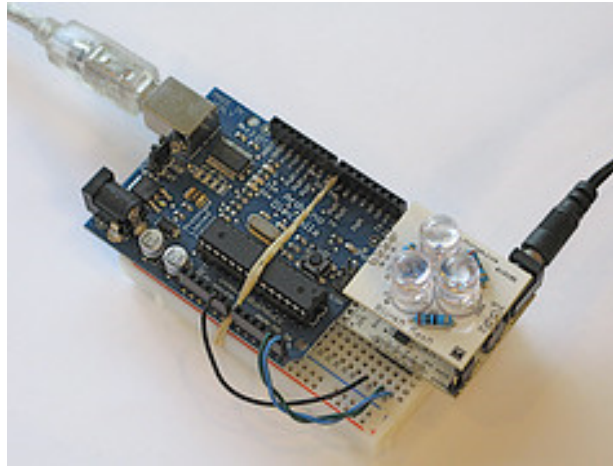


# Elektrotechnische Grundlagen

*zur Beschaltung der Ein- und Ausgänge des Arduino*



**ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P**

## 29. Electrical Characteristics

### 29.1 Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground .....	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.0V
DC Current per I/O Pin .....	40.0mA
DC Current $V_{CC}$ and GND Pins.....	200.0mA

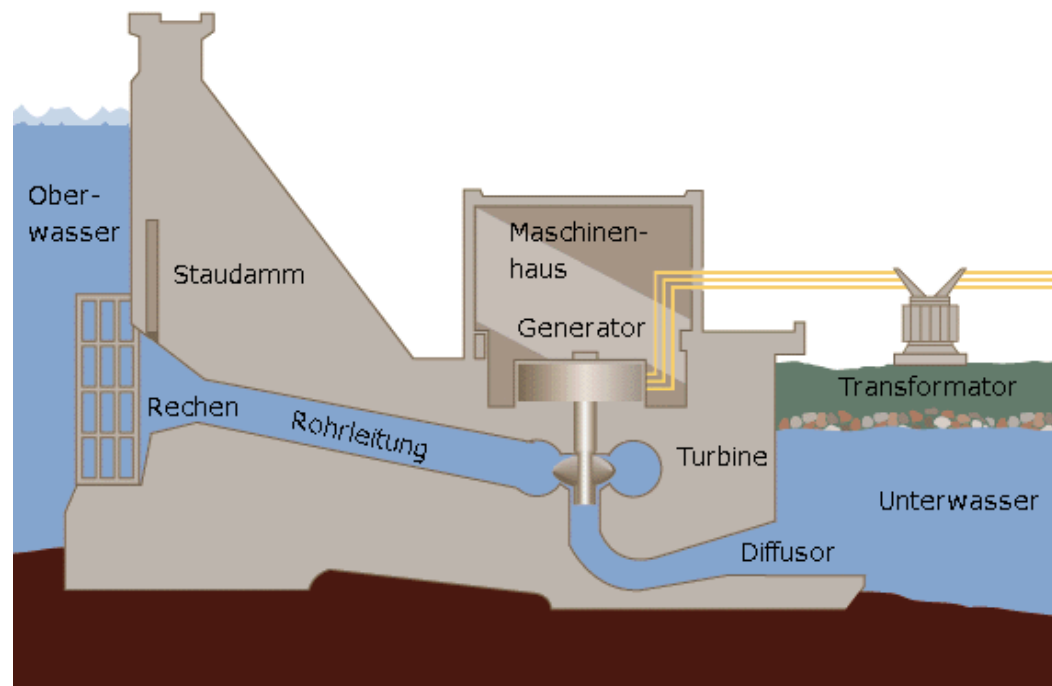
\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

# Spannung überträgt Information

*Der Strom ist nebensächlich, aber nicht zu vernachlässigen*

Spannung = Potential (-Differenz)

Analogie: Wasserstand



*Wasserkraftwerk / Wikipedia*

# Messung kann Wert verfälschen

*Insbesondere, wenn ein Messstrom fließt*

Strom = Ladungsfluss

Analogie: Strömendes Wasser

Merke:

