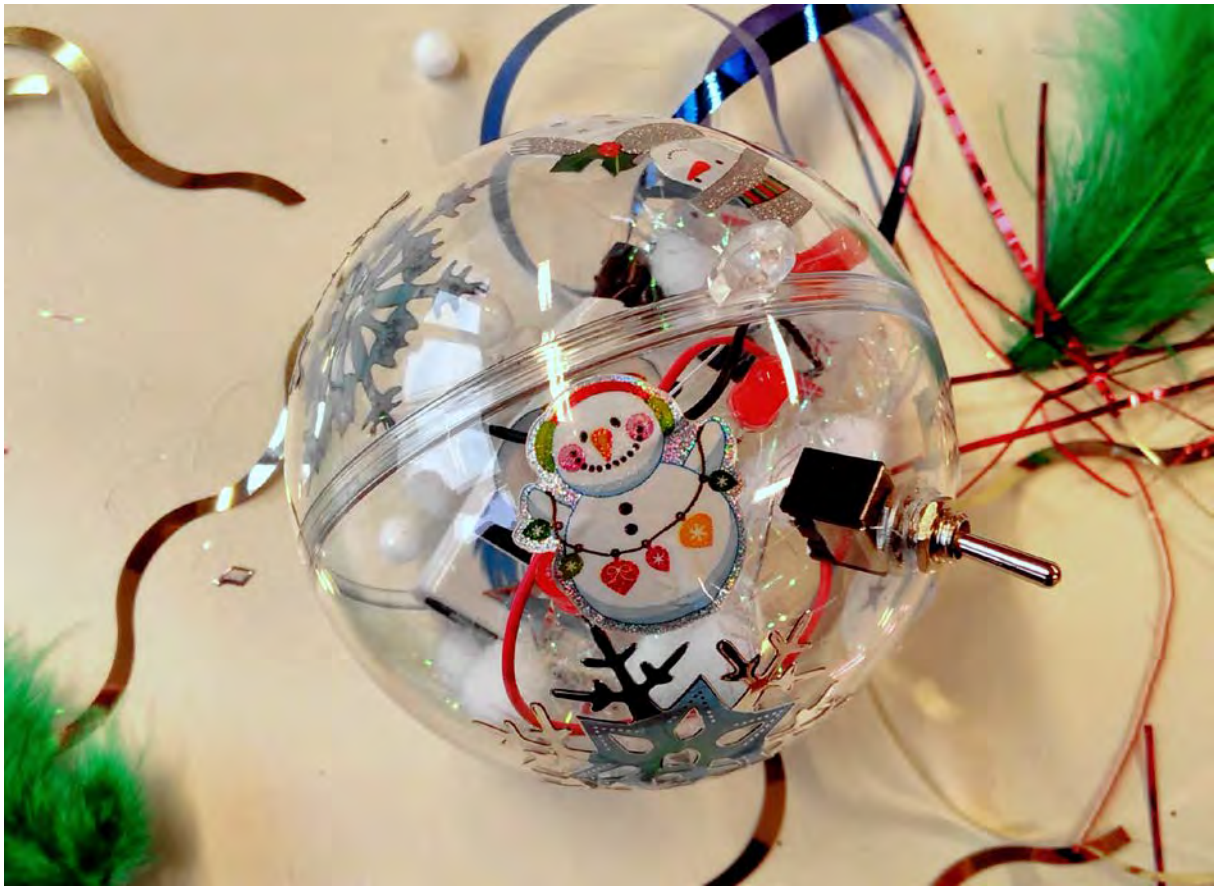
Blinkende LED-Weihnachtskugel



In diesem Projekt lernst du eine Blinkschaltung kennen – damit kannst du deine Weihnachtskugel zum Leben erwecken!

Eine leuchtende LED-Weihnachtskugel hast du ja vielleicht schon gebaut. Nun wollen wir deiner Kugel noch mehr Leben einhauchen und die LEDs blinken lassen. Das macht die Kugel noch auffälliger am Weihnachtsbaum!

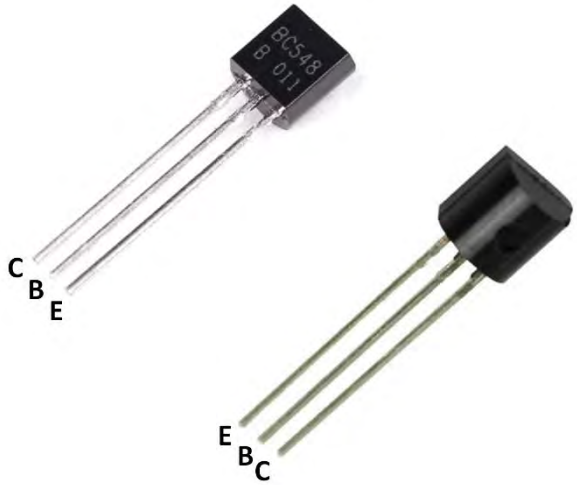
Was brauchen wir dazu? Damit eine LED blinken kann, muss automatisch mal Strom durch sie hindurchfließen und mal nicht. Wie soll das gehen, wenn du nicht selbst die ganze Zeit einen Schalter öffnen und schließen möchtest?

Wir zeigen dir zuerst ein neues Bauteil, den *Transistor*. Das ist auch eine Art Schalter. Allerdings schaltet der nicht, wenn jemand einen Hebel betätigt, sondern wenn an einem seiner Anschlüsse (genannt Basis) eine bestimmte Spannung anliegt.

Der Transistor

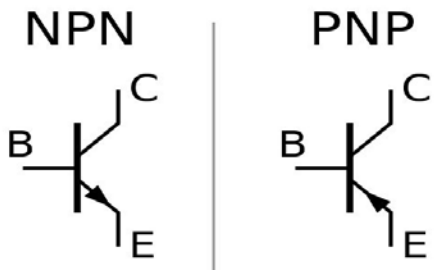
Transistoren sind sehr wichtige Bauelemente in der Elektronik. Es gibt eigentlich keine elektronischen Geräte ohne Transistoren. Alleine in einem einzigen PC oder einem Smartphone sind mehrere Milliarden davon verbaut – allerdings erheblich kleiner als die Variante, die wir hier benutzen werden.

Das Bauteil *Transistor* hat drei Anschlussbeinchen. Sie haben die Namen Basis (B) Kollektor (C) und Emitter (E). Es gibt verschiedene Bauvarianten, aber diese Eigenschaft ist allen gemeinsam. Im Bild ist der Transistortyp von beiden Seiten dargestellt, den wir in diesem Projekt benutzen werden.



Im Schaltsymbol sind die Anschlüsse normalerweise nicht beschriftet, aber man erkennt die Basis, die im rechten Winkel zu den anderen beiden Anschlüssen steht. Je nach Transistortyp weist ein Pfeil dann entweder Richtung Basis (dieser Typ heißt PNP-Transistor) oder Richtung Emitter (dann ist es ein sogenannter NPN-Transistor).

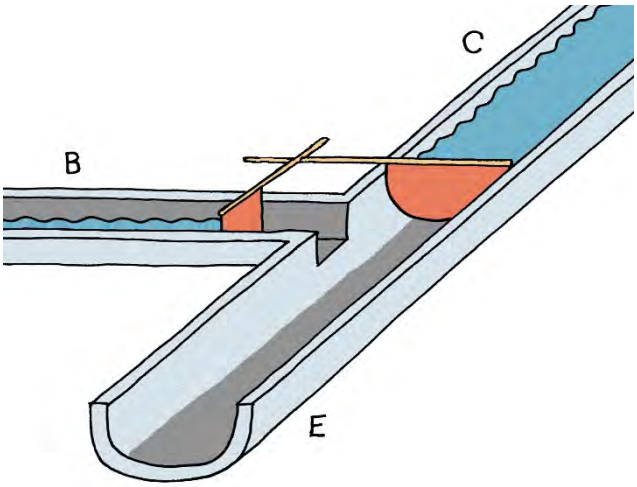
Wenn es dich interessiert, was der Unterschied ist, dann lies den Kasten »Tut der Pfeil der Basis weh, handelt sich's um PNP«.



Das Tolle an einem Transistor ist, dass er gleich zwei wichtige Funktionen übernehmen kann. Wir können ihn als *Schalter* nutzen oder als *Stromverstärker*. Oder als eine Kombination aus beidem. Über einen kleinen Strom, der vom Basisanschluss über den Emitter fließt, können wir einen (größeren) Stromfluss vom Kollektoranschluss zum Emitter erzeugen. Schalten wir den kleinen Basisstrom ab, so fließt auch der größere Strom nicht mehr.

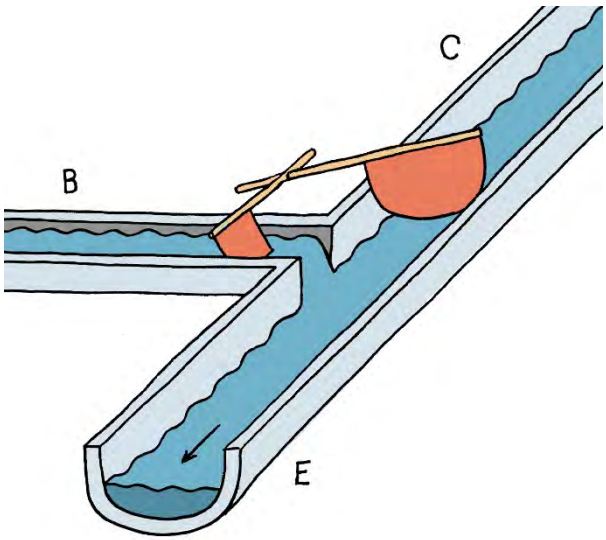
Schauen wir uns die Funktion zunächst einmal wieder anhand unseres Wassermodells an.

