Projekt:
Leuchtende Grüße

Kreatives Gestalten einer LED-Glückwunschkarte

das Elektrotechnik- und Informatik-Labor der Fakultät IV
http://www.dein-labor.tu-berlin.de

Handout zum Projekt:

Leuchtende Grüße

Kreatives Gestalten einer LED-Glückwunschkarte

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen der Elektrotechnik **2**
1.1 Strom: Wie Wasser, aber trocken 2
1.2 Spannung: Der Fluss soll fließen 3
1.3 Stromkreis: Ein Bett für den Stromfluss 4
1.4 Batterie: Die Quelle des Stromflusses 5

2 Leuchtdioden (LEDs) **6**
2.1 Funktionsweise einer Diode 6
2.2 Bauformen von LEDs 7

3 Die Schaltung und was du zum Bauen brauchst **8**

4 Jetzt wird gebaut **10**

Hier geht dir ein Licht auf

LED ist die Abkürzung für den englischen Begriff *light emitting diode*, was übersetzt »Licht emittierende Diode«, also leuchtende Diode heißt. LEDs finden wir heutzutage überall. Durch ihre platzsparende Bauform sind sie vielseitig einsetzbar und aus unserem Alltag gar nicht mehr wegzudenken. So finden wir sie zum Beispiel in Verkehrsampeln, als optische Signale für den Betriebszustand elektronischer Geräte oder als Taschenlampe im Smartphone. Warum also nicht auch eine Glückwunschkarte mithilfe einer LED zum Leuchten bringen? Lass den Hintergrund deiner selbstgestalteten Karte per Knopfdruck von einer LED erleuchten und erfahre, wie du mit einer elektronischen Schaltung Licht erzeugst.

Damit du das tun kannst, wollen wir nicht nur die Glückwunschkarte erleuchten, sondern auch dich. Denn es macht immer mehr Spaß, etwas zu bauen, wenn man auch versteht, wie es funktioniert. Darum lernst du als erstes die Grundbegriffe *Strom, Spannung* und *Stromkreis* kennen. Danach erklären wir dir die Funktionsweise einer LED, und du erfährst, wie du sie in eine Schaltung einbaust.

Dann darfst du endlich loslegen: Anhand unserer bebilderten Bauanleitung klebst, lötest und bastelst du, was das Zeug hält. Beglückwünsche dich am Ende zu deiner selbst-gestalteten elektronischen Glückwunschkarte!

1 Grundlagen der Elektrotechnik

An jeder Straßenecke blinkt es. Große Leuchttafeln erzählen uns, was wir als Nächstes kaufen sollen. Und zu Hause flimmern im Fernseher und Computer die neuesten Nachrichten oder Filme vor sich hin. Das ist Elektrizität, die wir in unserem Alltag nutzen.

Auch in der Natur finden wir die Elektrizität: Wenn dunkle Wolken am Himmel ihre Blitze zucken lassen oder Zitteraale Stromstöße erzeugen. Reibungselektrizität kannst du selbst herstellen, wenn du einen aufgeblasenen Luftballon an deinen Haaren reibst: Die Haare stehen dann wild ab. Man sagt, sie laden sich auf. Dieser Effekt wurde vor über 2500 Jahren schon von dem Griechen Thales von Milet entdeckt. Der merkte, dass Bernstein nach dem Abreiben mit einem Tuch kleine Teile wie Wollfusseln anziehen konnte. Vom griechischen Wort für Bernstein, *Elektron*, stammen daher auch unsere heutigen Wörter *Elektrizität, Elektrotechnik* und *Elektronik*.

Die *Elektrotechnik* hat es sich zur Aufgabe gemacht, Elektrizität näher zu erforschen und ihre Auswirkungen durch das Bauen von Maschinen und Geräten zum Vorteil der Menschen einzusetzen. Elektrotechniker bringen Lampen zum Leuchten, Motoren zum Drehen oder Radios zum Musikspielen. Die wichtigsten Begriffe dabei sind *Strom* und *Spannung*. Beide hast du sicher schon einmal gehört. Aber was ist das überhaupt, und was können wir alles damit anfangen?

