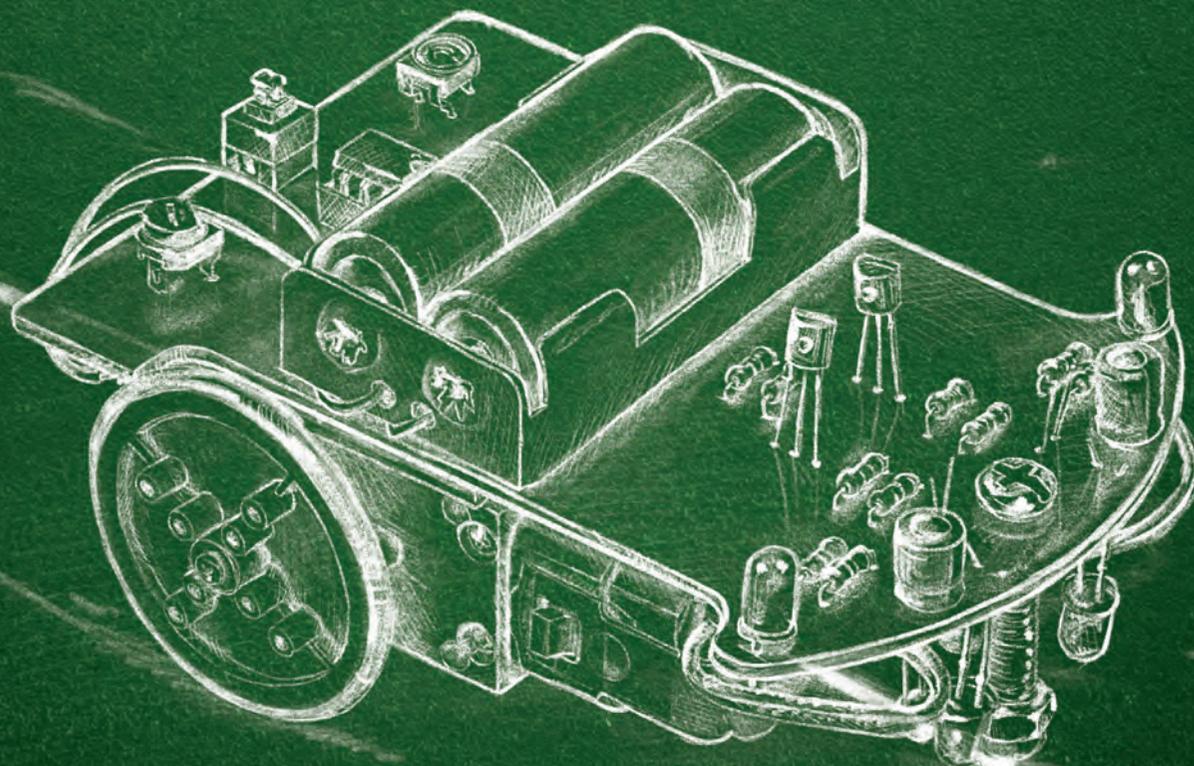


# ROBOTER ADVENTSKALENDER

IN 24 TAGEN ZUM EIGENEN ROBOTER



**FRANZIS**  
young Explorer 

# Impressum

© 2019 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2, 85540 Haar bei München. 2019/01

Änderungen, Innovationen und Druckfehler vorbehalten

[www.franzis.de](http://www.franzis.de)

Autor: Christian Immler

Idee/Konzeption: Richard Korff Schmising und Christian Immler

Copy Editor: Claudia Fliedner

Coverdesign: [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)

Design Inhalt: Nelli Ferderer

GTIN: 4019631670816

---

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Alle in diesem Buch vorgestellten Bauanleitungen und Tipps wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und im Bausatz nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen.

Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.



Dieses Produkt wurde in Übereinstimmung mit den geltenden europäischen Richtlinien hergestellt und trägt daher das CE-Zeichen. Der bestimmungsgemäße Gebrauch ist in der beiliegenden Anleitung beschrieben. Bei jeder anderen Nutzung oder Veränderung des Produktes sind allein Sie für die Einhaltung der geltenden Regeln verantwortlich. Bauen Sie das Produkt deshalb genau so auf, wie es in der Anleitung beschrieben wird. Das Produkt darf nur zusammen mit der Anleitung und diesem Hinweis weitergegeben werden.



Das Symbol der durchkreuzten Mülltonne bedeutet, dass dieses Produkt getrennt vom Hausmüll als Elektroschrott dem Recycling zugeführt werden muss. Wo Sie die nächstgelegene kostenlose Annahmestelle finden, sagt Ihnen Ihre kommunale Verwaltung.

## Bildnachweis:

Wikipedia/ Work Projects Administration Federal Art Project, New York City: S. 8 rechts, veröffentlicht unter Public Domain | Wikipedia: S. 10 rechts, veröffentlicht unter Public Domain | Wikipedia/ Volker Wendeler, veröffentlicht als gemeinfrei: S. 12 rechts | Wikipedia/ Fibonacci.: S. 16, veröffentlicht unter CC-Lizenz (CC BY-SA 3.0 Attribution Share Alike Unported) verändert | Wikipedia/ Humbolt University Library : S. 18, veröffentlicht als gemeinfrei | Wikipedia/ Rama: S. 22, veröffentlicht unter CC-Lizenz (CC BY-SAA2.0 FR Attribution-Share Alike 2.0 France) unverändert | Designua / Shutterstock.com: S. 30 rechts | Mnenal Irina / Shutterstock.com: S. 36 | Jose Gil / Shutterstock.com: S. 42 | Mnenal Irina / Shutterstock.com: S. 44 | Nicescene / Shutterstock.com: S. 48 | alle anderen Fotos & Abbildungen: Christian Immler

Zeichnungen erstellt mit <http://fritzing.org/>

# Sicherheits- und Warnhinweise



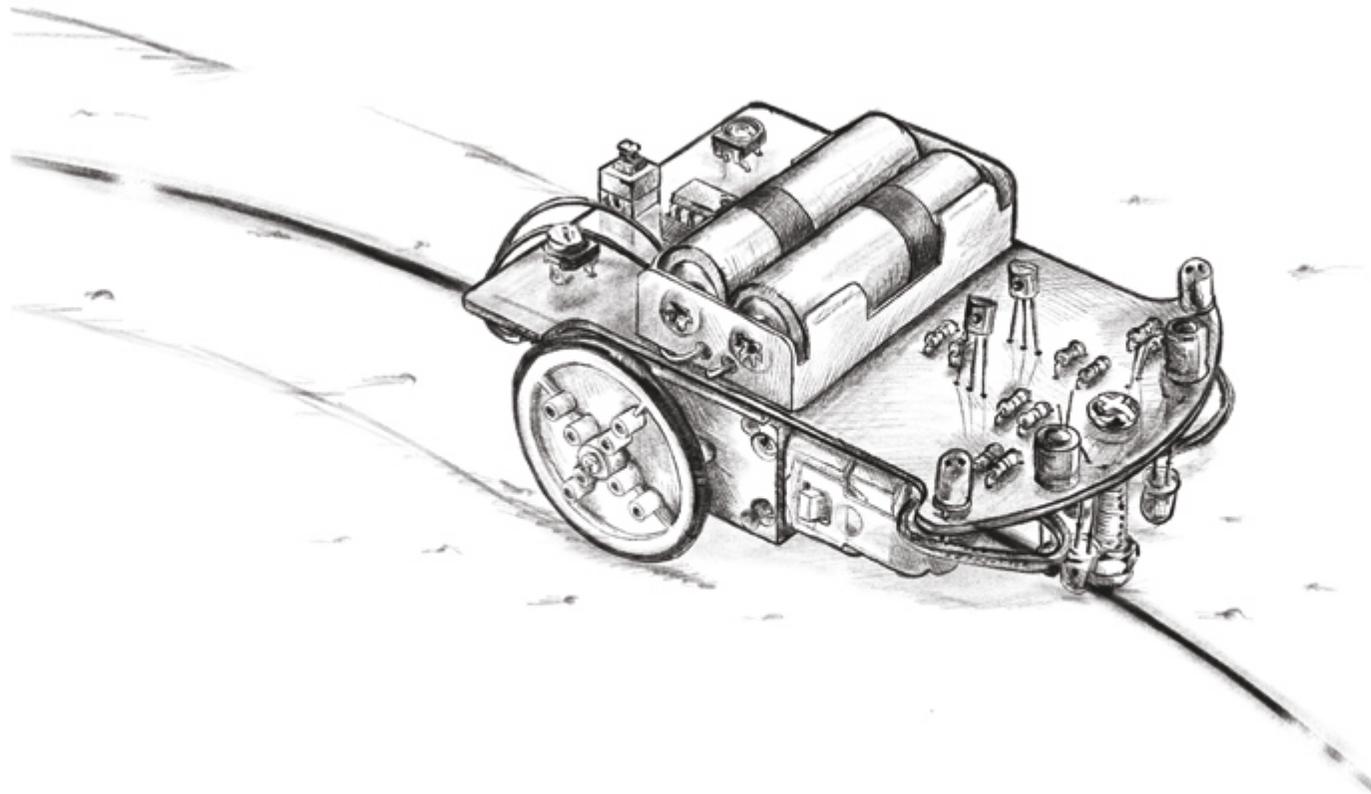
Nicht für Kinder unter 14 Jahren geeignet.

Lies die Anleitungen vor Versuchsbeginn, befolge sie und halte sie nachschlagebereit. Bewahre diesen Kalender außerhalb der Reichweite von jüngeren Kindern auf. Iss und Trinke nicht am Experimentierplatz.

**ACHTUNG!** Augenschutz und LEDs: Blicke nicht aus geringer Entfernung direkt in die LEDs, denn ein direkter Blick kann Netzhautschäden verursachen! Die scheinbare Helligkeit der LED gibt einen falschen Eindruck von der tatsächlichen Gefahr für die Augen.

Brauchst du Hilfe oder eine Anleitung fürs Löten? Im Internet, insbesondere bei Youtube, findest du zahlreiche Löturse.

**HINWEIS:** Bei Fragen und Problemen findet ihr unter <https://www.franzis.de/FAQ-zu-den-Adventskalendern> Antworten auf die häufigsten Fragen und Kontaktmöglichkeiten zu unserem Support-Team.



1

# Die Bauteile von heute kurz erklärt

## Heute im Adventskalender

- ✓ 1 Steckbrett
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Batteriekasten

## Zusätzlich benötigt

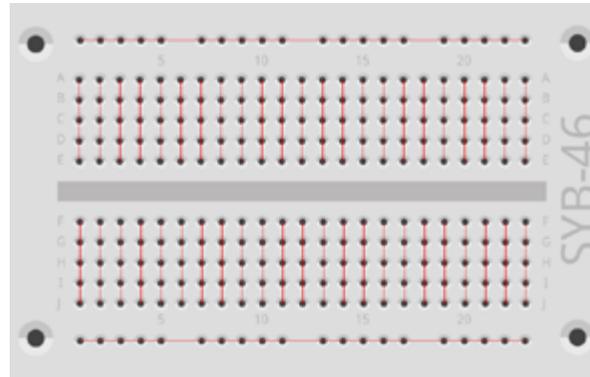
- ✓ 2 Batterien 1,5 V, Typ AA (Mignon)

## Steckbrett

Für den schnellen Aufbau elektronischer Schaltungen, ohne dass man löten muss, enthält der Adventskalender ein Steckbrett. Dort können elektronische Bauteile direkt in ein Lochraster gesteckt werden. Auf diesem Steckbrett bauen wir in den nächsten Tagen die wichtigsten Elemente der Roboterelektronik auf, um das Funktionsprinzip zu zeigen, bevor die Bauteile endgültig auf die Platine des Roboters gelötet werden.

Bei diesem Steckbrett sind alle äußeren Längsreihen über Kontakte (X und Y) miteinander verbunden. Diese Kontaktreihen werden oft als Plus- und Minuspol zur Stromversorgung der Schaltungen genutzt. In den anderen Kontaktreihen sind jeweils fünf Kontakte (A bis E und

F bis J) quer miteinander verbunden, wobei in der Mitte der Platine eine Lücke ist. Dort hinein können größere Bauelemente gesteckt und nach außen hin verdrahtet werden.



Die Verbindungen auf dem Steckbrett.

## LEDs

LEDs (zu Deutsch: Leuchtdioden) leuchten, wenn Strom in Durchflussrichtung durch sie fließt. LEDs werden in Schaltungen mit einem pfeilförmigen Dreieckssymbol dargestellt, das die Flussrichtung vom Pluspol zum Minuspol oder zur Masseleitung angibt. Eine LED lässt in Durchflussrichtung nahezu beliebig viel Strom durch, sie hat nur einen sehr geringen Widerstand. Um den Durchflussstrom zu begrenzen und damit ein Durchbrennen der LED zu verhindern, wird üblicherweise zwischen dem Pluspol der Schaltung und der Anode der LED ein Vorwiderstand eingebaut. Dieser

Vorwiderstand schützt auch weitere, vor der LED angeschlossene Elektronik vor zu hohen Stromstärken.

## Widerstand

Widerstände werden zur Strombegrenzung an empfindlichen elektronischen Bauteilen sowie als Vorwiderstände für LEDs verwendet. Die Maßeinheit für Widerstände ist Ohm. 1.000 Ohm entsprechen einem Kiloohm, abgekürzt kOhm. 1.000 kOhm entsprechen einem Megaohm, abgekürzt MOhm. Oft wird für die Einheit Ohm auch das Omega-Zeichen  $\Omega$  verwendet.

## LED in welcher Richtung anschließen?

Die beiden Anschlussdrähte einer LED sind unterschiedlich lang. Der längere ist der Pluspol, die Anode, der kürzere die Kathode. Einfach zu merken: Das Pluszeichen hat einen Strich mehr als das Minuszeichen und macht damit den Draht quasi etwas länger. Außerdem sind die meisten LEDs auf der Minusseite abgeflacht, vergleichbar mit einem Minuszeichen. Auch leicht zu merken: Kathode = kurz = Kante.



2

3

4

5

6

7

8

9

10



Die farbigen Ringe auf den Widerständen geben den Widerstandswert an. Dein 51-Ohm-Widerstand hat die Farben grün-braun-schwarz. Mehr zu Widerständen erfährst du morgen.

## LED leuchtet

Das erste Experiment lässt eine LED leuchten. Das Experiment zeigt, wie LEDs angeschlossen werden. Achet darauf, dass die LED richtig herum eingebaut ist. Die flache Seite ist in der Abbildung rechts.

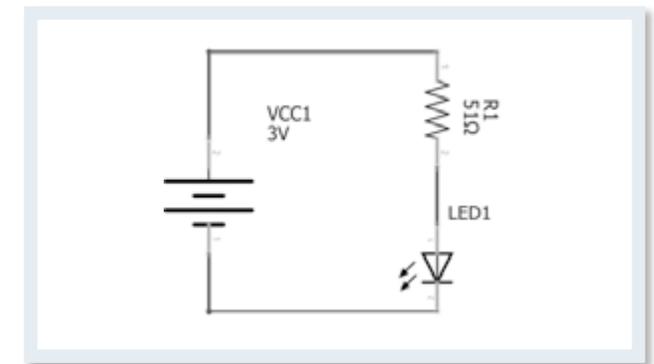
Die Schaltungsaufbauten in diesem Adventskalender verwenden die Kontaktleiste an der oberen Längsseite des Steckbretts als Pluskontakt, die

### Bauteile

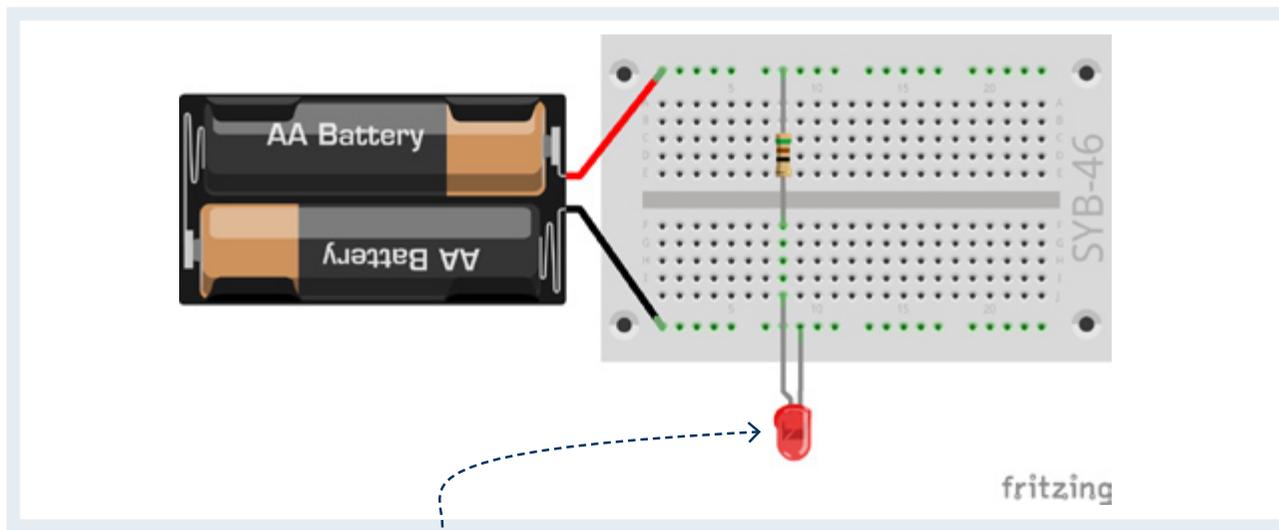
- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Batteriekasten

Kontaktleiste an der unteren Längsseite als Massekontakt. Die beiden Kontaktleisten werden mit den Anschlüssen des Batteriekastens verbunden.

Auf dem Roboter sind nach diesem Schema zwei LEDs angeschlossen. Sie leuchten permanent auf den Boden und dienen als Lichtquelle für die Fotosensoren, die später die schwarze Linie erkennen, der der Roboter folgen soll.



So sieht die Schaltung auf einem Schaltplan aus.



Die erste LED leuchtet.

### Die Kontakte des Batteriekastens

Batteriekästen und viele weitere Gleichspannung führende Bauteile werden mit roten und schwarzen Leitungen angeschlossen. Dabei ist die rote der Pluspol, die schwarze der Minuspol. Leicht zu merken: Denke an das »Rote Kreuz«.

# Schalter und Widerstand



Heute im Adventskalender

✓ Schalter

## Schalter

Heute ist ein Druckschalter im Adventskalender. Der Schalter behält bis zum nächsten Drücken seine Position. Er wird auf dem Roboter als Hauptschalter verwendet, der die Stromversorgung für die Elektronik ein- und ausschaltet.

## Widerstand

Für den heutigen Versuch verwendest du wieder den 51-Ohm-Widerstand mit dem grün-braun-schwarzen Farbringen. Die meisten Widerstände haben vier solcher Farbringe. Die ersten beiden Farbringe stehen für die Ziffern, der dritte bezeichnet einen Multiplikator und der vierte die Toleranz. Dieser Toleranzring ist meistens gold- oder silberfarben – Farben, die auf den ersten Ringen nicht vorkommen. Dadurch ist die Leserichtung immer eindeutig. Der Toleranzwert selbst spielt in der Digitalelektronik kaum eine Rolle. Da der Toleranzring fast immer goldfarben ist, stellt er eine Hilfe beim Festlegen der Leserichtung für die Ringe dar. Die Tabelle zeigt die Bedeutung der farbigen Ringe auf Widerständen.

Farbe	Widerstandswert in Ohm			
	1. Ring (Zehner)	2. Ring (Einer)	3. Ring (Multiplikator)	4. Ring (Toleranz)
Silber			$10^{-2} = 0,01$	$\pm 10 \%$
Gold			$10^{-1} = 0,1$	$\pm 5 \%$
Schwarz		0	$10^0 = 1$	
Braun	1	1	$10^1 = 10$	$\pm 1 \%$
Rot	2	2	$10^2 = 100$	$\pm 2 \%$
Orange	3	3	$10^3 = 1.000$	
Gelb	4	4	$10^4 = 10.000$	
Grün	5	5	$10^5 = 100.000$	$\pm 0,5 \%$
Blau	6	6	$10^6 = 1.000.000$	$\pm 0,25 \%$
Violett	7	7	$10^7 = 10.000.000$	$\pm 0,1 \%$
Grau	8	8	$10^8 = 100.000.000$	$\pm 0,05 \%$
Weiß	9	9	$10^9 = 1.000.000.000$	

In welcher Richtung ein Widerstand eingebaut wird, ist egal. Bei LEDs dagegen spielt die Einbau-richtung eine wichtige Rolle.

Noch einfacher als mit diesen Tabellen ermittelt ihr den Widerstandswert aus einem Farbcode mit der Freeware *Widerstandsrechner* von [www.ab-tools.com/de/software/widerstandsrechner](http://www.ab-tools.com/de/software/widerstandsrechner). Umgekehrt könnt ihr euch damit auch den Farbcode zu einem beliebigen Widerstandswert anzeigen lassen.

### Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Schalter
- ✓ 1 Batteriekasten



1

2

3

4

5

6

7

8

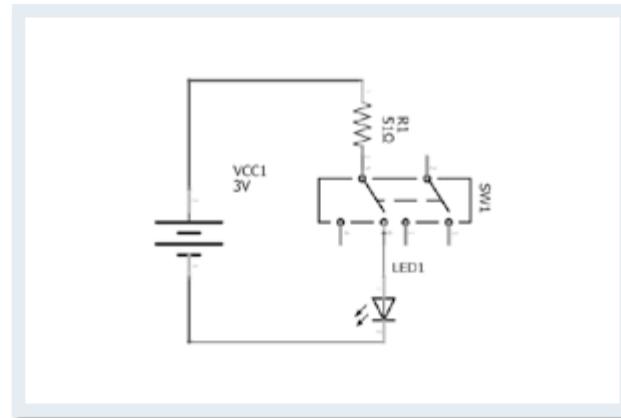
9

10

## LED mit einem Schalter einschalten

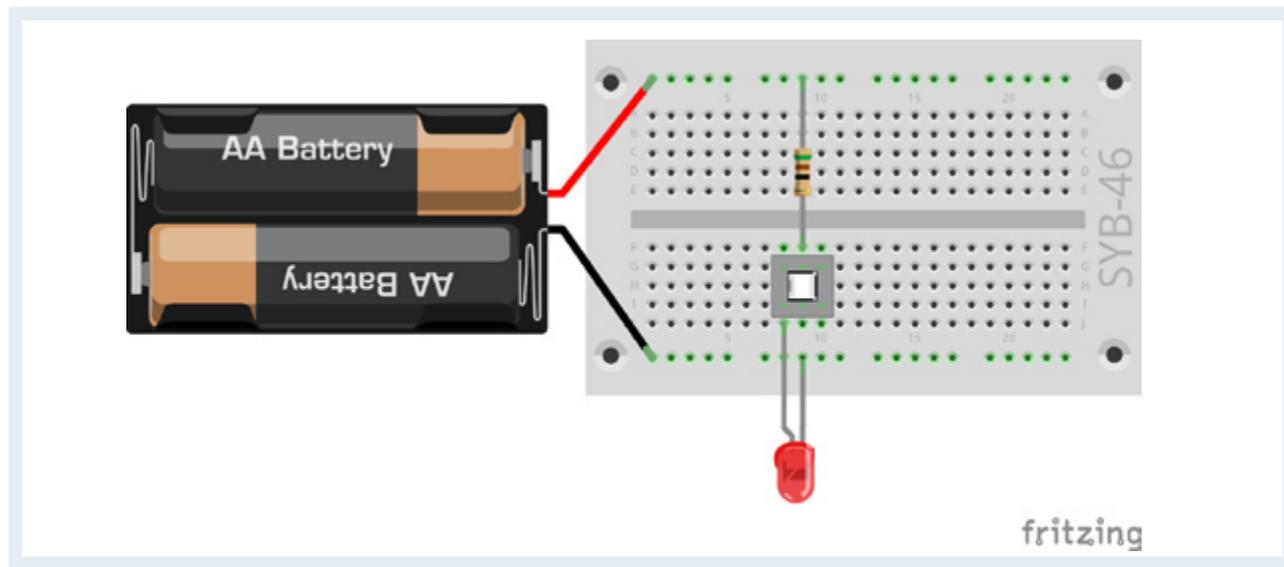
Das Experiment des 2. Tags schaltet eine LED mit dem Schalter ein oder aus.