Hier entsprechen die drei Anschlüsse eines Transistors drei Rohrenden, die als T-Stück verbunden sind. Allerdings ist das eine Rohr (die Basis) erheblich enger als das damit verbundene Rohr (mit den Enden Kollektor und Emitter). Und ganz wichtig: Es gibt zwei miteinander verbundene Klappen, in jedem Rohr eine. Ist die Spannung an B sehr klein, dann fließt im Basis-Rohr zu wenig Wasser, um die die kleine Klappe zu bewegen. Damit kann auch im breiteren Rohr kein Wasser fließen, auch wenn dort vielleicht mehr Wasser gegen die große Klappe drückt – die große Klappe kann nur durch die kleinere geöffnet werden!



Nun wird durch eine Schaltung an der Basis eine Spannung erzeugt: Der Wasserdruck im engen Basis-Rohr steigt und kann die kleine Klappe bewegen. Sie öffnet sich, und ein wenig Wasser fließt von der Basis in das große Rohr, wo es Richtung Emitter weiterfließt. Gleichzeitig öffnet sich mit der kleinen Klappe durch die mechanische Verbindung auch die große.

Nun gibt es kein Halten mehr: Das bisher am Kollektor angestaute Wasser fließt jetzt ungehindert vom Kollektor durch das große Rohr zum Emitter. Der Strom wurde hier nicht nur eingeschaltet, seine Stromstärke ist im Vergleich zum Basis-Emitter-Strom auch erheblich höher. Man sagt, der Transistor »steuert durch«.

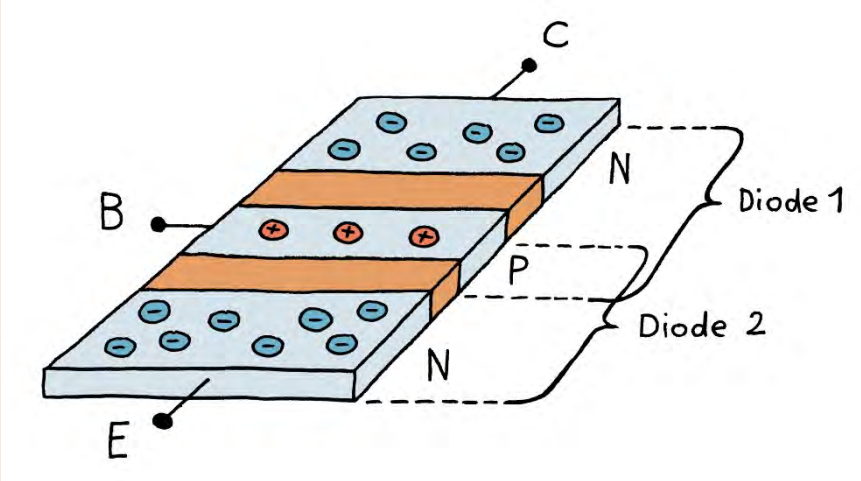


Die Spannung, die man an der Basis braucht, damit der größere Strom vom Kollektor zum Emitter fließen kann, beträgt etwa 0,7V. Eine kleine Spannungsänderung an der Basis kann also eine große Änderung beim Strom vom Kollektor zum Emitter bewirken. Der Strom kann bis zu 1000-fach verstärkt werden!

»Tut der Pfeil der Basis weh, handelt sich's um PNP«

Mit diesem Merkspruch merken sich Elektronik-Profis, um welchen Typ Transistor es sich bei einem bestimmten Schaltsymbol handelt. Es gibt zwei Typen, genannt »PNP« und »NPN«. Aber warum gibt es überhaupt unterschiedliche Typen, und wie unterscheidet sich ihr Aufbau?

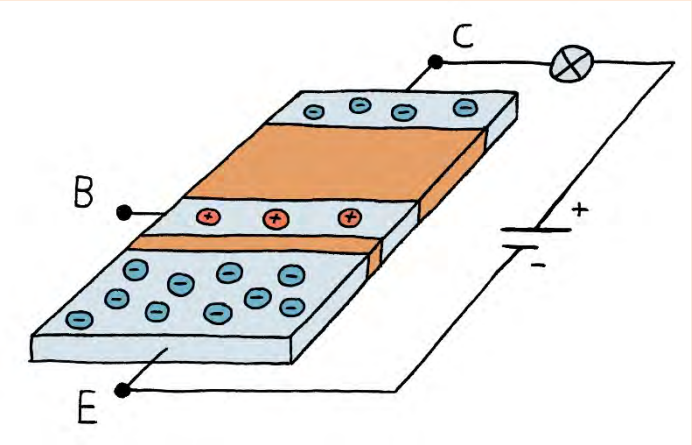
Ein Transistor ist ein Halbleiterkristall aus drei Schichten (Kollektor C, Emitter E und Basis B). Schauen wir uns den Aufbau eines NPN-Transistors an, denn den wirst du später verwenden: Hier sind die Emitter- und die Kollektorschicht negativ geladen, es gibt in ihnen also einen Überschuss an frei beweglichen Elektronen (gemalt als Kreise mit Minussymbol). Dazwischen liegt die schmale, positiv geladene P-Schicht namens Basis: Hier gibt es einen Überschuss an positiven Ladungsträgern (gemalt als Kreise mit Plus-Zeichen).



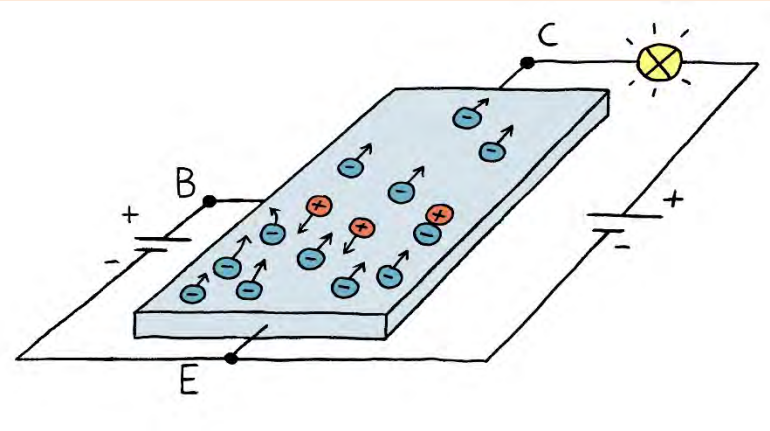
In den Grenzschichten dazwischen haben Ladungsträger »rekombiniert«. Das heißt, positive und negative Ladungsträger haben sich miteinander verbunden. Dabei haben sich ihre Ladungen ausgeglichen. Es gibt also in den Grenzschichten keine geladenen Teilchen mehr.

Im Grunde ist ein Transistor eine Kombination aus zwei Dioden. Da die beiden Dioden allerdings in verschiedene Richtungen geschaltet sind, kann eigentlich kein Strom zwischen E und C fließen, egal in welcher Richtung eine Spannung angelegt wird.

Legt man eine Spannung zwischen Emitter und Kollektor an, so drückt der Minuspol der Spannungsquelle noch ein paar Elektronen in den Emitter. Außerdem saugt der Pluspol ein paar Elektronen aus dem Kollektor. Dadurch wird die Grenzschicht zwischen dem Emitter und der Basis etwas kleiner, und die Grenzschicht zwischen dem Kollektor und der Basis größer. Man sagt, der Transistor »sperrt«, denn wegen der Grenzschicht kann kein Strom fließen. Auch die kleine Lampe oben rechts im Bild leuchtet nicht:



Nun kommt der Trick: Legt man jetzt noch zusätzlich eine Spannung zwischen Basis und Emitter an, dann passiert Folgendes: Elektronen aus dem Emitter überwinden die kleine Grenzschicht zur Basis. Das ist wie bei einer Diode, die in Durchlassrichtung geschaltet ist. Die Elektronen aus dem Emitter geraten in Bewegung!



Ein kleiner Teil der Elektronen fließt in die Basis ab (kleiner Basisstrom), da sie vom Pluspol der Basisspannungsquelle angezogen werden. Da die Basis so klein ist, schießt der viel größere Teil der Elektronen (99%) allerdings über die Grenzschicht zwischen Basis und Kollektor hinaus in den Kollektor hinein (großer Kollektorstrom). Hier werden die Elektronen vom Pluspol der Kollektorspannungsquelle angezogen. Man sagt, der Transistor »steuert durch«. Nun kann die Lampe leuchten!

Beim PNP-Transistor funktioniert das ganz ähnlich. Die Schichten sind nur umgekehrt geladen, es ändern sich also die Stromrichtungen.

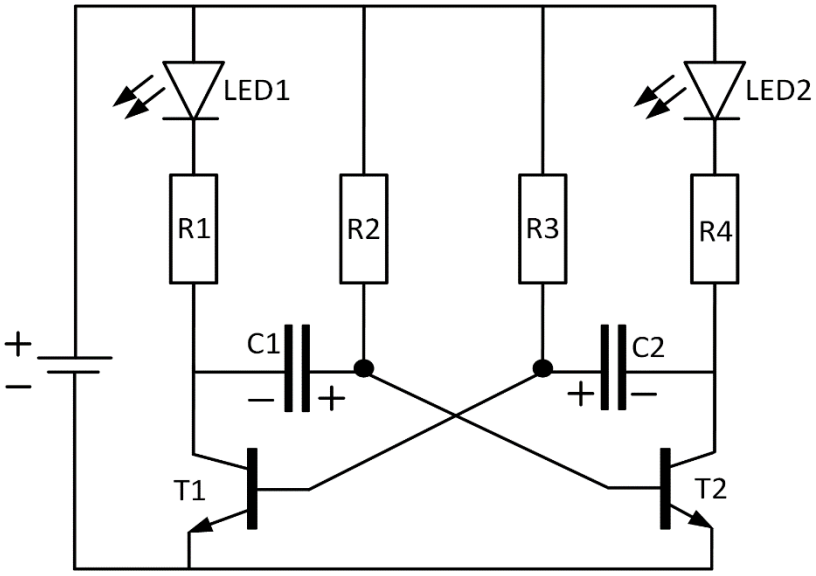
Die Blinkschaltung

Um deinen LED-Geist fröhlich blinken zu lassen, reicht ein einfacher Stromkreis mit ein paar in Reihe geschalteten LEDs nicht mehr aus. Wir brauchen nun eine Schaltung, bei der zwei LEDs abwechselnd blinken. So eine Schaltung nennt man auch »Wechselblinker«.