1.1 Strom: Wie Wasser, aber trocken

Wenn wir von einer »Strömung im Fluss« sprechen, weiß jeder, was damit gemeint ist. Ein großer Fluss heißt ja auch Strom. Wenn ein Fluss schnell fließt und viel Wasser enthält, dann hat er eine hohe Strömung. Das Gleiche gibt es in der Elektrotechnik. Statt Wasser im Flussbett haben wir ganz kleine Teilchen, die sich in einem Draht bewegen. Wir nennen diese Teilchen Ladungsträger und deren Bewegung Strom.

Es gibt zwei unterschiedliche Arten von Ladungsträgern, man nennt sie *negativ* geladen oder *positiv* geladen. Negativ geladene Teilchen heißen auch Elektronen. Sie beschreiben den Stromfluss und werden oft als kleine Kreise mit einem Minussymbol darin gemalt. Fließen wenige Elektronen in einem Draht, dann sprechen wir von einer geringen Stromstärke. Sind es dagegen viele Ladungsträger, so sprechen wir von einer hohen Stromstärke.

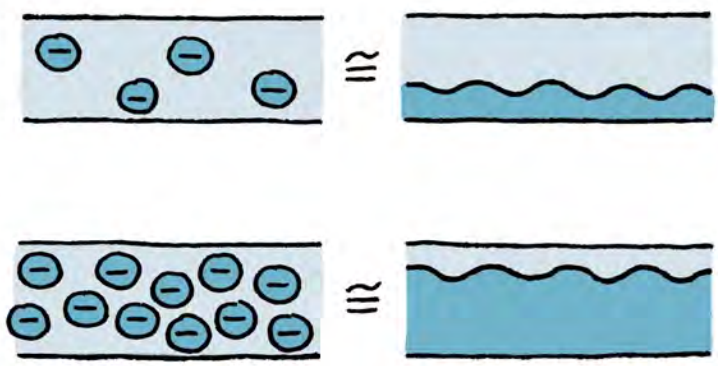


Abbildung 1: Geringe Stromstärke (oben), hohe Stromstärke (unten)

WICHTIG
Wenn sich in der Elektrotechnik Ladungsträger bewegen, spricht man von einem Strom.
Formelzeichen: I für die Stromstärke
Einheit: A
zum Andenken an den Physiker *André Marie Ampère*, gesprochen „Ampehr"

1.2 Spannung: Der Fluss soll fließen

Wie fließt ein Fluss? Natürlich nur bergab, denn auf das Wasser wirkt die Erdanziehungskraft. Sie ist die Ursache der Strömung. Alles »will« nach unten: ein Apfel, den ich fallen lasse, oder das Wasser, das bergab fließt. In der Elektrotechnik gibt es ebenfalls eine Ursache für Stromfluss, diese nennen wir *Spannung* (auch Potenzialunterschied genannt). Nur wenn Spannung vorhanden ist, bewegen sich die Ladungsträger. Nur dann also fließt Strom.

Du kannst dir eine kleinere oder höhere Spannung so vorstellen, als hättest du zwei obere Wasserbecken in unterschiedlichen Höhen und ein unteres Wasserbecken. Je höher das obere Becken, desto höher ist die Spannung (im Bild »U« genannt). Noch fließt hier kein Wasser: Aber sobald die Becken über Rohrleitungen miteinander verbunden werden, kann Wasser von den oberen Becken in das untere fließen.