Stromfluss "belastet"  
Spannungsquellen

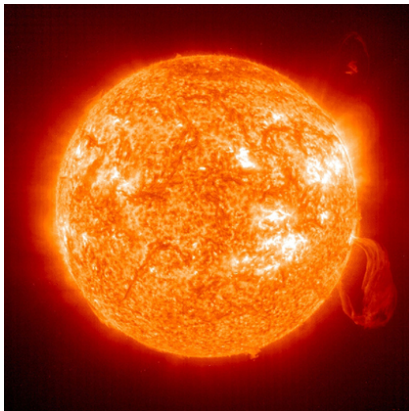


*Spielplatz Universum Bremen*

# Die Spannungsquelle

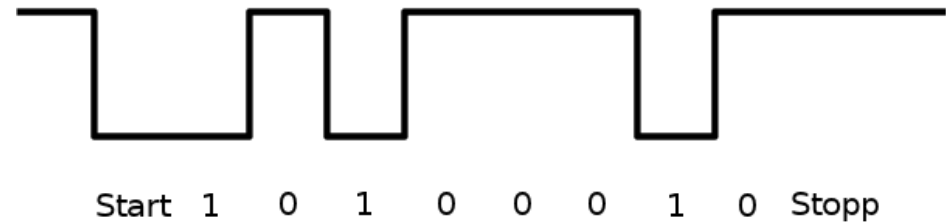
*Energie- und Informationsquelle*

Energie



Leistungsentnahme  
Stromfluss erwünscht

Information

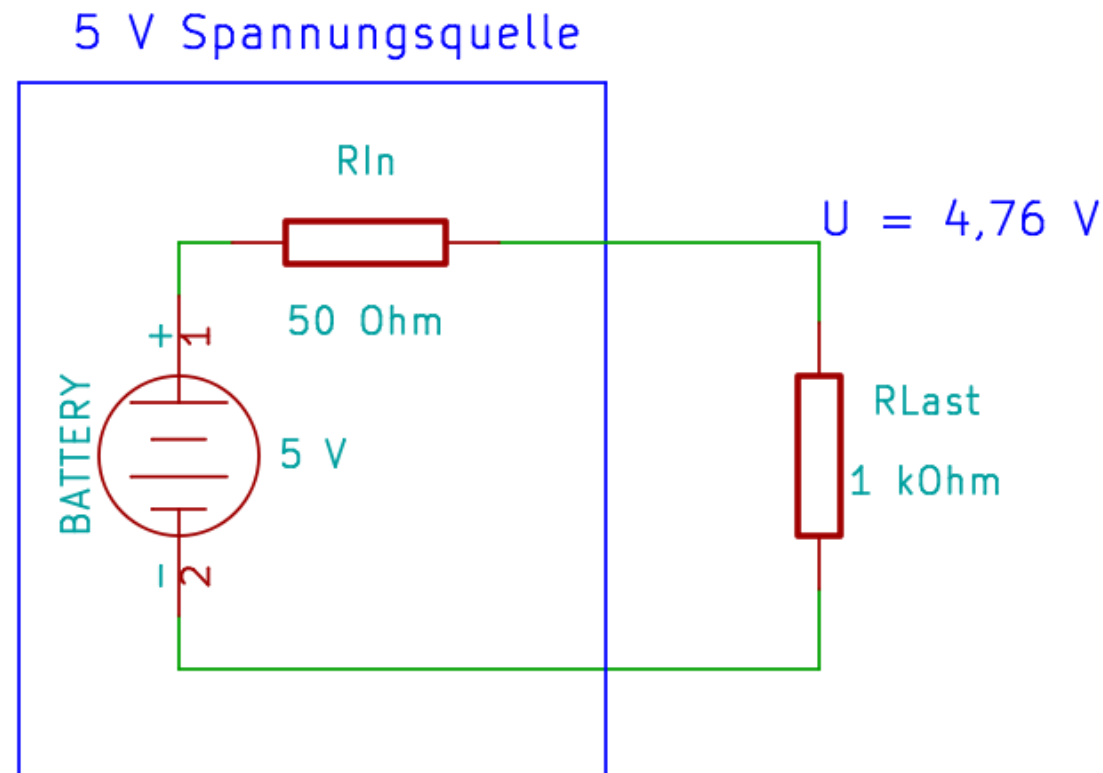


Informationsübertragung

Stromfluss und  
Leistungsentnahme  
Nebenprodukte

# Ein- und Ausgangswiderstand

*Belastung einer Spannungsquelle*



*Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle*

Warum  
nur 4,76 V ?