Die Schaltung verwendet zwei Transistoren, die abwechselnd durchsteuern und sperren. An jedem Kollektor ist eine LED angeschlossen. Die LED am jeweils leitenden Transistor leuchtet, die am sperrenden Transistor leuchtet nicht.

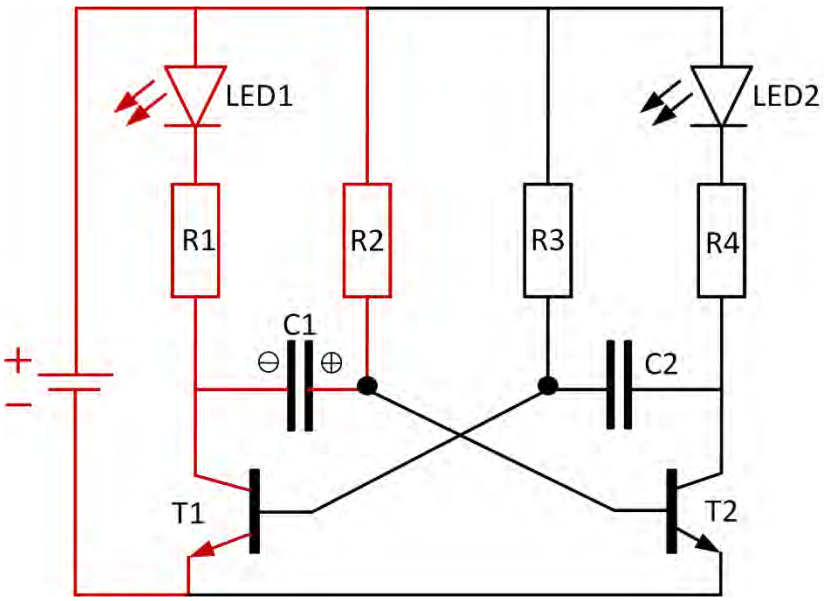
Damit die Transistoren abwechselnd an- und abschalten, gibt es noch zwei *Kondensatoren*. Diese werden jeweils von einem der Transistoren aufgeladen und über die Basis des anderen entladen.

Aber der Reihe nach: Auf dem Wechselblinker-Schaltplan kannst du sehen, dass die Schaltung sehr symmetrisch aufgebaut ist.

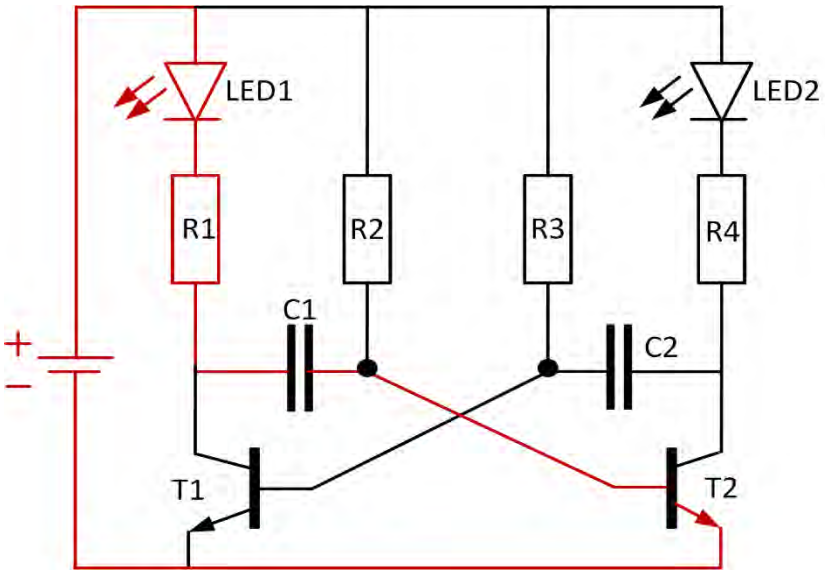


Welche LED beim Einschalten zuerst leuchtet, hängt davon ab, welcher Transistor zuerst durchsteuert (leitet). Dies wiederum hängt davon ab, welcher Kondensator zuerst aufgeladen ist und sich dann über die Basis eines Transistors entlädt. Die Bauteile sind zwar eigentlich gleich, haben aber durch die Toleranzen in Wirklichkeit leicht unterschiedliche Werte.

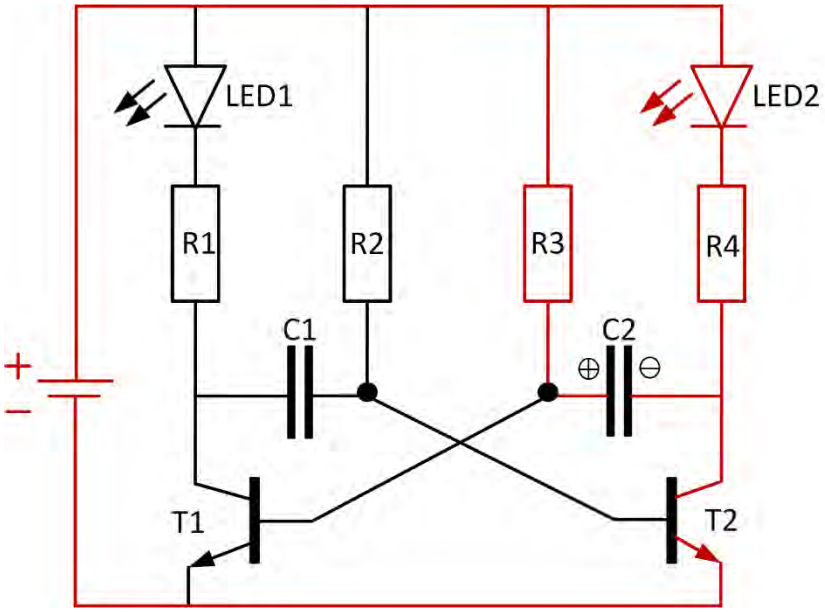
Nehmen wir an, dass Transistor T1 als erster durchsteuert, das heißt, es fließt ein großer Strom vom Pluspol der Batterie über den linken Zweig der Schaltung zum Minuspol. Dabei wird LED1 zum Leuchten gebracht. Gleichzeitig lädt sich der Kondensator C1 über den Widerstand R2 auf. Die Spannung an C1 steigt.



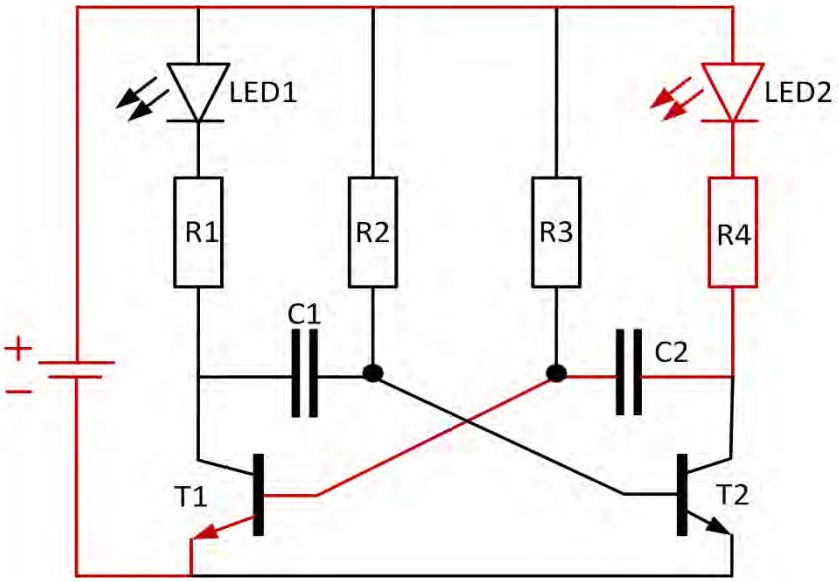
Wenn die Spannung an C1 groß genug wird (größer als 0,7V), dann ist das ja auch die Basisspannung am Transistor T2. Nun fließt der Basisstrom durch T2, der LED1 noch für einen kurzen Moment am Leuchten hält. An T1 liegt keine Basisspannung mehr an, also sperrt T1 jetzt.



Während sich C1 entlädt, schaltet Transistor T2 jetzt durch. Es fließt jetzt der große Kollektor-Emitter-Strom durch T2, der LED2 zum Leuchten bringt. LED1 leuchtet jetzt nicht mehr, da sie nicht genug Strom abbekommt. C2 wird nun langsam über R3 aufgeladen.



Sobald die Spannung an C2 groß genug wird (größer als 0,7V), ist für T1 genug Basisspannung da: Durch Transistor T1 fließt nun der kleine Basisstrom. Damit wird C2 allmählich wieder entladen. Da C1 bereits entladen ist, liegt an der Basis von T2 keine Spannung an, wodurch T2 sperrt.



Transistor T1 kann nun wieder durchschalten, wodurch LED1 wieder leuchtet. C1 lädt sich langsam wieder auf. Auf der anderen Seite erlischt LED2, da nicht genügend Basisspannung an T2 anliegt. Sobald C2 entladen ist, hat T1 keine Basisspannung mehr und sperrt. Sobald C1 geladen ist, schaltet T2 wieder durch. Und so weiter und so fort…das Resultat ist ein endloses Blinken der beiden LEDs.

Experiment: Blinkendes Steckbrett

Als erstes baust du die Wechselblinkerschaltung am besten einmal auf dem Steckbrett auf. Das hat den Vorteil, dass du dann ein wenig mit unterschiedlichen Kondensatoren experimentieren kannst. Je größer die Kapazität der verwendeten Kondensatoren, um so langsamer wird das Blinken.

Bauteile für die Schaltung

- ✓ zwei rote LEDs (LED1 und LED2),
- ✓ zwei Widerstände im Wert von 470 Ω (R1 und R4),
- ✓ zwei Widerstände im Wert von 47 kOhm (R2 und R3),
- ✓ zwei Elektrolytkondensatoren (auch »Elkos« genannt) im Wert von 10 µF (C1 und C2) und zwei Elkos im Wert von 100 µF (zum Austauschen von C1 und C2),
- ✓ zwei NPN-Transistoren vom Typ BC548 (T1 und T2),

- ✓ zwei Drahtbrücken,
- ✓ eine 9V-Blockbatterie und einen passenden Batterieclip.