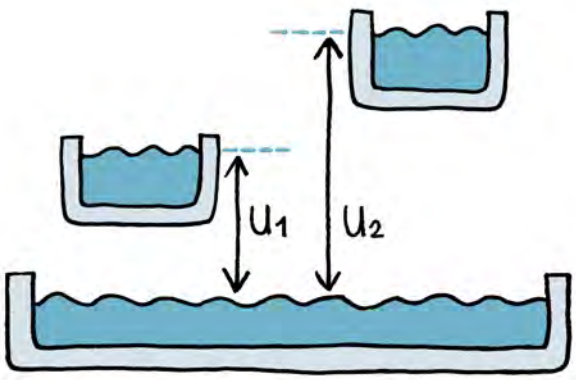


Abbildung 2: Kleine Spannung U_1 (links), große Spannung U_2 (rechts)

WICHTIG
Eine Spannung ist die Ursache, die Ladungsträger in Bewegung setzt.
Formelzeichen: U
Einheit: V zum Andenken an den Physiker *Alessandro Volta*, gesprochen „Volt".

1.3 Stromkreis: Ein Bett für den Stromfluss

Ein Fluss braucht außer der Ursache, die ihn zum Fließen bringt, eine Begrenzung, nämlich das Flussbett, in dem er fließen kann, oder eine Rohrleitung. Der elektrische Strom benötigt hierfür Materialien, die Strom leiten können, wie zum Beispiel Kupferdraht. Nur dort können sich Ladungsträger frei bewegen.

Verbinden wir leitende Materialien und elektrische Bauteile (zum Beispiel ein Glühlämpchen), so entsteht das »Flussbett« (die Leitung) für elektrischen Strom. Jetzt fehlt nur noch die Spannung, damit tatsächlich Strom fließt.

Spannung bekommen wir, wenn die Enden der Leitung mit einer Batterie als Spannungsquelle verbunden werden. Man sagt dann, es wird *eine Spannung angelegt*.

Die Spannung in der Batterie entsteht, weil die positiv und die negativ geladenen Ladungsträger getrennt vorliegen. In einem Bereich der Batterie sind die negativ geladenen Teilchen, die Elektronen. Im anderen Bereich sind die positiv geladenen Teilchen. Jeder der beiden Bereiche hat einen Anschluss oder Pol, sie heißen Minuspol und Pluspol. Die Elektronen sind am Minuspol und wollen zum Pluspol. Sie können aber nur dorthin wandern, wenn beide Pole über eine Leitung verbunden werden.

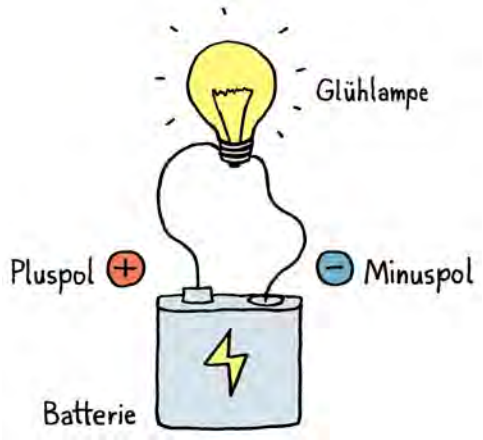


Abbildung 3: Stromkreis mit Batterie und Glühlampe

Nun kann endlich Strom im »Flussbett« fließen, denn unterschiedlich geladene Ladungsträger ziehen sich an: Die Elektronen fließen vom Minuspol der Batterie durch die leitenden Materialien über die Lampe zum Pluspol der Batterie und bringen so den Draht in der Lampe zum Glühen.

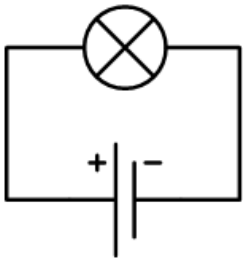
Weil der Strom von der Batterie erst weg und dann wieder zurück zur Batterie fließt (wenn auch zu einem anderen Pol), sprechen wir hier von einem *Stromkreis*.