Auf dem Schaltplan ist gut zu erkennen, dass der Schalter eigentlich aus zwei unabhängigen Umschaltern besteht. Solange der Schalter nicht gedrückt ist, ist der mittlere Kontakt mit einem der äußeren Kontakte verbunden. Ist er gedrückt, ist der mittlere Kontakt mit dem anderen äußeren Kontakt verbunden. Die Kontakte auf der anderen Seite des Schalters werden gleichzeitig geschaltet, sind aber elektrisch nicht mit der gegenüberliegenden Seite verbunden.



Der Schaltplan mit Schalter, Vorwiderstand und LED.

LED mit einem Schalter ein- und wieder ausschalten.



## LEDs

Die erste LED wurde im Jahr 1962 von Nick Holonyak vorgestellt. Sie leuchtete rot, LEDs in anderen Farben kamen später auf den Markt. Erst Ende der 1990er-Jahre gab es LEDs als Leuchtmittel. Bis dahin war zwar ein Leuchten auf der LED zu erkennen, sie strahlten aber kein Licht ab, um andere Gegenstände oder gar ganze Räume zu beleuchten.

Nick Holonyak entwickelte weiterhin wichtige Prinzipien für andere Halbleiterbauelemente wie Thyristoren und Triacs. Im Jahr 2017 wurde er für seine Arbeiten mit der begehrten Benjamin-Franklin-Medaille ausgezeichnet. Zu dem erlesenen Kreis der Medaillenträger gehören unter anderem auch Thomas Alva Edison, Ernest Rutherford, Niels Bohr, Max Planck und Albert Einstein.



# Zwei LEDs mit einem Schalter umschalten

Heute im Adventskalender

✓ 1 LED transparent

Das Experiment des 3. Tags nutzt den Schalter als Umschalter und schaltet zwei LEDs abwechselnd ein und aus. Die Schaltung ist so aufgebaut, dass

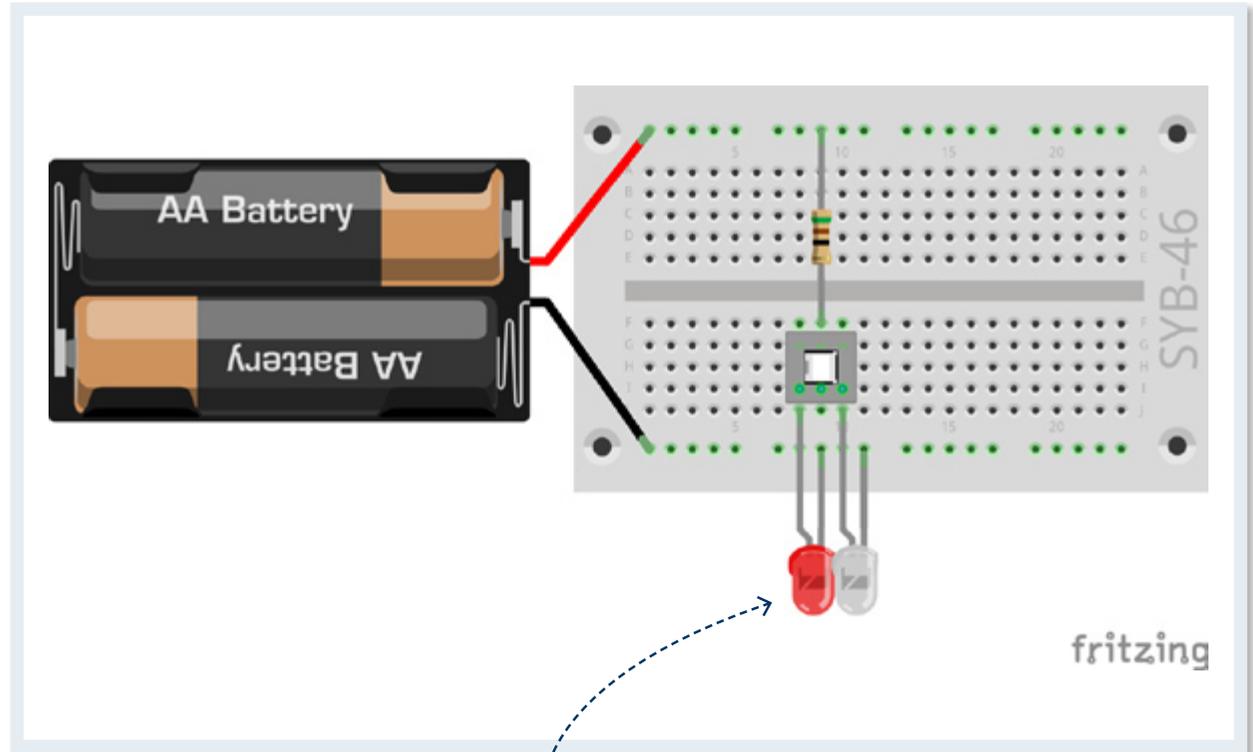
immer nur eine LED leuchtet. Daher reicht ein Vorwiderstand aus, der abwechselnd für die LEDs verwendet wird.

## Die Bauteile von heute kurz erklärt

Die transparente LED leuchtet genauso rot wie die rote LED, ist nur etwas heller. Auf dem Roboter werden die transparenten LEDs zur Beleuchtung des Bodens verwendet. Das Licht wird auf die Fotosensoren reflektiert. Die roten LEDs werden als Statusanzeige verwendet, die anzeigt, welcher Motor eingeschaltet ist.

### Bauteile

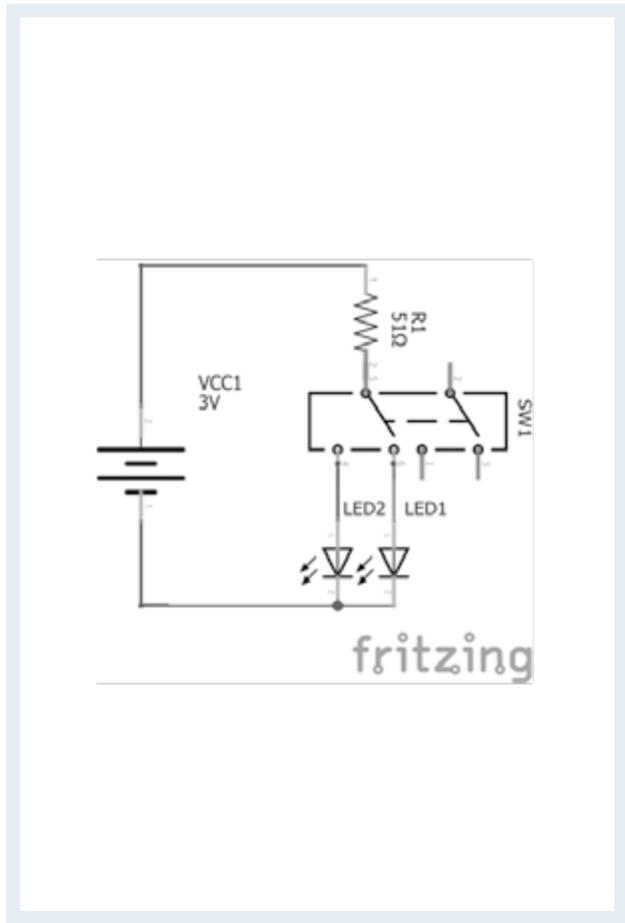
- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 LED transparent
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Schalter
- ✓ 1 Batteriekasten



Zwei LEDs mit einem Schalter umschalten.



1  
~~2~~  
~~3~~  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10



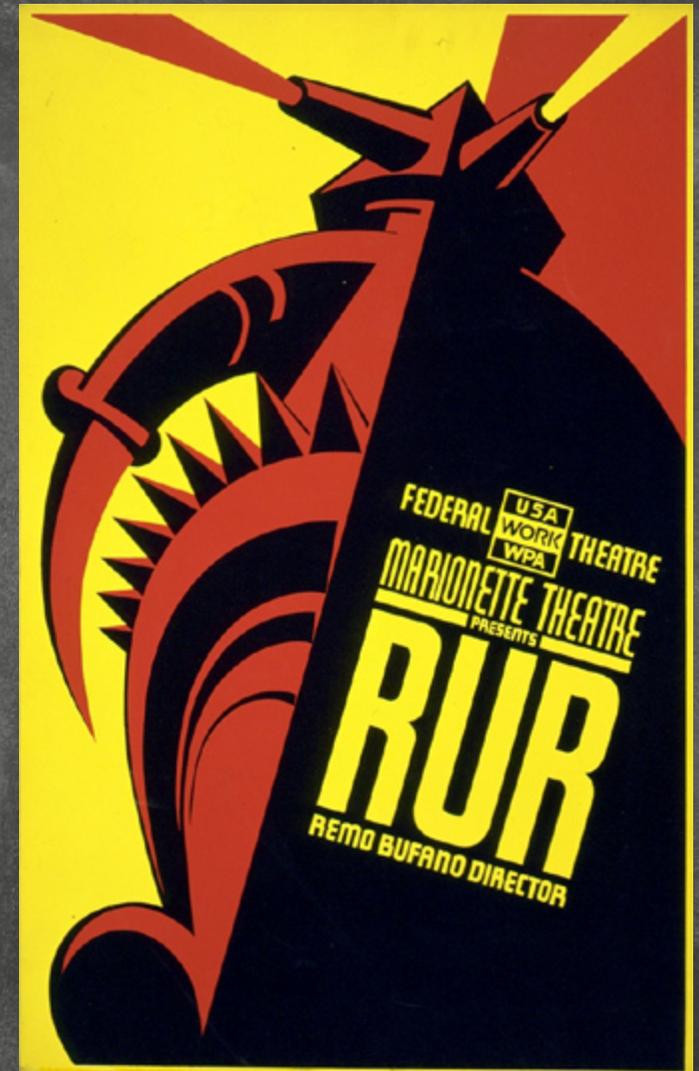
Der Schaltplan mit dem Umschalter und zwei LEDs.

## Das Wort Roboter

Der Begriff »Roboter« kommt aus dem Tschechischen, wo »robota« so etwas wie Frondienst oder Zwangsarbeit bedeutet. Roboter sollten Arbeiten übernehmen, die kein Mensch machen wollte.

Der tschechische Künstler und Schriftsteller Karel Čapek gilt als Erfinder dieses Worts, seit er 1920 in seinem Theaterstück RUR ein Unternehmen beschrieb, das künstliche, menschenähnliche Arbeitskräfte züchtete, die keinerlei Rechte hatten und die gesamte Industrie und Wirtschaft der damaligen Zeit veränderten. Heute würde man diese Art Kunstwesen Androiden nennen.

Bevor der Begriff Roboter aufkam, wurden solche selbstarbeitenden Maschinen als Automaten bezeichnet. Dieses Wort wird heute nur noch für Verkaufs- und Spielautomaten verwendet.



Werbeplakat aus den 1930er-Jahren für das Theaterstück RUR.



# LED mit einem Fotowiderstand schalten

Heute im Adventskalender

✓ Fotowiderstand

## Die Bauteile von heute kurz erklärt

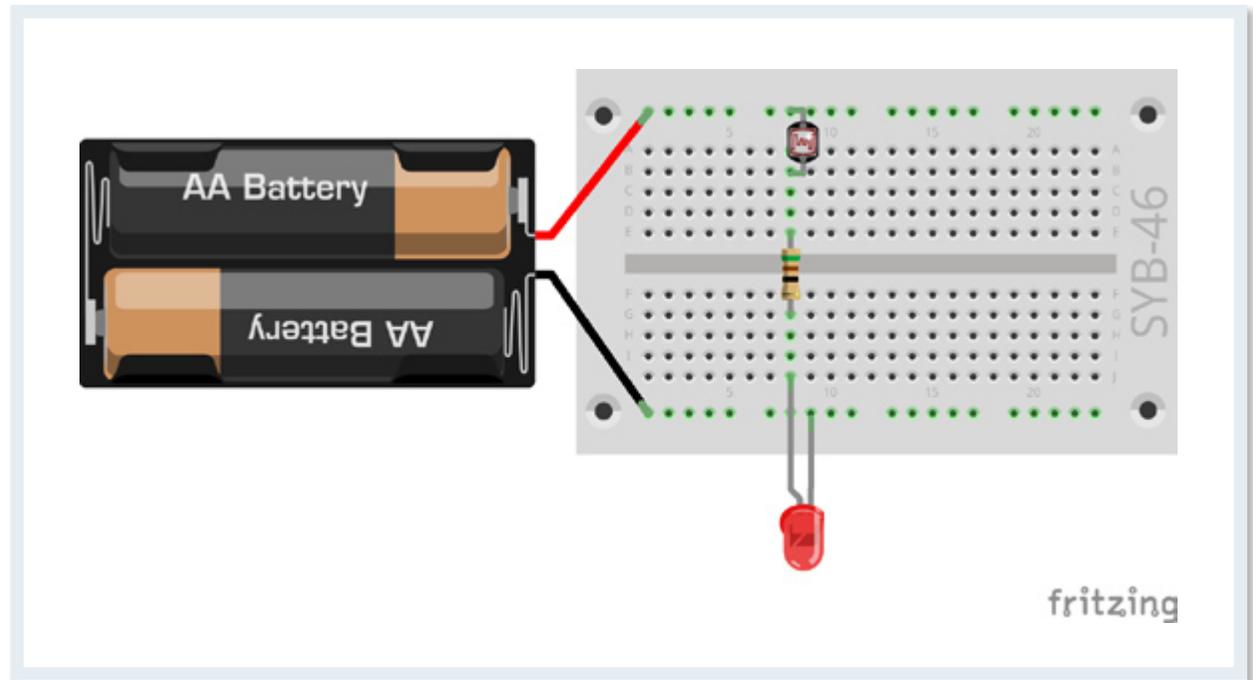
Ein Fotowiderstand ist ein lichtempfindliches elektronisches Bauteil. Je mehr Licht auf den Fotowiderstand fällt, desto geringer wird sein Widerstand. Bei völliger Dunkelheit beträgt der Widerstand mehrere Megaohm, das Bauteil ist also nahezu undurchlässig. Bei heller Beleuchtung beträgt der Widerstand weniger als 1 kOhm. Fotowiderstände reagieren deutlich träger als

Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Fotowiderstand
- ✓ 1 Batteriekasten

andere lichtempfindliche Bauteile wie zum Beispiel Fototransistoren. Der Roboter verwendet Fotowiderstände, um einer schwarzen Linie auf dem Boden zu folgen, die von LEDs beleuchtet wird. Die Trägheit der Fotowiderstände wird hier genutzt, um ein allzu hektisches Zittern des Roboters zu verhindern.

Das Experiment des 4. Tags schaltet eine LED über einen Fotowiderstand ein und aus. Fällt Licht auf den Fotowiderstand, schaltet sich die LED ein, bei Dunkelheit wieder aus.

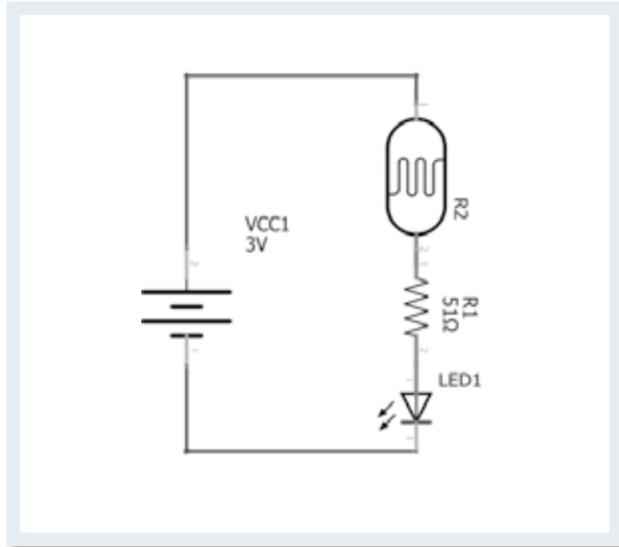


LED mit einem Fotowiderstand schalten.





Der Fotowiderstand ist direkt in die Zuleitung der LED eingebaut. Wird der Fotowiderstand beleuchtet, wird sein Widerstand so gering, dass die LED ausreichend Spannung erhält.



Der Schaltplan mit dem Fotowiderstand und einer LED.

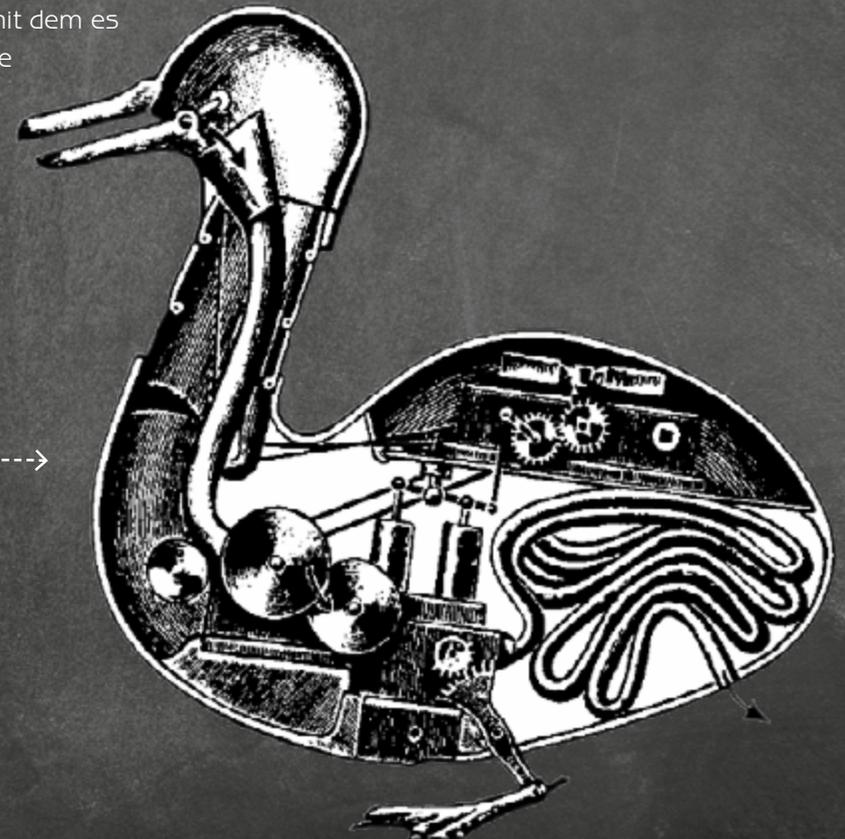
Da der Fotowiderstand auch bei voller Beleuchtung immer noch einige Hundert Ohm Widerstand hat, könnte man den Vorwiderstand der LED sogar weglassen.



## Bekannte Roboter: 1738 — die mechanische Ente

Der französische Ingenieur Jacques de Vaucanson baute einen mechanischen Flötenspieler und einige andere frühe Roboter. Sein Meisterwerk war die mechanische Ente, die naturgetreu watscheln und mit den Flügeln schlagen konnte. Das aus über 400 Einzelteilen bestehende Tier in Lebensgröße verfügte über ein Verdauungssystem, mit dem es aufgeklickte Körner chemisch auflöste und »in naturgetreuer Konsistenz« wieder ausschied. Für den künstlichen Darm der Ente erfand de Vaucanson ganz nebenbei den Gummischlauch und auch eine Maschine zu seiner Herstellung.

Ziel des Erfinders war es, nach dem Modell der Ente einen anatomisch möglichst perfekt funktionierenden künstlichen Menschen zu bauen.



Die mechanische Ente.

# LED mit einem Fotowiderstand schalten

Heute im Adventskalender

- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)

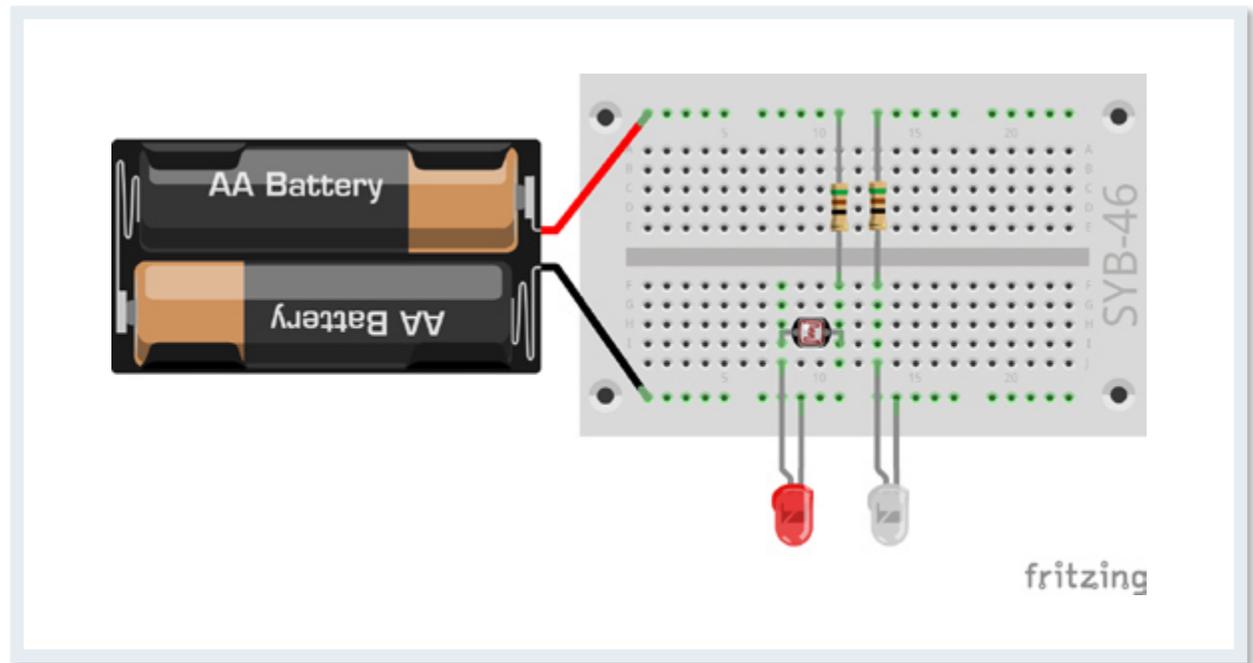
## Die Bauteile von heute kurz erklärt

Um zwei LEDs unabhängig voneinander und auch gleichzeitig zu betreiben, ist heute ein zweiter Vorwiderstand im Adventskalender.

Im Experiment des 5. Tags schaltet eine helle LED über einen Fotowiderstand eine zweite LED ein und aus. Die LEDs sind so angeordnet, dass die transparente LED auf den Fotowiderstand leuchten kann.

### Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 LED transparent
- ✓ 2 Widerstände 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Fotowiderstand
- ✓ 1 Batteriekasten

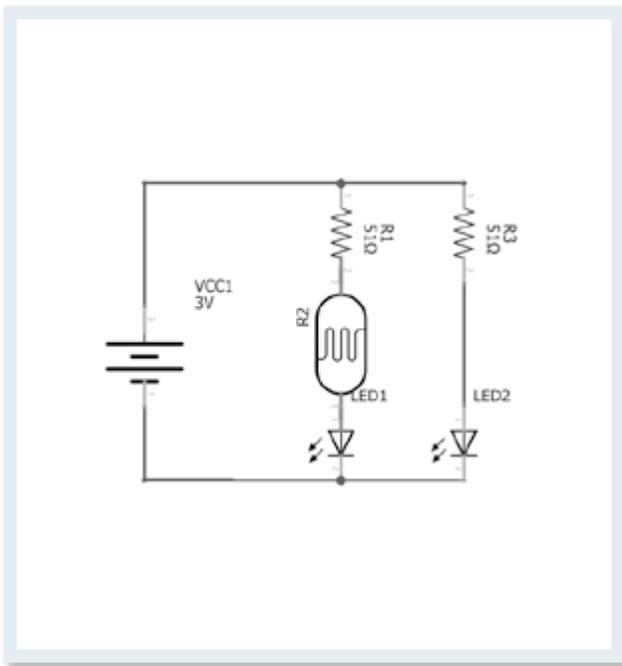


Wenn du die Hand oder ein Stück Pappe zwischen LED und Fotowiderstand hältst, schaltet sich die rote LED aus.

Die transparente LED leuchtet immer, die rote LED wird über den Fotowiderstand in der Zuleitung geschaltet.

LED mit einem Fotowiderstand schalten.





Der Schaltplan mit dem Fotowiderstand und den beiden LEDs.

# Die ersten Verkaufsautomaten

Heron von Alexandria, ein bekannter griechischer Ingenieur und Mathematiker, erfand in den ersten Jahrzehnten nach Christi Geburt den ersten Verkaufsautomaten in einem Tempel. Durch das Gewicht einer Münze drückte eine Holzscheibe Weihwasser durch ein Metallrohr nach oben und verkaufte dieses so an die Tempelbesucher.

Die ersten Verkaufsautomaten in Deutschland wurden ab 1887 von dem Schokoladenfabrikanten Ludwig Stollwerck in Köln aufgestellt. Die Automaten verfügten schon damals über einen patentierten Münzprüfer und verkauften in den Folgejahren neben Schokolade auch diverse andere Artikel des täglichen Bedarfs.



Der erste Stollwerck-Schokoladenautomat.

# LED mit einem Transistor schalten

## Heute im Adventskalender

- ✓ 1 Transistor S8550
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm (orange-orange-rot)
- ✓ 1 Widerstand 10 kOhm (braun-schwarz-orange)
- ✓ 2 Verbindungskabel

## Die Bauteile von heute kurz erklärt



### Transistor

Ein Transistor ist ein elektronisches Halbleiterbauelement, das ähnlich wie ein mechanisches Relais mit einem schwachen Schaltstrom einen Stromkreis mit deutlich höherer Leistung schließt oder öffnet.

Jeder Transistor hat drei Anschlüsse:

- ✓ Kollektor – mit dem Pluspol des zu schaltenden Stromkreises verbunden
- ✓ Basis – Schaltsignal
- ✓ Emitter – Masse

Der verwendete Transistor ist vom Typ PNP, was bedeutet, dass die Basis mit Masse verbunden sein muss, damit der Transistor durchschaltet.

### Pull-up-Widerstand 3,3 kOhm

Ist der Transistor nicht mit Masse verbunden, sondern hängt die Basis einfach »frei in der Luft«, hätte diese einen nicht eindeutig definierten Zustand, was in der Digitalelektronik nicht sein darf. Hier verwendet man üblicherweise sogenannte Pull-up-Widerstände, die den Kontakt auf High Level ziehen. Der Widerstandswert ist vom Typ des Transistors abhängig. Für den hier verwendeten Transistor eignet sich ein 10-kOhm-Widerstand, der fest mit dem +3-V-Anschluss des Batteriekastens verbunden ist. Wird die Basis über den Schalter und einen 3,3-kOhm-Vorwiderstand mit Masse verbunden, überdeckt das stärkere Low-Signal des Massepegels das schwache High-Signal und lässt den Transistor durchschalten.



### Verbindungskabel

Die farbigen Verbindungskabel haben auf beiden Seiten einen Stecker. Die Stecker werden in das Steckbrett gesteckt. Damit lassen sich auf einfache Weise Verbindungen herstellen.

Im Experiment des 6. Tags wird eine LED über einen Transistor ein- und ausgeschaltet. Der Transistor wird über den Druckschalter aktiviert.

### Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 Transistor S8550
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm (orange-orange-rot)
- ✓ 1 Widerstand 10 kOhm (braun-schwarz-orange)
- ✓ 1 Schalter
- ✓ 1 Batteriekasten
- ✓ 2 Verbindungskabel

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10

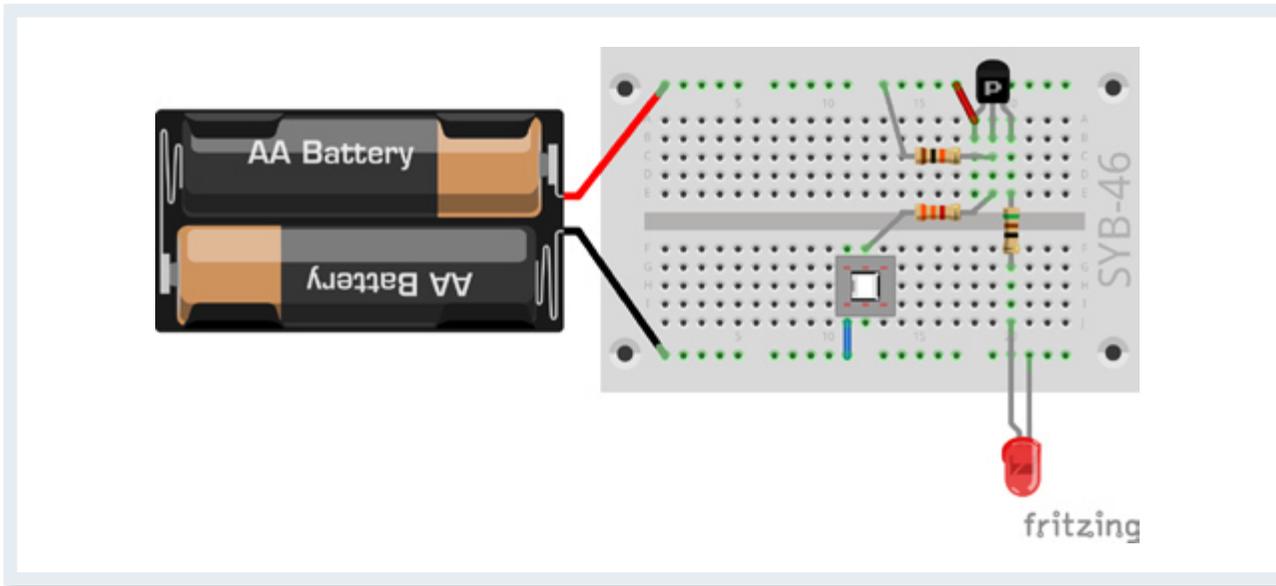


# Transistoren

Der Begriff »Transistor« ist eine Wortschöpfung aus den englischen Wörtern »Transfer« und »Resistor« und bezeichnet einen durch eine angelegte Spannung steuerbaren Widerstand.

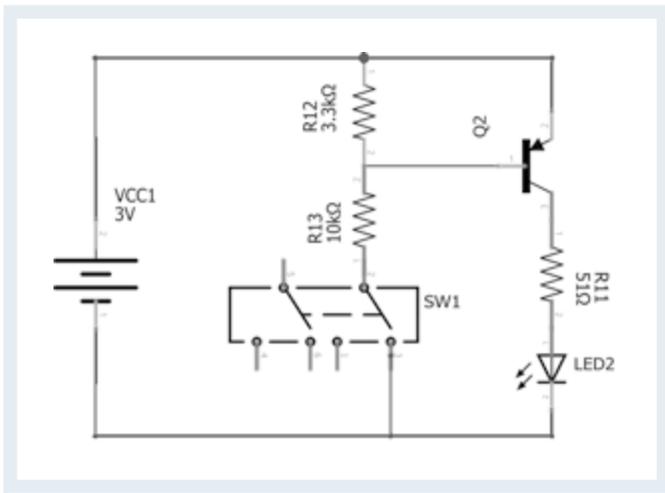
Julius Edgar Lilienfeld meldete 1925 die ersten Patente für Transistoren an, obwohl es damals technisch noch nicht möglich war, solche Halbleiterbauelemente herzustellen. Tatsächlich gebaut wurde der erste Transistor im Jahr 1947 bei Bell Laboratories (heute Nokia).

Seit 1989 wird dem Erfinder des Transistors zu Ehren der Julius-Edgar-Lilienfeld-Preis für herausragende Leistungen in der Physik vergeben. Das Preisgeld wird aus einer Stiftung von Lilienfelds Witwe finanziert. Bekanntester Preisträger ist der 2018 verstorbene Physiker Stephen Hawking.



*LED mit Transistor schalten.*

Der Schaltplan zeigt, wie Vorwiderstand und Pull-up-Widerstand angeschlossen werden.



*Schaltplan der Transistorschaltung.*



# Transistor über Potentiometer steuern

## Heute im Adventskalender

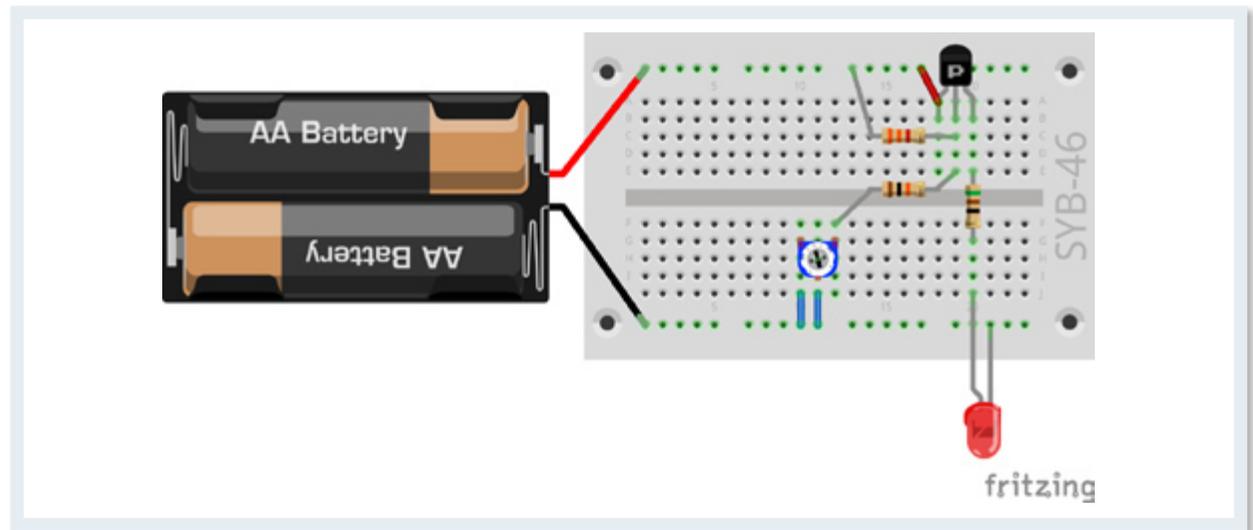
- ✓ 1 Potentiometer 10 kOhm  
(1 Potentiometer als Reserve)
- ✓ 1 Widerstand 10 kOhm  
(braun-schwarz-orange)
- ✓ 3 Verbindungskabel

## Die Bauteile von heute kurz erklärt

### Potentiometer

Ein Potentiometer ist ein mechanisch einstellbarer Widerstand. Der Widerstand zwischen den beiden äußeren Anschlüssen ist fest – bei dem Potentiometer heute im Adventskalender sind es 10 kOhm. Über einen sogenannten Schleifer, der mit einem kleinen Schraubenzieher auf der Widerstandsfläche bewegt werden kann, lassen sich zwei Widerstände einstellen, die zusammen den Widerstandswert zwischen den äußeren Anschlüssen ergeben.

Im Experiment des 7. Tags stellt ein Potentiometer den Widerstand zwischen der Basis des Transistors und der Masseleitung ein. Durch Drehen findet man den Punkt, an dem der Transistor durchschaltet. Der Schleifer und der eine

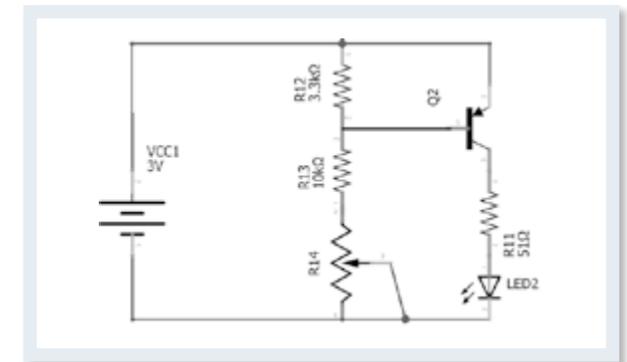


Transistor über Potentiometer steuern.

äußere Anschluss des Potentiometers sind mit Masse verbunden. Es wird nur die eine Seite des Potentiometers verwendet.

### Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 Transistor S8550
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm (orange-orange-rot)
- ✓ 1 Widerstand 10 kOhm (braun-schwarz-orange)
- ✓ 1 Potentiometer
- ✓ 1 Batteriekasten
- ✓ 3 Verbindungskabel



Schaltplan der Transistorschaltung mit Potentiometer.

7

8

9

10



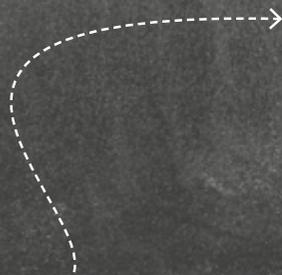
# Die Poggendorff-Täuschung

Der deutsche Physiker Johann Christian Poggendorff erfand 1841 das Potentiometer. Im Jahr 1820 hatte er bereits das erste brauchbare Strommessgerät gebaut.

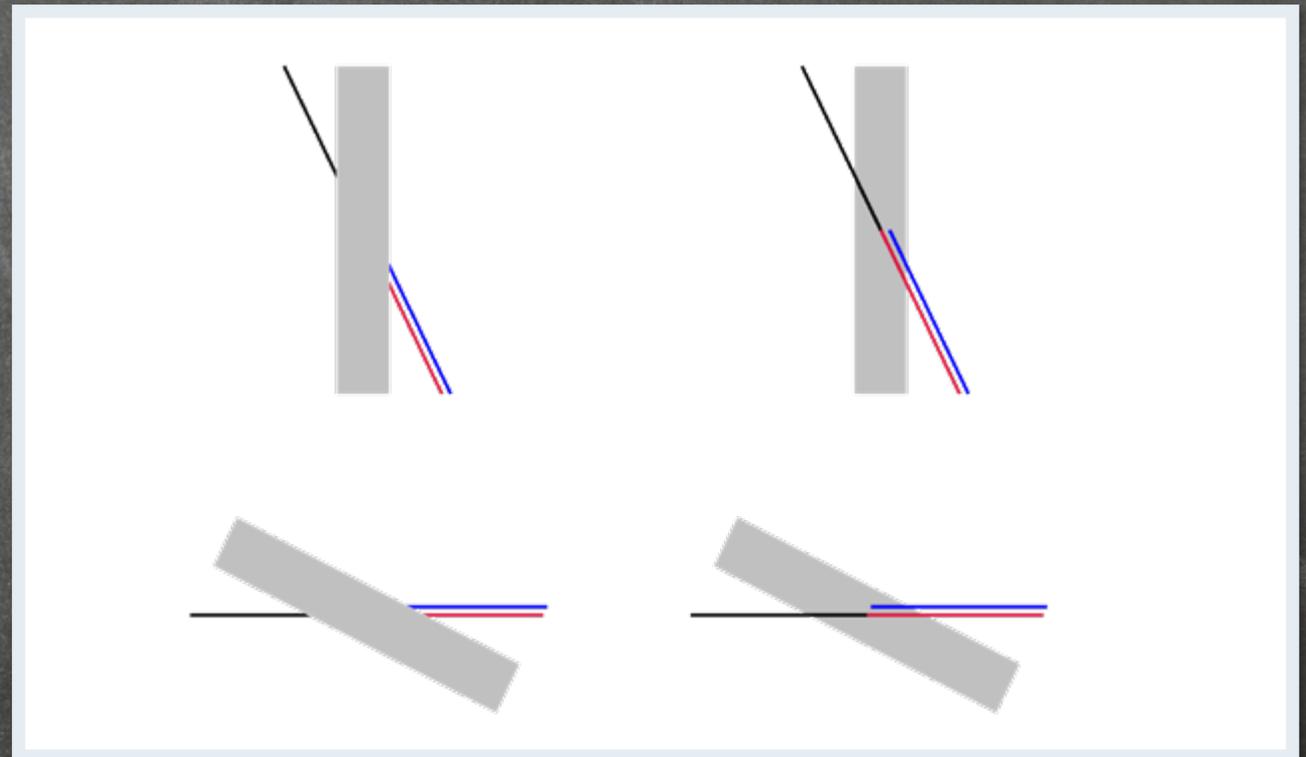
Poggendorff beschrieb als Erster die nach ihm benannte Poggendorff-Täuschung, die heute Basis zahlreicher optischer Täuschungen und Illusionen ist und ihn wesentlich bekannter machte als das Potentiometer.

Schräge Linien verschieben sich scheinbar an den Kanten eines darüberliegenden Balkens. Im Bild links oben vermutet man, die blaue Linie rechts sei die Verlängerung der schwarzen Linie links. Ein transparenter Balken im Bild rechts oben deckt den Irrtum auf.

Die unteren Bilder zeigen, dass das menschliche Auge bei waagerechten statt schrägen Linien auf diese Täuschung nicht mehr hereinfällt. Die meisten Menschen sehen im Bild links unten deutlich die rote Linie als Verlängerung der schwarzen.



Die Poggendorff-Täuschung.



# Transistor über zwei Potentiometer steuern

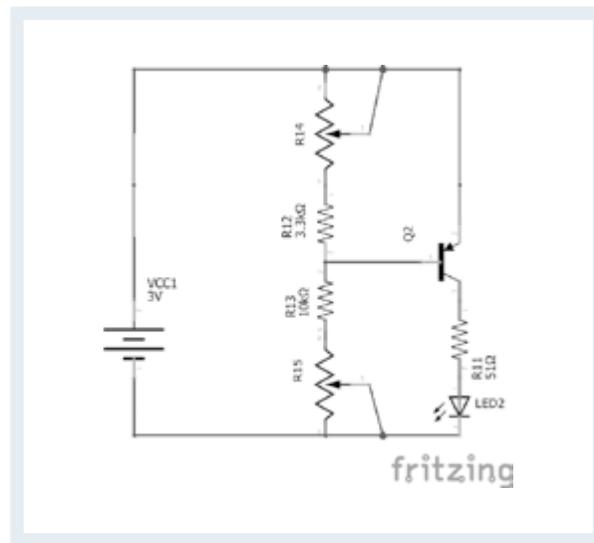
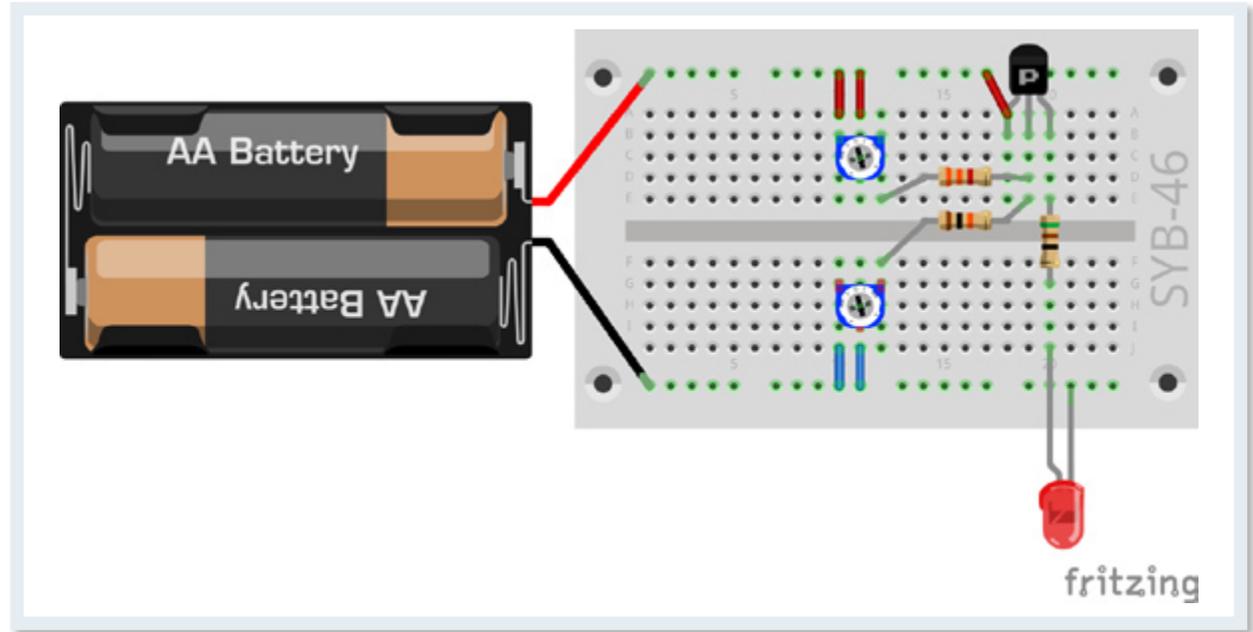
## Heute im Adventskalender

- ✓ 1 Potentiometer 10 kOhm
- ✓ 3 Verbindungskabel

Im Experiment des 8. Tags sind zwei Potentiometer angeschlossen, eines in der Leitung vom Pluspol der Schaltung zur Basis des Transistors und eines in der Leitung von der Masse zur Basis. Durch Veränderung beider Potentiometer lassen sich Punkte einstellen, an denen der Transistor durchschaltet und die LED leuchtet.

## Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 Transistor S8550
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm (orange-orange-rot)
- ✓ 1 Widerstand 10 kOhm (braun-schwarz-orange)
- ✓ 2 Potentiometer
- ✓ 1 Batteriekasten
- ✓ 5 Verbindungskabel



Transistor über zwei Potentiometer steuern.

Schaltplan der Transistorschaltung mit zwei Potentiometern.





# Bekannte Roboter: 1769 — der Schachtürke

Der österreichisch-ungarische Hofmechaniker und Architekt Wolfgang von Kempelen baute 1769 den sogenannten Schachtürken, einen menschlich aussehenden Roboter, der Schach spielen konnte. Eine in traditionelle türkische Tracht gekleidete Figur in Menschengröße saß hinter einem Schachbrett und trat gegen menschliche Spieler an. Der Schachtürke bewegte die Schachfiguren immer mit dem linken Arm und legte diesen nach einem abgeschlossenen Zug auf einem Polster ab.

Erst etwa 20 Jahre später wurde das Geheimnis gelüftet. In der Kiste unter dem Tisch saß ein menschlicher Spieler, der den Schachtürken mittels einer Mechanik aus Hebeln und Seilzügen bewegte.

Im Laufe der Jahre entstanden zahlreiche Nachbauten des Schachtürken. Eine davon steht heute im größten Computermuseum der Welt, dem Heinz Nixdorf MuseumsForum (HNF) in Paderborn.

Der Crowdsourcing-Dienst Amazon Mechanical Turk ([www.mturk.com](http://www.mturk.com)) wählte seinen Namen in Anlehnung an den Schachtürken. Über diese Online-Plattform können Einzelpersonen wie auch Firmen Menschen finden, die klar begrenzte, überschaubare Aufgaben in einem Projekt erfüllen.

Die Redewendungen »etwas türken« oder »einen Türken bauen« für »etwas vorspiegeln« oder »so tun, als ob ...« werden ebenfalls auf den Schachtürken zurückgeführt.