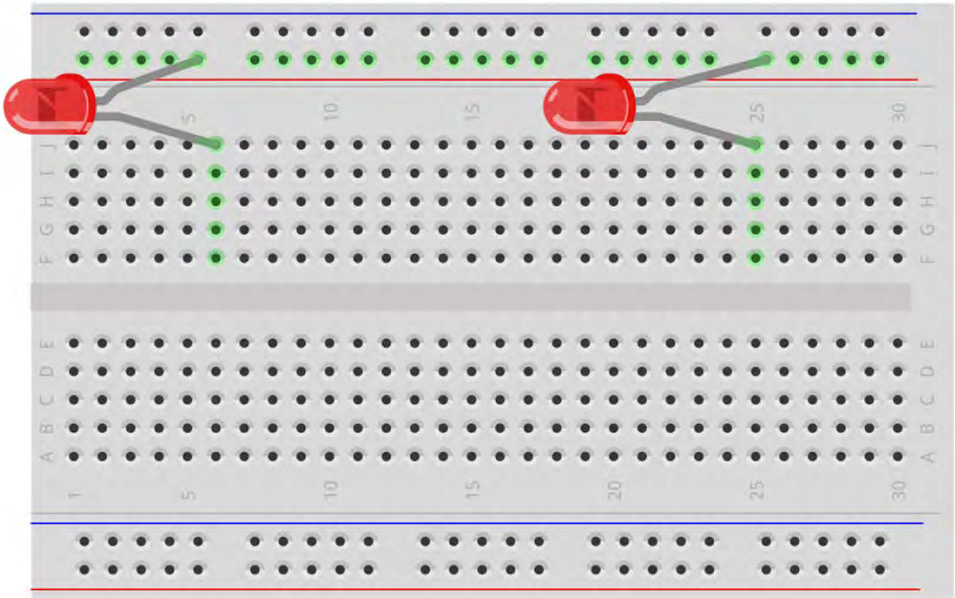
Jetzt wird gebaut!

Wenn du Herausforderungen liebst, dann kannst du ja mal versuchen, alleine anhand des Schaltplans die Schaltung auf dem Steckbrett zu stecken. Achte dabei auf folgende Merkmale der gerichteten Bauteile:

- ✓ Bei den LEDs weisen die langen Beine in Richtung Pluspol (Plusleiste des Steckbretts).
- ✓ Bei den Elkos markiert ein heller Strich das Minus-Beinchen, das auch kürzer ist als das andere.
- ✓ Halte den Transistor so, dass die glatte Seite oben ist und die drei Beinchen von dir wegzeigen. Das mittlere Beinchen ist die Basis. Der Emitter (im Schaltbild der untere Anschluss mit dem Pfeil) ist das linke Bein, und der Kollektor (im Schaltbild der obere Anschluss ohne Pfeil) ist das rechte Beinchen.

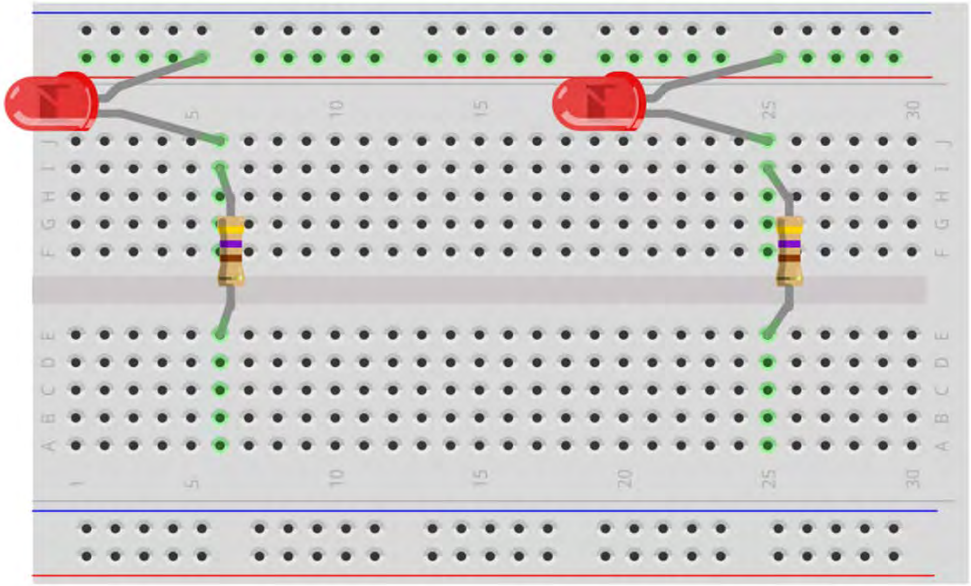
Wenn du noch unsicher bist, dann richte dich einfach nach unserer Anleitung für den Aufbau der Steckbrettschaltung. Hier erklären wir dir, wie du die Bauteile nach und nach auf das Steckbrett steckst:

1. **Stecke als erstes die beiden LEDs mit ihren langen Beinchen in die obere Plusleiste.**

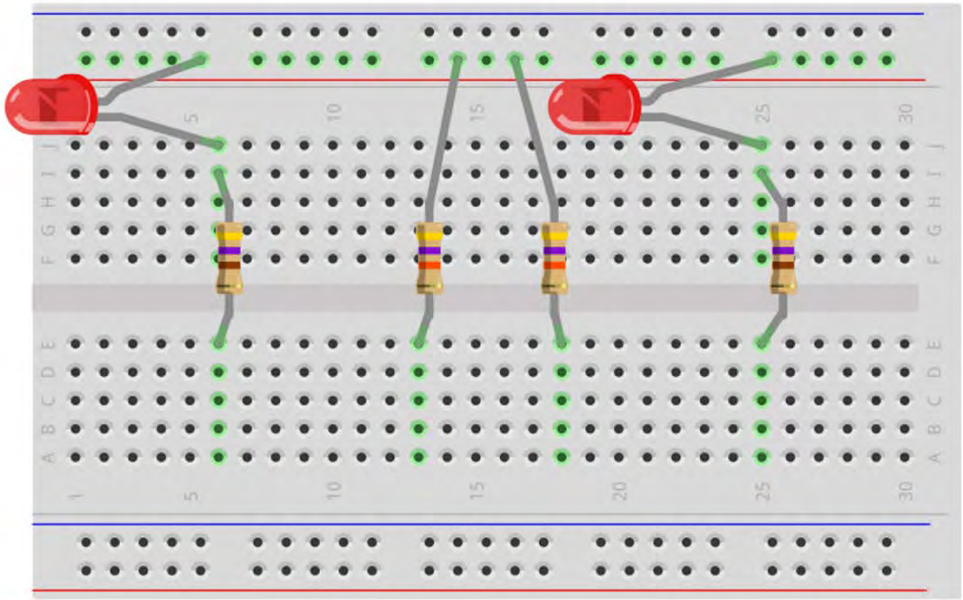


Die beiden kurzen Beinchen kommen in den oberen mittleren Bereich des Steckbretts direkt unter der Plusleiste.

2. **Stecke nun die beiden 470Ω-Widerstände (R1 und R4) direkt unter die LEDs, so dass sie die Kerbe in der Mitte des Steckbretts überbrücken.**

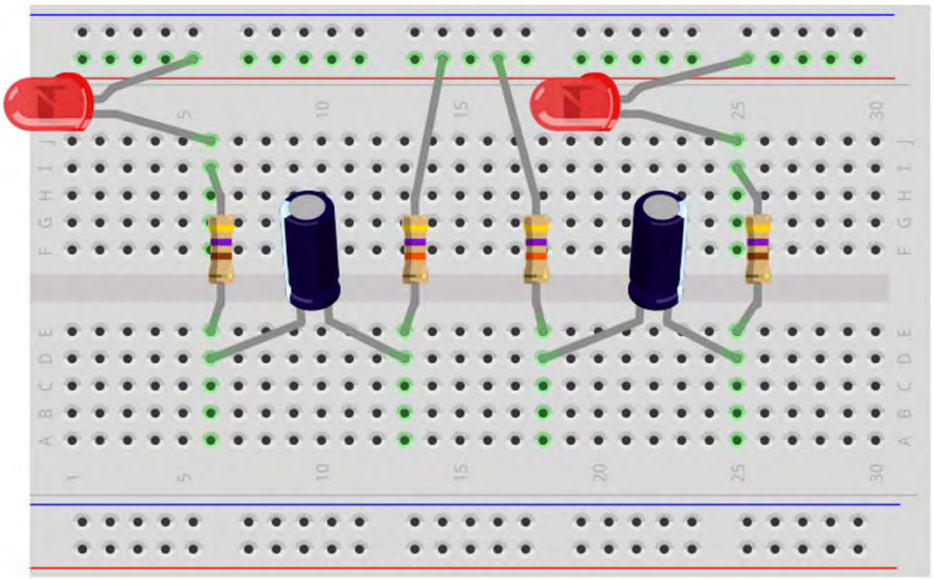


3. **Stecke die beiden 47kΩ-Widerstände (R2 und R3) in das Steckbrett.**



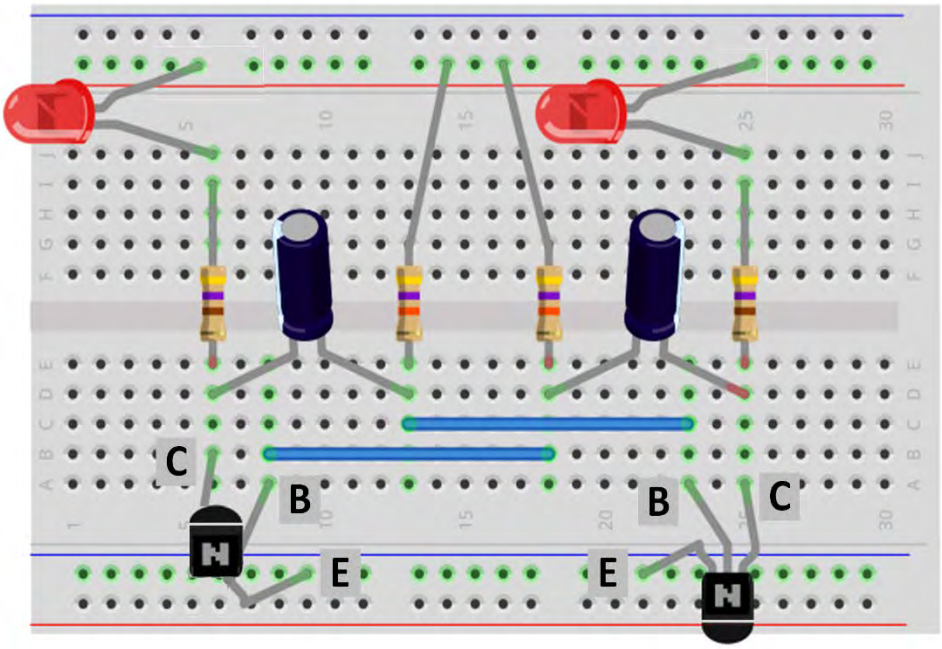
Beide stecken mit einem Beinchen in der Plusleiste und mit dem anderen im unteren mittleren Bereich des Steckbretts.