Stromkreise professionell zeichnen

Unser Bild vom Stromkreis mit der Lampe sieht zwar ganz hübsch aus, kann aber nicht von allen Elektrotechnikern und -technikerinnen auf der Welt verstanden werden. Nicht alle sprechen Deutsch, und manchmal sehen Batterien und Lampen auch ganz anders aus. Elektrotechniker haben sich deshalb auf eine einfachere, weltweit gültige Art geeinigt, solche Stromkreise zu

zeichnen und zu beschriften, auf sogenannte *Schaltpläne*. In einem Schaltplan werden Bauteile als Symbole gezeichnet (sogenannte *Schaltsymbole*), und elektrische Leitungen wie Drähte sind immer waagerechte oder senkrechte Linien.

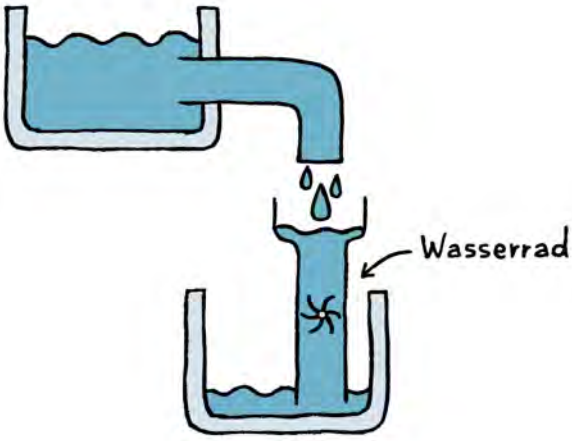
Im Schaltplan rechts für den Stromkreis mit der Lampe siehst du das Symbol für die Batterie (ein längerer und ein kürzerer Strich für die beiden Pole, beschriftet mit + (Plus) und – (Minus)) und das Symbol für eine Lampe (Kreis mit einem Kreuz darin).



1.4 Batterie: Die Quelle des Stromflusses

Du weißt ja schon: Ohne Batterie als Spannungsquelle würde unser Stromkreis mit der Lampe nicht funktionieren. Ohne Batterie hätten wir keine Spannung; ohne sie könnte kein Strom fließen.

Bei unserem Wasserbeckensystem ist die Batterie das obere Wasserbecken (das entspricht dem Ladungsträger-Bereich am Minuspol der Batterie). Damit das Wasser in das niedrig gelegene Becken (zum Pluspol) laufen kann, muss eine Verbindung über eine Rohrleitung dorthin geöffnet werden. Statt einer Glühlampe treibt Wasser dann beispielsweise ein Wasserrad an. Wenn das obere Wasserbecken leer ist, dann ist gewissermaßen die Batterie entladen.



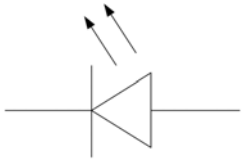
Wenn du mit einem Wasserhahn die Rohrleitung sperrst, dann ist das so, als ob du die Leitung von der Batterie entfernst. Das übriggebliebene Wasser (die Restladung der Batterie) kann dann später noch genutzt werden.

Auf Batterien findest du immer eine Angabe zur Höhe der Spannung, die die Batterie liefert. Je nach Batterieart liefert eine Batterie zwischen 1,5 V und 9 V. Das sind so kleine Spannungen, dass sie für uns Menschen nicht gefährlich sind. Die Spannung der Steckdose dagegen beträgt 230 V und ist lebensgefährlich! Wie groß die Stromstärke ist, das steht nicht auf der Batterie. Die Stromstärke hängt davon ab, wofür du die Batterie einsetzt.

2 Leuchtdioden (LEDs)

LED ist die Abkürzung für den englischen Begriff *light emitting diode*, was übersetzt »Licht emittierende Diode«, also leuchtende Diode heißt. Dioden sind vergleichbar mit einem Ventil. Sie lassen den Strom nur in eine bestimmte Richtung durch (genannt Durchlassrichtung), in die andere Richtung sperren sie. Darum ist es auch ganz wichtig, in welcher Richtung du eine Diode in eine Schaltung einbaust.