*Zeitgenössische Darstellung  
des Schachtürken.*





# LED mit Komparator schalten

Heute im Adventskalender

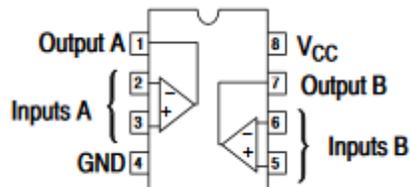
- ✓ 1 Komparator-IC CMTC17A LM393P
- ✓ 1 Widerstand 10 Ohm (braun-schwarz-schwarz)

## Die Bauteile von heute kurz erklärt

### Komparator-IC

Ein Komparator vergleicht zwei Spannungen an den beiden Eingängen. Der Ausgang zeigt als digitales Signal an, welcher der Eingänge die höhere Spannung hat.

Der integrierte Schaltkreis LM393P enthält zwei solche Komparatoren, die je drei Pins belegen. Hinzu kommen zwei Pins für die Stromversorgung. Achte beim Einbau des Bausteins auf die Kerbe an einer der Schmalseiten, die die Einbaurichtung vorgibt.



Pinbelegung des IC LM393P.

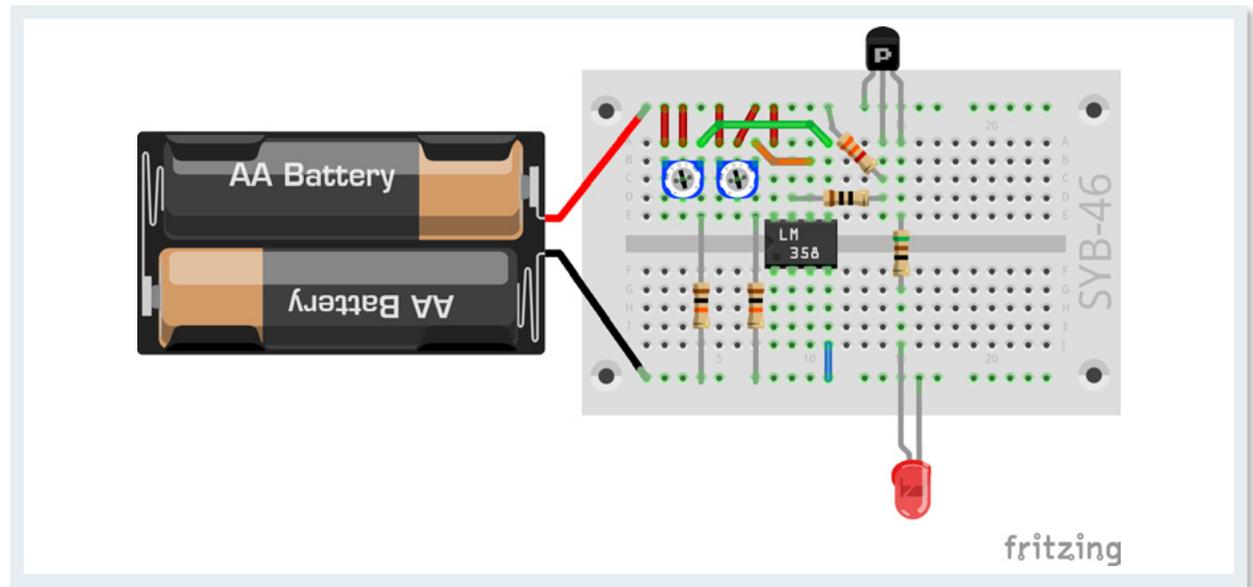
Bei den Transistorschaltungen der letzten Tage konnte es passieren, dass die LED je nach Einstellung des Potentiometers stärker oder schwächer leuchtete. Das kommt daher, dass Transistoren nicht digital schalten. Eine schwächere Spannung an der Basis bewirkt auch eine geringere Ausgangsspannung am Emitter. Dieser Effekt wird bei Transistorverstärkern genutzt, die zum Beispiel das schwache Signal eines Mikrofons verstärkt auf einem Lautsprecher ausgeben.

Im Roboter sollen die Transistoren die Fahrmotoren schalten. Diese sollen entweder laufen oder nicht, aber keinen Zustand dazwischen annehmen, bei dem sie nur mit schwächerer Spannung versorgt werden. Die Verfolgung der Linie ließe

sich dann nicht genau steuern. An dieser Stelle kommen später die beiden Komparatoren zum Einsatz, die den Transistoren ein digitales, eindeutiges Signal zum Schalten der Motoren liefern.

Das Experiment des 9. Tags schaltet die LED über einen Komparator. An den beiden Eingängen des Komparators sind Potentiometer angeschlossen, mit denen sich die Eingangsspannungen einstellen lassen. Je nachdem, wie die Potentiometer eingestellt sind, leuchtet die LED oder nicht.

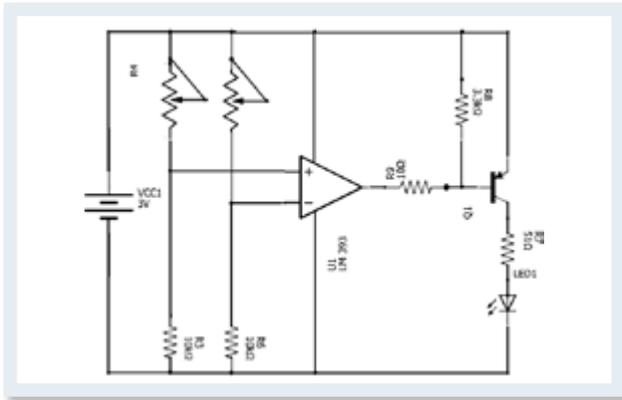
Zwischen dem Ausgang des Komparators und der Basis des Transistors ist ein 10-Ohm-Schutzwiderstand eingebaut.



LED mit Komparator schalten.

## Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 IC LM393P
- ✓ 1 Transistor S8550
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 10 Ohm (braun-schwarz-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm (grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm (orange-orangerot)
- ✓ 2 Widerstände 10 kOhm (braun-schwarz-orangerot)
- ✓ 2 Potentiometer
- ✓ 1 Batteriekasten
- ✓ 8 Verbindungskabel



Der Schaltplan der Komparatorschaltung.

Die beiden sich kreuzenden Leitungen auf dem Schaltplan sind elektrisch nicht verbunden. Leitende Abzweig- und Kreuzungspunkte werden auf Schaltplänen mit einem dicken Punkt gekennzeichnet.



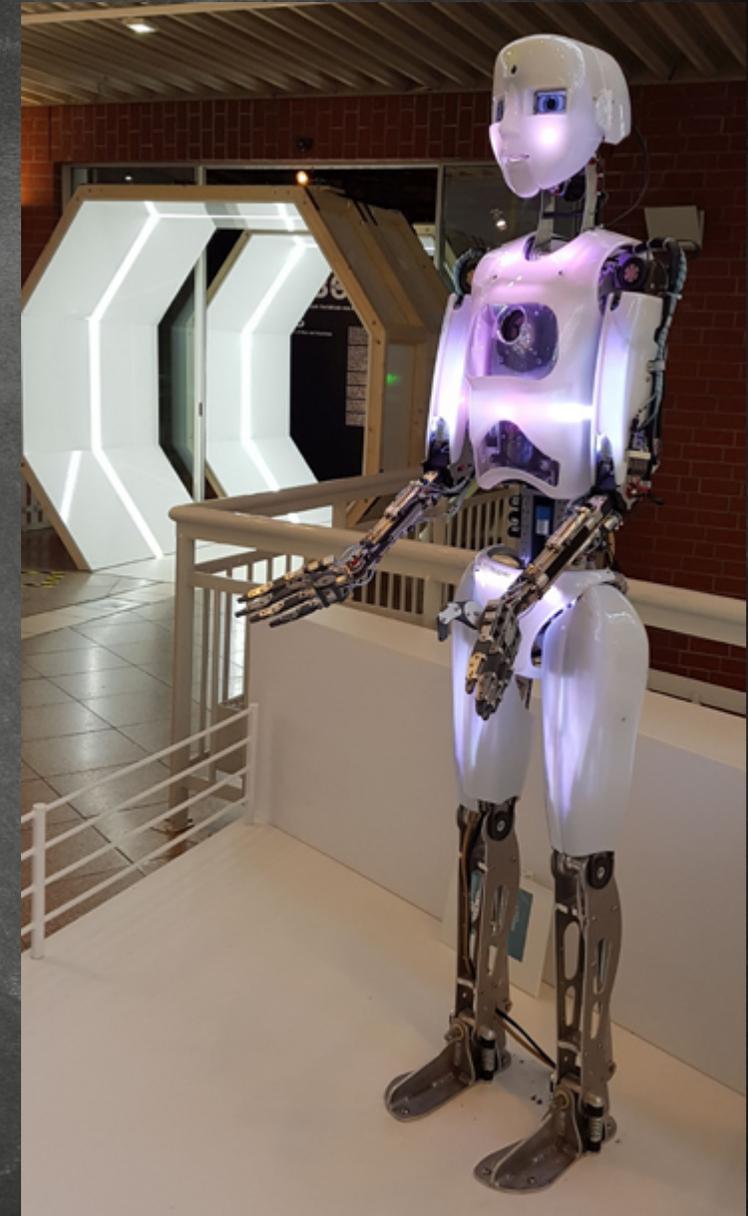
## Humanoide Roboter

Ein Roboter an sich kann jede beliebige Form haben. Besonders in der Science-Fiction-Literatur kommen immer wieder humanoide Roboter vor, die der menschlichen Statur und den menschlichen Bewegungsarten nachempfunden sind. Bei besonders menschenähnlichem Aussehen spricht man von Androiden.

Auch in der Forschung spielen humanoide Roboter eine wichtige Rolle, da sie in für Menschen konzipierten Umgebungen, in Wohnräumen und an Arbeitsplätzen, tätig sein können.



Humanoider Roboter in der Arbeitswelt Ausstellung, kurz DASA. Die DASA ist ein Museum in Dortmund rund um das Thema Mensch, Technik und Arbeitswelt.



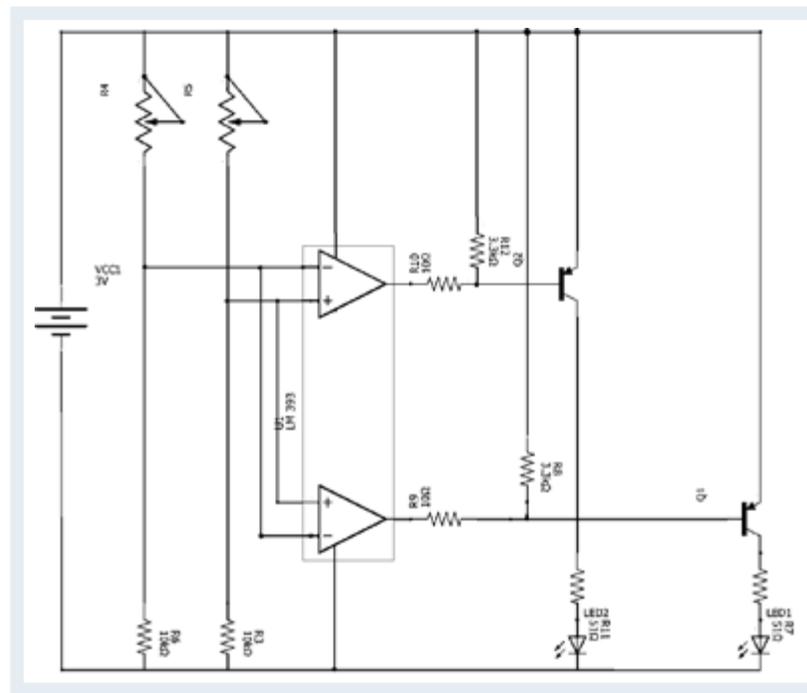
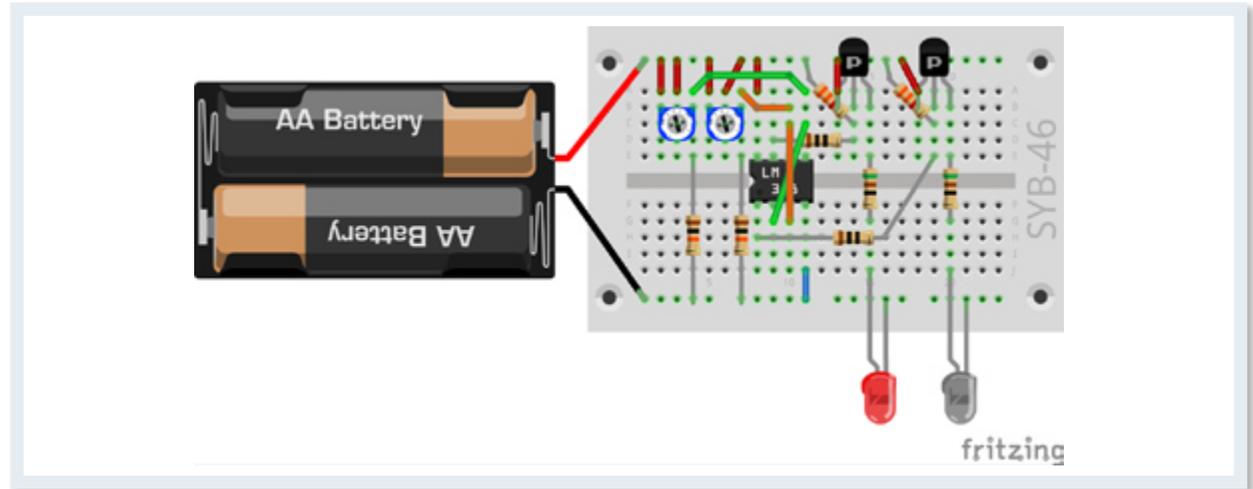
# Zwei LEDs mit zwei Komparatoren steuern

## Heute im Adventskalender

- ✓ 1 Transistor S8550
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm (orange-orange-rot)
- ✓ 1 Widerstand 10 Ohm (braun-schwarz-schwarz)
- ✓ 4 Verbindungskabel

Im Experiment des 10. Tags steuern zwei Potentiometer zwei LEDs. Die Steuerung ist der im Roboter verwendeten Steuerung sehr ähnlich. Die Potentiometer bilden zusammen mit den 10-kOhm-Widerständen Spannungsteiler, die eine bestimmte einstellbare Spannung an die Eingänge der Komparatoren weitergeben. Die Komparatoren sind gegenläufig miteinander verbunden. Die Spannung am Plusseingang des einen Komparators liegt gleichzeitig am Minuseingang des anderen an und umgekehrt. Das bewirkt, dass immer eine LED leuchtet. Der Roboter verwendet dieses Schaltprinzip, um durch abwechselndes Einschalten der Motoren möglichst genau der Spur zu folgen.

Im Schaltbild wird die gegenpolige Schaltung der beiden Komparatoren deutlich.



Zwei LEDs mit zwei Komparatoren steuern.

Der Schaltplan der doppelten Komparatorschaltung.



## Bauteile

- ✓ 1 Steckbrett SYB-46
- ✓ 1 IC LM393P
- ✓ 2 Transistor S8550
- ✓ 1 LED rot
- ✓ 1 Widerstand 10 Ohm  
(braun-schwarz-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 51 Ohm  
(grün-braun-schwarz)
- ✓ 1 Widerstand 3,3 kOhm  
(orange-orange-rot)
- ✓ 2 Widerstände 10 kOhm  
(braun-schwarz-orange)
- ✓ 2 Potentiometer
- ✓ 1 Batteriekasten
- ✓ 12 Verbindungskabel

# Bekannte Roboter: 1774 — der Schreiber

Der Schweizer Uhrmacher Pierre Jaquet-Droz und sein Sohn Henri-Louis bauten eine etwa 70 cm große Puppe, die beliebige Texte schreiben konnte. Nach Betätigung eines Hebels tauchte der Schreiber die Schreibfeder in Tinte, schüttelte sie kurz ab und legte seine Hand oben auf das Papier. Ein zweiter Hebel ließ die Figur per Hand schreiben. Der Schreiber konnte einen beliebigen Text mit bis zu 40 Zeichen schreiben und beachtete dabei Leerzeichen und Zeilenumbrüche.

Der Text, der geschrieben werden sollte, wurde über eine Scheibe mit auswechselbaren Nocken codiert. Damit war der Schreiber einer der ersten programmierbaren Roboter der Geschichte.

Nach ähnlichem Prinzip entstanden auch noch ein Zeichner und eine Organistin, die auf den Tasten einer kleinen Orgel eigens dafür komponierte Musikstücke spielte.

Die Automaten sind bis heute funktionsfähig und können im Musée d'art et d'histoire Ville de Neuchâtel (CH) besichtigt werden.

Die Schweizer Nobeluhrenmarke Jaquet-Droz ist nach dem Erbauer dieser Automaten benannt.



Der Schreiber von Pierre Jaquet-Droz.







Als Anfänger mit den Widerständen zu beginnen hat einen weiteren Vorteil: Sie sind sehr unempfindlich und nehmen auch bei starker Überhitzung keinen Schaden.

Beginne mit dem 10-Ohm-Widerstand (braun-schwarz-schwarz), der mit  $R10$  auf der Platine gekennzeichnet ist. Biege die beiden Drähte knapp neben dem Widerstandskörper rechtwinklig um und stecke sie durch die beiden Löcher in der Platine.

Bei Widerständen ist die Einbaurichtung egal. Für eine bessere Übersicht auf der Platine solltest du die Widerstände aber alle in der gleichen Richtung einbauen, am besten so, dass die Leserichtung der Farbcodes mit der Leserichtung der Bauteilbeschriftung auf der Platine übereinstimmt. Bei unserem 10-Ohm-Widerstand bedeutet das, dass der braune Ring nach links kommt, der goldene nach rechts.

Biege die beiden Drahtenden auf der Unterseite der Platine nach außen, sodass der Widerstand nicht wieder herausrutschen kann. Löte sie dann an den Lötäugen fest. Wenn die Lötverbindung gelungen und das Lötzinn ausgehärtet ist, zwicke die überstehenden Drahtenden knapp oberhalb der Platinoberfläche mit einer kleinen Zange ab.

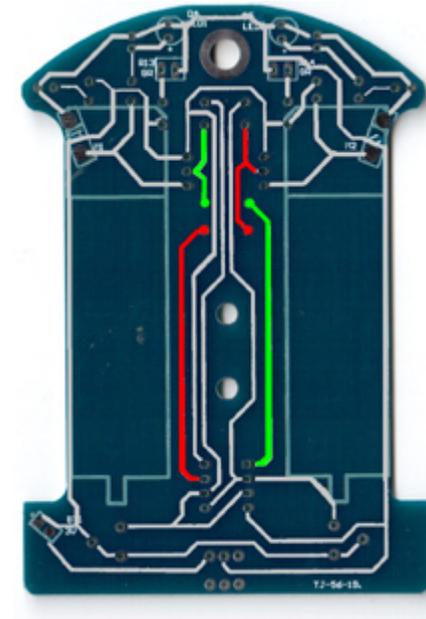
Löte danach auf die gleiche Weise den zweiten 10-Ohm-Widerstand (braun-schwarz-schwarz) mit der Bezeichnung  $R9$  direkt daneben fest.

## So verwendet der Roboter die beiden Widerstände

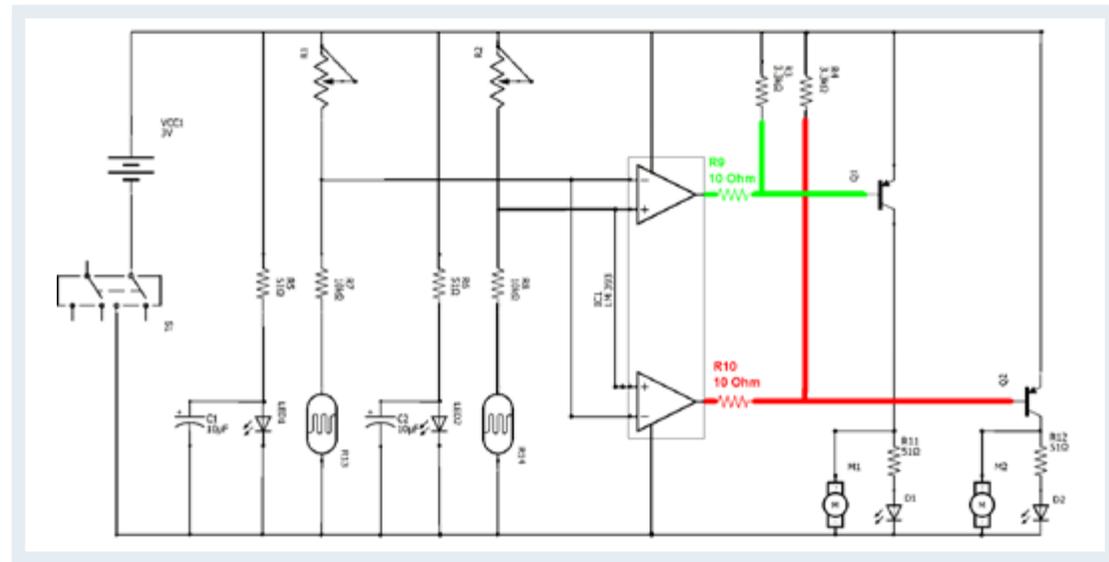
Auf dem Schaltplan und den Leiterbahnen auf der Platine sieht man, wofür die beiden Widerstände verwendet werden. Heute und an den folgenden Tagen, wenn weitere Bauteile eingelötet werden, zeigen wir, wofür diese verwendet werden. Das hilft dabei, die Funktionsweise des Roboters zu verstehen.

Die beiden 10-Ohm-Widerstände sind Schutzwiderstände zwischen den Ausgängen der Komparatoren und den Basisanschlüssen der beiden Transistoren, die die Motoren schalten.

Wie bei einem Schiff sind die in Fahrtrichtung linken Bauteile rot, die rechten grün dargestellt.



Die beiden 10-Ohm-Widerstände  $R9$  und  $R10$  sowie ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.



Die Leiterbahnen für die beiden 10-Ohm-Widerstände  $R9$  und  $R10$  auf der Platine.

# Widerstände anlöten

Heute im Adventskalender

✓ 2 Widerstände 51 Ohm (grün-braun-schwarz)

Löte wie gestern beschrieben die nächsten Widerstände auf die Platine. Heute sind die letzten beiden noch fehlenden 51-Ohm-Widerstände (grün-braun-schwarz) im Adventskalender.

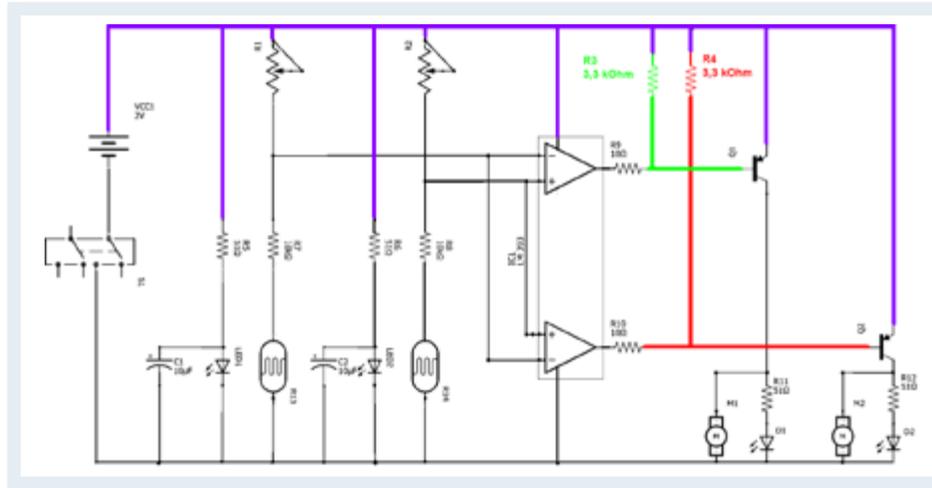
Beginne in der Mitte der Platine mit den Widerständen  $R3$ ,  $R4$ ,  $R7$ ,  $R8$  und löte erst danach die äußeren Widerstände  $R11$ ,  $R12$ ,  $R5$ ,  $R6$  auf die Platine.