Sogar bei  
Versorgungsspannung des  
Arduino relevant!

Merke:  
Bei Spannungsquellen  
bestimmt die Beschaltung  
den Strom!

# Ohmsches Gesetz

*Grundlegende Berechnung von Strömen und Spannungsteilern*

Spannung: U (Volt)

Widerstand: R (Ohm)

Stromstärke: I (Ampere)

$$U = R \cdot I$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{R}$$



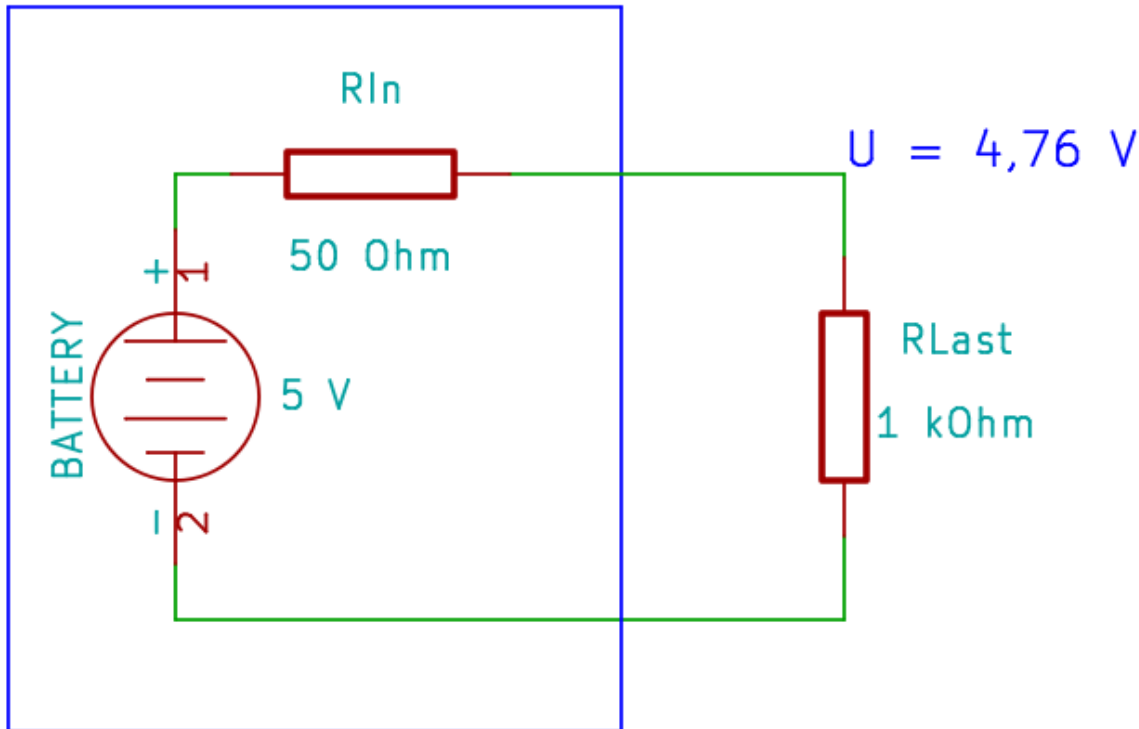
URI-Pyramide

Hinweis: Elektrischer Widerstand nicht mit gleichnamigem Bauteil identisch

# Einfacher Spannungsteiler

Darum 4,76 V

5 V Spannungsquelle



$$U = 5 V$$

$$R_{In} = 50 \Omega$$

$$R_{Last} = 1000 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_{Ges}} = \frac{5 V}{1050 \Omega} = 4,76 \text{ mA}$$

$$U_{Last} = I \cdot R_{Last} = 4,76 V$$

Spannung direkt berechnen: 
$$U_{Last} = U_{Batterie} \cdot \frac{R_{Last}}{R_{Last} + R_{In}}$$

