohne `else`

```
if (entscheidung == 1)  {
  digitalWrite(rot, HIGH);
}
if (entscheidung == 0) {
  digitalWrite(gruen, HIGH);
}
if (entscheidung == 2) {
  digitalWrite(blau, HIGH);
}
```

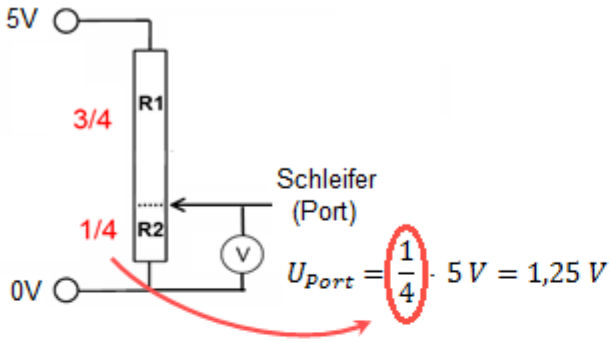
19. Potentiometer

An vielen elektronischen Geräten findet man Regler, an denen man drehen kann, um beispielsweise die Lautstärke zu ändern. Dahinter stecken meist **Potentiometer**, kurz **Poti**.



Aufbau eines Potentiometers

Das Potentiometer besteht aus drei Anschlüssen (s. Abb.). Zwei Anschlüsse an den Enden des Widerstandselements und ein beweglicher Gleitkontakt (auch **Schleifer** oder Mittelkontakt genannt). Der Schleifer bewegt sich durch Drehen des Knopfes auf einer Kohlebahn und teilt den festen Gesamtwiderstand in zwei Teilwiderstände R_1 und R_2 auf.

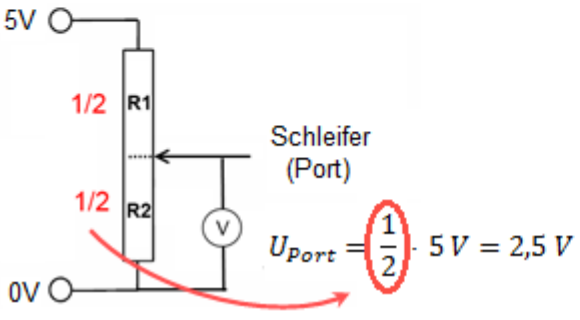


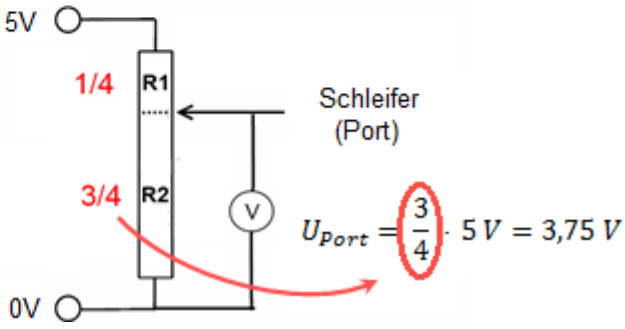
Prinzip der Spannungsteilung

Die Gesamtspannung (hier 5V) teilt sich auf die beiden Widerstände auf.
Am Mittelkontakt (Port) liegt dann die Spannung U_{Port} an, die am Widerstand R_2 abfällt:

Allgemein gilt:

$$U_{Port} = \frac{R_2}{R_{ges}} \cdot 5V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 5V$$

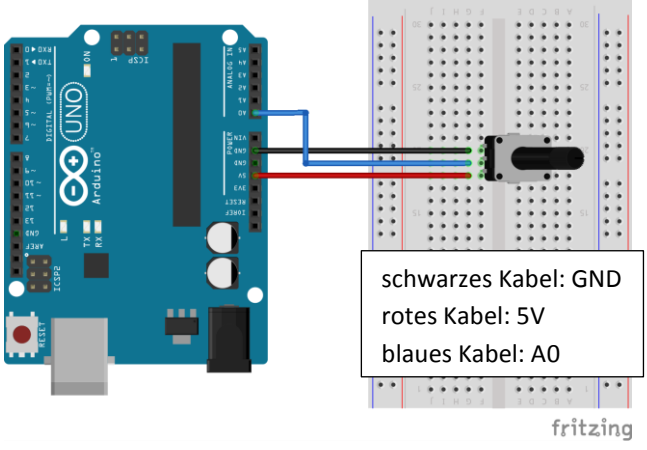




Aufgabe 19.1

a) Baue die Schaltung wie in der Abbildung rechts auf. Verwende zum Anschluss GND, 5V und A0. Lass dir den Wert des Analogeingangs auf dem seriellen Monitor anzeigen, wenn du am Poti drehst.
(Tipp: Verwende dein Programm „Sensorabfrage“)

b) Gebt euch abwechselnd 10 verschiedene Werte vor, die der andere jeweils mit dem Poti einstellt.



Der Poti kann nun z.B. dazu verwendet werden, um andere Bauteile (LED, Lautsprecher, …) zu steuern.

Aufgabe 19.2

Ergänze die Schaltung um eine LED.
Schreibe ein Programm, so dass die LED blinkt. Die Blinkfrequenz soll mit dem Poti geregelt werden.

Aufgabe 19.3

Verwende ein Poti, um von Hand…

a) die Helligkeit der LED aus Aufgabe 19.2 zu steuern. **Lies dazu den blauen Kasten unten durch!**

Wähle aus den folgenden vier Aufgaben zwei aus und bearbeite sie. Verwende erneut das Poti, um…

b) per Lautsprecher die Frequenzen der C-Dur-Tonleiter (c‘ = 262 Hz bis c‘‘ = 523 Hz) abzupielen.
c) bei einer RGB-LED einen kontinuierlichen Farbwechsel von rot nach grün einstellen zu können.
d) Die Geschwindigkeit deines in Aufgabe 8.5 programmierten Liedes zu verändern.
e) die Position deines Namens auf dem LCD zu verändern.

Hinweis: Verwende den `map`-Befehl, um den Analogwert des Poti aus dem Intervall [0; 1023] in das Intervall [0; 255] für PWM-Werte umzurechnen.
Beachte dabei, dass du den umgerechneten Wert an eine Variable (z.B. `int i`) übergibst, also z.B. `int i = map(poti,1,2,3,4)` und nicht nur `map(poti,1,2,3,4)` .

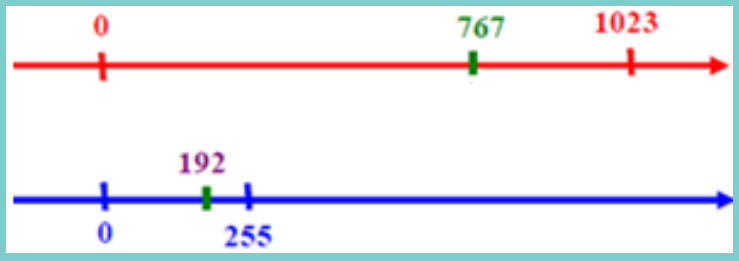
Umrechung von Zahlenbereichen mit dem map-Befehl

Der Befehl `analogRead(A0)` liefert beim Auslesen des Poti Analogwerte aus dem Zahlenbereich von **0 bis 1023**. Um eine LED zu dimmen, benötigt man aber PWM-Werte aus dem Bereich **0 bis 255**. Würde man den Potentiometer von 0 bis 1023 „aufdrehen“ würde es unvermeidbar zu mehreren „Überläufen“ kommen (vgl. Kapitel zu Variablen).

Dieses Problem kann man mit dem **map-Befehl** lösen:

Der `map`- Befehl wird verwendet, wenn verschiedene Bereiche ineinander umgerechnet werden müssen:
y = map(Wert, a, b, c, d) → rechnet einen Wert vom Intervall [a;b] in das Intervall [c;d] um.

Beispiel: Möchte man Poti-Werte (0…1023) in PWM-Werte (0…255) umrechnen, erledigt das der folgende Befehl: pwm = map(analogRead(poti), 0, 1023, 0, 255)
Angenommen, der Poti-Wert beträgt aktuell 767, dann wird der Variablen `pwm` der Wert 192 zugewiesen.

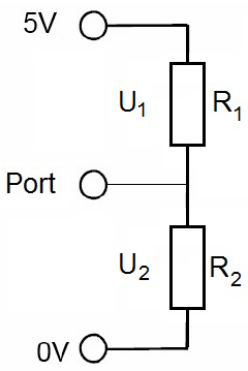


Die Umrechnung erfolgt linear und das Ergebnis ist immer ein ganzzahliger Wert (integer).

20. Spannungsteiler

Bei vielen Sensoren handelt es sich um Widerstände, die ihren Wert ändern, wenn sich z.B. die Temperatur oder die Helligkeit ändert. Um dies registrieren zu können, haben wir den LDR in einer sogenannten **Spannungsteilerschaltung** verwendet. Auch der Poti als Bauteil stellt einen Spannungsteiler dar. Die Idee, die hinter einer Spannungsteilung steckt, lernst du nun genauer kennen.

Diese Schaltung in der Abbildung rechts bezeichnet man allgemein als **Spannungsteiler** mit einem Mittelkontakt. Eine Spannungsteilerschaltung besteht immer aus zwei Widerständen (meistens ist einer davon veränderbar) und drei Anschlüssen (GND, 5V und Port). Da die beiden Widerstände in Reihe verbaut sind, ist der Gesamtwiderstand R_{ges} die Summe aus den Widerständen R_1 und R_2. Die beiden Widerstände teilen die Gesamtspannung (5V) entsprechend ihren Anteilen am Gesamtwiderstand in die Spannung U_1 und U_2 auf. Das Potential am Port entspricht U_2 und lässt sich aus den Widerstandswerten von R_1 und R_2 und der Gesamtspannung berechnen. Die Spannung U_2 lässt sich mit folgender Formel berechnen (dabei gilt: $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2$):



$$\boldsymbol{U_2 = U_{\text{ges}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

Herleitung der Formel für U_2 :

Da der Stromfluss in Reihe immer gleich ist, gilt:	$I_2 = I_{\text{ges}}$	
Für Ohmsche Widerstände gilt $U = R \cdot I$. Also auch : $I = \frac{U}{R}$	$\frac{U_2}{R_2} = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}}$	$\mid \cdot R_2$
	$U_2 = U_{\text{ges}} \cdot \frac{R_2}{R_{\text{ges}}}$	
Mit $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$ erhält man	$U_2 = U_{\text{ges}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	

Aufgabe 20.1 Im Folgenden gilt $U_{\text{ges}} = 5V$. Berechne jeweils die Spannung U_2, wenn…

a) $R_1 = 5\ k\Omega$ und $R_2 = 10\ k\Omega$ gilt.
b) R_1 und R_2 gleich groß sind.
c) R_1 zehnmal so groß wie R_2 ist.
d) R_1 und R_2 durch zwei baugleiche LDR ersetzt werden, die gleich stark beleuchtet werden.