Die Diode hat ein eigenes Schaltzeichen, in dem die Sperrrichtung mit einer senkrechten Linie vor der Diode und die Durchlassrichtung mit einem Pfeil in Form eines Dreiecks dargestellt ist. In Durchlassrichtung eingebaut zeigt der Pfeil in Richtung des Minuspols der Batterie.



Nicht alle Dioden leuchten, wenn Strom durch sie fließt. Aber alle lassen den Strom nur in einer bestimmten Richtung durch. Zwei parallele kleine Pfeile am Schaltzeichen zeigen dir, dass es sich um eine *Leuchtdiode* oder LED handelt. Fließt durch eine LED elektrischer Strom in Durchlassrichtung, so strahlt sie Licht ab (manchmal auch Infrarotstrahlung oder Ultraviolettstrahlung, was wir mit bloßem Auge gar nicht sehen können).

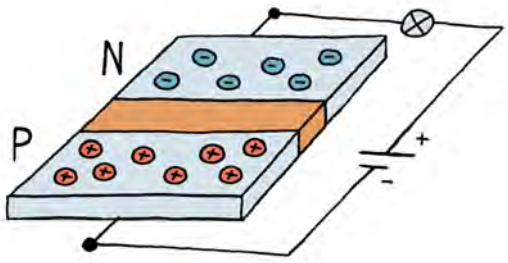
2.1 Funktionsweise einer Diode

Dioden sind Halbleiter. Das sind Stoffe, die (je nach Temperatur) mal mehr und mal weniger gut den Strom leiten. Außerdem lässt sich ihre Leitfähigkeit durch das Hinzufügen von Teilchen aus anderen Materialien beeinflussen. Man nennt dieses Anreichern mit Fremd-Teilchen auch »Dotieren«.

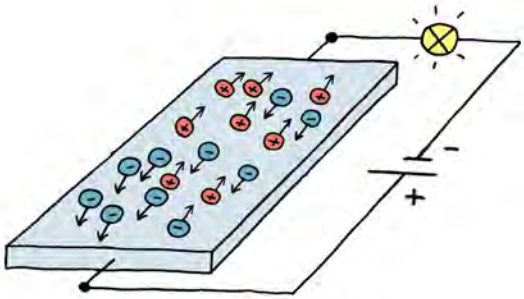
Wenn man einen Halbleiter mit positiv geladenen Teilchen dotiert, so erhält man einen »P-Halbleiter«. Darin sind die positiven Ladungsträger (gemalt als Kreise mit Pluszeichen) in der Überzahl. Umgekehrt bekommt man einen »N-Halbleiter«, wenn man einen Halbleiter mit negativ geladenen Teilchen dotiert. Darin sind die negativen Ladungsträger (also die Elektronen, gemalt als Kreise mit Minuszeichen) in der Überzahl.

Wird nun ein P-Halbleiter mit einem N-Halbleiter verbunden, so gleichen sich ihre Ladungen an der Stelle, wo sich die Flächen berühren, aus. Es entsteht ein Bereich ohne eine bestimmte Ladung. Dieser Bereich wird *Grenzschicht* genannt und kann nur durch eine von außen angelegte Spannung überwunden werden.

Wird an den N-Halbleiter der Pluspol und an den P-Halbleiter der Minuspol einer Batterie angeschlossen, so wandern die Elektronen von der Grenzschicht weg in Richtung Pluspol und vergrößern damit die Grenzschicht. Durch diese größer werdende Grenzschicht kann der Strom nicht fließen. Wir sprechen dann von der Sperrrichtung der Diode. Eine im Stromkreis angeschlossene Lampe würde nicht leuchten.