# Digitaleingang

*Ist es da draußen HIGH oder LOW?*

Spannung niedrig: "LOW"      Spannung hoch: "HIGH"  
Schaltschwelle ca. 0,5 V

digitalWrite(HIGH): 20 kOhm Pull-Up zuschalten  
digitalWrite(LOW): Pull-Up deaktivieren

Eingangswiderstand: Hoch (zieht praktisch keinen Strom)

**Table 29-1.** Common DC characteristics  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 1.8\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage, except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pin	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 2.4\text{V}$ $V_{CC} = 2.4\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5 -0.5		$0.2V_{CC}^{(1)}$ $0.3V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage, except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins	$V_{CC} = 1.8\text{V} - 2.4\text{V}$ $V_{CC} = 2.4\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.7V_{CC}^{(2)}$ $0.6V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$ $V_{CC} + 0.5$	V



# Digitalausgang

*Wir machen da draußen jetzt HIGH oder LOW!*

Ausgang elektrisch gesehen eine Spannungsquelle:

"LOW": ca. 0 V

"HIGH": ca. 5 V

Ausgangswiderstand: Niedrig (kann "viel" Strom liefern)

ABER: Sollte max. mit 40 mA belastet werden

Kann sowohl Quelle als auch Senke sein  
(Kann auch im Zustand "HIGH" Strom ziehen)

# Analogeingang

*10 bit AD-Umsetzer mit Schaltbarer Referenzspannung*

Spannung	Wert (DEFAULT - 5 V)	Wert (INTERNAL - 1,1 V)
0 V	0	0
0,5 V	102	465
1 V	205	930
1,25 V	255	KAPUTT? :-(
5 V	1023	KAPUTT! :-(

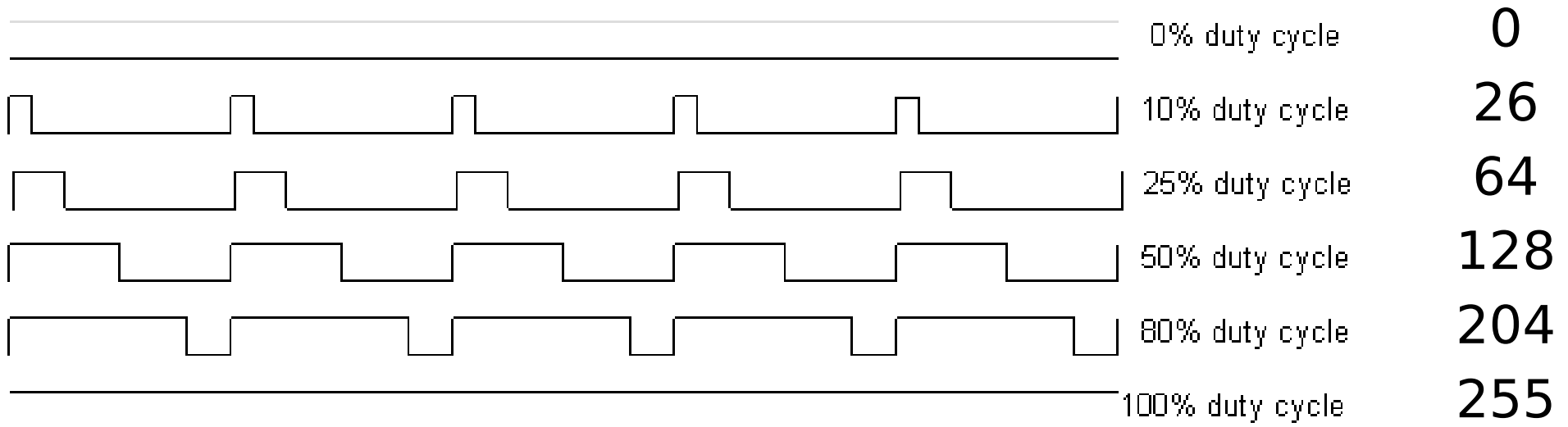
Eingangswiderstand: Hochohmig

```
analogReference(INTERNAL); // ca. 1,1 V
```