Aufgabe 20.2

Berechne, welchen Analogwert man bei einem Spannungsteiler mit $R_1 = 220\ \Omega$ und $R_2 = 1\ k\Omega$ am Port erwartet. Baue **dann** die Schaltung auf, lass dir den Analogwert am Monitor anzeigen und vergleiche.

Bau beliebiger Sensoren mit Hilfe einer Spannungsteilerschaltung

Die meisten Sensoren basieren, wie beim LDR, auf dem Prinzip des Spannungsteilers:
Möchte man zum Beispiel ein Thermometer selbst bauen, benötigt man einen veränderlichen Widerstand R_{Sensor} , dessen Größe sich mit der Temperatur ändert. Man muss diesen nur mit einem Festwiderstand R_{fest} in einer Spannungsteilerschaltung verbauen und das Potential am Mittelkontakt auslesen – fertig.
So lassen sich beliebige Sensoren „bauen“, z.B. für Luftfeuchtigkeit, Druck, Lautstärke, …

21. Der Arduino als Thermometer

Im Folgenden sollst du verstehen, wie ein Digital-Thermometer (z.B. ein Fieberthermometer) funktioniert. Du baust selbst einen solchen Thermometer aus seinen Grundbestandteilen auf und programmierst ihn.

Wir verwenden als Temperatursensor einen sog. **NTC-Widerstand** (engl. **N**egative **T**emperatur **C**oeffizient). Oft sagt man statt „NTC-Widerstand“ auch einfach nur „NTC“. Unser NTC wird auch als Heißleiter bezeichnet. Warum das so ist, siehst du in der folgenden Aufgabe:

Aufgabe 21.1 „Thermometer“

a) Nimm den NTC in die Hand und messe seinen Widerstand bei Raumtemperatur und in der warmen Hand. Wie ändert sich sein Widerstand mit der Temperatur? Bilde zwei "*Je ..., desto ...*"-Sätze.

b) Baue nun eine Spannungsteilerschaltung auf, wobei du den zweiten Widerstand etwa gleich groß wie den NTC-Widerstand wählst. Welche Werte misst du am Analogeingang A0?
Benutze den seriellen Monitor, um dir die Analogwerte anzeigen zu lassen.
(Tipp: Verwende zum Auslesen der Sensorwerte dein Programm „Sensorabfrage“)

c) Messe zeitgleich so exakt wie möglich(!) mit einem Referenzthermometer die Temperatur in einem Glas mit Wasser und notiere das Wertepaar (analoger Sensorwert | Referenztemperatur). Wiederhole die Messung mit Wasser, dessen Temperatur sich möglichst stark von der ersten Messung unterscheidet.
Rechne die gemessenen analogen Sensorwerte mit dem `map`-Befehl in die Temperatur in °C um.
Speichere dein Programm anschließend unter dem Namen „Thermometer“ ab.

d) Teste dein Thermometer in einem Wasserglas vorne auf dem Lehrerpult.

In vielen Situationen ist der exakte Wert einer physikalischen Größe nicht so wichtig. Ein klassischer Bewegungsmelder, den du von zu Hause kennst, detektiert Wärmestrahlung und schlägt nur dann an, wenn sich die Wärmestrahlung in seinem Blickfeld merklich ändert. Er funktioniert dabei bei sommerlichen Temperaturen oder klirrender Kälte gleichermaßen gut. Es kommt nur darauf an, ob sich der aktuelle „Wärme-Wert“ rasch ändert. Das Detektieren der Änderung einer Größe lernst du in der nächsten Aufgabe kennen.

Aufgabe 21.2 „Elektrisches Teelicht 2.0“

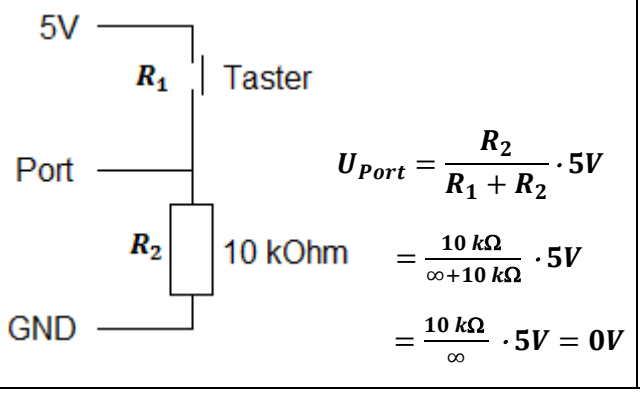
Baue und mit Hilfe des NTC (Spannungsteilerschaltung mit $10\ k\Omega$-Festwiderstand) und einer LED ein elektrisches Teelicht: Die LED (das Teelicht) ist zunächst an.
Wenn man auf den NTC-Widerstand pustet bzw. ihn anhaucht, soll die LED erlöschen.

Anleitung: Miss zweimal kurz nacheinander die aktuelle Temperatur:
`a = analogRead(ntc); delay(…); b = analogRead(ntc);`
Wenn sich die Temperaturwerte durch Pusten/Anhauchen merklich verändern (falls also z.B. a – b > 5; im Programm: `while(abs(a-b)>5)`), dann soll die LED erlöschen.
Das `abs` steht für (Absolut-)Betrag von `a-b` und stellt sicher, dass die Kerze sowohl bei „a – b > 5“ als auch bei „b – a > 5“ ausgeht.
Lass dir zur besseren Übersicht `a-b` auf dem seriellen Monitor anzeigen.

22. Taster – Start per Knopfdruck

Ersetzt man in einem Spannungsteiler einen der beiden Widerstände durch einen Taster erhält man die folgenden beiden Zustände:

Taster geöffnet
Ein geöffneter Taster entspricht einem **unendlich großen** Widerstand.

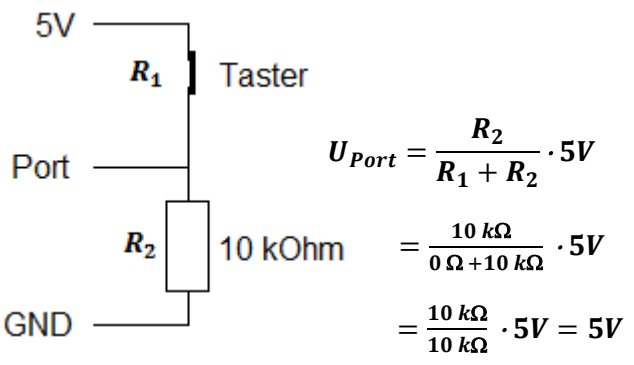


$$U_{Port} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 5V$$

$$= \frac{10\,k\Omega}{\infty + 10\,k\Omega} \cdot 5V$$

$$= \frac{10\,k\Omega}{\infty} \cdot 5V = 0V$$

Taster geschlossen
Ein geschlossener Taster hat **keinen** Widerstand.



$$U_{Port} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 5V$$

$$= \frac{10\,k\Omega}{0\,\Omega + 10\,k\Omega} \cdot 5V$$

$$= \frac{10\,k\Omega}{10\,k\Omega} \cdot 5V = 5V$$

Das Schließen und Öffnen des Tasters liefert die Zustände HIGH (5V) und LOW (0V).

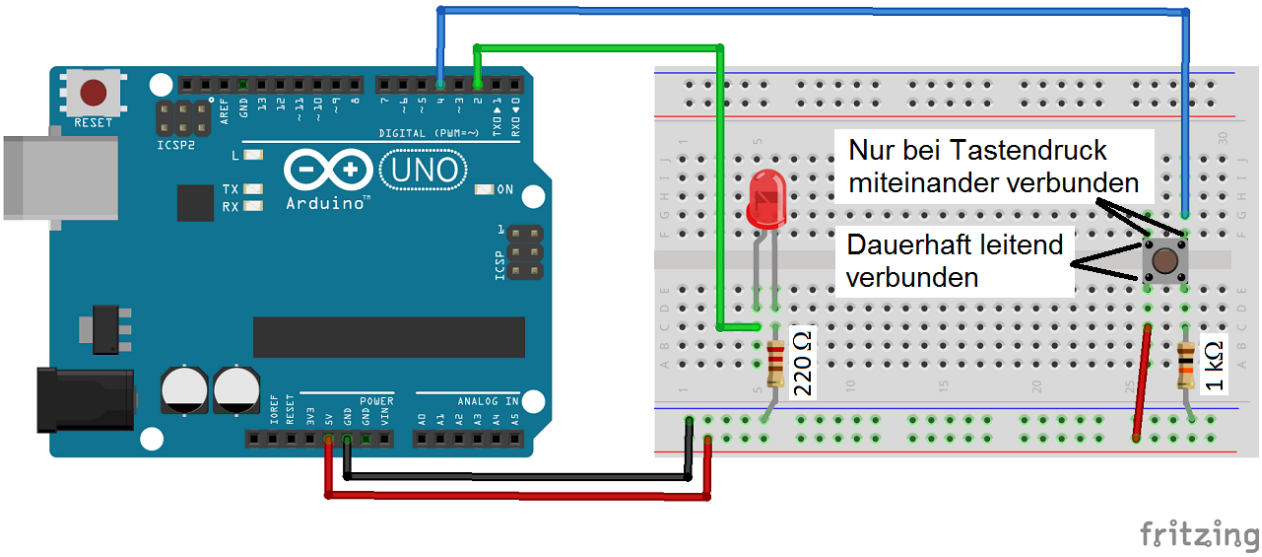
Bei offenem Taster ist der Port über den Widerstand mit GND verbunden. Der Widerstand wird deshalb als **„Pull-Down"-Widerstand** bezeichnet, weil seine Aufgabe darin besteht das Potenzial nach unten („down") zu ziehen („pull"), während der Taster nicht gedrückt wird. Wenn man in der Abbildung oben die Position von Taster und Festwiderstand vertauscht, dann fungiert der Festwiderstand als **„Pull-Up"-Widerstand**. Bei nicht gedrücktem Taster liegt am Port das Potenzial 5 V an.

Aufgabe 22.1

Baue die Schaltung wie in der Abbildung unten auf.

a) Schreibe dein Programm „Sensorabfrage" so um, dass der Tasterstatus angezeigt wird.

b) Erweitere das Programm mit Hilfe des `if`-Befehls (`if(tasterstatus == HIGH){…}` else `{…}`) so, dass die LED nach Drücken des Tasters 5 Sekunden lang leuchtet und wieder aus geht.
Profis: Starte mit dem Taster eine Sirene statt eine LED zum Leuchten zu bringen.



Projekt 22.2 „Reaktionszeittester“

Baue und programmiere ein Reaktionszeitmessgerät:

Nachdem eine LED nach einer bestimmten Zeit zufällig (`random`-Befehl verwenden) aufleuchtet, soll ein Taster gedrückt und die Reaktionszeit zwischen Aufleuchten und Drücken bestimmt werden.