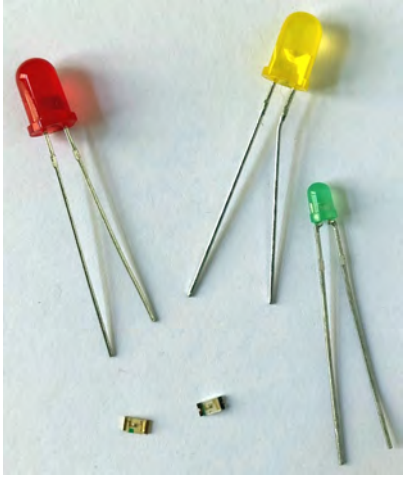


Wird die Batterie andersherum an die Diode angeschlossen (mit dem N-Halbleiter am Minuspol und dem P-Halbleiter am Pluspol), so kommt Bewegung in die Sache: Die Elektronen aus dem Minuspol der Batterie drücken in die Grenzschicht und überwinden sie auf dem Weg zum Pluspol der Batterie. Der Strom kann nun fließen. Wir sprechen von der Durchlassrichtung der Diode. Nun leuchtet auch die Lampe.

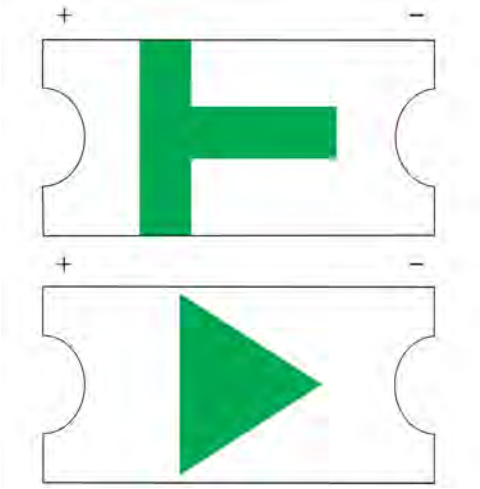


2.2 Bauformen von LEDs

Es gibt ganz verschiedene Bauarten von LEDs, zum Beispiel ganz kleine LEDs, sogenannte SMD-LEDs. SMD heißt Surface-Mounted Design und bedeutet, dass die LED ganz flach auf einer Fläche angebracht werden kann. Dann gibt es größere LEDs, die ein farbiges »Plastikköpfchen« und zwei unterschiedlich lange Anschlussdrähte haben. Das lange Anschlussbein markiert den Pluspol der LED, das kurze Anschlussbein den Minuspol.

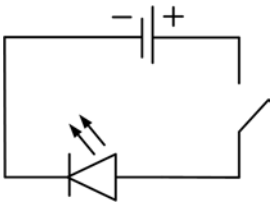


Wir benutzen für unsere Glückwunschkarte die kleinste Bauform, die SMD-LED. Sie hat lötfähige Anschlussflächen und kann sehr platzsparend in Geräten wie Smartphones oder Kameras verbaut werden. Bei einer SMD-LED markiert die gerade Seite eines grünen Dreiecks oder die Oberkante eines grünen »T«-Symbols auf der Rückseite der LED den Pluspol. Die Spitze des grünen Dreiecks bzw. das Bein des grünen »T«-Symbols zeigen auf die LED-Seite, die in Schaltungen mit dem Minuspol verbunden werden muss.



3 Die Schaltung und was du zum Bauen brauchst

In diesem Projekt wirst du eine einfache Schaltung mit nur einer LED und einem Schalter bauen. Die beiden senkrechten Striche mit + und – stellen natürlich deine Batterie dar und unten siehst du das Schaltzeichen für die Leuchtdiode. Das hast du sicherlich alles schon auf den ersten Blick erkannt. Die Unterbrechung der Verbindung auf der rechten Seite zwischen Batterie und LED stellt einen Schalter dar, der den Stromkreis schließt und öffnet.



Wir bauen jetzt gemeinsam diese Schaltung und gestalten die Karte. Du kannst die Karte dann natürlich noch schöner machen.

Um richtig loszulegen, brauchst du natürlich einige Bauteile und Materialien für die Schaltung.

Unsere Schaltung ist ganz einfach aufgebaut. Wir benötigen eine 3V-Knopfzellenbatterie, eine LED und Kupferband. Damit die LED nicht die ganze Zeit leuchtet bauen wir noch einen Schalter ein.