## So verwendet der Roboter die Widerstände

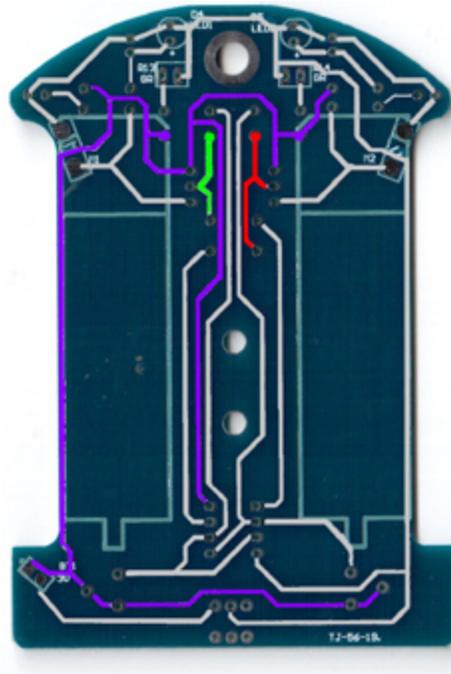
### 3,3-kOhm-Pull-up-Widerstände ( $R3/R4$ )

Ein 3,3-kOhm-Widerstand (orange-orange-rot) zwischen der Basis des Transistors und dem Pluspol der Schaltung zieht die Basis auf High Level, wenn sie nicht mit der Masseleitung verbunden ist. Dieser Pull-up-Widerstand sorgt dafür, dass die Basis des Transistors immer einen eindeutigen logischen Zustand hat.

In den Abbildungen sind der Widerstand  $R4$  und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, der



Die beiden 3,3-kOhm-Widerstände  $R3$  und  $R4$  sowie ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.



Widerstand  $R3$  und seine Anschlussleitungen grün. Beide Widerstände sind mit dem violett dargestellten Pluspol der Schaltung verbunden.

### 10-kOhm-Widerstände für die Spannungsteiler ( $R7/R8$ )

Ein 10-kOhm-Widerstand (braun-schwarz-orange) und ein Fotowiderstand auf der einen Seite sowie ein Potentiometer auf der anderen Seite bilden einen einstellbaren Spannungsteiler. Die geteilte Spannung wird an die Eingänge der Komparatoren angelegt. Je nachdem, wie hell der Fotowiderstand beleuchtet ist, ergibt sich eine unterschiedlich hohe Spannung. Danach entscheiden die Komparatoren, welcher Motor laufen soll, um die schwarze Linie zu verfolgen.

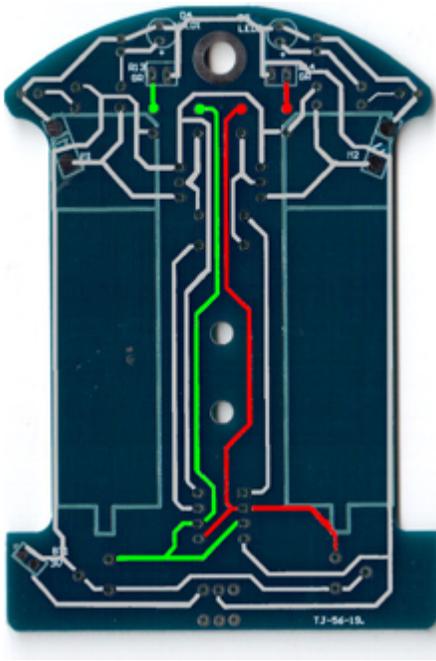
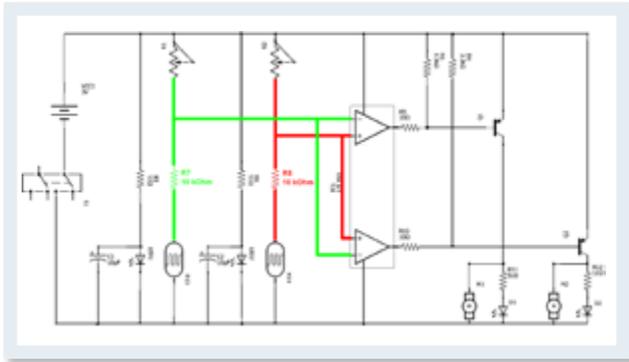
Die Leiterbahnen für die beiden 3,3-kOhm-Widerstände  $R3$  und  $R4$  auf der Platine.



12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20



In den Abbildungen sind der Widerstand  $R8$  und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, der Widerstand  $R7$  und seine Anschlussleitungen grün.

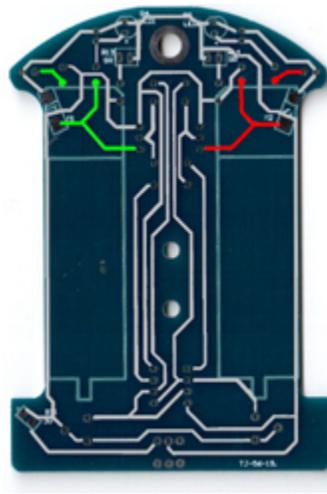
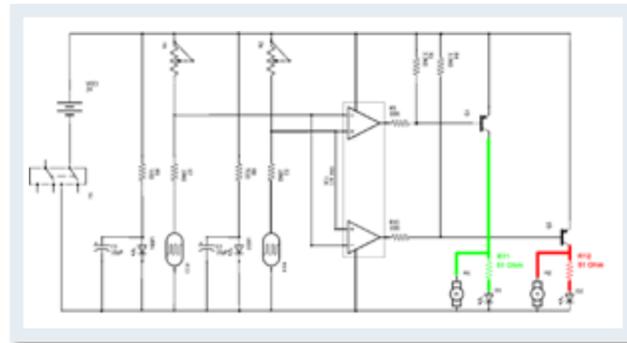


Die beiden 10-kOhm-Widerstände  $R7$  und  $R8$  sowie ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

Die Leiterbahnen für die beiden 10-kOhm-Widerstände  $R7$  und  $R8$  auf der Platine.

### 51-Ohm-Vorwiderstände für die oberen LEDs ( $R11/R12$ )

Die zwei 51-Ohm-Widerstände (grün-braun-schwarz)  $R11$ ,  $R12$  werden als Vorwiderstände vor die roten LEDs  $D1$ ,  $D2$  auf der Oberseite der Platine geschaltet. Diese LEDs leuchten, wenn der zugehörige Motor läuft.



Die beiden 51-Ohm-Widerstände  $R11$  und  $R12$  sowie ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

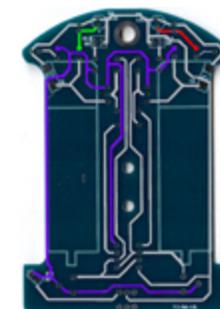
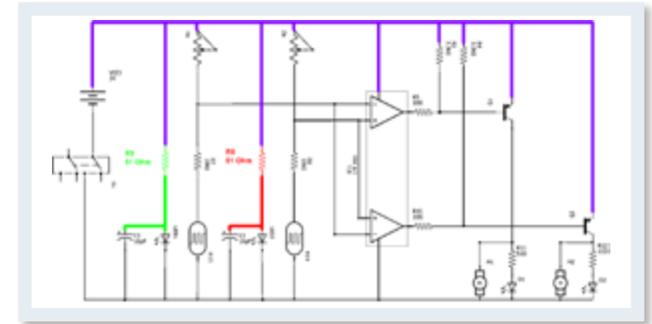
Die Leiterbahnen für die beiden 51-Ohm-Widerstände  $R11$  und  $R12$  auf der Platine.



### 51-Ohm-Vorwiderstände für die unteren LEDs ( $R5/R6$ )

Die zwei 51-Ohm-Widerstände (grün-braun-schwarz)  $R5$ ,  $R6$  werden als Vorwiderstände vor die transparenten LEDs  $D1$ ,  $D2$  auf der Unterseite der Platine geschaltet. Diese LEDs leuchten permanent und liefern das Licht für die Fotosensoren.

In den Abbildungen sind der Widerstand  $R6$  und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, der Widerstand  $R5$  und seine Anschlussleitungen grün. Beide Widerstände sind mit dem violett dargestellten Pluspol der Schaltung verbunden.



Die beiden 51-Ohm-Widerstände  $R5$  und  $R6$  sowie ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

Die Leiterbahnen für die beiden 51-Ohm-Widerstände  $R5$  und  $R6$  auf der Platine.



# Transistoren anlöten

Heute im Adventskalender

✓ 1 Kondensator 100  $\mu$ F

Heute ist ein Kondensator im Adventskalender, der aber erst an einem späteren Tag benötigt wird.

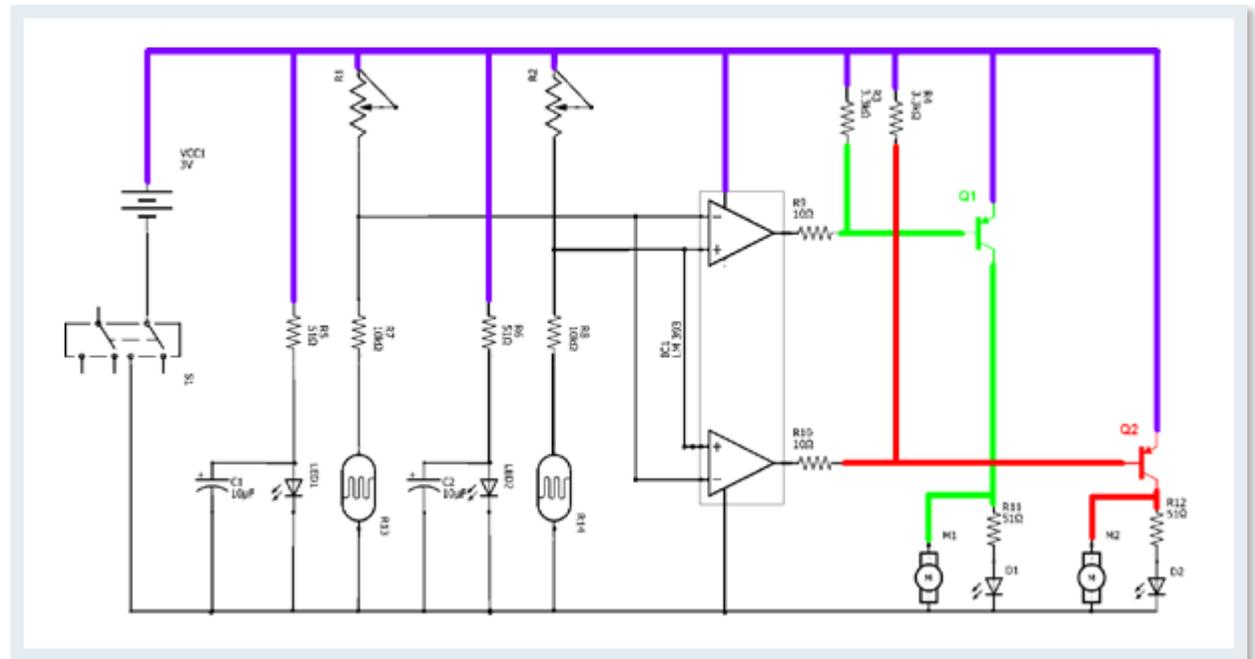
Erst mal werden heute die Transistoren auf die Platine gelötet. Dabei sind zwei Dinge zu beachten:

- ✓ Transistoren müssen in der richtigen Richtung eingebaut werden. Bei Widerständen spielt die Richtung keine Rolle. Damit man die Transistoren richtig einlötet, ist ihr Umriss auf der Platine dargestellt. Die flache, beschriftete Seite des Transistors muss von oben gesehen links auf der Platine sein.
- ✓ Transistoren sind sehr hitzeempfindlich. Berühre sie auf keinen Fall mit dem Lötkolben. Damit die Transistoren beim Einlöten nicht zu heiß werden, solltest du sie mit großem Abstand zur Platine einbauen. Stecke die Drähte nur knapp durch die Löcher der Platine, sodass du die Drahtenden gerade noch gut festlöten kannst.

## So verwendet der Roboter die Transistoren

Die beiden Transistoren schalten die Motoren ein und aus. Sie erhalten dazu ein Signal aus dem Komparator. Dieser wiederum vergleicht die Signale der beiden Fotowiderstände. Dadurch werden die Motoren so geschaltet, dass der Roboter immer einer schwarzen Linie folgt.

In den Abbildungen sind der Transistor Q2 und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, der Transistor Q1 und seine Anschlussleitungen grün.



Die beiden Transistoren und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

~~12~~  
~~11~~  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20



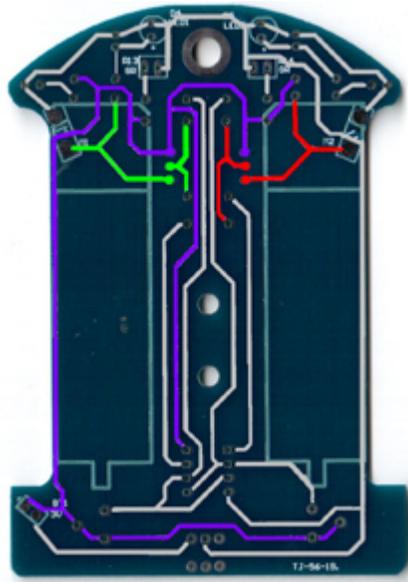
# Bekannte Roboter: 1805 — der erste Industrieroboter

Joseph-Marie Jacquard trug durch seine Erfindung des programmierbaren Webstuhls entscheidend zur ersten industriellen Revolution bei. Der Webstuhl wurde erstmals durch Lochkarten gesteuert, auf denen das zu webende Muster codiert war. Auf diese Weise ließen sich, neben den einfachen Streifen- und Karomustern, fast beliebig gemusterte Stoffe weben.

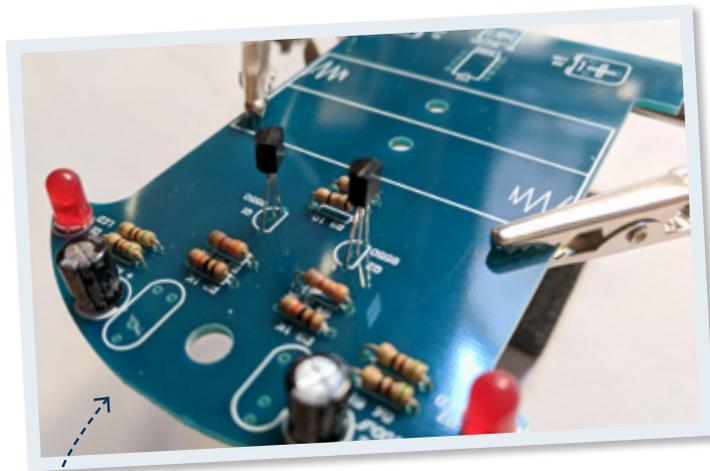
Die verwendeten Lochkarten waren durch Bänder zu langen Lochstreifen verbunden, die mechanisch gelesen wurden. Der Jacquard-Webstuhl ist eine der

frühesten industriellen Anwendungen der Digitaltechnik und einer der ersten programmierbaren Industrieroboter.

Diese Technik ging schnell in Serie, sodass auch heute noch funktionsfähige Jacquard-Maschinen erhalten sind, zu sehen im Heinz Nixdorf MuseumsForum (HNF) in Paderborn, im Weberei-Museum in Bramsche bei Osnabrück, im Haus der Seidenkultur in Krefeld sowie in der DASA in Dortmund.



Die Leiterbahnen für die beiden Transistoren auf der Platine.



Die dreibeinigen Transistoren auf der Platine. Hinweis: Auf diesem Bild sind die LEDs und die Kondensatoren bereits angelötet.



Lochkarten-gesteuerter Webstuhl in der DASA Dortmund.

# Kondensatoren anlöten



Heute im Adventskalender

✓ 1 Kondensator 100  $\mu\text{F}$

Die beiden Kondensatoren sind sogenannte Elektrolytkondensatoren, die eine deutlich höhere Kapazität haben als einfache Kondensatoren. Allerdings müssen Elektrolytkondensatoren in der richtigen Richtung eingebaut werden. Der Minuspol ist durch einen breiten weißen Streifen auf dem Kondensator gekennzeichnet. Der Kondensator muss in die weiße Hälfte des Kondensatorsymbols auf der Platine gesteckt werden, und zwar in Fahrtrichtung vorne. Stecke die Kondensatoren von oben ganz durch die Platine, bis der Kondensator auf der Platine sitzt. Zwicke nach dem Festlöten die überstehenden Drähte ab.

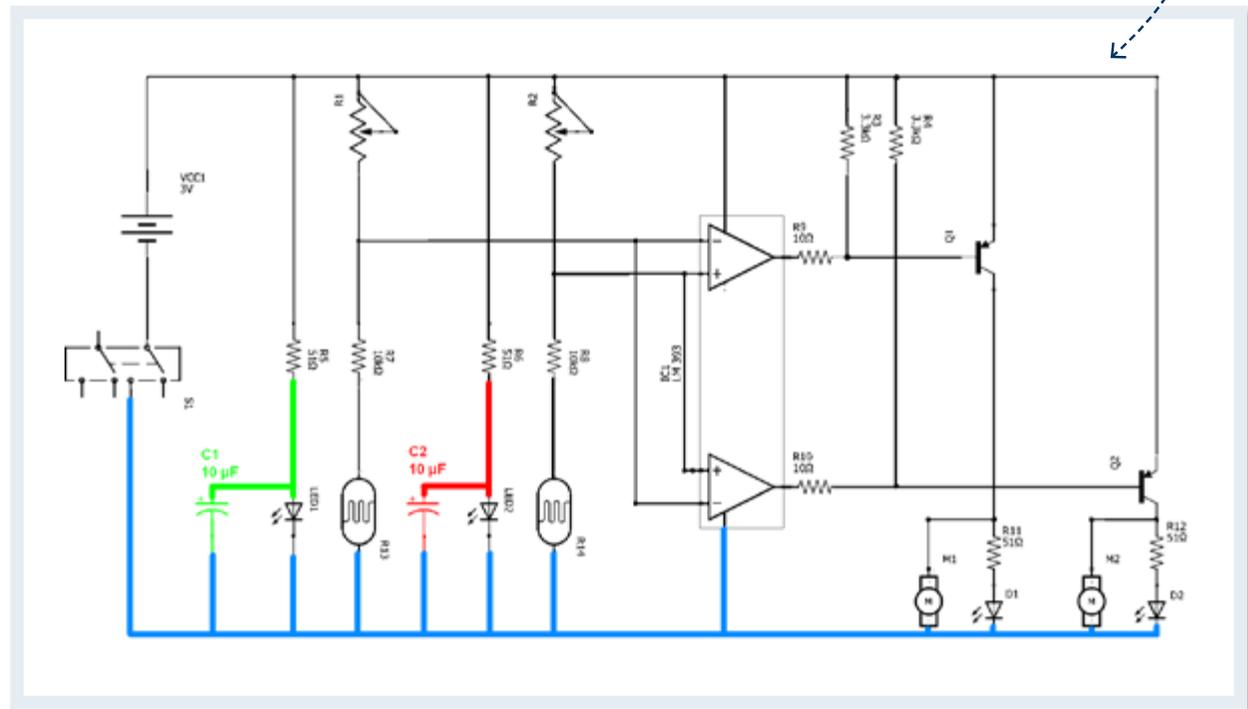


## So verwendet der Roboter die Kondensatoren

Kondensatoren können kurzfristig Energie speichern und später wieder abgeben. Sie werden parallel zu den unteren LEDs geschaltet und sorgen dafür, dass diese immer mit gleichmäßiger Helligkeit leuchten und nicht bei Stromschwankungen, bedingt durch den Anlaufstrom der Motoren, kurzfristig dunkler werden. Dies würde die Erkennung der schwarzen Linie stören.

In den Abbildungen sind der Kondensator C2 und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, der Kondensator C1 und seine Anschlussleitungen grün.

Die beiden Kondensatoren und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.



14

15

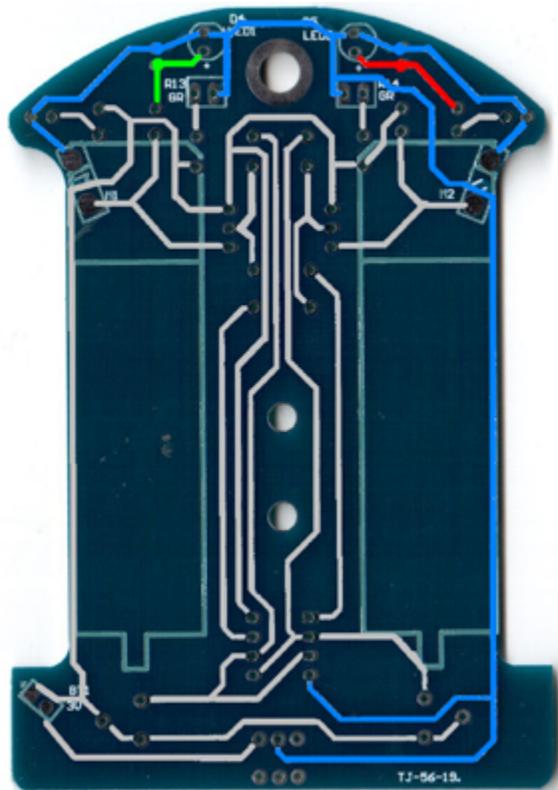
16

17

18

19

20



Die Leiterbahnen für die beiden Kondensatoren auf der Platine.



# Kondensator

Prinzipiell bestehen Kondensatoren aus zwei Elektrodenplatten, die über eine nicht leitfähige Schicht, das sogenannte Dielektrikum, miteinander verbunden sind. Die Fläche der sich gegenüberliegenden Elektroden ist entscheidend für die Kapazität. Deshalb verwenden die meisten Kondensatoren zwei aufeinandergeklebte Folien, die eng zusammengerollt sind, um eine große Elektrodenfläche in einem kleinen Bauteil unterzubringen.

Die Kapazität von Kondensatoren wird in der Einheit Farad angegeben. Ein Kondensator, der durch einen Strom von einem Ampere innerhalb einer Sekunde auf eine Spannung von einem Volt aufgeladen wird, hat eine Kapazität von einem Farad. Ein Farad ist sehr viel und mit Kondensatoren in der üblichen

Bauform nicht realisierbar. Daher wird die Kapazität üblicherweise in Mikrofarad ( $\mu\text{F}$ ), Nanofarad ( $\text{nF}$ ) oder gar Pikofarad ( $\text{pF}$ ) angegeben.

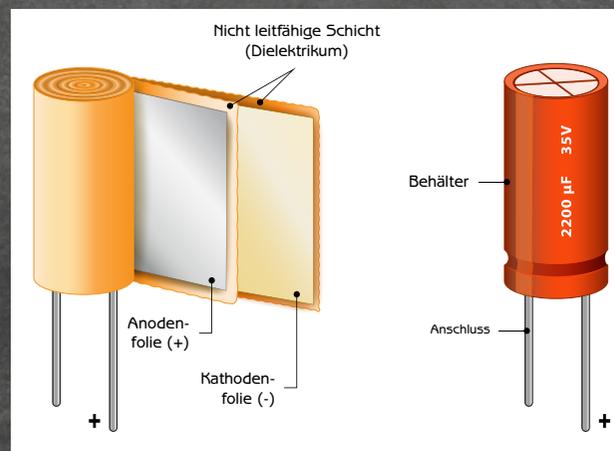
- ✓  $1.000.000 \mu\text{F} = 1 \text{ F}$
- ✓  $1.000 \text{ nF} = 1 \mu\text{F}$
- ✓  $1.000 \text{ pF} = 1 \text{ nF}$



## Michael Faraday

Die Einheit Farad ist nach dem englischen Physiker Michael Faraday benannt, dem Erfinder des Elektromotors, des Generators und des Transformators. Sein Name ist heute besonders durch den faradayschen Käfig bekannt, in dessen Innenraum man vor elektrischen Feldern außen geschützt ist. Autos und Flugzeuge aus Metall bilden faradaysche Käfige und schützen ihre Passagiere bei Gewitter vor dem elektrischen Feld des Blitzes.