Programmtext:

```
int led = 2;
int taster = 4;

void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(taster, INPUT);
}

void loop() {
  int tasterStatus = digitalRead(taster);
  while(tasterStatus == LOW) {
  }
  int zeit = 0;     // Zeit wird auf Null gestellt
  int i = random(1000, 10000);
  delay(i);
  digitalWrite(led, HIGH);
  tasterStatus = digitalRead(taster);

  while(tasterStatus == LOW) { // Solange Schalter nicht gedrückt…
    zeit = zeit+1;
    delay(1);
    tasterStatus = digitalRead(taster);
  }
  digitalWrite(led, LOW);
  delay(5000);
}
```

a) Überlege dir folgende Dinge:
   - In welchem Programmabschnitt findet die Zeitmessung statt?
   - Wozu dient der Befehl `while(tasterStatus == LOW) { }` zu Beginn des loop-Teils.

b) Erweitere das Programm so, dass die Reaktionszeit auf dem seriellen Monitor angezeigt wird.

c) Untersuche, ob ein Mensch schneller auf **optische**, **akustische** oder **haptische** Reize reagiert.
   Verwende für den akustischen Reiz einen Lautsprecher, der zufällig einen kurzen Ton spielt.
   Verwende für den haptischen Reiz einen Vibrationsmotor .
   Bestimme nun für jede Variante (sehen / hören) in jeweils 20 Einzelversuchen deine Reaktionszeit.
   Bilde die Mittelwerte für beide Testreihen und vergleiche.

d) Profis: Der Arduino soll die 20 Durchgänge am Stück durchführen (`for(…,i<=20)`) und den Durchschnitt selbst berechnen (Verwende dazu eine Zählvariable `summe = summe + zeit` und am Ende `durchschnitt = summe/20`).

Aufgabe 22.3 „Menschliche Stoppuhr“

Deine Aufgabe besteht darin, möglichst exakt eine Zeitspanne von 10 Sekunden abzuschätzen.
Schließe dazu den Taster (Aufbau siehe Seite 35 unten) an den Arduino an.
Beim ersten Tastendruck soll die Zeitmessung starten, beim zweiten Tastendruck soll die Zeitmessung stoppen. Setze die Zeitmessung wie in Aufgabe 22.2 um.
Lass dir die Abweichung von 10 s auf dem seriellen Monitor anzeigen.
Zusatz für Schnelle: Die abzuschätzende Zeitspanne soll bei jedem Durchgang zufällig (`random`) sein.

Aufgabe 22.4

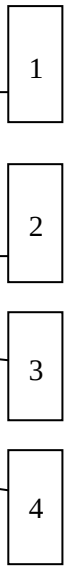
An Port 13 ist ein Drucktaster angeschlossen. Er liefert HIGH („1“), wenn er gedrückt ist, und LOW („0“), wenn er nicht betätigt wird.

Erklärt euch gegenseitig die vier Abschnitte des Programms.

```
int taster = 12;
int led = 13;

void setup() {
 pinMode(led, OUTPUT);
 pinMode(taster, INPUT);
}

void loop() {
 int entscheidung = digitalRead(taster);
 if (entscheidung == 1) {
   digitalWrite(led, HIGH);
 }
 else {
   digitalWrite(led, LOW);
 }
 delay(10);
}
```



Aufgabe 22.5

Für folgendes Programm ist an den Ports 1, 2 und 3 jeweils ein Taster und an den Ports 4, 5, 6 und 7 jeweils eine LED angeschlossen. Trage in untenstehender Tabelle ein, welche LED jeweils leuchtet.

```
void setup() {
  pinMode(1,INPUT);
  pinMode(2,INPUT);
  pinMode(3,INPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
  pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT);
  pinMode(7,OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(4,LOW);
  digitalWrite(5,LOW);
  digitalWrite(6,LOW);
  digitalWrite(7,LOW);

  if(digitalRead(1)==0 && digitalRead(2)==1) {
    if(digitalRead(3)==0) {
      digitalWrite(5,HIGH);
    }
    else {
      digitalWrite(6,HIGH);
    }
  }
  else if(digitalRead(3)==1) {
    digitalWrite(7,HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite(4,HIGH);
  }
  delay(1000);
}
```

Port 1	Port 2	Port 3	welche LED leuchtet?
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
1	0	0	
0	1	1	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

23. Fernbedienung

Viele elektronische Geräte (Fernseher, Stereoanlage, …) lassen sich elegant mit einer Fernbedienung steuern. Die meisten Fernbedienungen arbeiten mit einer Infrarot-LED (kurz: IR-LED) als Sender, die ein codiertes Signal an den Infrarot-Empfänger sendet, der sich im Elektrogerät selbst befindet.

Aufgabe 23.1
Drücke auf einige Tasten der Fernbedienung und betrachte die IR-LED auf der Vorderseite der Fernbedienung. Betrachte anschließend die IR-LED indirekt durch eine Handykamera. Was stellst du fest?

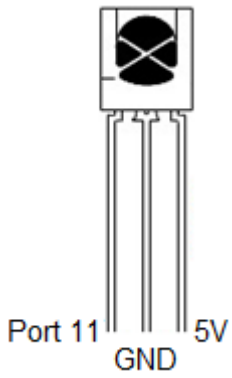
Das folgende Programm schaltet eine LED bei Tastendruck ein und aus:

```
#include <IRremote.h>

int ir = 11;       //  Anschluss des IR-Empfängers an Port 11
IRrecv irrecv(ir);
decode_results results;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(13, OUTPUT);    // LED an Port 13
  irrecv.enableIRIn(); // Initialisierung des IR-Empfängers
}

void loop() {
  if (irrecv.decode(&results)) {    // Falls Daten ankommen…
    Serial.println(results.value, DEC);
    if (results.value == 16724175) {
      digitalWrite(13, HIGH);
    }
    if (results.value == 16718055) {
      digitalWrite(13, LOW);
    }
    irrecv.resume();          // Empfange die nächsten Daten…
  }
}
```



Aufgabe 23.2 **„Fernbedienung“** *Probleme beim Aufbau? → Anhang B: Aufbauhilfen*

a) Finde heraus, welche Tasten der IR-Fernbedienung im Programm die LED ein- bzw. ausschalten. Halte in einer Excel-Tabelle fest, welcher Wert bei welchem Tastendruck gesendet wird.

b) Untersuche, ob Sichtkontakt der IR-Fernbedienung zum zu steuernden Gerät erforderlich ist. Teste, ob ein Geodreieck / Fensterscheibe das IR-Licht reflektiert bzw. es durchlässt.

c) Verändere / Ergänze das Programm von oben wie folgt (vergiss den LED-Vorwiderstand nicht!)

- Tasten 1 und 2: rote LED geht an bzw. aus
- Tasten 4 und 5: grüne LED geht an bzw. aus
- Tasten 7 und 8: gelbe LED geht an bzw. aus
- „+“-Taste und „–„-Taste: Alle LEDs gehen an bzw. aus.
- Schnelle: Taste „100+“: Eine blaue LED blinkt 100mal in 2 Sekunden (Tipp: for-Schleife)

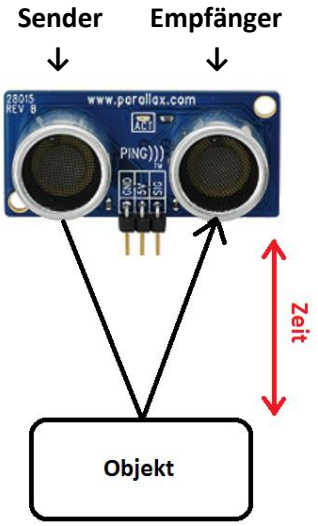
Hinweis: die Zahl „4294967295“ erscheint, sobald man eine Taste für längere Zeit / dauerhaft gedrückt hält

24. Ultraschall-Entfernungsmesser

Mit Hilfe des Arduino soll ein digitaler Entfernungsmesser aufgebaut werden. Die Entfernung soll auf dem seriellen Monitor angezeigt werden.

Zur Verfügung stehen dir:

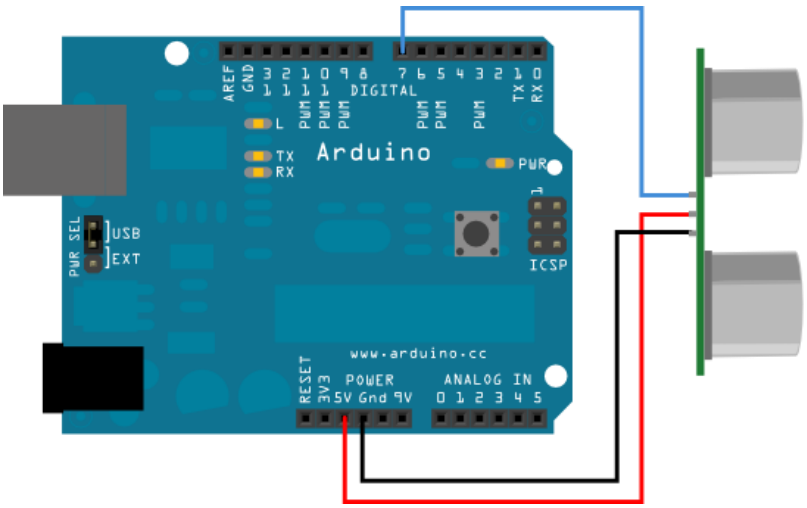
- Ultraschallsensor PING der Firma Parallax (3 Anschlüsse) bzw.
- Ultraschallsensor HC-SR04 (4 Anschlüsse)



Der Ultraschallsensor besitzt drei bzw. vier Anschlüsse: Zwei für die Spannungsversorgung (5V und GND) und einen bzw. zwei für das Signal (SIG). Aufgabe des Ultraschallsensors (Bild rechts) ist es, den Abstand zu einem Gegenstand zu bestimmen. Das Funktionsprinzip dieses Sensors ist dabei einfach:

Nach dem Starten des Sensors schickt der **Sender** ein Ultraschall-Signal aus, welches am Objekt reflektiert wird und schließlich zum **Empfänger** gelangt. Die Zeit zwischen Aussenden und Empfang wird registriert. Wenn man nun weiß, wie schnell sich der Schall ausbreitet, kann die Distanz zum Objekt bestimmt werden! Beim PING-Sensor übernimmt ein Pin (SIG) die Aufgabe von Sender und Empfänger gleichzeitig, beim HC-SR04 gibt steuert jeweils ein Pin den Sender (Trig) und ein Pin den Empfänger (Echo).