Was du brauchst ...

Damit eine LED leuchten kann, muss sie mit einer Batterie verbunden werden. Da die Schaltung für die Glückwunschkarte möglichst flach sein soll, brauchst du flache Bauteile. Verwende daher eine SMD-LED und als Spannungsquelle eine 3V-Knopfzelle. Sie ergänzt wunderbar deine Schaltung, da sie eine sehr flache Batterie ist, die man beispielsweise in Armbanduhren findet.

Die LED und die Batterie werden mit selbstklebendem Kupferband verbunden. Das ist viel dünner als Draht und damit so schön flach wie die anderen Bauteile. Außerdem kannst du das Kupferband direkt auf das Papier kleben.

Wir haben für dich auch schon herausgefunden, wo du die Sachen kaufen kannst – nämlich bei den Internet-Versandhändlern Segor, Reichelt, Pollin, Conrad und Opitec.

» Segor: https://www.segor.de/

» Reichelt: https://www.reichelt.de/

» Opitec: https://www.opitec.de/

Die Firma Conrad hat in vielen Städten auch Filialen, wo du hingehen kannst. Manches kannst du auch über Amazon bestellen. Der Einfachheit halber haben wir die genauen Bezeichnungen und die Artikelnummern bei den Werkzeugen und Bauteilen schon dazu geschrieben. Manchmal findest du auch noch Hinweise, worauf du beim Kauf achten musst. Die Preise sind nur grobe Richtlinien und waren aktuell, als wir die Bauanleitung geschrieben haben.

Bauteile für die Schaltung

» eine 3V-Knopfzelle (Typ 2032)
Reichelt: Knopfzelle CR2032, 3V, 1 Stk. B CR 2032 (0,40 €)

- eine SMD-LED (nicht kleiner als 0,03 cm, Bauform 1206 warmweiß)
  Segor: LED 1206 ww/450mcd (Bauform 1206 warmweiß) (0,30 €)
- ca. 13 cm langes Kupferklebeband
  Amazon: Selbstklebendes Kupferband (ab 7,99 €)

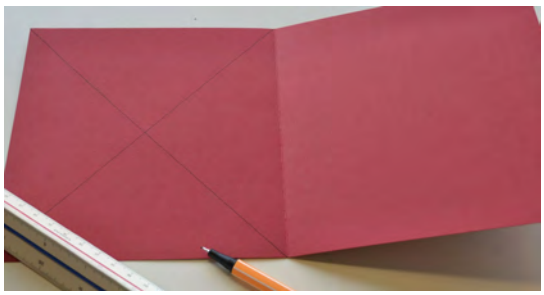
Material für die Glückwunschkarte

- eine 15 x15 cm Faltkarte
- ein 15 x15 cm große Pappe als Hintergrundpappe
- ein ca. 5 cm langer und 1 cm breiter Pappstreifen
- Abstandsklebepads (2 mm und 4 mm)
  Opitec: Abstandhalter, 2 mm, Art.-Nr. 405305 (1,59 €)
  Amazon: Meyco Doppelseitige 3D Klebepads, 2 mm (2,99 €)
- Abstandsklebeband
  Opitec: Abstandsband beidseitig klebend, 2 mm, Art.-Nr. 438832 (1,59 €)
- Transparentpapier
- ein Motiv deiner Wahl (z.B. einen Sticker)

Arbeitsmittel

- Schere, Bleistift, Lineal
- Pinzette
- CD als Schablone (Durchmesser: 12 cm) oder einen Zirkel

4 Jetzt wird gebaut

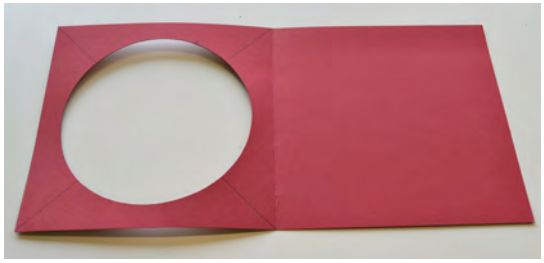


1. Zeichne in die linke Innenseite der Karte mit einem Lineal jeweils eine Linie zwischen den gegenüberliegenden Ecken.

Die entstandenen Diagonalen schneiden sich genau im Mittelpunkt der linken Innenseite.