Michael Faraday ist außerdem Namensgeber für den 1990 entdeckten Asteroiden (37582) Faraday, den Mondkrater Faraday im Mare Nubium sowie die Faraday-Medaille der britischen Institution of Electrical Engineers (IEE). Der bekannteste Medaillenträger ist der Nobelpreisträger Ernest Rutherford. 2017 wurde die Faraday-Medaille an Bjarne Stroustrup, den Erfinder der Programmiersprache C++, verliehen.



# LEDs oben anlöten



Heute im Adventskalender

✓ 1 LED rot

Die beiden roten LEDs *D1* und *D2* werden in die beiden vorderen Ecken der Platine eingelötet. Die abgeflachte Seite mit den kürzeren Anschlussdrähten kommt nach außen. Stecke die LEDs von oben ganz durch die Platine, bis der LED-Körper auf der Platine sitzt. Zwicke nach dem Festlöten die überstehenden Drähte ab.

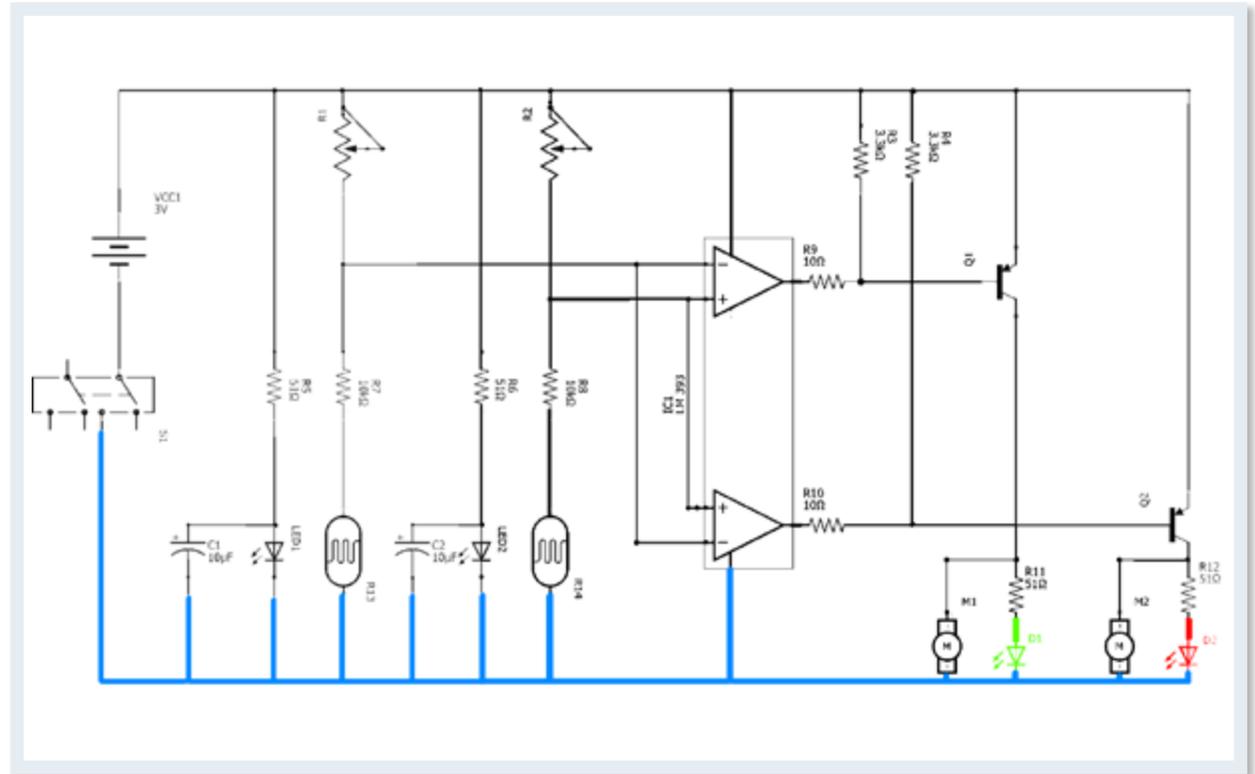


Die beiden LEDs *D1* und *D2* und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

## So verwendet der Roboter die roten LEDs

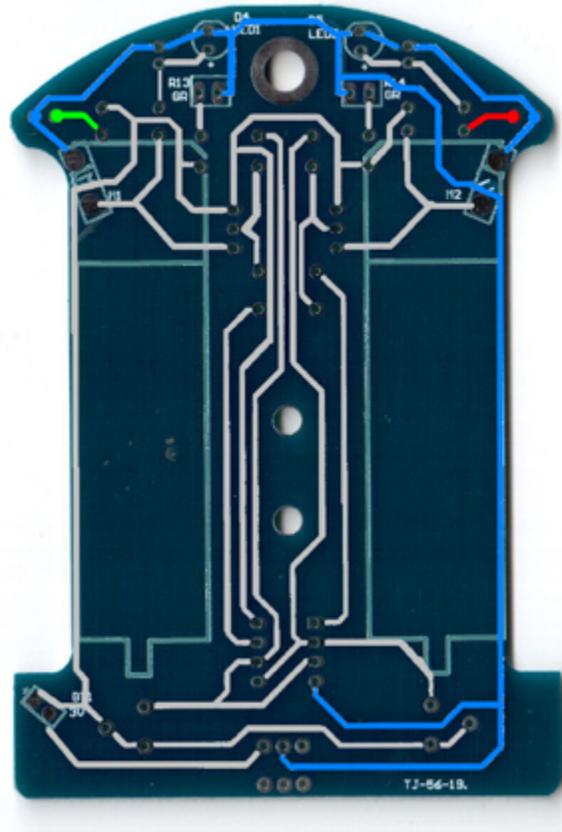
Die beiden roten LEDs auf der Oberseite der Platine zeigen an, wenn der zugehörige Motor läuft. Jede LED ist zusammen mit einem Vorwiderstand parallel zum Motor auf der gleichen Fahrzeugseite wie dieser angeschlossen. Die LEDs bekommen ihr Signal aus den Transistoren.

In den Abbildungen sind die LED *D2* und ihre Anschlussleitungen rot dargestellt, die LED *D1* und ihre Anschlussleitungen grün. Die Kathoden beider LEDs sind mit der blau dargestellten Masse der Schaltung verbunden.





## Bekannte Roboter: 1814 – die Automate



Die Leiterbahnen für die beiden LEDs D1 und D2 auf der Platine.

Der Schriftsteller E. T. A. Hoffmann beschreibt in seiner Erzählung *Die Automate* eine mechanische Puppe, die in türkische Gewänder gekleidet ist und Antworten auf Fragen gibt, die Zuschauer ihr ins Ohr flüstern. Vermutlich stand der Schachtürke Pate für die Gestaltung der Figur. »Automate« ist eine veraltete Pluralform von Automat – die Puppe stellt ein männliches Wesen dar.

In der Geschichte gehen der Musiker Ludwig und sein befreundeter Dichter Ferdinand zum Automaten. Ferdinand fragt den Automaten nach seiner heimlichen Geliebten, einer jungen Sängerin aus Ostpreußen. Der Automat weiß erstaunlicherweise, dass Ferdinand ein Bild von ihr versteckt auf der Brust trägt, und sagt zu ihm: »Wenn du sie wieder siehst, hast du sie verloren!« Sichtlich entsetzt sucht Ferdinand Hilfe bei dem Physiker Professor X., um die Funktionsweise des Automaten zu ergründen. Nachdem Ferdinand und Ludwig im Garten ein recht merkwürdiges Abendkonzert des Professors gehört haben, sind sie beide der Meinung, dass der Professor und Ferdinands Geliebte in einer geheimnisvollen Verbindung stehen müssen. Denn die Musik des Konzertes erinnerte sie an deren Gesang.

Einige Zeit später reist Ferdinand zu seinem Vater nach Ostpreußen und bekommt unterwegs auf einer Poststation zu sehen, wie sich die Sängerin im Beisein von Professor X. mit einem russischen Offizier vermählt. Die Prophezeiung scheint sich erfüllt zu haben. Er beschreibt dies in einem Brief an Ludwig, doch dieser ist erstaunt – Professor X hat die Stadt nie verlassen.

Bei dem Automaten handelt sich nur um einen fiktiven Roboter aus einer Erzählung. Das Geheimnis seiner Funktion wurde nie enthüllt. Dieser Automat ist ein früher Vorläufer der heutigen Sprachassistenten Alexa, Cortana oder Google Assistant.



# IC-Fassung anlöten

Heute im Adventskalender

✓ 1 IC-Fassung

Der Komparator-IC ist sehr empfindlich gegenüber Hitze und statischer Elektrizität. Deshalb wird er nicht auf die Platine gelötet, sondern in eine spezielle Fassung gesteckt. Löte die Fassung auf die Platine und beachte dabei die Ausrichtung der Kerbe. Die Kerbe zeigt an, in welcher Richtung der Komparator-IC später eingesteckt werden muss. Stecke ihn jetzt jedoch noch nicht ein, sondern erst in ein paar Tagen, wenn der ganze Roboter zusammengelötet ist.

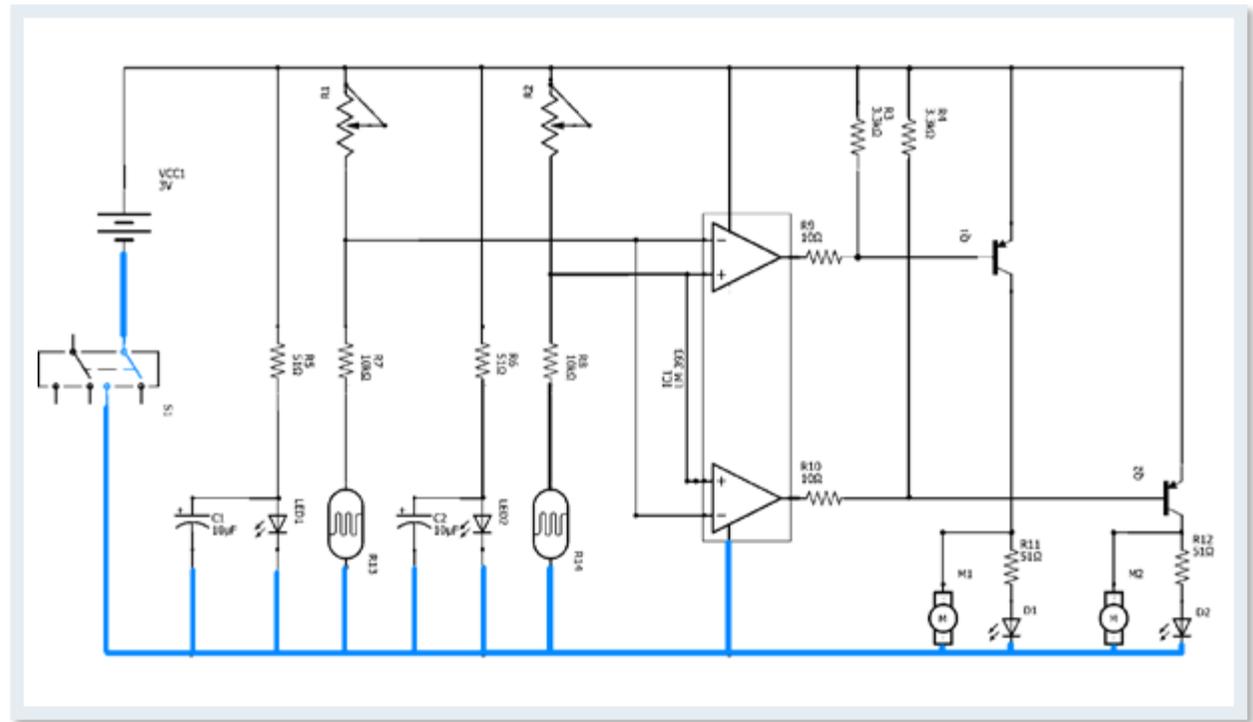
## Schalter anlöten

Löte den Schalter am in Fahrtrichtung hinteren Ende auf die Platine.

## So verwendet der Roboter den Schalter

Der Schalter schaltet die Masseleitung zwischen dem Batteriekasten und der Elektronik. Damit wird die Stromversorgung des Roboters ein- und ausgeschaltet. Auf dem Schaltplan ist zu sehen,

dass der Schalter eigentlich aus zwei Umschaltern besteht. Deshalb hat er sechs Anschlusspins. Der Roboter nutzt nur zwei Pins für einen einfachen Ein- und Ausschalter.



Der Schalter und seine Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.



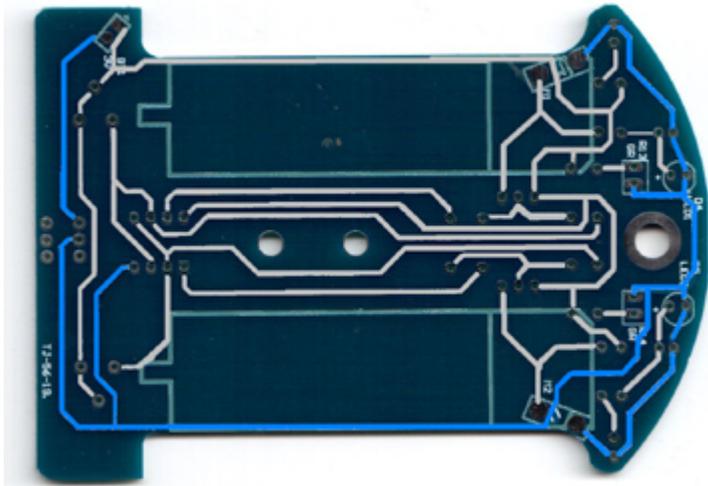
16

17

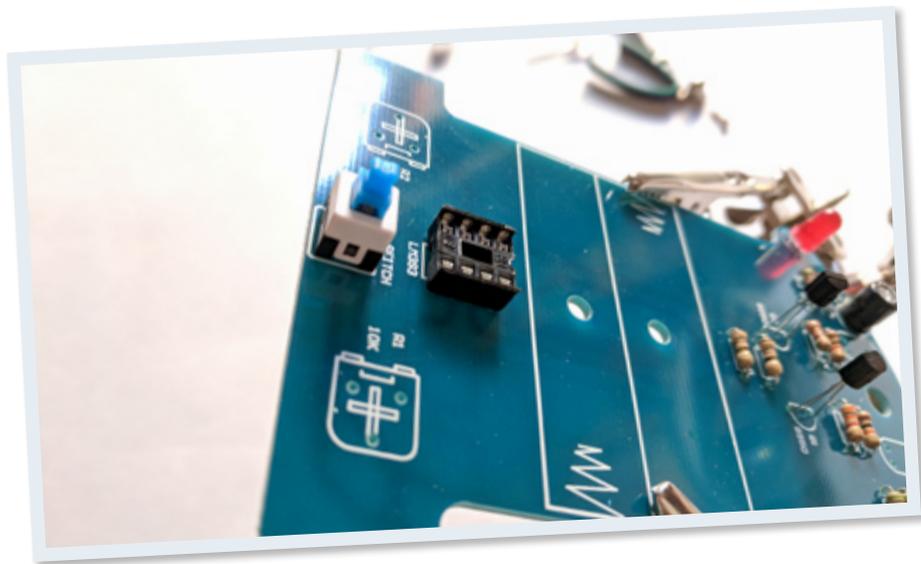
18

19

20



Die Leiterbahnen für  
den Schalter auf der Platine.



# Androiden im Deutschen Strafgesetzbuch



Sogar nach dem Deutschen Strafgesetzbuch genießen Androiden per Gesetz Schutz bzw. gewisse Rechte.

Laut §131 StGB ist die Darstellung von Gewalt gegen Menschen verboten. Seit dem Jahr 2004 ist in diesem Paragraphen die Darstellung von Gewalt gegen menschenähnliche Wesen jener gegen Menschen gleichgestellt. Damit ist auch die Darstellung von Gewalt gegen Androiden strafbar geworden, sofern sie nach dem Gesetzeslaut »grausame oder sonst unmenschliche Gewalttätigkeiten ...« ... gegen diese ... »... in einer Art schildern, die eine Verherrlichung oder Verharmlosung solcher Gewalttätigkeiten ausdrückt oder die das Grausame oder Unmenschliche des Vorgangs in einer die Menschenwürde verletzenden Weise darstellt«.



# Potentiometer anlöten



Heute im Adventskalender

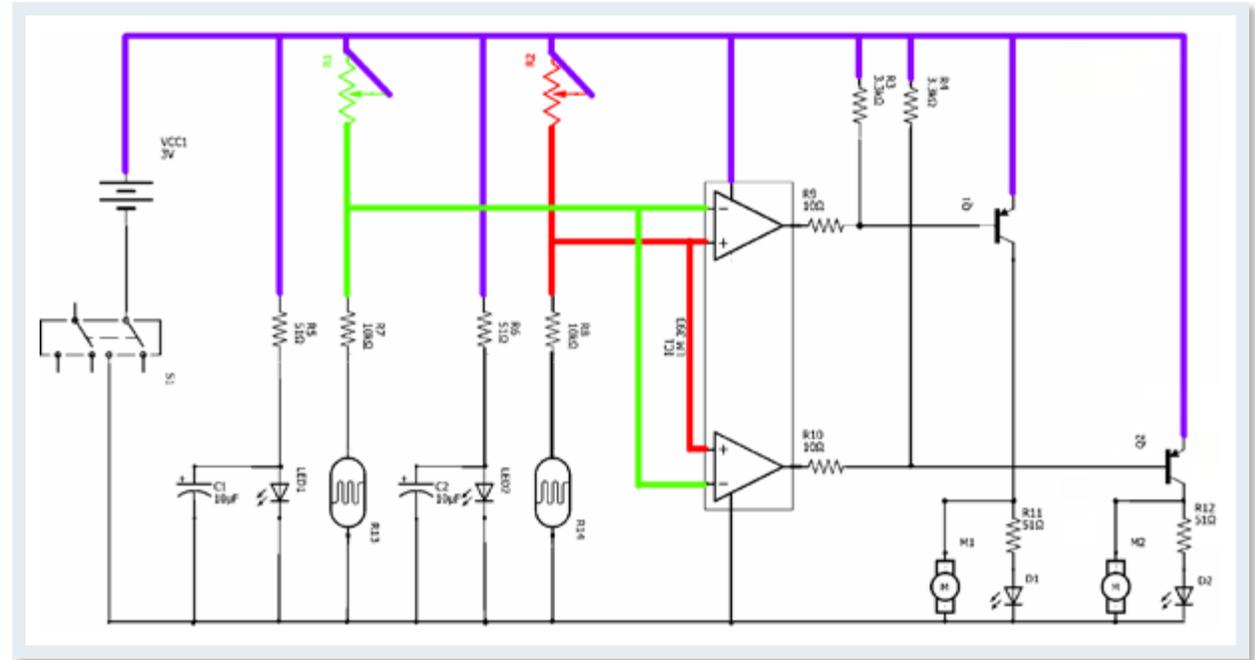
- ✓ 1 Schraube
- ✓ 1 Mutter
- ✓ 1 Hutmutter

Löte die beiden Potentiometer auf die dafür vorgesehenen Plätze am hinteren Ende der Platine. Stecke die Potentiometer so weit wie möglich in die Platine. Sie klemmen dann gut an der etwas breiteren Stelle der Kontaktbleche fest, sodass sie beim Umdrehen der Platine zum Löten nicht herausfallen.

## So verwendet der Roboter die Potentiometer

Der Roboter verwendet die Potentiometer zur genauen Einstellung der Spannungsteiler vor den Eingängen der Komparatoren. So lässt sich der Schwellenwert für die Fototransistoren einstellen, damit der Roboter möglichst der Linie folgt.

In den Abbildungen sind das Potentiometer  $R2$  und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, das Potentiometer  $R1$  und seine Anschlussleitungen grün. Bei jedem Potentiometer sind der Schleifer



Die beiden Potentiometer und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

und der eine Endkontakt mit dem violett dargestellten Pluspol der Schaltung verbunden.

## Schraube einbauen

Heute sind eine Schraube und zwei Muttern im Adventskalender. Die Schraube dient als dritter Auflagepunkt. Da der Roboter nur zwei Räder hat,

würde er sonst ständig umkippen. Stecke die Schraube von oben durch das Loch in der Platine und drehe die Mutter von unten dagegen fest. Drehe anschließend die Hutmutter auf das Ende der Schraube. Die runde Kappe schleift ohne großen Widerstand auf dem Boden, während der Roboter fährt, und hält diesen in einer stabilen Lage.



17  
18  
19  
20

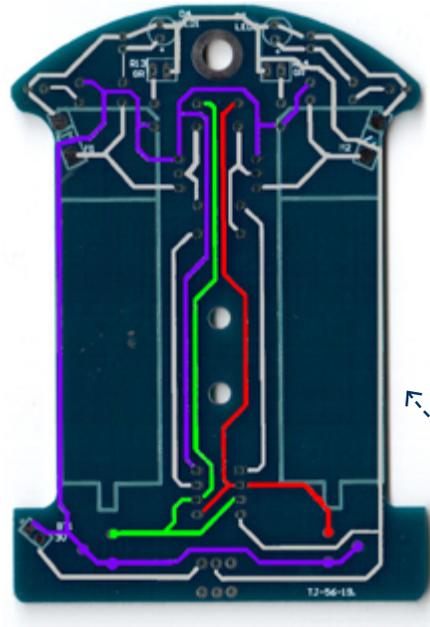
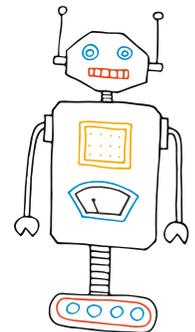


# Bekannte Roboter: 1822 – Analytical Engine

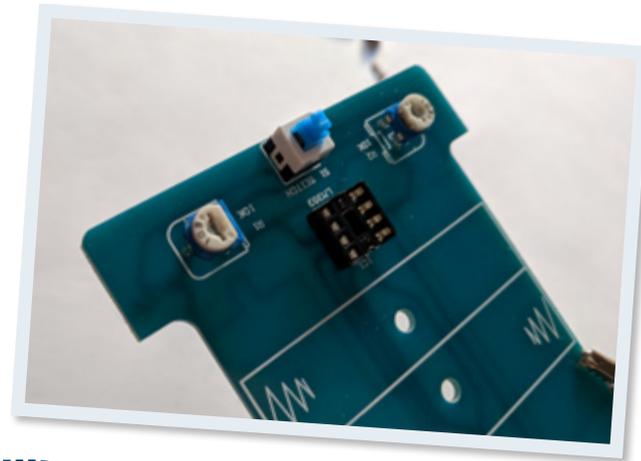
Der britische Mathematikprofessor Charles Babbage entwarf die erste mechanische Rechenmaschine für allgemeine Anwendungen. Es gab nur einen Entwurf, vergleichbare Maschinen wurden erst 100 Jahre später gebaut.

Ada Lovelace, eine bekannte britische Mathematikerin, die heute als Erfinderin des Programmierens gilt, entwickelte für diese nie fertiggestellte Rechenmaschine, die nur als Konstruktionszeichnung existierte, das erste Programm, das mit Verzweigungen und Subroutinen die Grundlagen heutiger Programmiersprachen legte. Nach ihr ist die Programmiersprache Ada benannt.