4. Nimm als nächste Bauteile die beiden Elkos.



Der linke Elko (C1) wird mit seinem Minusbeinchen (erkennbar an der hellen Markierung) direkt unter R1 gesteckt. Sein Plusbeinchen verbindest du mit R2. Auf der anderen Seite passiert das Gleiche, nur spiegelverkehrt: Das Minusbeinchen von Elko C2 wird direkt unter R4 gesteckt, sein Plusbeinchen direkt unter R3.

5. Stecke die beiden Transistoren und zwei Drahtbrücken ins Steckbrett.



Auch die Transistoren werden spiegelverkehrt eingebaut: Beginne mit dem linken Transistor (T1) und halte ihn so, dass du die Schrift auf der flachen Seite lesen kannst. In

dieser Richtung ist der Kollektor (C) das linke Beinchen, die Basis (B) das mittlere Beinchen und der Emitter (E) ist das rechte Beinchen. Baue T1 so ein, dass die flache Seite vom Steckbrett weg zeigt. Der Kollektor kommt in die Leiste, wo schon der Widerstand R1 und das Minusbeinchen von Kondensator C1 stecken. Die Basis (B) kommt zwei Leisten rechts neben den Kollektor, und der Emitter kommt in die Minusleiste.

Nun muss noch die Basis von T1 mit Kondensator C2 verbunden werden. Nimm eine Drahtbrücke und stecke das linke Ende direkt über die T1-Basis in die gleiche Leiste. Stecke das rechte Ende in die Leiste, in der das Plusbeinchen von C2 steckt.

Der rechte Transistor T2 wird genau andersherum gesteckt: Die flache Seite weist mit der Schrift zum Steckbrett hin. Der Emitter (jetzt das linke Beinchen) kommt in die Minusleiste, der Kollektor (rechtes Beinchen) in die Leiste, wo schon der Widerstand R4 und das Minusbeinchen von Kondensator C2 stecken. Die Basis (B) kommt zwei Leisten links neben den Kollektor.

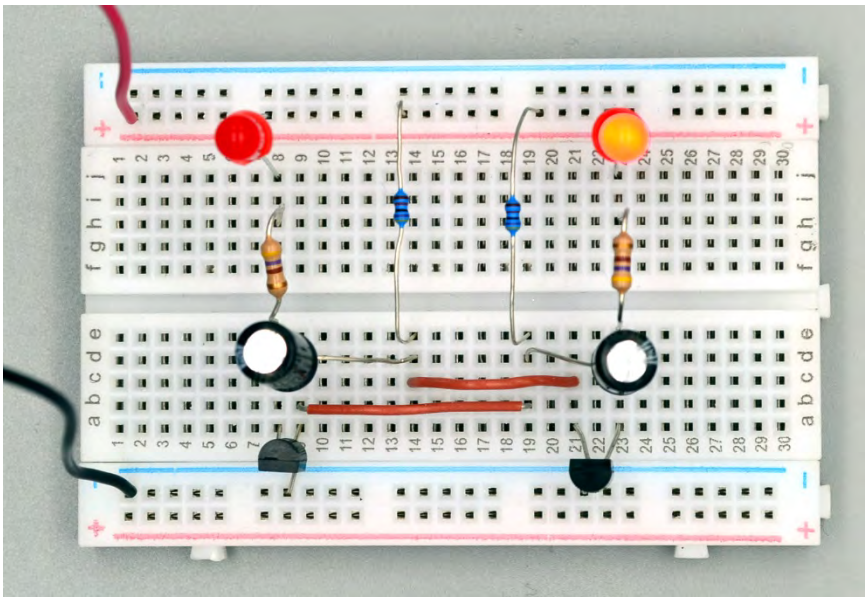
Zum Schluss muss noch die Basis von T2 mit Kondensator C1 verbunden werden. Nimm noch eine Drahtbrücke und stecke sie oberhalb der anderen Drahtbrücke ins Steckbrett: Das rechte Ende kommt zwei Löcher über die T2-Basis in die gleiche Leiste, und das linke Ende in die Leiste, in der das Plusbeinchen von C1 steckt.

6. **Verbinde die Anschlüsse des Batterieclips.**

   Das kennst du ja schon: Der Pluspol der 9V-Blockbatterie wird über das rote Kabel vom Batterieclip mit der oberen (roten) Plusleiste des Steckbretts verbunden. Den Minuspol der Batterie (schwarzes Kabel) verbindest du mit der unteren (blauen) Minusleiste des Steckbretts.

7. **Schließe eine Batterie an und teste deine Schaltung.**

   Auf dem Bild siehst du diesmal keine Zeichnung, sondern ein Foto der Schaltung im Betrieb. Die LEDs blinken tatsächlich! Was, das siehst du nicht? Stimmt, es ist ja nur ein Foto. Aber zumindest kannst du auf dem Foto erkennen, dass die rechte LED gerade leuchtet und die linke LED gerade nicht leuchtet.



Mögliche Fehlerquellen

Es kann sein, dass deine Schaltung nicht auf Anhieb blinkt. Hier sind ein paar Tipps, was beim Bauen eventuell schief gegangen ist:

- ✓ Eine oder beide Leuchtdioden sind falsch herum in die Schaltung eingebaut.

  Kontrolliere, ob die LEDs mit ihren langen Beinchen in der Plusleiste stecken.

- ✓ Ein oder beide Kondensatoren sind falsch herum eingebaut: Der linke Kondensator (C1) zeigt mit seinem hellen Minusstreifen nach links, der rechte nach rechts.

- ✓ Ein oder beide Transistoren sind falsch herum gesteckt.

  Beim linken Transistor (T1) ist die flache Seite unten, und das rechte Beinchen ist der Emitter, der in der Minusleiste steckt. Beim rechten Transistor (T2) ist die flache Seite oben und das linke Beinchen ist der Emitter, der in der Minusleiste steckt.

Wenn alles schön blinkt, dann kannst du nun das Experiment wagen, beide Kondensatoren auszutauschen, z.B. durch Elkos im Wert von 100 µF. Diese können mehr Energie speichern und brauchen daher mehr Zeit, um sich zu laden und zu entladen. Merkst du, wie sich die Blinkgeschwindigkeit der LEDs verlangsamt?

Projekt: Weihnachtskugel mit blinkenden LEDs

Für die Weihnachtskugel ist ein Steckbrett natürlich viel zu groß. Außerdem können die Bauteile aus einem Steckbrett herausrutschen. Also lötest du für das Projekt die Bauteile besser auf eine Streifenrasterplatine.

Was du brauchst …

Bauteile für die Schaltung

- ✓ die gleichen Bauteile wie für das Experiment »Blinkendes Steckbrett« (es ist ja auch die gleiche Schaltung)
- ✓ eine Streifenplatine, die mindestens 13 Streifen breit und ca. 5cm lang ist
- ✓ ein Kippschalter mit zwei oder drei Lötanschlüssen

Material

- ✓ eine Acrylkugel (Durchmesser 80 mm), teilbar, transparent, mit Aufhänge-Öse
- ✓ ein paar Streifen buntes Lametta (aber nicht silberfarben, das leitet Strom)
- ✓ kleine Weihnachts-Sticker und Deko-Federn zum Verzieren der Kugel
- ✓ 30 cm Geschenkband zum Aufhängen der Kugel

Werkzeug

- ✓ Lötkolben und Lötzinn
- ✓ Seitenschneider
- ✓ Heißklebepistole
- ✓ Permanentmarker (Fineliner) in vier Farben
- ✓ Lackstifte in festlichen Farben (golden, silbern)

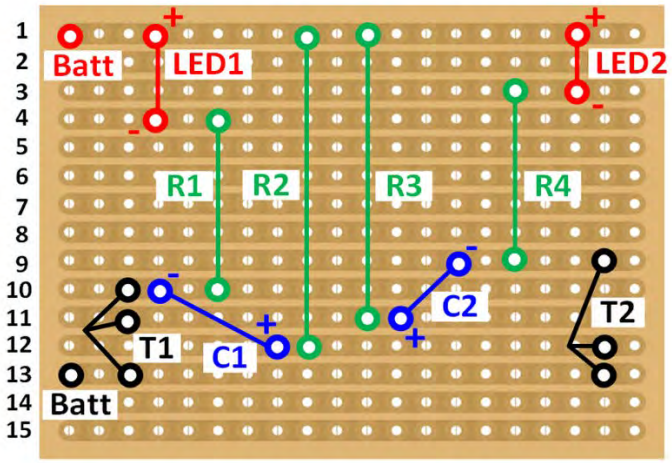
Jetzt wird gebaut!

Wir gehen in der Anleitung in der gleichen Reihenfolge vor wie beim Steckbrett-Experiment. Natürlich ist der Plan, wo welche Bauteile angelötet werden, bei einer Streifenplatine etwas anders als bei einem Steckbrett. Du erkennst die Schaltung aber hoffentlich doch gut wieder.