**BUG in Library: Erster Leseversuch liefert falschen Wert**

# PWM-Ausgang ("Analogausgang")

*8 bit PulsweitenModulation mit 490 Hz*



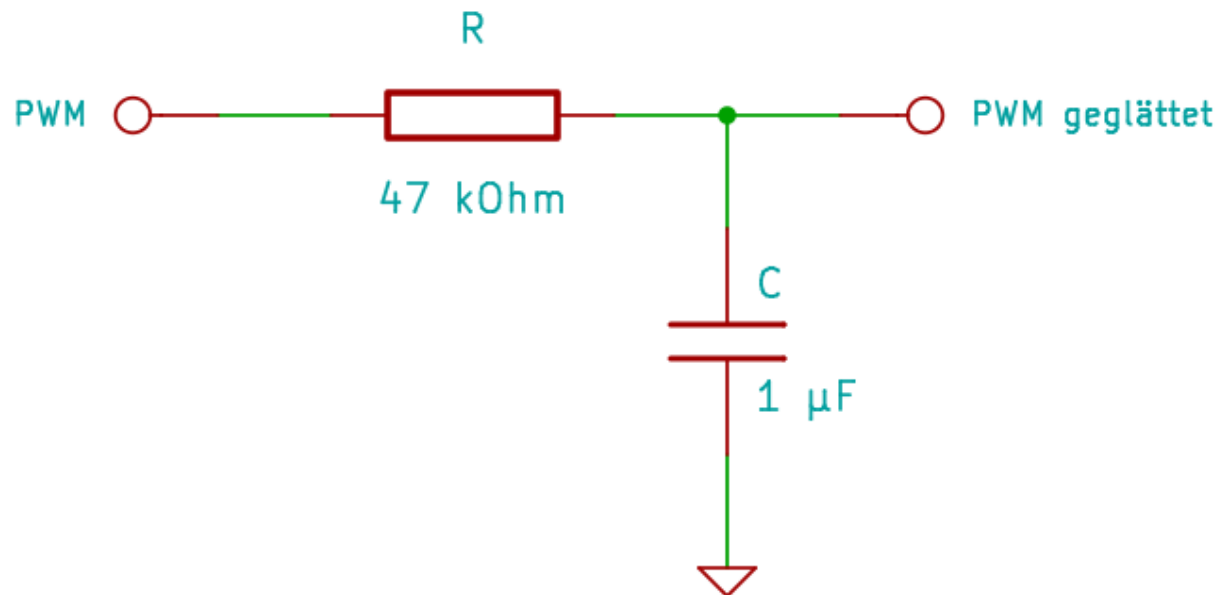
Ausgangswiderstand:

Unterschiedlich - Belastung führt zu Verfälschungen,  
insbesondere nahe 0 und 5 V

# Glättung der PWM

Mittels RC-Glied

Grenzfrequenz ca. 3 Hz - Unterdrückt die 490 Hz relativ gut  
Belastung des PWM-Ausgangs durch 47k eher niedrig



Ausgangswiderstand: Hochohmig, berücksichtigen!  
=> ggf. Spannungsfolger (mit OPV) verwenden.