Anschluss des Ultraschallsensor PING mit 3 Anschlusspins an den Arduino:



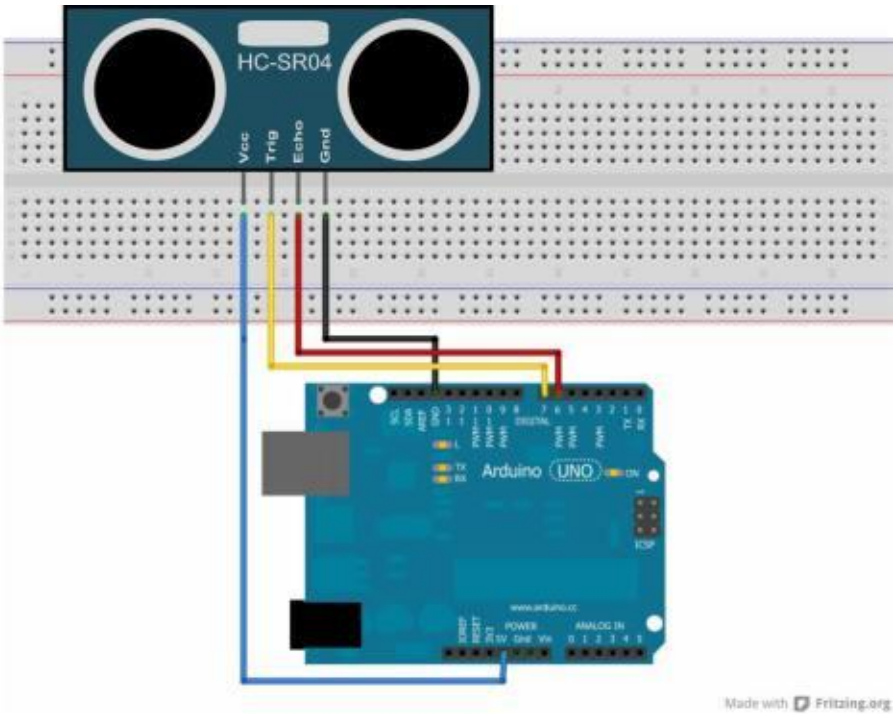
Vorsicht: Achte unbedingt darauf, dass du den Ultraschallsensor richtig anschließt. Ansonsten kann er kaputt gehen! Lass deine Schaltung im Zweifelsfall nochmals durch deinen Lehrer überprüfen.

Aufgabe 24.1

Schließe den dir vorliegenden Ultraschallsensor an den Arduino an (PING: siehe Abb. oben, HC-SR04: siehe Abb. nächste Seite). Übernimm den entsprechenden Programmcode von der nächsten Seite per *copy and paste* und teste deinen Ultraschallsensor.

Anschluss des Ultraschallsensor HC-SR04 mit 4 Anschlusspins an den Arduino:

(Vcc: 5V, Trig: Port 7, Echo: Port 6, Gnd: GND)



Programmcode für den Ultraschallsensor PING mit 3 Anschlusspins:

```
int ping = 7;

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

void loop() {
  pinMode(ping, OUTPUT);  // der PING sendet als AUSGANG einen 5ms HIGH-Impuls
  digitalWrite(ping, LOW); delay (5);
  digitalWrite(ping, HIGH); delay (5);
  digitalWrite(ping, LOW);
  pinMode(ping, INPUT);   // der PING misst als EINGANG die Zeit bis zum Echo

  int dauer = pulseIn(ping, HIGH); // Zeit bis Signal zurückkehrt in µs
  int entfernung = 0.0343*(dauer/2); // Zeit in Entfernung umrechnen; s = v*t
                                     // Schallgeschw.: 343m/s = 0.0343cm/µs
  Serial.print(entfernung);
  Serial.println(" cm");
  delay(1000);
}
```

Programmcode für den Ultraschallsensor HC-SR04 mit 4 Anschlusspins:

```
int trigger = 7;
int echo = 6;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigger, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(trigger, LOW); delay (5);
  digitalWrite(trigger, HIGH); delay (5);
  digitalWrite(trigger, LOW);
  int dauer = pulseIn(echo, HIGH);   // Zeit bis Signal zurückkehrt in µs
  int entfernung = 0.0343*(dauer/2); // Zeit in Entfernung umrechnen; s = v*t
                                     // Schallgeschw.: 343m/s = 0.0343cm/µs
  Serial.print(entfernung);
  Serial.println(" cm");
  delay(1000);
}
```

Aufgabe 24.2

Untersuche folgende Dinge und halte deine Antworten schriftlich fest:

a) Wie groß ist der Messbereich deines Ultraschallsensors (minimale und maximale Entfernung)?
b) Überprüfe mithilfe eines Lineals, ob der Ultraschallsensor die Entfernungen korrekt bestimmt.
c) Funktioniert der Ultraschallsensor auch bei durchsichtigen Materialien?
d) Von welcher Stelle aus beginnt der Ultraschallsensor seine Messung (wo ist sein „Nullpunkt“?)

Aufgabe 24.3

Bestimme mit dem Ultraschallsensor deine Körpergröße. Wie groß ist die Abweichung?

Aufgabe 24.5 „Blitzer“

Erweitere das Beispielprogramm von oben so, dass die Geschwindigkeit eines Objektes, das sich dem Ultraschallsensor nähert, bestimmt und auf dem seriellen Monitor angezeigt wird.
Falls das Fahrzeug z.B. schneller als 10 cm/s fährt, soll es „geblitzt“ (rote LED geht an) werden.
*Tipp: Um die Geschwindigkeit(**v = s/t**) zu bestimmen, muss man zweimal kurz hintereinander (z.B. im **Zeit**abstand von 100 ms) die Entfernung messen und damit die zurückgelegte **Strecke** bestimmen.*

Aufgabe 24.4 „Einparkhilfe“

Baue und programmiere eine elektrische Einparkhilfe. Der Abstand zu einem Hindernis soll akustisch mitgeteilt werden: Je näher das Hindernis ist, desto schneller soll ein Piepton ertönen. Der Piepton soll dabei erst bei Abständen < 40 cm beginnen, bei Abständen < 5 cm soll ein Dauerton zu hören sein.

Aufgabe 24.6 „Instrument“

Je nach Abstand deiner Hand zum Ultraschallsensor sollen verschieden hohe Töne gespielt werden. Spiele dein Lieblingslied. (Tipp: Verwende zur Umrechnung *Abstand* ↔ *Frequenz* den `map`–Befehl)

25. Motoren mit dem Arduino steuern

Wenn wir mit dem Arduino z.B. ein (selbstfahrendes) Fahrzeug bauen wollen, müssen wir für den Antrieb des Fahrzeugs einen oder mehrere Motoren ansteuern. So wie sich eine LED mit dem Befehl digitalWrite(…) an- und ausschalten lässt, kann man auch einen Motor ein- und ausschalten.

Achtung Verletzungsgefahr! Halte den (fest montierten!) rotierenden Propeller von Auge / Gesicht fern!!!

Aufgabe 25.1

Schreibe ein Programm, das den Motor 5 Sekunden einschaltet und dann für 2 Sekunden ausschaltet.

Aufgabe 25.2

Das folgende Programm steuert einen Motor. Was passiert dabei genau?

```
int motoranschluss1 = 9;
int motoranschluss2 = 10;

void setup() {
  pinMode(motoranschluss1, OUTPUT);
  pinMode(motoranschluss2, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(motoranschluss1, HIGH);
  digitalWrite(motoranschluss2, LOW);
  delay(4000);
  digitalWrite(motoranschluss1, LOW);
  digitalWrite(motoranschluss2, HIGH);
  delay(4000);
}
```

Aufgabe 25.3

Mit Hilfe der Pulsweitenmodulation (PWM) kann man eine LED heller und dunkler leuchten lassen. Mit dem gleichen Vorgehen lässt sich ein Motor schneller und langsamer drehen.

a) Finde heraus, ab welchem PWM-Wert sich der Motor zu drehen beginnt. Notiere den Wert.

b) Verändere das Programm aus Aufgabe 25.2 so, dass der Motor aus dem Stillstand immer schneller wird, bis er die maximale Drehzahl erreicht und anschließend wieder langsamer wird. Sobald er zum Stehen kommt, soll er die Drehrichtung ändern.
Sinnvoll ist hier, den Bereich auszublenden, bei dem der Motor noch nicht anläuft.

Aufgabe 25.4

Steuere die Drehzahl deines Motors mithilfe eines Potis. (Tipp: Verwende den `map`-Befehl)

26. Servo-Motor für genaue Drehwinkel

Im Modellbau und bei Robotern werden oft sog. **Servo-Motoren** verwendet. Diese werden mit PWM-Signalen gesteuert. Servos haben drei Anschlüsse.

rot = 5V
schwarz = GND
orange = Steuer-Signal

Es gibt zwei Arten von Servos:

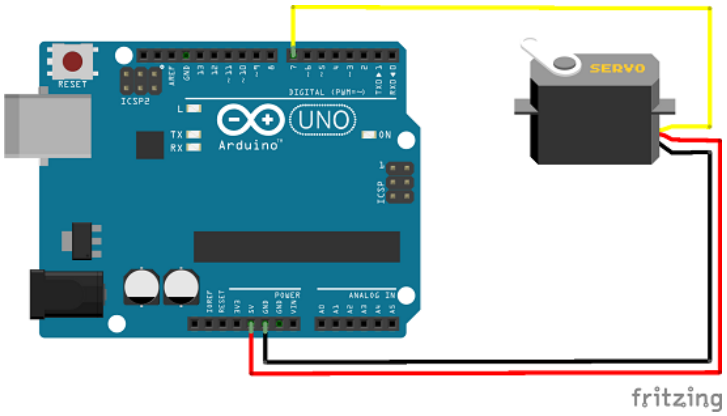
- solche, die je nach PWM-Wert einen bestimmten Winkel drehen und stehen bleiben.
- solche, die sich je nach PWM-Wert schneller oder langsamer drehen (360°-Servos).

Hier lernst du, wie man mit einem Servo-Motor einen bestimmten Winkel zwischen 0° und 180° ansteuert. Die „Servo-Library“ macht dies sehr einfach:

```
#include <Servo.h>     // stellt die Befehle aus der „Servo-Library“ bereit
Servo meinservo;       // benennt den Servo-Motor als „meinservo“

void setup() {
  meinservo.attach(PORT); } // als Anschluss-Ports sind nur PWM-Ports möglich

void loop() {
  meinservo.write(GRAD); }  // Steuerwert: 0 ≤ GRAD ≤ 180
```



Vorsicht: Achte unbedingt darauf, dass du den Servo-Motor richtig anschließt. Ansonsten kann er kaputt gehen! Lass deine Schaltung im Zweifelsfall nochmals durch deinen Lehrer überprüfen.

Aufgabe 26.1

Lass den Servo im Abstand von 2 Sekunden verschiedene zufällige (`random`-Befehl) Winkel anfahren.

Aufgabe 26.2

a) Steure den Servo mithilfe eines Potis. (Tipp: Verwende den `map`-Befehl)
b) Baue mit einem Servo ein Zeigerinstrument, das auf einem Schirm die Helligkeit im Raum anzeigt.