Beachte beim Löten folgende Tipps:

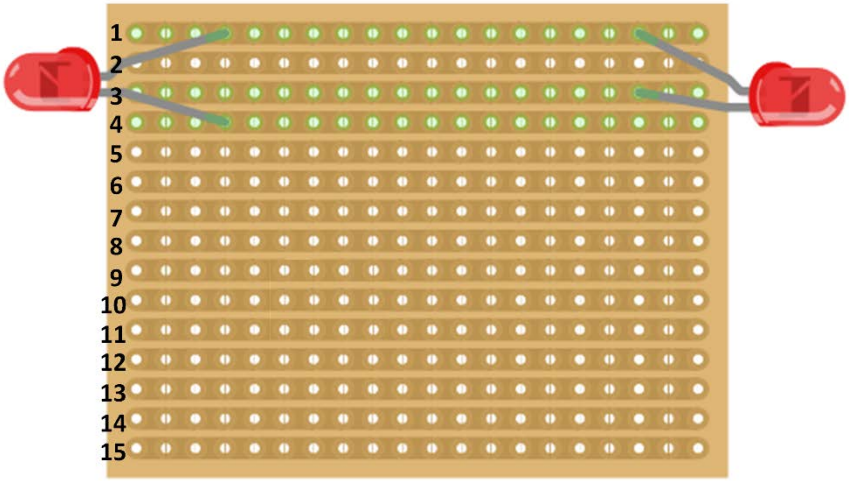
- ✓ Stecke jeweils ein Bauteil auf der Kunststoffseite durch die Streifenplatine und löte seine Beinchen auf der Kupferstreifenseite an.
- ✓ Achte darauf, dass die Lötstelle innerhalb des Streifens bleibt und kein Lötzinn auf den Nachbarstreifen fließt.
- ✓ Schneide nach dem Anlöten eines Beinchens mit einem Seitenschneider das Beinchen direkt über der Lötstelle ab.
- ✓ Die Bilder in der Anleitung zeigen den Verlauf der Streifen, auch wenn sie auf der Bauteilseite ja eigentlich gar nicht zu sehen sind. Das gibt dir aber eine Orientierung, wie die Bauteile miteinander verbunden sind.

1. **Markiere die Streifenrasterplatine auf der Kunststoffseite mit Permanentmarker (Fineliner).**



Umrande die Löcher für die Bauteile in einheitlichen Farben und verbinde sie. Dies hilft dir, dich auf der Platine besser zurechtzufinden. Vergleiche deine bemalte Platine ganz genau mit unserer Vorlage und zähle bei allen markierten Löchern die Streifen ab.

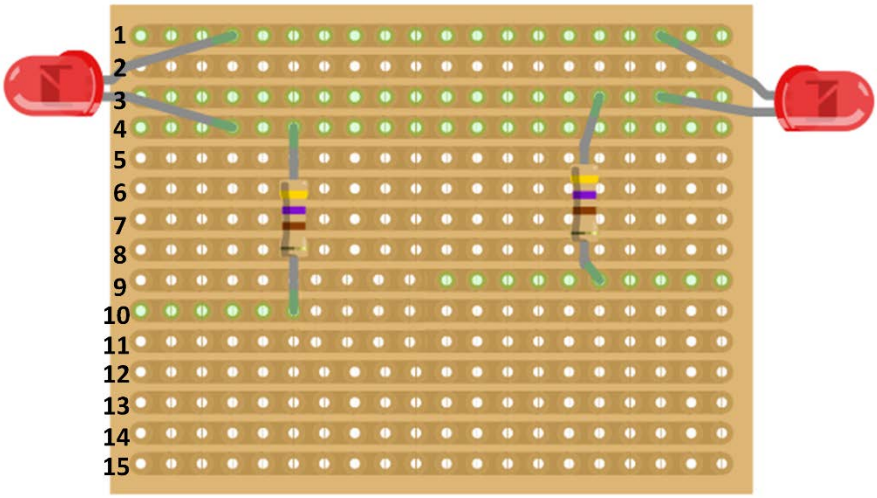
2. Löte die beiden LEDs an.



Die LEDs sollen als einzige Bauteile recht lang auf der Bauteilseite aus der Platine herausragen. Dann kannst du die LEDs am Schluss besser in der Weihnachtskugel positionieren.

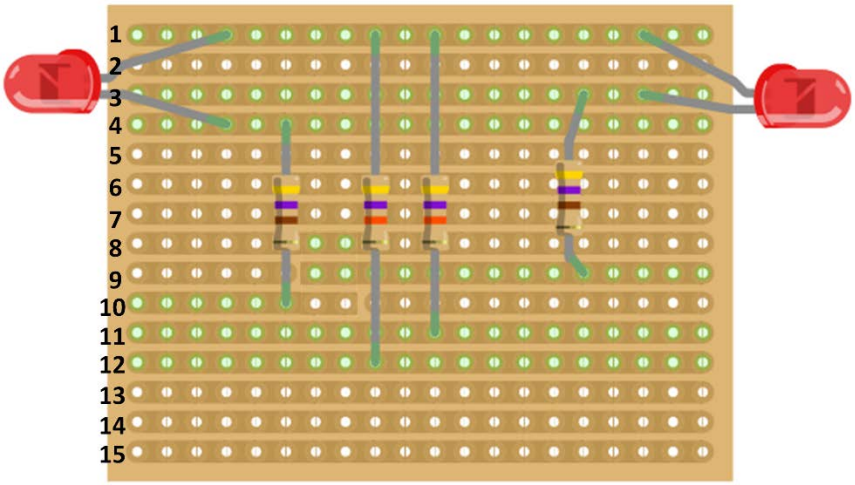
Das jeweils lange Beinchen der LEDs kommt in den den obersten Streifen. Das wird später unsere »Plusleiste«. Wir nennen ihn Streifen 1 und zählen die Streifen immer von oben nach unten. Die kurzen Beinchen müssen nun natürlich in unterschiedliche Streifen gelötet werden. Bei LED1 ist das Streifen 4, bei LED2 kommt das kurze Beinchen in Streifen 3.

3. Löte die beiden 470 Ω-Widerstände (R1 und R4) an.



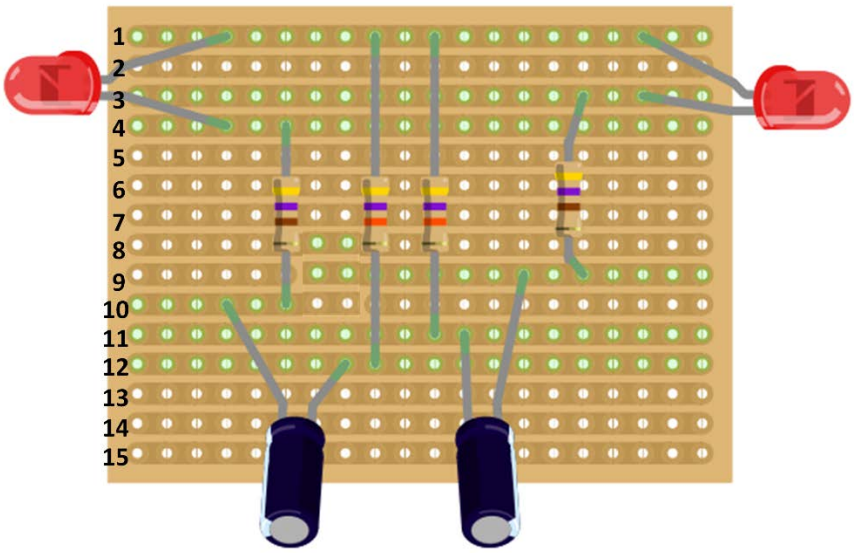
Beide Widerstände kommen mit je einem Beinchen direkt in den Streifen der jeweiligen LED (R1 in Streifen 4 und R4 in Streifen 2). Das andere Beinchen von R1 kommt in Streifen 10. Das andere Beinchen von R4 kommt in Streifen 9.

4. Löte die beiden 47 kΩ-Widerstände (R2 und R3) an.



Die Widerstände R2 und R3 kommen beide mit je einem Beinchen direkt in Streifen 1.Das andere Beinchen von R2 kommt in Streifen 12. Das andere Beinchen von R4 kommt in Streifen 11.

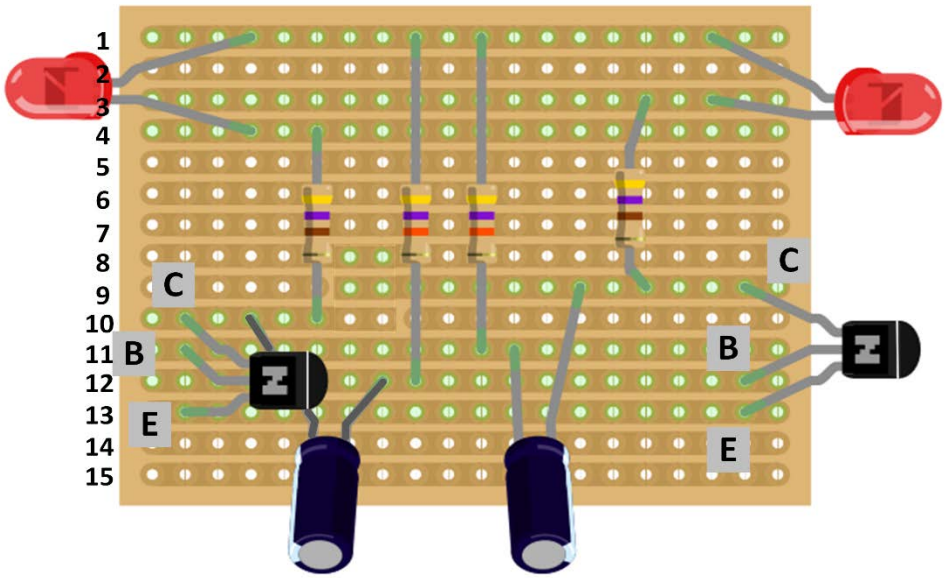
5. Löte nun die beiden Elkos an.