# Anschluss einer LED

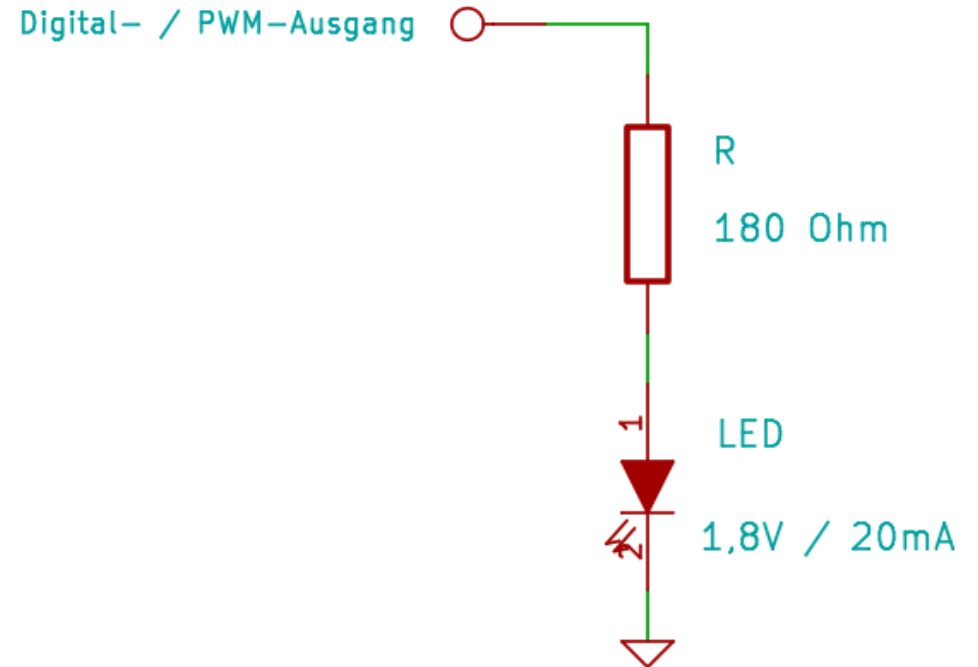
*So, dass keiner Schaden nimmt*

LED und Arduino vor  
Überlastung schützen!

Eckdaten der LED müssen  
bekannt sein: z.B. 1,8 V / 20 mA

Widerstand begrenzt Strom auf  
gewünschten Wert

$$\text{Berechnung: } R = \frac{U}{I} = \frac{3,2 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 160 \Omega$$



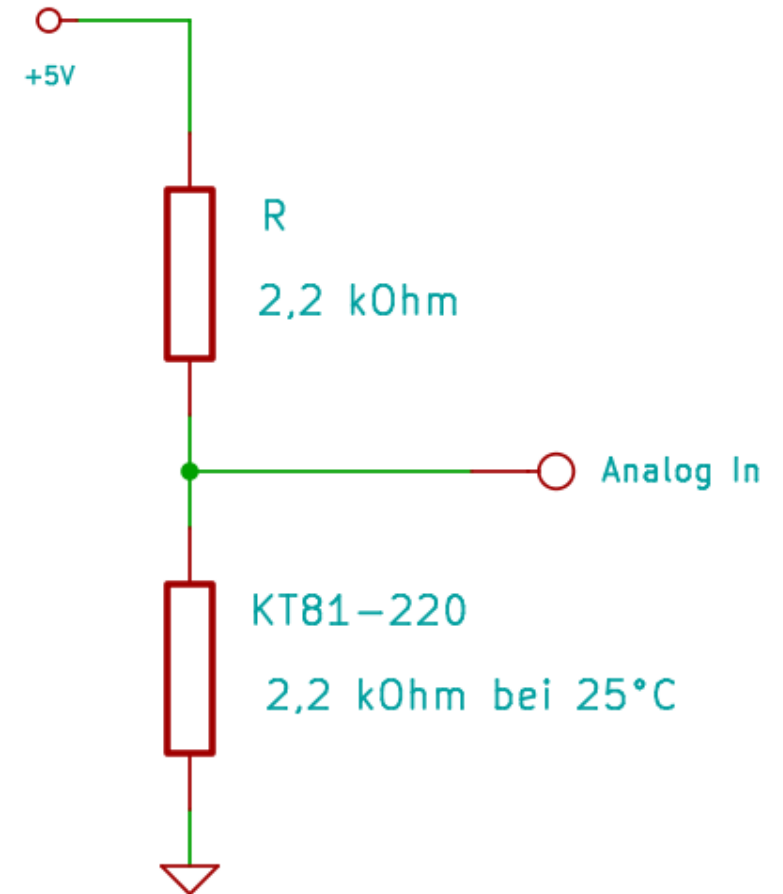
# Anschluss Temperatursensor

*Nicht elegant, aber geht ;-)*

Einfacher Spannungsteiler mit temperaturabhängigen Widerstand (PTC)

Stabile Spannungsreferenz von Vorteil (ggf. interne Analogreferenz verwenden)

Hinweis: Stromfluss erwärmt Temperatursensor geringfügig



~ Ende ~

*Mehr Infos und Tipps gibt's bei den Übungsaufgaben von Rick!*