Projekt 26.3 „Radar“

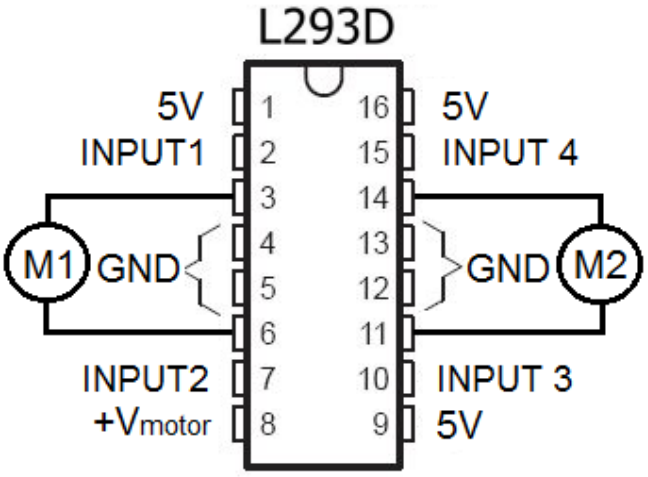
Konstruiere eine Radaranlage, die auf dem LCD den Abstand zu Objekten in ihrer Umgebung anzeigt.

27. Motortreiber

Es gibt Motoren, die für ihren Betrieb nur eine geringe Stromstärke von einigen mA benötigen. Dazu gehören z.B. Solarmotoren und Servomotoren. Die Ports des Arduino liefern Stromstärken von **max. 40 mA**. Für leistungsstärkere, größere Motoren, mit denen man beispielsweise einen Roboter bauen oder ein Fahrzeug antreiben kann, ist das viel zu wenig. Deshalb benutzt man einen sogenannten **Motortreiber** (unser Motortreiber heißt **L293D**). An ihn können bis zu zwei Motoren angeschlossen werden, die sich jeweils vor- und rückwärts drehen lassen. Die Motoren können mit Hilfe des Motortreibers mit einer externen, stärkeren Spannungsquelle betrieben werden. Die Ansteuerung der Motoren übernimmt dabei der Arduino.

Funktion des L293D

Achtung: Verwechsle die Pins des Motortreibers nicht mit den Ports des Arduino! Zum Beispiel wird in der Schaltung auf der folgenden Seite der Motortreiber-Pin 2 vom Arduino-Port 6 angesteuert.

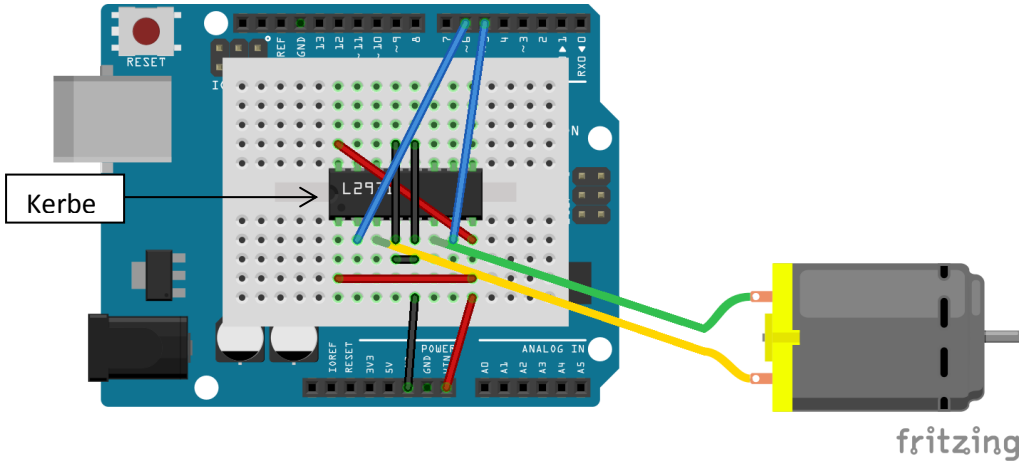


Pinbelegung L293D	Bedeutung
4, 5, 12, 13	Erdung (0V)
16	Energieversorgung des Motortreibers (5V)
1 und 9	Aktivierungs-Pins für die Motoren. Anschluss an 5V (wie in der Abbildung oben) → volle Leistung Anschluss an PWM-Port → Leistung kann „gedrosselt“ werden
8	Energieversorgung der Motoren (5V)
3 und 6	Anschluss Motor 1
11 und 14	Anschluss Motor 2
2 und 7	Steuerung der Drehrichtung des Motors 1: **Pin2: HIGH Pin7: LOW → Motor dreht sich** Pin2: LOW Pin7: LOW → Motor dreht sich nicht !!! **Pin2: LOW Pin7: HIGH → Motor dreht sich umgekehrt** Pin2: HIGH Pin7: HIGH → Motor dreht sich nicht !!!
10 und 15	Steuerung der Drehrichtung des Motors 2 (analog zu den Pins 2 und 7 von Motor 1)

Aufgabe 27.1: Baue die Schaltung wie in der Abbildung (**siehe nächste Seite**) auf.

a) Schreibe ein Programm, das den Port zur Aktivierung des ICs (hier Port 9) auf HIGH setzt und einen der Ports zur Steuerung der Drehrichtung (entweder Port 5 oder 6) auf HIGH und den anderen auf LOW. Das Fahrzeug sollte jetzt in eine Richtung fahren.

b) Vertausche die Zustände der beiden Steuerungs-Ports (HIGH ↔ LOW).
Das Fahrzeug sollte jetzt in die andere Richtung fahren.



Aufgabe 27.2

a) Schreibe ein Programm, dass das Fahrzeug im Zweisekundentakt abwechselnd in die eine und die andere Richtung fährt.
b) Schreibe ein Programm, dass das Fahrzeug Motor 3 mal hintereinander jeweils 2 Sekunden in eine Richtung und nach einer Pause von 1 Sekunde 2 Sekunden in die andere Richtung fährt.

Aufgabe 27.3

a) Schreibe für das Vorwärts- und Rückwärtsdrehen sowie für das Stoppen des Fahrzeuges Unterprogramme mit den Namen „vorwaerts“, „rueckwaerts“ und „stopp“.
b) Schreibe mithilfe der Unterprogramme ein Programm, das das Fahrzeug 1 Sekunde vorwärts, ½ Sekunde rückwärts laufen lässt und es dann für zwei Sekunden stoppt.

Aufgabe 27.4

Um die Geschwindigkeit des Fahrzeuges zu steuern, kann man den Aktivierungs-Pin 1 (bzw. bei Verwendung von zwei Motoren zusätzlich Pin 9) des L293D an einen PWM-Ausgang des Arduino anschließen. Damit lässt sich die Leistung des L293D drosseln.

a) Lass das Fahrzeug langsamer als im bisherigen „Normalbetrieb“ fahren.
b) Lass das Fahrzeug aus dem Stand bis zur maximalen Geschwindigkeit anfahren. Drossle anschließend die Geschwindigkeit wieder bis zum Stillstand des Fahrzeugs.
c) Regle die Geschwindigkeit des Fahrzeugs mit Hilfe eines Potis.
Gib auf dem seriellen Monitor die Drehzahl des Motors in Prozent der Maximaldrezahl an.

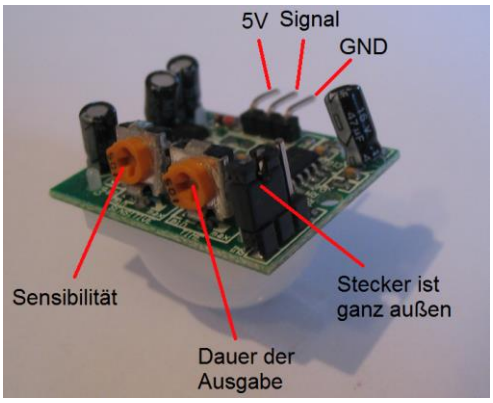
Aufgabe 27.3

Schließe einen zweiten Motor an den Motortreiber an.
Schreibe ein Programm, dass sich die Motoren zunächst in die gleiche Richtung, in die umgekehrte Richtung und anschließend in verschiedene Richtungen drehen (dazwischen 1 Sekunde Pause).
Gib auf dem seriellen Monitor die Drehrichtung der einzelnen Motoren an (z.B. „Links vorwaerts“).

28. Bewegungsmelder
Der Arduino als „Wachhund“

An vielen Häusern sind Bewegungsmelder installiert, die dafür sorgen, dass bei Dunkelheit das Außenlicht eingeschaltet wird, sobald sich jemand dem Hauseingang nähert. Im Inneren eines solchen Bewegungsmelders befindet sich ein sog. **PIR-Sensor** (**P**assiv-**I**nfra**r**ot).

Der PIR-Sensor ist sehr einfach konstruiert: Sobald er eine Bewegung detektiert, gibt er auf dem mittleren Anschlusspin eine Spannung von 5 Volt aus. Das Ausgangssignal bleibt dabei so lange aktiv, wie vom Bewegungsmelder eine Bewegung detektiert wird. Dieses Signal muss nur ausgelesen und vom Arduino verarbeitet werden. Die Dauer des Ausgangssignals und die Sensibilität kann über zwei Drehregler (S: Sensibility; T: Time) eingestellt werden (siehe Abb.). Die Kunststofflinse ist nur leicht aufgesteckt. Wenn man sie abhebt kann man den Infrarotdetektor erkennen.



Funktionsweise

Jeder Mensch strahlt aufgrund seiner Körpertemperatur Infrarotstrahlung aus, die wir jedoch mit unserem Auge nicht wahrnehmen können. Basis eines PIR-Sensors sind Kristalle, die bei Änderung der einfallenden Strahlung (z.B. wenn sich eine Person nähert) eine elektrische Spannung im µV –Bereich abgeben. Dieses Ausgangssignal wird verstärkt und führt zu einem Wechsel der Ausgangsspannung von 0V auf 5V. Der Bewegungsmelder soll aber natürlich nicht bereits durch eine kalte Windböe ausgelöst werden. Dazu sind in jedem PIR-Sensor zwei Kristalle antiparallel geschaltet. Einer der Kristalle gibt bei Auftreffen von IR-Strahlung einen positiven, der andere einen negativen Spannungsimpuls ab. Änderungen der Strahlung, die in einem großen Raumgebiet gleichzeitig und mit gleicher Intensität (z.B. durch durch eine kühle Windböe) auf beide Kristalle einwirken, lösen so keinen Erfassungsvorgang aus.
Anders verhält es sich bei raschen Bewegungen. Bei schnellen punktuellen Änderungen der IR-Strahlung wechselt das Ausgangssignal von LOW auf HIGH.