Das Minusbeinchen des linken Elkos (C1) kommt in Streifen 10 und wird so mit R1 verbunden. Das Plusbeinchen von C1 kommt in Streifen 12 und wird auf diese Weise mit R2 verbunden.

Analog kommt das Minusbeinchen von C2 in Streifen 9, wo auch R4 steckt. Das Plusbeinchen von C2 kommt in Streifen 11 zu R3.

6. Löte die beiden Transistoren auf die Platine.



Stecke beide Transistoren so in die Platine, dass sie mit der glatten, beschrifteten Seite nach links zeigen.

Das obere Beinchen (Kollektor) des linken Transistors (T1) kommt in Streifen 10. Seine Basis lötest du direkt daneben in Streifen 11, und das untere Beinchen (Emitter) kommt in Streifen 13.

Der rechte Transistor (T2) hat seinen Kollektor (oberes Beinchen) in Streifen 9, seine Basis (mittleres Beinchen) in Streifen 12 und seinen Emitter (unteres Beinchen) in Streifen 13.

7. Löte als letztes die beiden Kabel vom Batterieclip an (ohne Batterie).

Das rote Kabel (der Pluspol) wird in Streifen 1 gelötet, das schwarze Kabel (Minuspol) in Streifen 13.

8. Suche, bevor du die Batterie anschließt, die Kupferseite der Platine mit Adleraugen nach Lötbrücken ab.

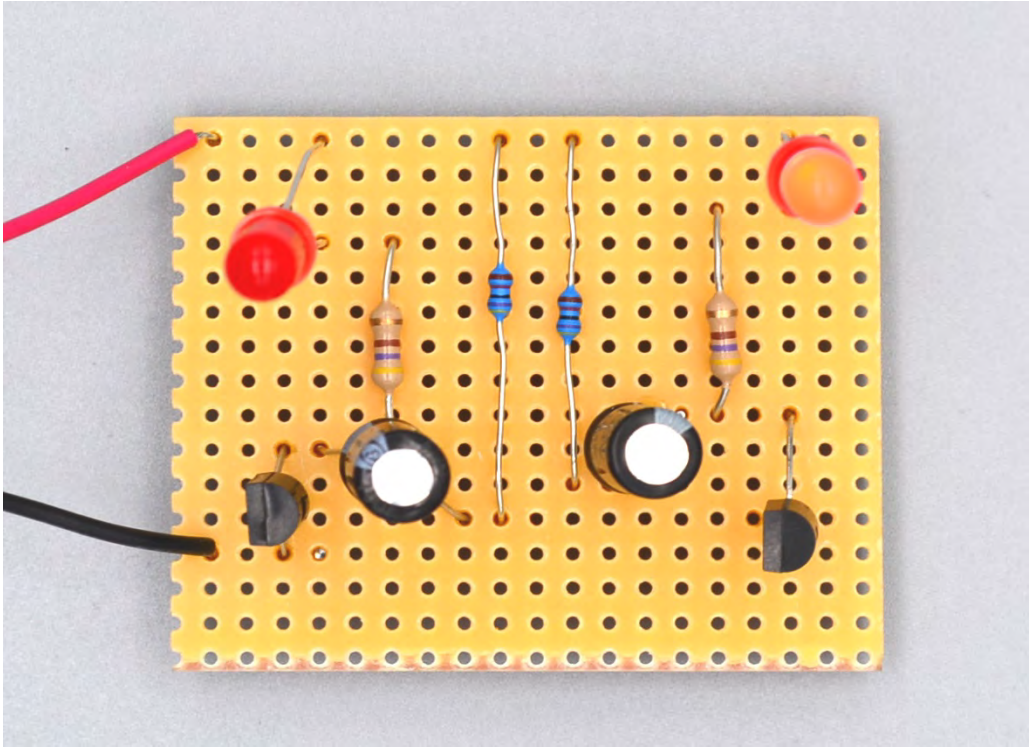
Lötbrücken sind Lötstellen, wo das Lötzinn versehentlich auf einen benachbarten Streifen hinübergeflossen ist und so zwei Nachbarstreifen leitend verbindet.

Wenn es Lötbrücken gibt, dann funktioniert die Schaltung nicht, da der Strom dann nicht so fließt wie im Schaltplan vorgesehen. Außerdem können Bauteile wie die LEDs dann kaputtgehen, weil der Strom z.B. nicht durch den Vorwiderstand der LED fließt, sondern direkt ungebremst durch die LED.

Beseitige alle Lötbrücken. Manchmal reicht es schon aus, die Lötstelle vorsichtig noch einmal mit dem Lötkolben zu erhitzen. Dann fließt das Lötzinn von ganz allein in seine

vorgesehene Bahn. Wenn das nicht hilft, dann sauge das erhitzte Lötzinn mit der Entlötpumpe ab.

9. Teste deine fertige Schaltung.



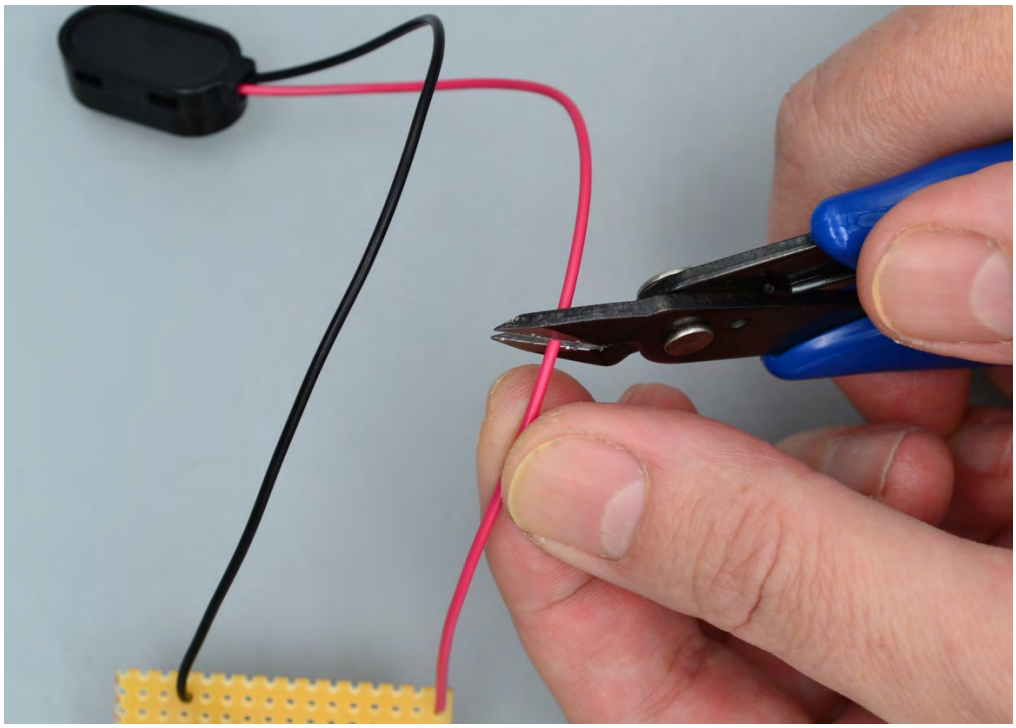
Wenn du alle Lötbrücken beseitigt hast, und die Einbaurichtung und die Streifennummern noch einmal bei allen Bauteilen kontrolliert hast, dann kannst du es riskieren und die Batterie anschließen.

Auf dem Bild siehst du wieder ein Foto statt einer Zeichnung. Auf dem Foto kannst du mit gutem Willen erkennen, dass die LEDs blinken. Zumindest leuchtet gerade die rechte LED und die linke leuchtet nicht.

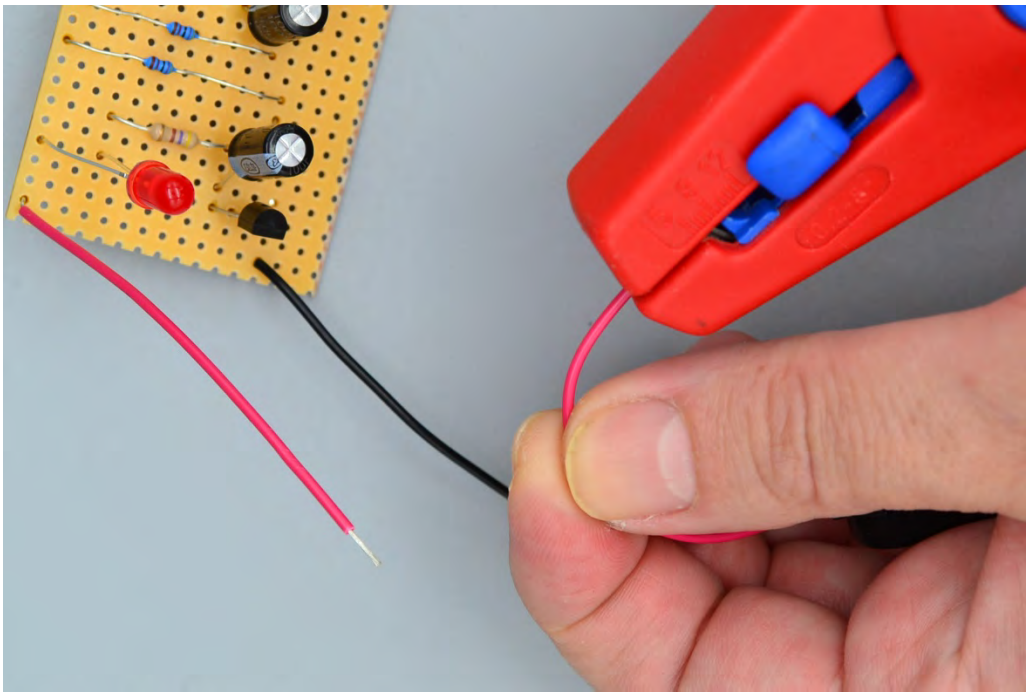
Wir drücken die Daumen, dass deine LEDs jetzt auch so schön blinken! Falls sie das nicht tun, keine Panik, das ist ganz normaler Elektroniker-Alltag. Entferne die Batterie einfach wieder und begib dich auf die Fehlersuche. Ein paar Tipps dazu findest du weiter oben hinter der Anleitung zum Steckbrett-Experiment. Zur Not kannst du ein Bauteil auch mit Hilfe der Entlötpumpe wieder auslöten.