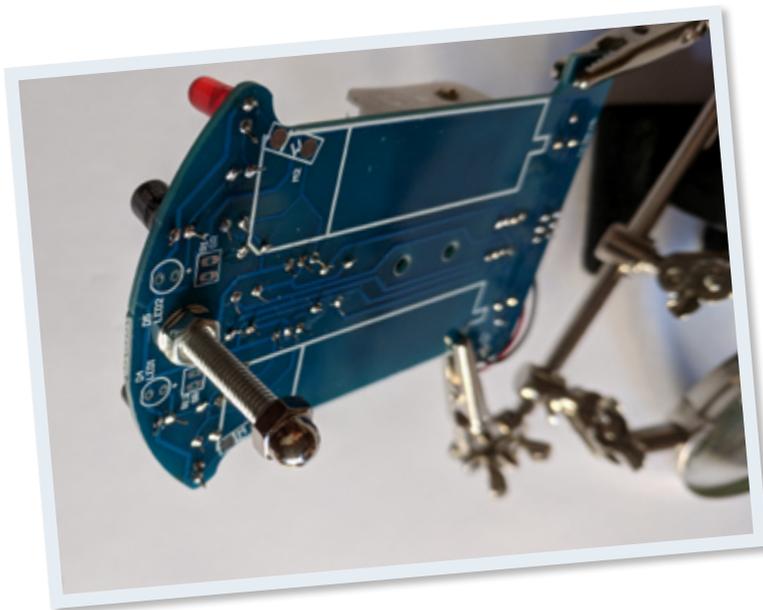
Ada Lovelace wird unter anderem das Zitat »Was ich will, das kann ich« zugeschrieben.



Die Leiterbahnen für die beiden Potentiometer auf der Platine.



Die Platine, hier schon mit beiden Potentiometern.



# Fotowiderstände anlöten



Heute im Adventskalender

✓ Fotowiderstand

Löte die Fotowiderstände so an die Unterseite der Platine, dass sie später etwa 3 mm über dem Boden hängen. Bei der Länge kannst du dich an der Schraube orientieren. Diese berührt später den Boden. Nur die Fotowiderstände und die beiden LEDs werden unten an die Platine gelötet. Alle bisher eingebauten Bauteile sind auf der oberen Seite.

Die Fotowiderstände sind symmetrisch, die Richtung spielt beim Einbau keine Rolle.

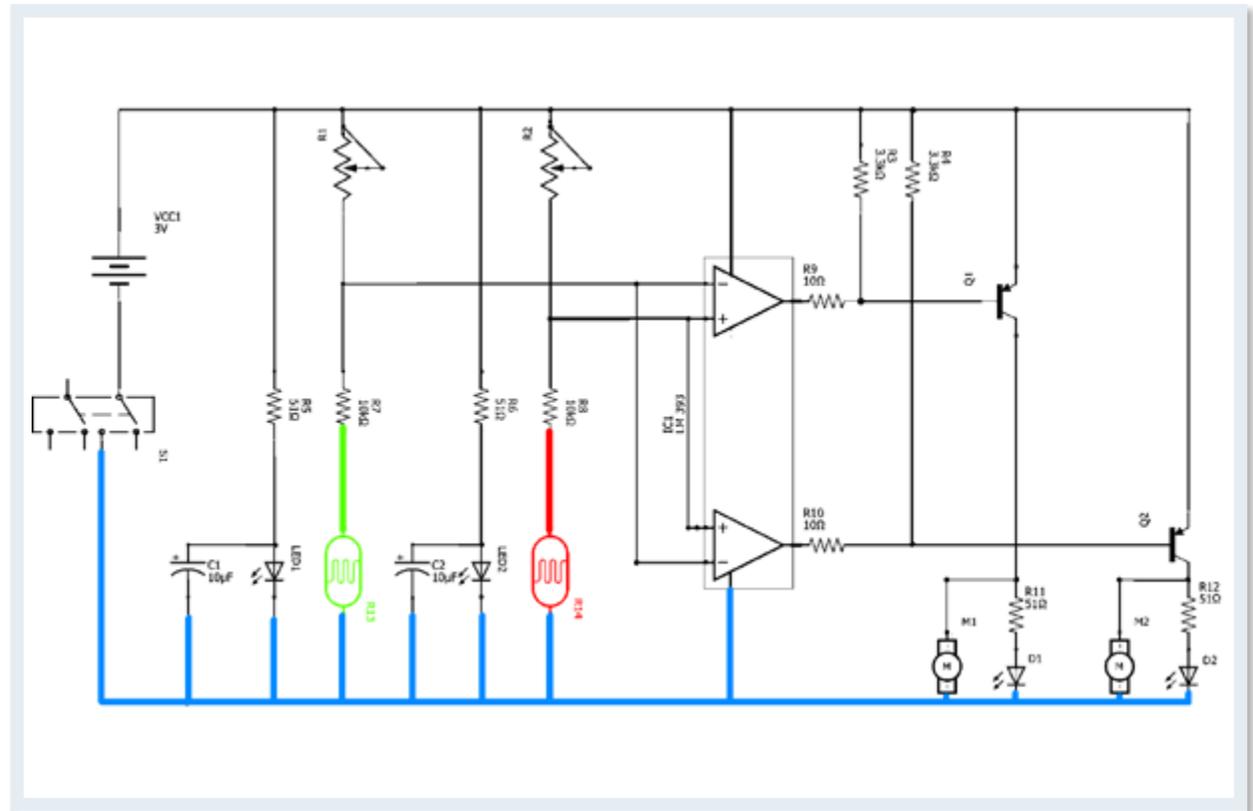


Die beiden Fotowiderstände und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

## So verwendet der Roboter die Fotowiderstände

Die Fotowiderstände schweben kurz über dem Boden und nehmen das Licht auf, das von der weißen Bodenfläche reflektiert wird. Zur Beleuchtung werden später noch transparente LEDs neben die Fotowiderstände gelötet. Befindet sich ein Fotowiderstand über der schwarzen Linie, fällt deutlich weniger Licht auf ihn.

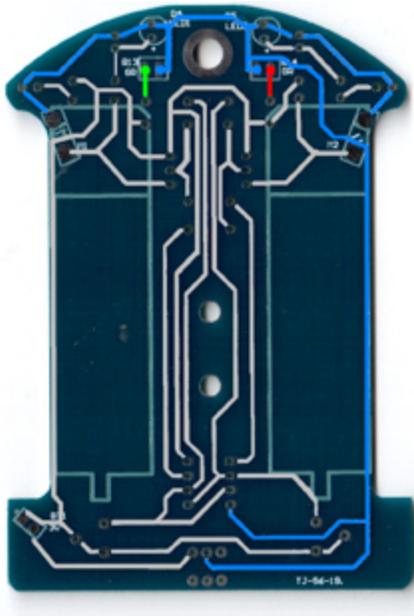
In den Abbildungen sind der Fotowiderstand  $R14$  und seine Anschlussleitungen rot dargestellt, der Fotowiderstand  $R13$  und seine Anschlussleitungen grün. Die anderen Anschlüsse beider Fotowiderstände sind mit der blau dargestellten Masse der Schaltung verbunden.



18

19

20



Die Leiterbahnen für die beiden Fotowiderstände auf der Platine.



## Bekannte Roboter: 1967 – ROB 344-66/IIIa



Der Roboter ROB 344-66/IIIa, wesentlich bekannter als *Robbi*, stammt aus dem Kinderbuch *Robbi, Tobbi und das Fliewatüüt* von Boy Lornsen. Das Buch wurde in die Auswahlliste des Deutschen Jugendbuchpreises aufgenommen und zweimal, 1972 und 2016, verfilmt. Die Originalfiguren aus dem ersten Film sind im Museum für Puppentheaterkultur (PuK) in Bad Kreuznach ausgestellt.

Der Roboter Robbi hat im Buch durchaus menschliche Züge, fällt Entscheidungen, die er später teilweise wieder infrage stellt, und sucht sich menschliche Freunde – ist also der derzeitigen Robotertechnik des 21. Jahrhunderts deutlich voraus.

Der Roboter, der in die 3. Klasse der Roboterschule geht, bekommt in einer Prüfung die Aufgabe, eine Erfindung nachzubauen. Er entscheidet sich für das Fliewatüüt, ein Fahrzeug, das fliegen, schwimmen und auf der Straße fahren kann.



# LEDs unten anlöten

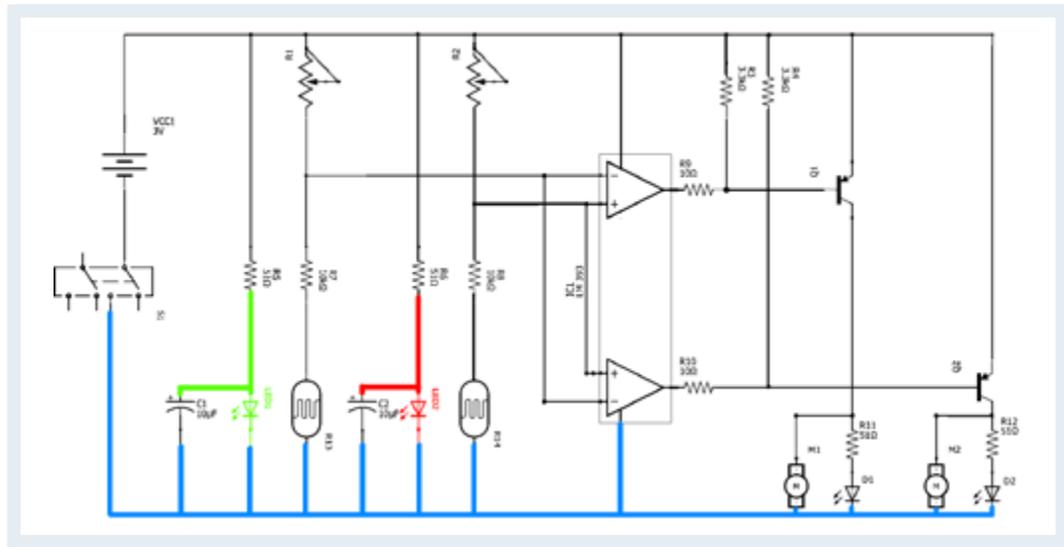
Heute im Adventskalender

✓ 1 LED transparent

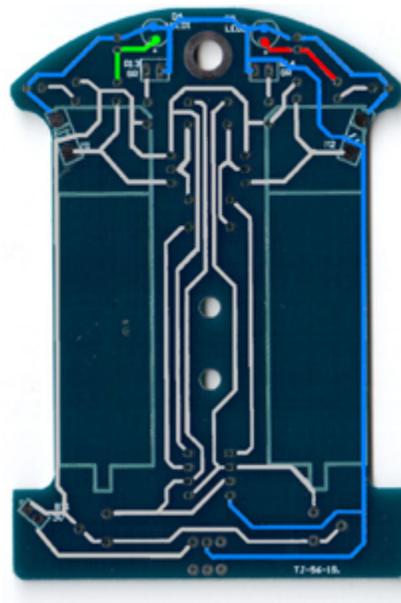
Die beiden transparenten LEDs *LED1* und *LED2* werden in die Unterseite der Platine gelötet. Die abgeflachte Seite mit den kürzeren Anschlussdrähten zeigt in Fahrtrichtung nach vorne. Stecke die LEDs von unten so weit in die Platine, dass sie etwa 2 mm mehr Abstand zum Boden haben als die Fotowiderstände. Zwicke nach dem Festlöten die überstehenden Drähte ab.

## So verwendet der Roboter die LEDs unten

Die beiden transparenten LEDs leuchten auch rot, aber heller als die roten. Sie dienen der Beleuchtung des Bodens, damit die Fotowiderstände die schwarze Linie abtasten können. Die Kondensatoren gleichen eventuelle Spannungsschwankungen aus, sodass die LEDs die ganze Zeit mit konstanter Helligkeit leuchten.



Die beiden LEDs *LED1* und *LED2* und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.



In den Abbildungen sind die LED *LED2* und ihre Anschlussleitungen rot dargestellt, die LED *LED1* und ihre Anschlussleitungen grün. Die Kathoden beider LEDs sind mit der blau dargestellten Masse der Schaltung verbunden.



Die Leiterbahnen für die beiden LEDs *LED1* und *LED2* auf der Platine.

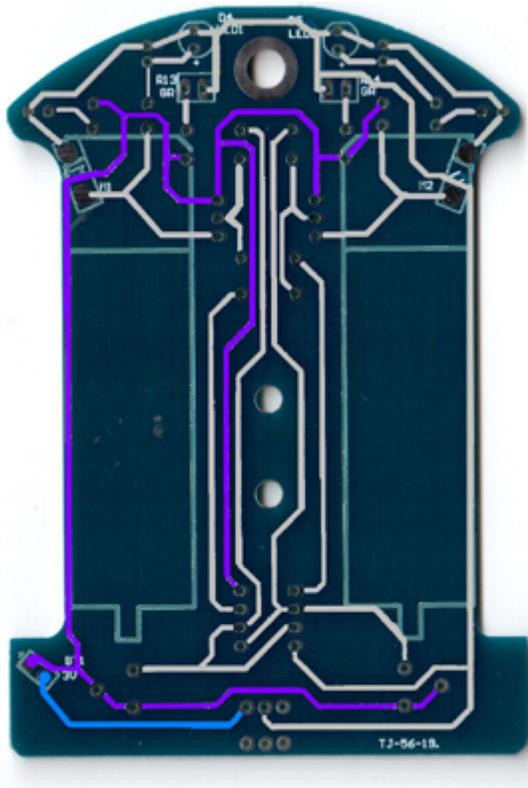
19

20

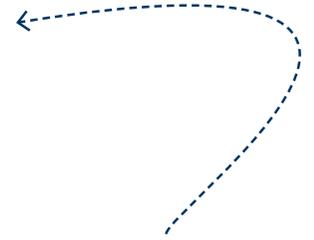
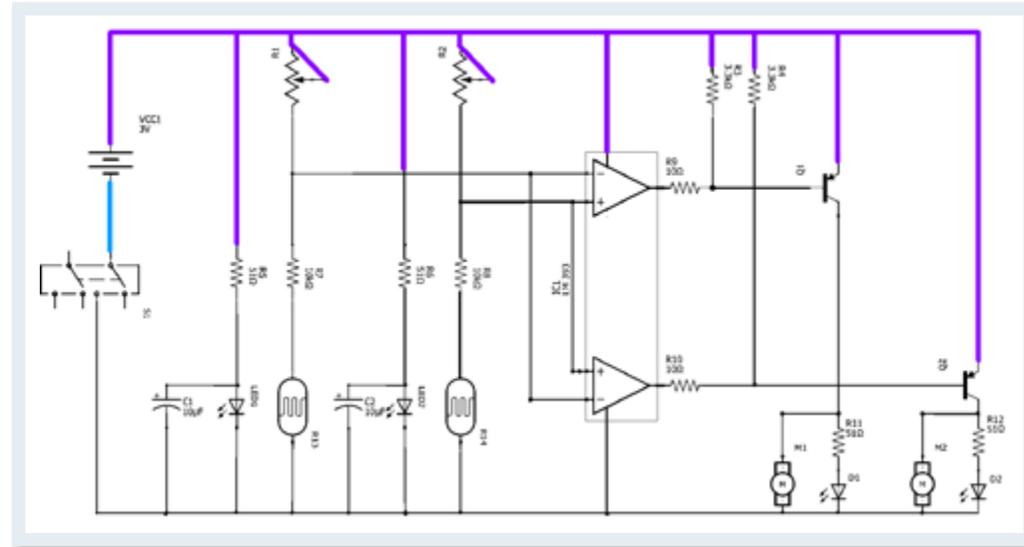


## Batteriekasten einbauen

Löte die beiden Anschlussleitungen des Batteriekastens auf die Lötäugen an der Unterseite der Platine. Der rote Anschluss kommt auf das quadratische, mit einem Plus gekennzeichnete Lötäuge, der schwarze Anschluss auf das runde Lötäuge daneben.



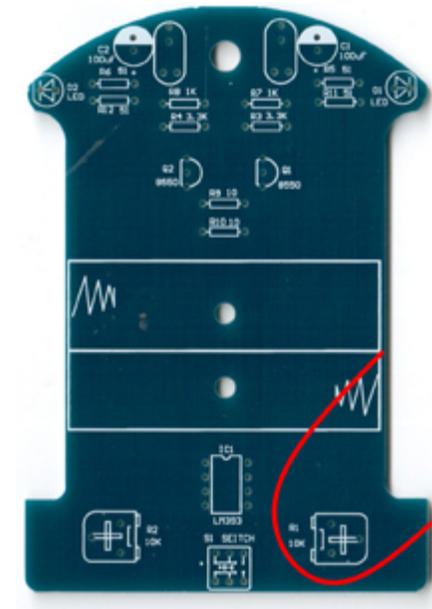
Die Leiterbahnen für die beiden Anschlüsse des Batteriekastens auf der Platine.



Die Anschlüsse des Batteriekastens und ihre Anschlussleitungen auf dem Schaltplan.

Klebe anschließend den Batteriekasten mit der selbstklebenden Folie auf die dafür vorgesehene Fläche auf der Oberseite der Platine. Achte dabei darauf, dass die Anschlussleitungen später nicht den Rädern in die Quere kommen. Führe dazu die Leitungen hinter dem Bereich der Räder entlang. Du kannst die Leitungen auch ein Stück unter dem Batteriekasten festkleben, damit sie nicht lose herumhängen.

Optimale Führung der Anschlussleitungen an den anderen Bauteilen vorbei.



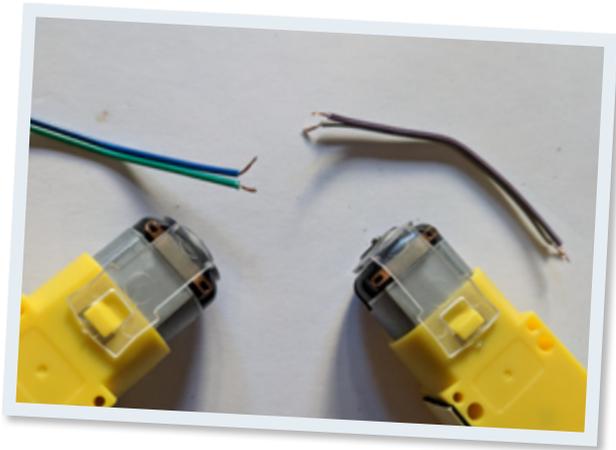
# Motorleitungen anlöten



## Heute im Adventskalender

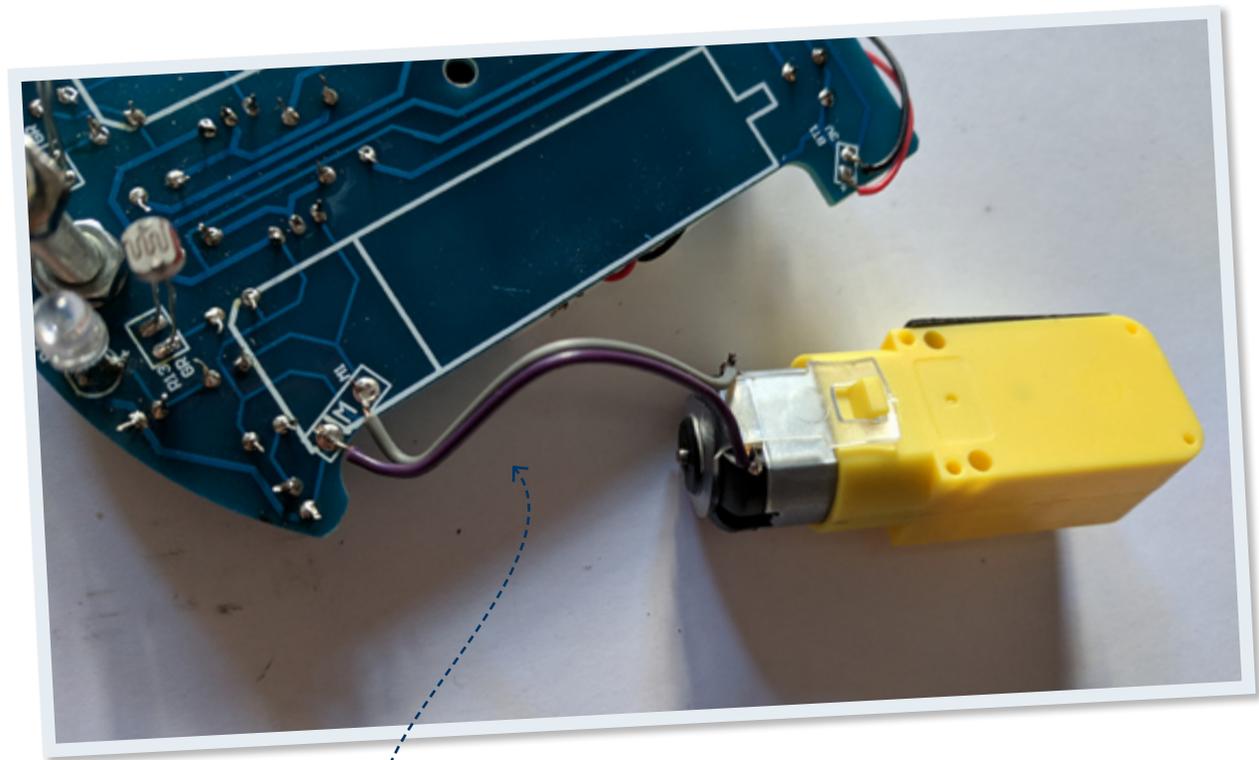
- ✓ 1 Motor links
- ✓ 4 Anschlussleitungen

Der Roboter verfügt über zwei Motoren, die je ein Rad antreiben. Die Motoren sind symmetrisch. Je nach Polung drehen sie in verschiedene Richtungen. Da dein Roboter vorwärts fahren soll, ist es später wichtig, die Kabel an den richtigen Lötösen auf der Platine festzulöten. Heute lötest du sie erst einmal am Motor fest, wobei die Richtung noch keine Rolle spielt.



Trenne den Kabelstrang in der Mitte, sodass du zwei Leitungspaare hast. Ziehe die einzelnen Leitungen an beiden Enden etwa 1 cm auseinander und entferne die Isolierung auf einer Länge von

etwa 0,5 cm. Löte dann zwei Kabelenden an den Lötösen des Motors an. Am besten verzinnst du dazu zuerst die Leitungen, steckst sie dann durch die Lötösen und lötest sie fest.



Masseleitung (violett) und Steuerleitung (grau) für einen Motor.

## Bekannte Roboter: 1986 — Nummer 5



Die Titelfigur im Film *Nummer 5 lebt* ist ein Militärroboter, der durch einen Blitzschlag plötzlich seinen militärischen Auftrag vergisst und ein eigenes Bewusstsein bekommt. Er bildet sich weiter und verliebt sich in eine menschliche Frau. Das Militär sucht Nummer 5, verfolgt ihn und will ihn zerstören.

Auf der Flucht wird Nummer 5 von einem Geschoss in Stücke gerissen. Während das Militär seinen Sieg feiert, schlüpft der echte Nummer 5 aus seinem Versteck. Er hatte sich selbstständig eine einfache Kopie gebaut, um das Militär zu überlisten.



21

# Motoren einbauen

Heute im Adventskalender

✓ 1 Motor rechts

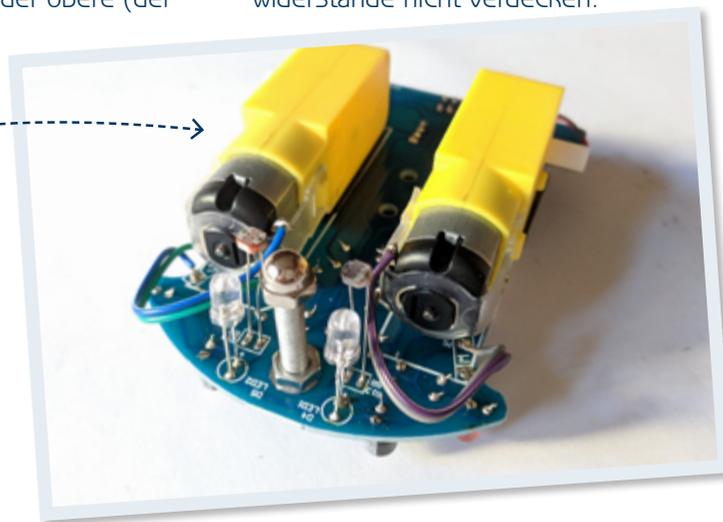


Heute ist der zweite Motor im Adventskalender. Löte daran das andere Leitungspaar. Die Motoren werden später so auf die Unterseite der Platine geklebt, dass die Achsen für die Räder nach außen zeigen. Bevor du die Motoren aufklebst, löte die Kabelenden auf die mit M1 und M2 bezeichneten Lötäugen auf der unteren Seite der Platine.