Programmtext:

```
int pir = 2;

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

void loop() {
 int wert = digitalRead(pir);
 if(wert == HIGH) {
  Reaktion }
 else {
  andere Reaktion }
 delay(500);
}
```

Aufgabe 28.1

a) Schließe den PIR-Sensor an den Arduino an und lass dir die Werte von Port 2 auf dem seriellen Monitor anzeigen.

b) Experimentiere: Versuche dich dem PIR-Sensor so langsam zu nähern, dass er deine Bewegung nicht erkennt.

c) Reagiert der PIR-Sensor auch auf die Bewegung von Nicht-Lebewesen (z.B. Bleistift)?
Wie ist es mit Gegenständen, die vorher im Kühlschrank lagen oder erhitzt wurden?

Aufgabe 28.2

Baue und programmiere mithilfe eines PIR-Sensors eine (akustische / optische) Alarmanlage.

29.
Arduino-Prüfung Nr. 1 – Collatz-Zahlenfolge

Info: In der Mathematik existiert ein mathematisches Problem, das 1937 von Lothar Collatz gestellt wurde und bislang ungelöst ist.

Bei dem Problem geht es um Zahlenfolgen, die nach einer einfachen Regel gebildet werden:

- Start: Beginne mit einer beliebigen positiven natürlichen Zahl $n > 0$.
- Überprüfung: – Ist n gerade, so nimm als nächstes die Zahl $n/2$.
  – Ist n ungerade, so nimm als nächstes die Zahl $3n + 1$.
- Wiederhole die Vorgehensweise mit der erhaltenen Zahl.

Beispiel: So erhält man zum Beispiel für die Startzahl $n = 11$ die Folge

$$\mathbf{11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1, 4, 2, \ldots}$$

Anscheinend mündet jede Folge mit $n > 0$ irgendwann in den Zyklus 4, 2, 1.

Das war auch die Vermutung von Collatz. Bewiesen wurde sie bislang nicht.

Aufgabe:

Finde mit Hilfe des Arduino eine Startzahl, die zu einer möglichst langen Kollatzfolge führt, bevor der Zyklus 4, 2, 1 beginnt. Gehe dazu wie folgt vor:

- Erstelle ein Programm, das für eine zufällige Startzahl n (random-Befehl) nacheinander die einzelnen Zahlen der entsprechenden Kollatzfolge berechnet und auf dem seriellen Monitor anzeigt.
- Die Überprüfung, ob n gerade/ungerade ist, funktioniert wie folgt:

if (n%2==0) {...} // n%2 == 0 bedeutet: „Falls beim Teilen von n durch 2 der Rest 0 bleibt…"

else {...}

- Beende die Folge, sobald die Folge bei der Zahl 1 ankommt
  (Tipp: while (n != 1) {...}
- Zeige mit Hilfe einer grünen / roten / gelben LED an, ob die Zahlenfolge aktuell ansteigt, abfällt oder das Ende (Zahl 1) erreicht hat.
- Führe eine Variable `laenge` ein und bestimme damit die Länge der Kollatzfolge. Die Länge soll nach jedem Durchlauf ebenfalls auf dem Monitor angezeigt

30.
Arduino-Prüfung Nr. 2 – Fußgängerampel

Aufgabe: Baue und programmiere eine Verkehrsampel mit Fußgängerampel.

Basis-Ampel:

- Zu Beginn ist die Autoampel grün und die Fußgängerampel rot. Wird ein Taster gedrückt (`while(digitalRead(taster)==1){…}`), dann schaltet die Autoampel nach kurzer Zeit auf rot und die Fußgängerampel auf grün.
- Während die Fußgängerampel grün ist, soll für blinde Menschen ein akustisches Signal zu hören sein.
- Kurz bevor die Fußgängerampel wieder rot wird, soll ein kurzes Warnsignal erklingen.
- Auf dem LCD soll zur richtigen Zeit „Gehen" bzw. „Stehen" erscheinen.

Profi-Ampel (Zusatzfunktionen)

- Auf dem LCD soll für die Fußgänger die Restlänge ihrer Grünphase angezeigt werden.
- Mit Hilfe eines Drehpoti soll sich die Länge der Grünphase der Fußgängerampel einstellen lassen.
- Es gibt – je nach Helligkeit (LDR!) – einen Tag- („normale" Ampel, siehe oben) und einen Nachtbetrieb (gelbes Dauerblinken)
- Verwende Unterprogramme, um das eigentliche Hauptprogramm übersichtlich zu gestalten.

Abgabe

- Speichere alles unter „Projekt_Fussgaengerampel_(Name)" ab.
- Erstelle mit der Fritzing-Software einen übersichtlichen(!) Schaltplan.
- Gib die fertige Ampel, das kommentierte(!) Programm sowie einen selbst gedrehten Videoclip der laufenden Ampel (auf USB-Stick) ab.

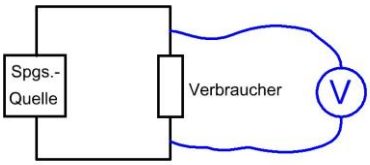
31. Anhang A
Grundlagen zum elektrischen Stromkreis

Ob im Handy, im Laptop, im Taschenrechner oder der elektrischen Zahnbürste – überall in diesen kleinen und großen Helfern des Alltags befinden sich elektrische Stromkreise. Da du bei der Arbeit mit dem Arduino auch sehr viel mit Stromkreisen in Berührung kommst, hier das Wichtigste in Kürze:

Es gibt vier physikalische Grundgrößen, die in Stromkreisen von Bedeutung sind: **Spannung**, **Strom(stärke)**, **Widerstand** und **elektrisches Potenzial**. Der el. Stromkreis ist mit einem Wasserstromkreis vergleichbar.

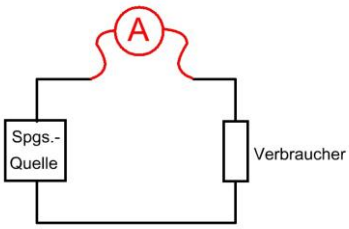
a) **Spannung**

Die Spannung ist vergleichbar mit dem Höhenunterschied eines Wasserfalls. Ohne Höhenunterschied kann kein Wasser fließen. Ohne elektrische Spannung kann kein elektrischer Strom fließen.
Eine Spannung liegt zwischen zwei Punkten an (sie fließt aber nicht).
Sie kann „durch Abgreifen" gemessen werden.
Ein Spannungsmesser ist immer parallel zu schalten.
Durch das Spannungsmessgerät selbst fließt kein Strom.
Eine Spannung U wird in der Einheit Volt (V) gemessen.



b) **Stromstärke**

Der elektrische Strom ist vergleichbar mit dem Wasserfluss eines Wasserfalls.
Ohne Höhenunterschied (Spannung) kann kein Wasser (Strom) fließen.
Elektrischer Strom kann nur fließen, wenn der Stromkreis von Plus (+) nach Minus (-) geschlossen ist. Ein Strommesser muss in den Stromkreis hinein geschalten werden, da der el. Strom nur gemessen werden kann, wenn er durch das Messgerät fließt. Deshalb ist ein Strommesser immer in Reihe zu schalten.
Die Stromstärke I wird in der Einheit Ampere (A) gemessen.



c) **Widerstand**

Der Widerstand ist bei einem Wasserfall vergleichbar mit mehr oder weniger Steinen im Flussbett.
Der Wasserfluss wird durch die Steine im Flussbett „gebremst".
Das Flussbett setzt dem Wasserfluss einen Widerstand entgegen. Ein metallischer Leiter (Kupfer, Eisen, usw.) setzt dem elektr. Strom ebenfalls einen Widerstand entgegen, der durch die elektr. Spannung überwunden werden muss. **Der Widerstand R wird in der Einheit Ohm (Ω) gemessen.**

d) **Potenzial**

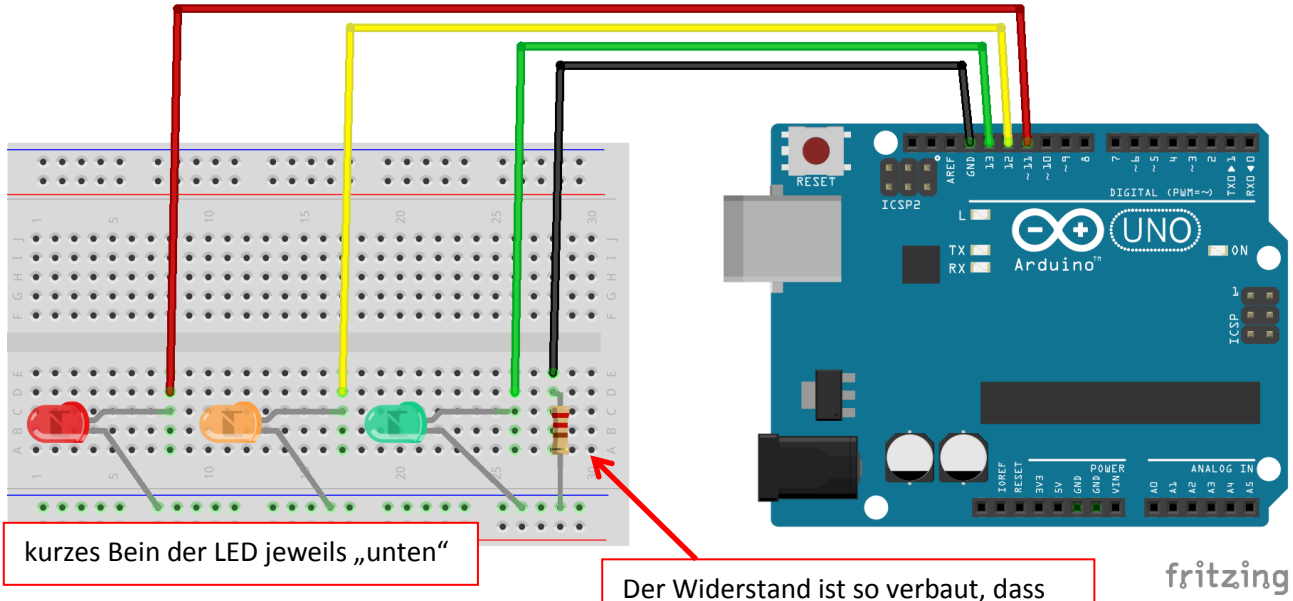
Das elektrische Potenzial ist eine Art „elektrischer Druck" auf einem Kabel. Ganz ähnlich wie auch in einer Wasserleitung ein hoher oder tiefer Wasserdruck herrschen kann.
Verbindet man eine Leitung hohen Drucks mit einem Bereich, in dem ein tiefer Druck herrscht, dann fließt Wasser. Genauso beim Strom: Nur wenn es einen Potenzialunterschied gibt, fließt Strom. **Der Potenzialunterschied ist die bekannte Spannung**. Man kann einen elektrischen Anschluss erden, das bedeutet, man weist ihm das elektrische Potenzial 0 V zu.
Achtung: Weil sowohl das Potenzial als auch der Potenzialunterschied (=Spannung) die Einheit Volt haben, werden die Begriffe Spannung und Potenzial oft verwechselt!!!

Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand:

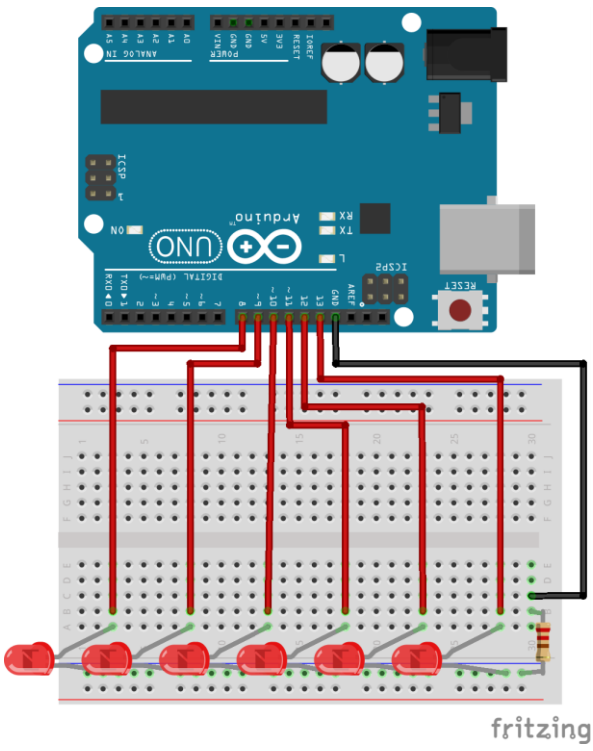
$$\boldsymbol{U = R \cdot I}$$

32. Anhang B
Aufbau-Hilfen

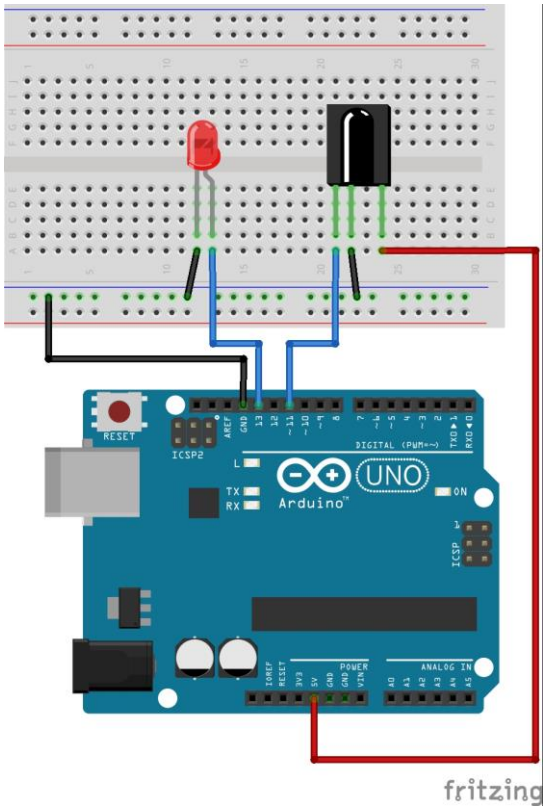
Aufgabe 7.1 – Verkehrsampel



Aufgabe 12.5 – Dynamischer Blinker
Aufgabe 12.6 – Lauflicht



Aufgabe 23.2 – Fernbedienung

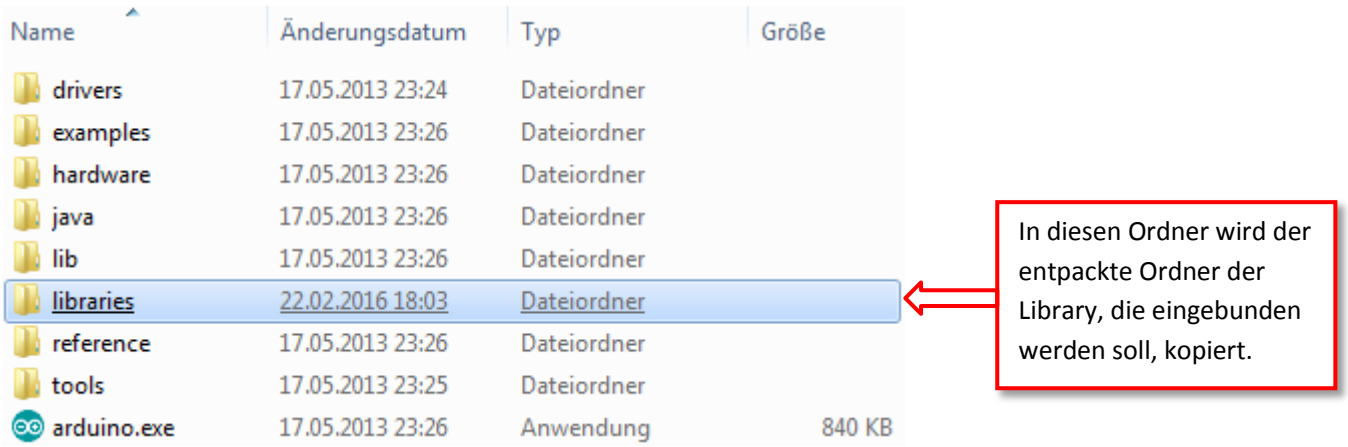


33. Anhang C
Einbinden einer Bibliothek

Bibliotheken (sog. libraries) erweitern den Funktionsumfang der Arduino-Software um weitere Befehle. Es gibt Bibliotheken für LCDs, für Servos und viele weitere Bauteile. Will man sie verwenden, müssen sie in das Programm eingefügt werden. Die Arduino-Software hat bereits viele verschiedene Bibliotheken „an Bord“. Im Hauptmenü findet man unter Sketch den Befehl *Library importieren*. Hier wählt man einfach die Bibliothek aus, die man verwenden will und im Programm erscheint die Include-Zeile, z.B.:

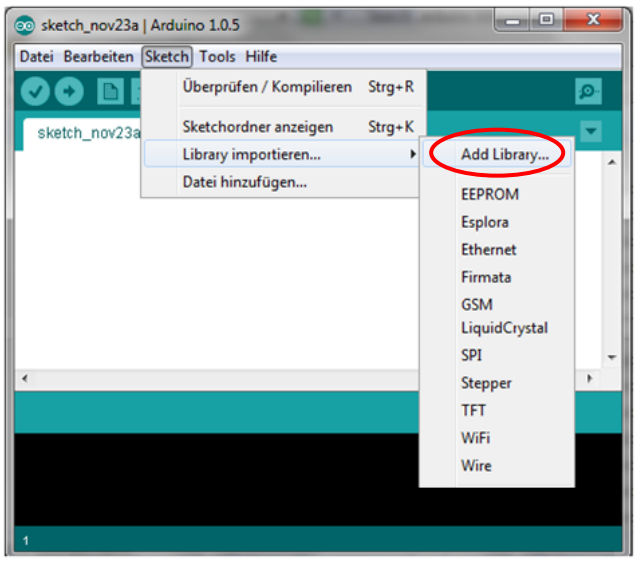
`#include <IRremote.h>` (Bibliothek mit Befehlen zur Verwendung einer Fernbedingung)

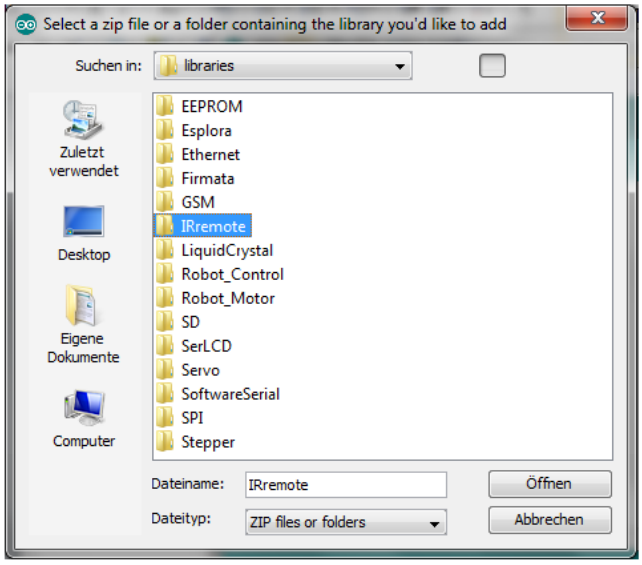
Man kann auch eine neue Library hinzufügen, die man z.B. aus dem Internet herunter geladen hat. Der entpackte Ordner der Library muss in den libraries-Ordner im Arduino-Ordner kopiert werden.



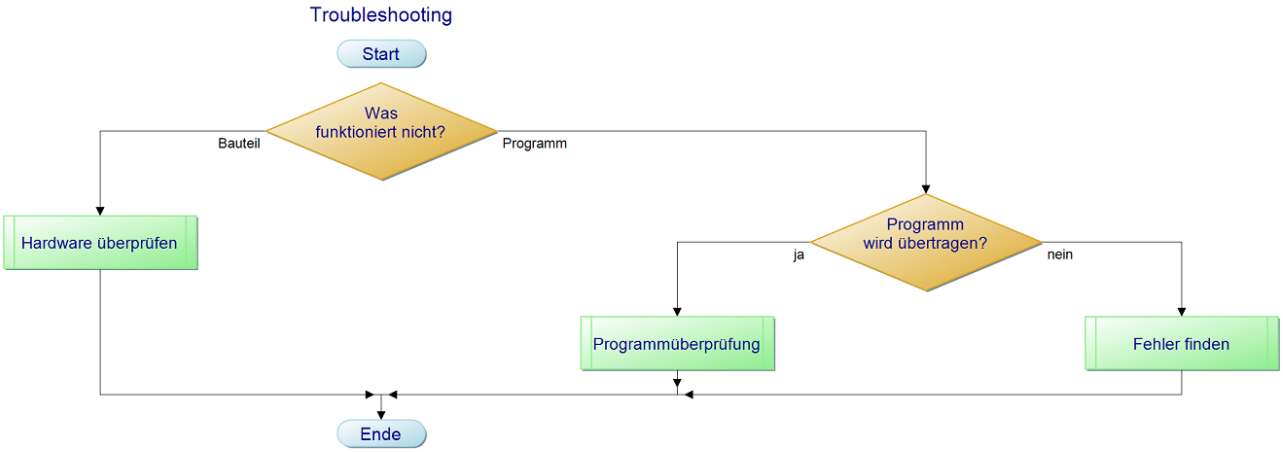
Nach dem Öffnen der Arduino-Software, wird die neue Library folgendermaßen eingebunden:
Sketch → Library importieren → Add Library → gewünschten Ordner einmal anlicken → Öffnen

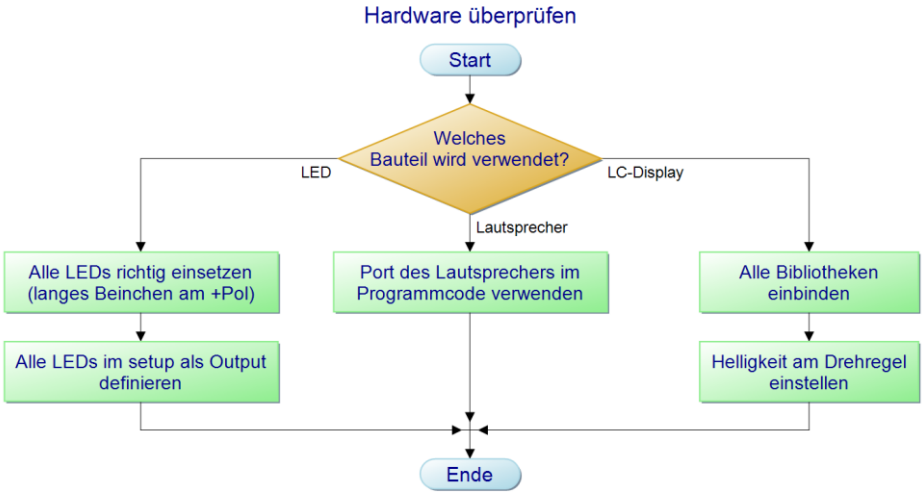
Anschließend kann die Library mittels *Sketch → Library importieren* eingebunden werden.