Genau wie bei der LED-Kugel mit einfachen LEDs brauchst du nun noch einen ***Schalter***, um die Blinkschaltung an- und ausschalten zu können. Der Schalter kommt aber nicht auf die Platine, damit er außen auf der Kugeloberfläche sitzen kann. Der Schalter soll daher das rote Batteriekabel unterbrechen. Entferne die Batterie, um den Schalter auf folgende Weise einzubauen:

10. Schneide mit einem Seitenschneider das rote Batteriekabel in der Mitte durch.

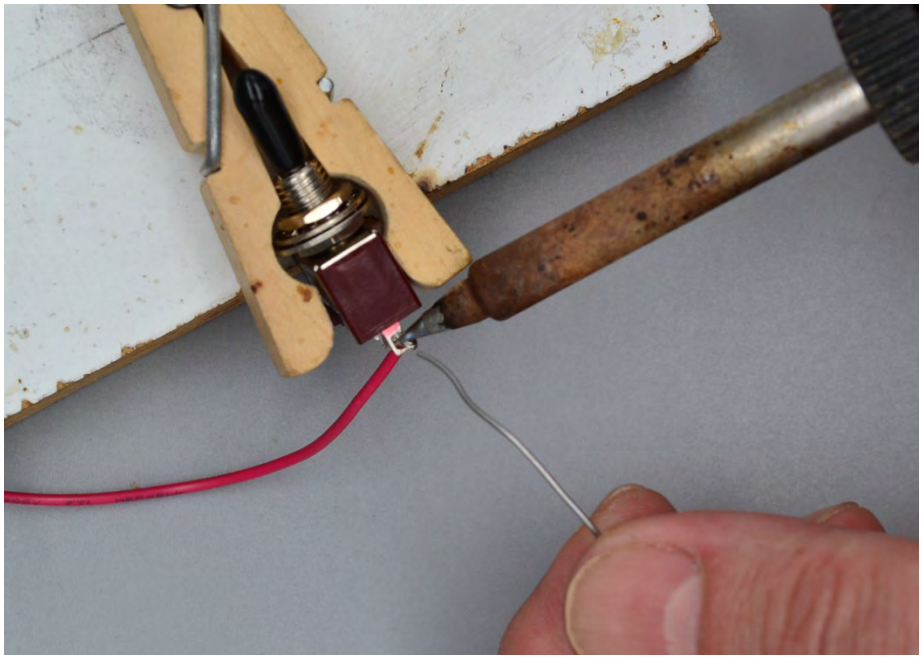


11. Isoliere beide Enden des roten Batteriekabels an den Schnittstellen ab.



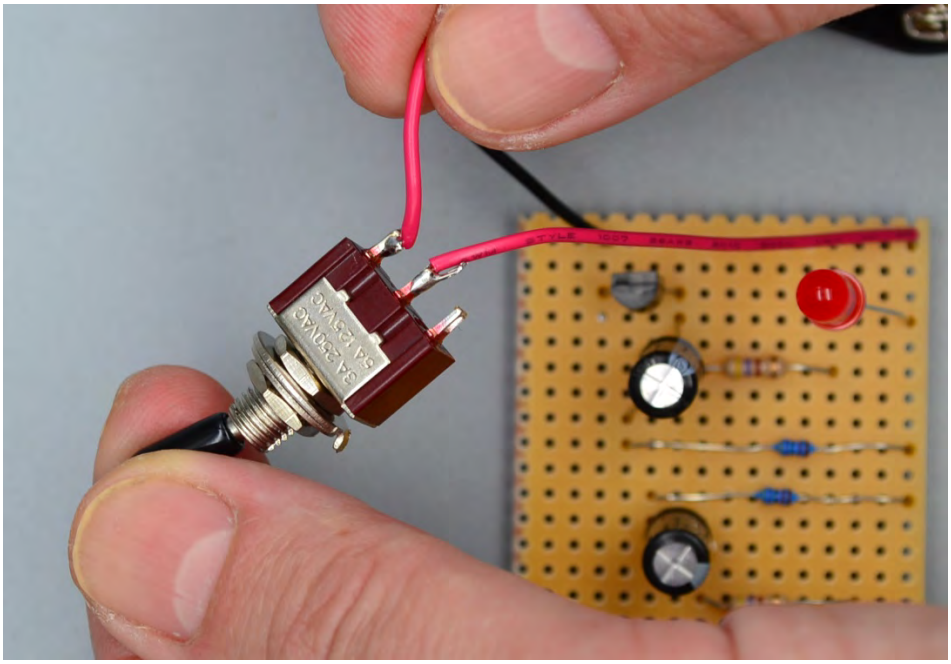
Benutze dafür deine Abisolierzange. Es sollten an den Kabelenden jetzt ungefähr 5 mm blanker Draht aus der Isolierung hervorschauen.

12. Löte ein Ende des roten Kabels an ein Beinchen des Schalters.



Sollte dein Schalter drei Beinchen haben statt zwei, dann nimm ein beliebiges äußeres Beinchen. Das andere äußere Beinchen bleibt frei. Stecke das abisolierte Ende des roten Kabels durch die Lötöse des Schalters, und schließe die Öse beim Löten mit Lötzinn. Nimm eine Dritte Hand zu Hilfe.

13. Löte das andere Ende des roten Kabels an das freie Beinchen des Schalters.



Sollte dein Schalter drei Beinchen haben, so nimm das mittlere Beinchen. Das äußere bleibt dann frei. Achte darauf, dass sich die beiden Lötstellen am Schalter (die beiden Enden des roten Kabels) nicht berühren.

14. Teste deine Schaltung, indem du eine Batterie am Batterieclip befestigst.

Wenn die LEDs nicht gleich blinken, dann schalte den Kippschalter hin und her (bei dreibeinigen Schaltern gibt es eine AN-Position und zwei AUS-Positionen). Wenn sie immer noch nicht blinken, dann prüfe, ob deine Lötstellen am Schalter gut sind. Das Lötzinn sollte um die gelöteten Beinchen herum deutlich sichtbar sein, und beide Lötstellen sollten eine »Zerreißprobe« bestehen, wenn du von Hand daran ziehst. Notfalls lötest du noch einmal nach.

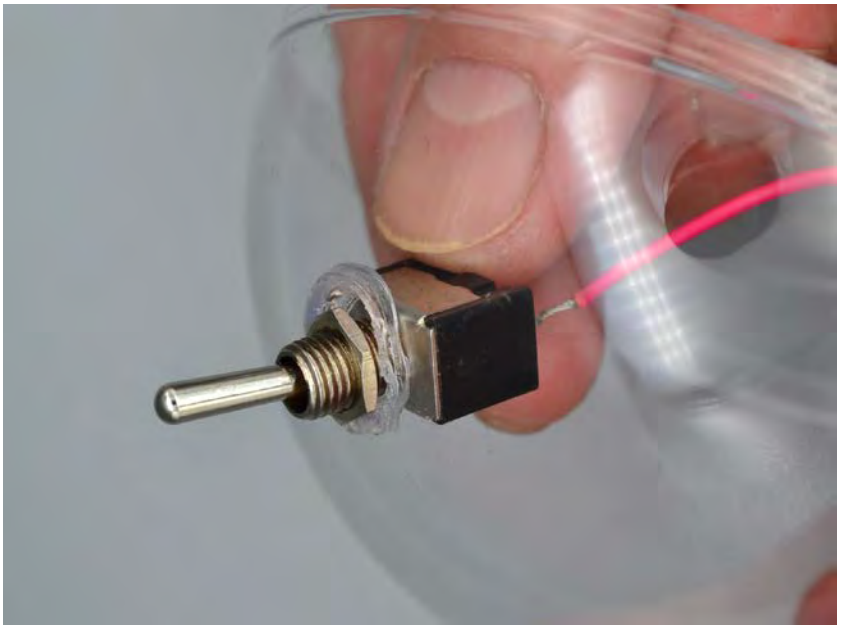
Wenn jetzt alles funktioniert, bist du so gut wie fertig. Es fehlt nur noch die »Verpackung« deiner Schaltung in einer Weihnachtskugel. Dies entspricht den Schritten 12 bis 15 aus der Anleitung »So baust du deine LED-Weihnachtskugel«. Der Einfachheit halber wiederholen wir die Schritte hier noch einmal.

Jetzt baust du die Schaltung in die Kugel ein!

15. Schmilz mit der Heißklebepistole ein Loch für den Schaltergriff in eine der Kugelhälften.

Die Heißklebepistole darf hierfür keinen Heißkleber enthalten. Sie soll ja nichts kleben. Nimm bitte keinen Lötkolben, um das Loch in die Kugel zu schmelzen. Der ist viel zu heiß, und die Lötspitze geht dabei kaputt.

16. **Entferne alle Muttern und Plättchen vom Schaltergriff, stecke den Schaltergriff von innen nach außen durch das Loch und befestige den Griff von außen mit einem Plättchen und einer Mutter.**



17. **Verstaue nun vorsichtig die Streifenplatine mit der Batterie in einer Kugelhälfte, stecke etwas Lametta und ein paar Deko-Federn in die andere Kugelhälfte und schließe die Kugel.**

Eventuell musst du vorsichtig die LEDs freilegen, damit sie von außen gut zu sehen sind. Achte beim Schließen darauf, dass die beiden Hälften der Aufhängeöse übereinander kommen.

18. Stecke ein Stück Geschenkband durch die Öse zum Aufhängen der Kugel

19. Jetzt ist deine Kreativität gefragt: Verziere die Kugel von außen mit (kleinen) Weihnachtsstickern oder bemale sie mit Lackmalstiften.

Übertreibe es nicht mit den Verzierungen, sonst sieht man die LEDs nicht mehr.

Fertig ist die blinkende Weihnachtskugel, die du nun von außen an- und abschalten kannst. Sollte die Batterie irgendwann entladen sein, musst du nur die Kugel vorsichtig öffnen und die Batterie wechseln.

Merry Christmas!