Dabei ist es wichtig, die Kabel richtig herum anzulöten, damit der Roboter später vorwärts fährt. Drehe dazu die Platine mit der unteren Seite nach oben und lege die Motoren auf die markierten Felder. Jetzt muss bei beiden Motoren der obere (der

von der Platine abgewandte) Anschluss des Motors mit dem Massekontakt auf der Platine verbunden werden. Der untere Anschluss (der der Platine zugewandte) muss mit dem Steuersignalanschluss für den Motor verbunden werden. Die Massekontakte der beiden Motoranschlüsse sind die in Fahrtrichtung vorderen Lötäugen auf der Platine.

Klebe anschließend die Motoren mit der selbstklebenden Folie auf die dafür vorgesehenen Flächen auf der Unterseite der Platine. Achte dabei darauf, dass die Anschlussleitungen die LEDs und die Fotowiderstände nicht verdecken.



## Bekannte Roboter: 1987 – Data

Der Androide Data in der Science-Fiction-Serie *Star Trek – Das nächste Jahrhundert* ist im 24. Jahrhundert zweiter Offizier auf dem Raumschiff Enterprise. Er ist seinen menschlichen Kollegen intellektuell und körperlich deutlich überlegen. Seine Speicherkapazität wird in der deutschen Version fälschlich mit 800 Milliarden Bits angegeben, was etwa 100 Gigabyte entspräche. Im Original sind es 100.000 Terabyte. Da Data alles, was er in seinem Androidenleben je erlebt hat, in einem videografischen Gedächtnis speichert, würde auch diese Speicherkapazität nachzeitigem Technikstand nicht ausreichen, um sein gesamtes Wissen abzubilden.

Datas persönliches Ziel ist es, möglichst menschlich zu werden. Dazu versucht er, menschliche Verhaltensweisen zu verstehen und nachzuahmen, und sucht auch Freundschaften zu den Menschen.

Die Figur eines hochintelligenten und zumindest teilweise empfindsamen Androiden, der selbst die Bezeichnung »Roboter« ablehnt, wird in der Serie für zahlreiche gesellschaftskritische und politische Themen verwendet, unter anderem für die Themen Sklaverei, Besitzansprüche und Rechte von Androiden sowie allgemein den Umgang mit Personen, die anders denken und nicht dem klassischen Gesellschaftsbild entsprechen.





# Definitionen und Richtlinien



In verschiedenen Ländern gibt es unterschiedliche Richtlinien und Vorschriften, die festlegen, was ein Roboter ist.

## Die deutsche VDI-Richtlinie 2860

Diese Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure bezeichnet Roboter als *»... universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkeln frei (d. h. ohne mechanischen bzw. menschlichen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind.«*

Unser Fahrzeug kann sich um zwei Achsen bewegen, vorwärts fahren und ohne menschlichen Eingriff und sensorgeführt drehen – ist also demnach ein Roboter.

## Robotic Industries Association

Dieser Handelsverband der Roboterindustrie in den USA bezeichnet einen Roboter als ein *»... programmierbares Mehrzweck-Handhabungsgerät für das Bewegen von Material, Werkstücken, Werkzeugen oder Spezialgeräten. Der frei programmierbare Bewegungsablauf macht ihn für verschiedenste Aufgaben einsetzbar.«*

Für das Bewegen von Material, Werkstücken, Werkzeugen oder Spezialgeräten ist unser Roboterfahrzeug zu klein. Bezeichnet man das freie Malen einer schwarzen Linie als Programmierung, ist unser Fahrzeug zumindest mit Einschränkungen auch in den USA ein Roboter.

## Japan Robot Association

Der japanische Industrieverband JARA legt sechs verschiedene Klassen für Roboter fest. Schon die zweitunterste Klasse sind *»Handhabungsgeräte, die wiederholt nach einem konstanten Bewegungsmuster arbeiten«* – was unser Fahrzeug, einmal richtig eingestellt, auch tut.

Die höchste Klasse, die sogenannten intelligenten Roboter, sind *»Geräte, die über verschiedene Sensoren verfügen und damit in der Lage sind, den Programmablauf selbsttätig den Veränderungen des Werkstücks oder der Umwelt anzupassen.«* In Japan ist nach dieser Definition unser Fahrzeug ein Roboter der Königs-klasse.



X

22

23

24

# Gummireifen auf die Räder ziehen



Heute findest du die Räder und Reifen im Adventskalender. Ziehe die Reifen auf die Räder und achte darauf, dass sie gleichmäßig in der

Fuge des Rads liegen, damit die Räder später »rund« laufen.



## Bekannte Roboter: 1999 – R2-D2

R2-D2, ein zylindrischer Roboter mit halbkugelförmigem Kopf und zwei charakteristischen als Fahrwerke ausgeführten Beinen, ist eine der Hauptfiguren der Science-Fiction-Serie *Star Wars*. Seine Form wurde bewusst nicht menschlich gewählt, obwohl R2-D2 ausgesprochen intelligent ist und Raumschiffe im Flug reparieren und notfalls sogar steuern kann.

Nicht zuletzt wegen seiner markanten Form hat R2-D2 zahlreiche Fans, die sich in R2 Builders Clubs weltweit zusammengeschlossen haben und technisch ausgefeilte Nachbauten des Kultroboters erschaffen.

*R2-Builders Club auf der Maker Faire Ruhr  
in Dortmund.*



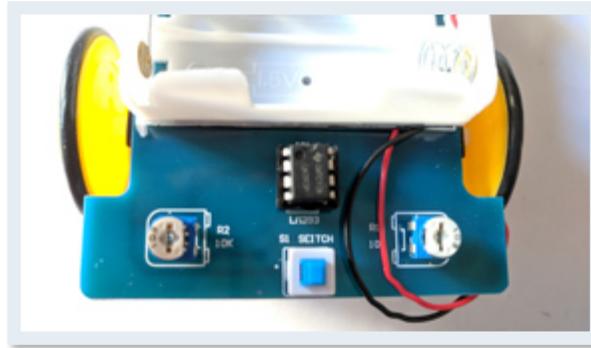


# Letzte Vorbereitungen



Heute im Adventskalender

✓ 2 kleine Schrauben

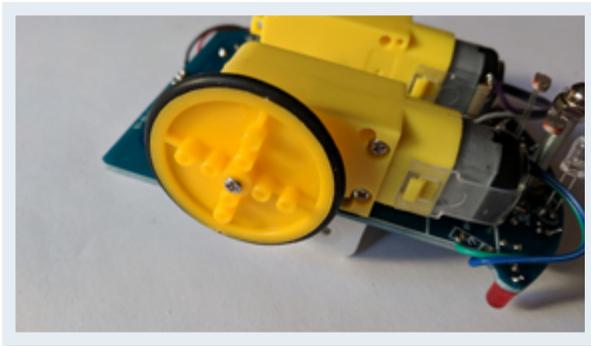


## Batterien einlegen

Stecke zwei AA-Batterien in den Batteriekasten. Verwende immer 1,5-V-Batterien. Die 1,2-V-Akkus liefern nicht genügend Spannung.

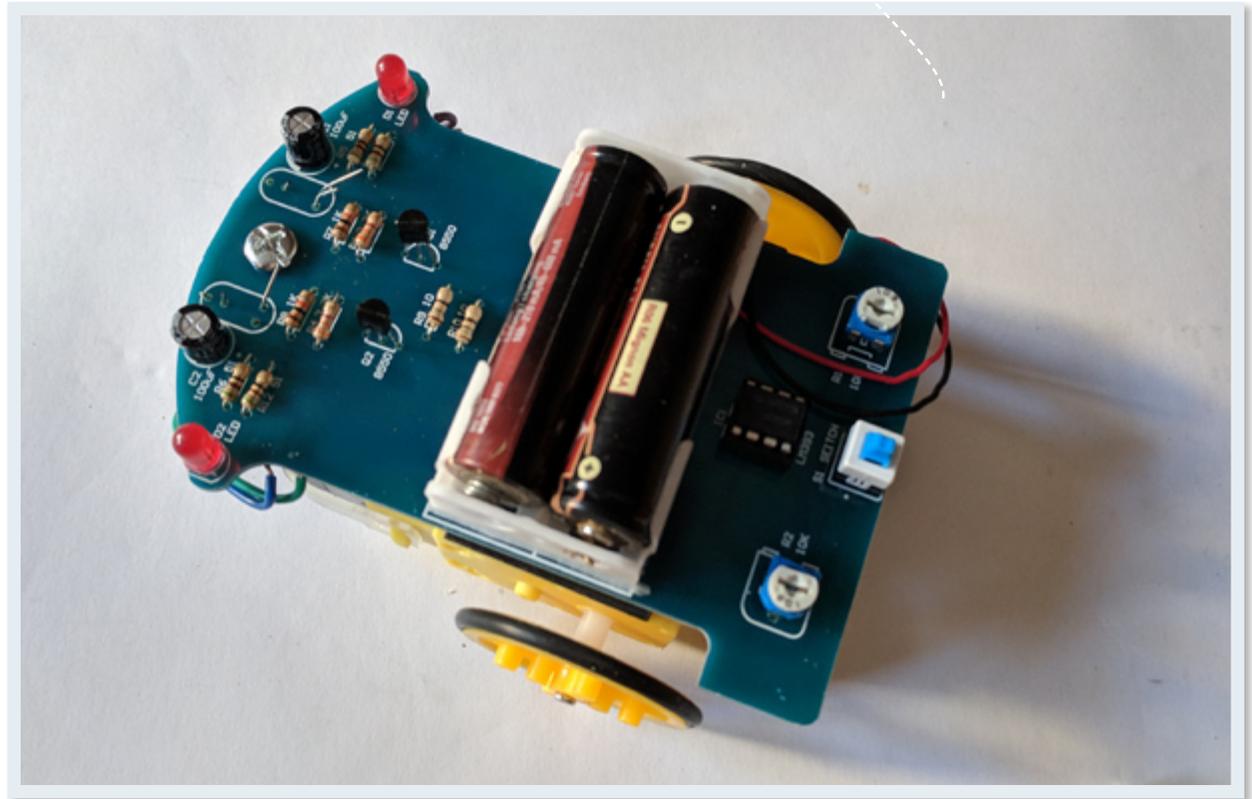
## Räder anschrauben

Drücke die Räder auf die Achsen. Achte darauf, dass sie rechtwinklig auf der Achse sitzen. Schraube sie dann mit den kleinen Schrauben von außen auf den Achsen fest.



## IC einstecken

Stecke den Komparator-IC in die auf der Platine aufgelötete Fassung. Die Kerbe des IC muss wie die Kerbe in der Fassung in Fahrtrichtung zeigen.



~~21~~

~~22~~

23

24

## Bekannte Roboter: 2008 – WALL·E

Im Pixar-Film *WALL·E – Der Letzte räumt die Erde auf* ist die Erde im 22. Jahrhundert im Zivilisationsmüll erstickt und unbewohnbar geworden. WALL·E, einer der auf der Erde zurückgelassenen Aufräumroboter, ist nach 70 Jahren Müllverarbeitung das letzte intelligente Wesen auf der Erde. Er sucht sich selbst Ersatzteile im Müll und hat ein eigenes Bewusstsein und eine Sammelleidenschaft für besondere Dinge entwickelt. Das Akronym WALL·E steht für *Waste Allocation Load Lifter – Earth-Class* (zu Deutsch »Müllordner und Lastenheber – Erdklasse«).



# Der Roboter fährt



Heute im Adventskalender

✓ Downloadcode



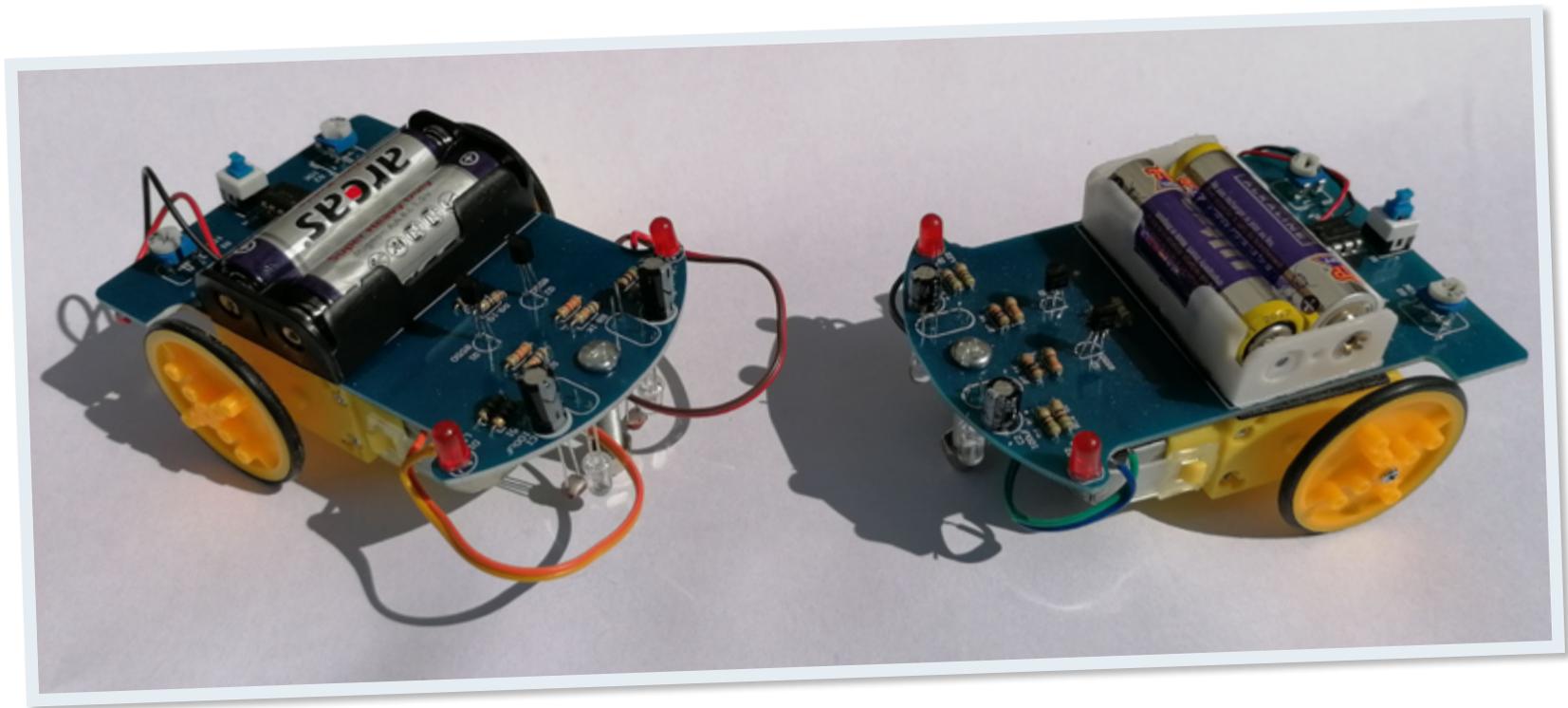
Über den Downloadcode heute im Adventskalender kannst du verschiedene Streckenvorlagen zum Ausdruck herunterladen, auf denen der Roboter einer schwarzen Linie folgt. Natürlich kannst du auch selbst solche Strecken malen und nachfahren lassen.

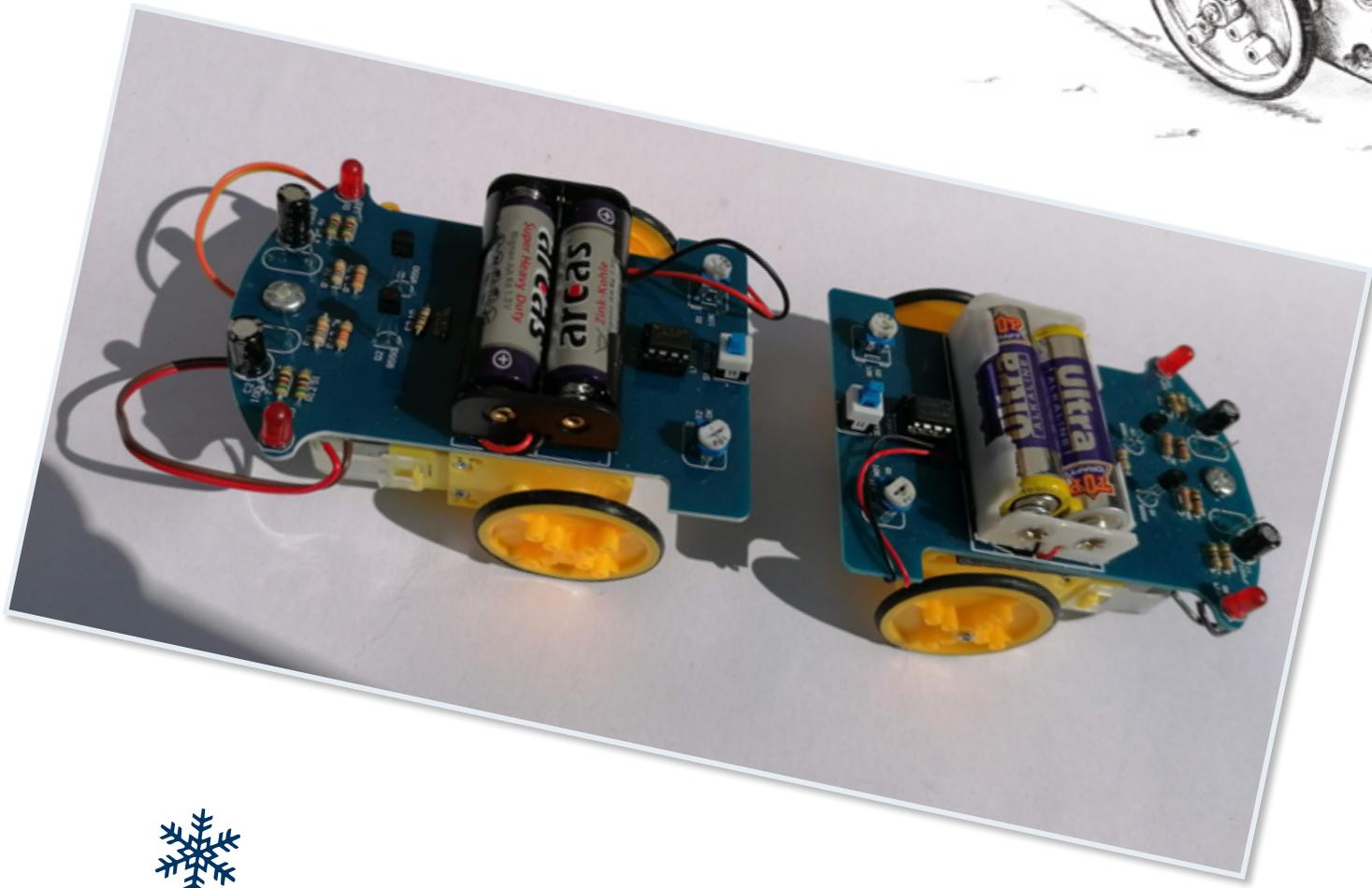
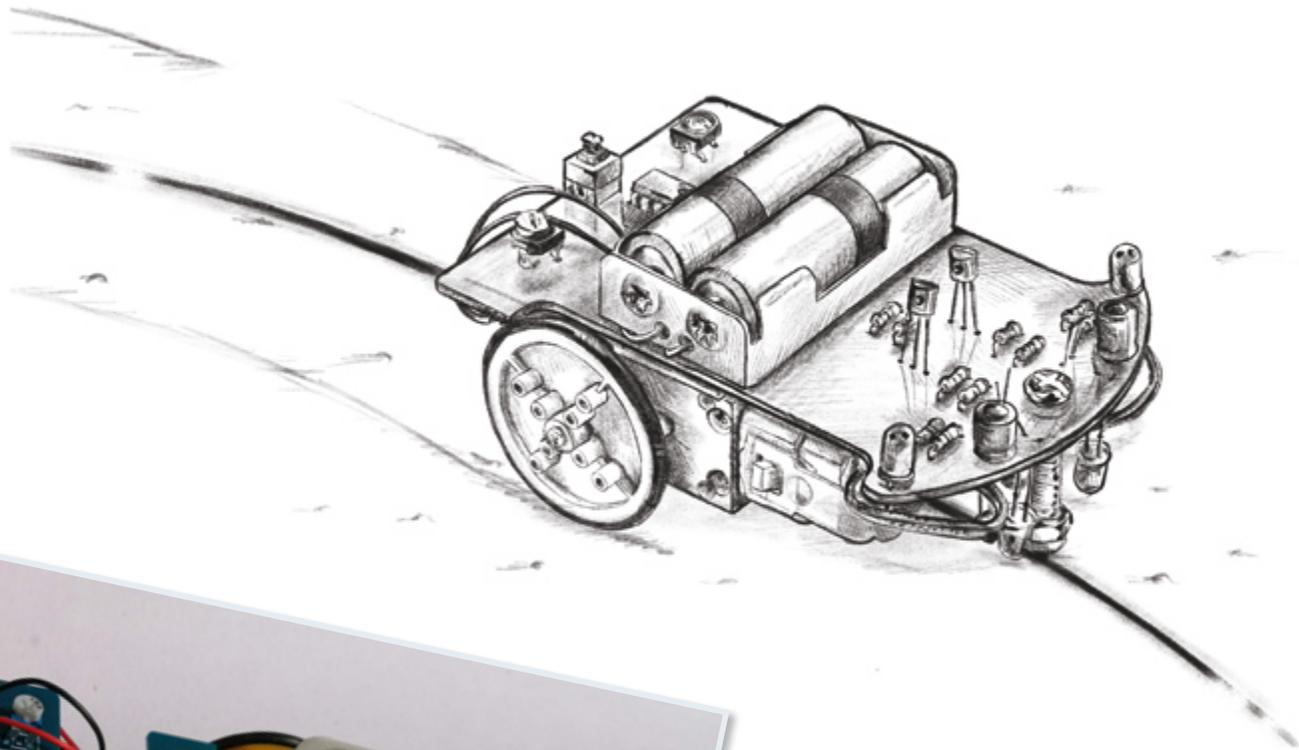
Schalte den Roboter mit dem Schalter ein und setze ihn auf die Spur. Wahrscheinlich fährt er beim ersten Versuch noch wirr hin und her. Stelle

beide Potentiometer auf Mitte und beobachte, auf welcher Seite der Roboter die Spur verlässt. Justiere auf dieser Seite in kleinen Schritten das Potentiometer und versuche so, den Roboter auf der Spur zu halten.

Dabei ist Geduld gefragt. Der Roboter verhält sich, bis die richtige Einstellung der Potentiometer gefunden wurde, oft etwas eigensinnig.

Frohe Weihnachten!







**Zusätzlich benötigt:** 2 x 1,5-V-Mignon-Batterie (Typ AA), Lötkolben, Lötzinn  
Nicht für Kinder unter 14 Jahren geeignet.

© 2019 Franzis Verlag GmbH,  
Richard-Reitzner-Allee 2, D-85540 Haar, Germany  
Innovation, Irrtümer und Druckfehler vorbehalten.  
2019/01  
Hergestellt in R. P. China



GTIN 4019631670816  
  
4 019631 670816

**FRANZIS**  
Young Explorer