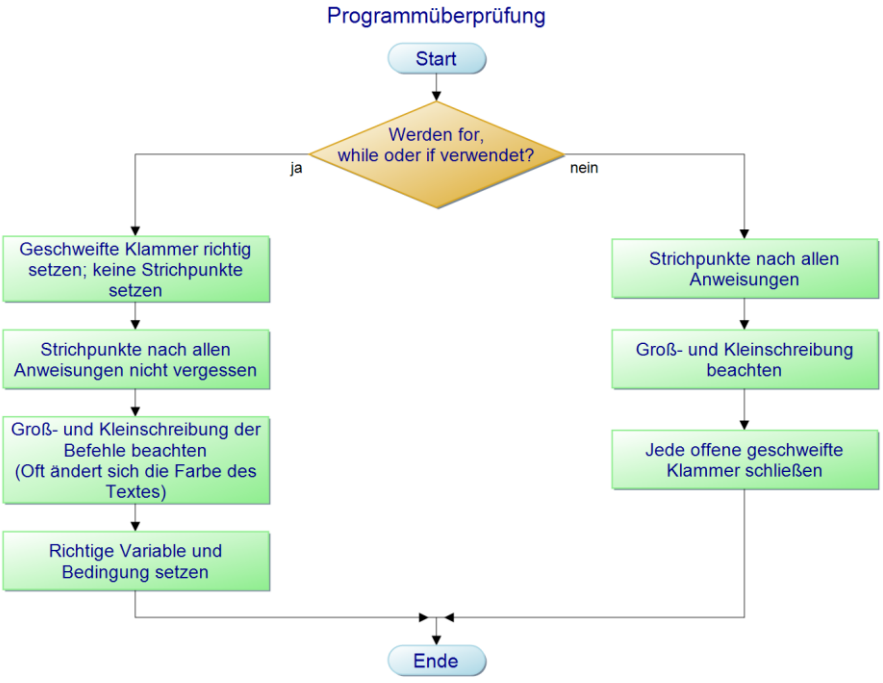




34. Anhang D
Trouble-Shooting



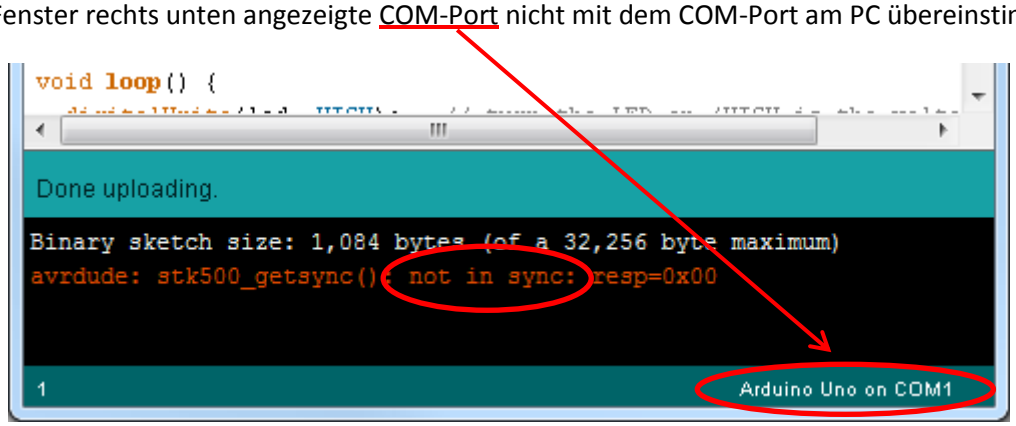




Fehlermeldung „not in sync“

Manchmal taucht beim Versuch, ein Programm auf den Arduino zu übertragen, die Fehlermeldung „not in sync“ (vgl. Abb. 1) auf. Sie signalisiert, dass die Übertragung nicht funktioniert hat. Meist liegt das daran, dass der im Fenster rechts unten angezeigte COM-Port nicht mit dem COM-Port am PC übereinstimmt.

Abbildung 1



Problembehebung:

1) USB-Kabel des Arduino aus- und wieder einstecken. **Manchmal genügt das bereits**!

   Falls der Fehler jedoch beim nächsten Übertragungsversuch weiterhin angezeigt wird:
2) Programmierumgebung schließen (Programmcode vorher abspeichern).
3) USB-Kabel des Arduino vom Computer trennen.
4) Programmierumgebung neu starten (arduino.exe ausführen).
5) Erst nachdem das Programm fertig geladen ist, USB-Kabel wieder mit dem Computer verbinden.
6) Gegebenenfalls in der Menüzeile unter TOOLS → Serieller Port → den aktuellen Port einstellen (im Gerätemanager (vgl. Abb.2) nachschauen). Hinweis: Der Gerätemanager kann bequem mit der Tastenkombination (Windows-Taste + Pause Taste) geöffnet werden. (vgl. Abb.3)

Abbildung 2:

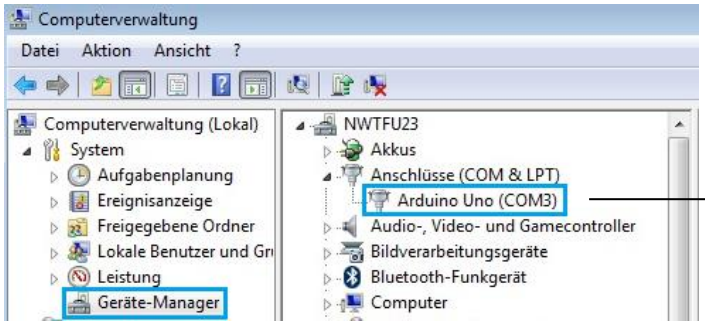
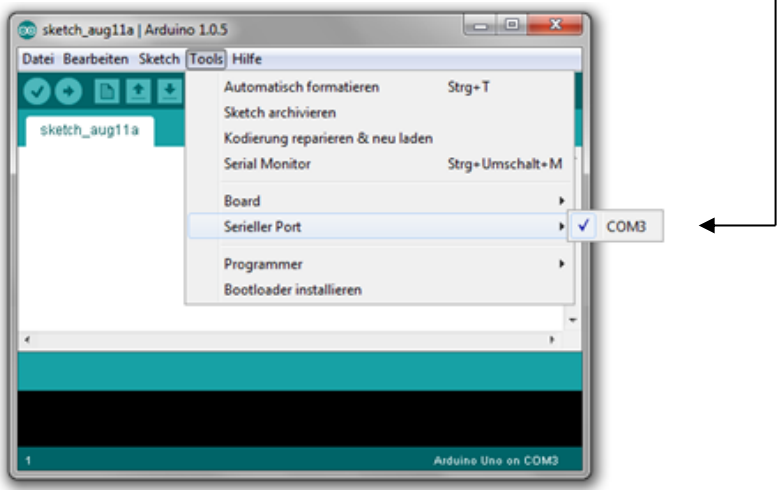
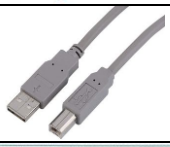


Abbildung 3:



35. Anhang E
Verwendete Bauteile

Grundausstattung

Bauteil	Abbildung	Funktion	Preis (Firma)
Arduino Uno / Funduino Uno		Mikrocontroller	12 – 15 € (Funduino)
USB-Kabel (0,5 – 1 m) (A-Stecker, B-Stecker)		Anschlusskabel	2 € (Reichelt, Funduino)
Breadboard		Steckbrett	3 – 5 € (Reichelt, Funduino)
LED 3 mm (gelb, grün, rot)		Leuchtdioden (LED)	0,04 – 0,10 € / Stück (Conrad, Funduino)
Kohleschichtwiderstände: 100Ω, 220Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ		elektr. Festwiderstand	0,10 – 0,20 € (Conrad)
Flexible Drahtbrücken (male – male)		Verbindungskabel	3 € / 10 Stk. (Reichelt, Funduino)
		Kosten Grund-Set	ca. 20 – 25 €

Aktoren

SC 52-11 RT (13,5 mm)		7-Segment-Anzeige (gemeinsame Kathode)	0,60 € (Reichelt)
RGB 3-Farben-LED-Modul		RGB-LED-Modul	1 € (miniinthebox)
BL 45		Lautsprecher	1 € (Reichelt)
RK09K111-LIN10K		Potentiometer (10 kΩ)	1 € (Reichelt)
RF 300 (0,4 – 5,9 V)		Solarmotor mit Propeller	3 € (Solexpert)
Modelcraft RS 2 JR		Servomotor	6 € (Conrad)

16x2 LCD (serielle Ansteuerung, 3 Anschlusskabel)		Display	25 € (Watterott)
I2C-LCD oder HD44780 (nicht seriell) mit I2C-Modul		Display	4 € (Amazon)

Sensoren

LDR		Fotowiderstand	2 € (Reichelt)
LDTR-34162		Drucktaster	0,50 € (miniinthebox)
NTC-0,2 10K		NTC-Temperatursensor	0,40 € (Reichelt)
Parallax PING))) (3-Anschlusspins)		Ultraschallsensor	25 € (Watterott)
HC-SR04 (4 Anschlusspins)		Ultraschallsensor	2 – 3 € (Funduino)
PIR-Sensor		Bewegungsmelder	3 – 7 € (Watterott)
IR Remote Control mit IR-Empfangs-LED		Fernbedienung	2 – 5 € (Amazon, Ebay)

Sonstiges Zubehör

Breadboard Shield		Aufsatz mit Steckplatine	2 – 5 € (Amazon, Ebay)
		Kosten erweitertes Set	ca. 100 €

36. Anhang F
Befehlsübersicht