2. Zeichne einen Kreis mithilfe einer CD oder eines Zirkels in die linke Innenseite.

Nutze den eben markierten Mittelpunkt, um die CD oder den Zirkel in der Mitte der linken Innenseite zu positionieren. Halte mit der einen Hand die CD fest und ziehe mit deiner anderen Hand eine Linie um die CD, ohne dass die CD verrutscht. Wenn du einen Zirkel benutzt, stelle einen Radius von 6 cm ein.

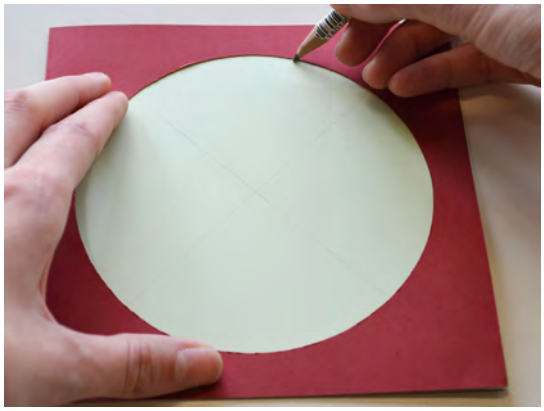


3. Schneide vorsichtig mit einer Schere den angezeichneten Kreis aus.

Die Vorderseite unserer Karte hat nun ein kreisrundes Fenster, durch das später die LED leuchten kann.

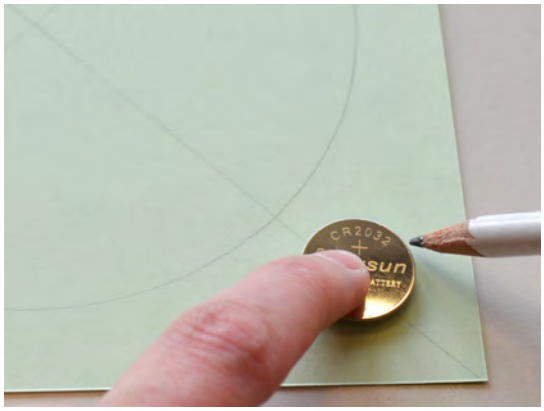
4. Zeichne als Nächstes auf deiner quadratischen Hintergrundpappe ebenfalls den Mittelpunkt ein.

Zeichne dafür, wie in Schritt 1, mithilfe eines Lineals die Diagonalen ein.



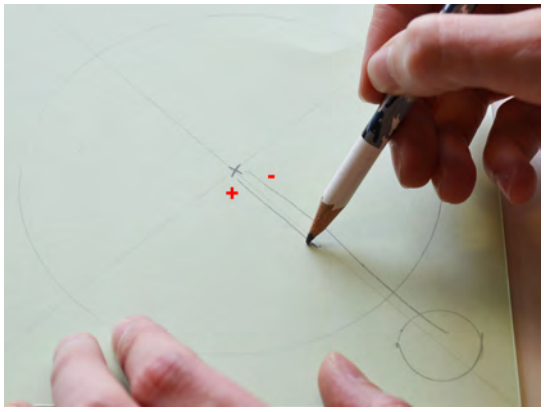
5. Übertrage den Fensterausschnitt deiner Faltkarte auf die quadratische Hintergrundpappe, damit du später weißt, wo du beide Teile zusammenkleben musst.

Lege dafür die quadratische Hintergrundpappe in die Faltkarte und achte darauf, dass alle Kanten genau aufeinanderliegen. Zeichne entlang des Fensters der Faltkarte den Kreis nach.



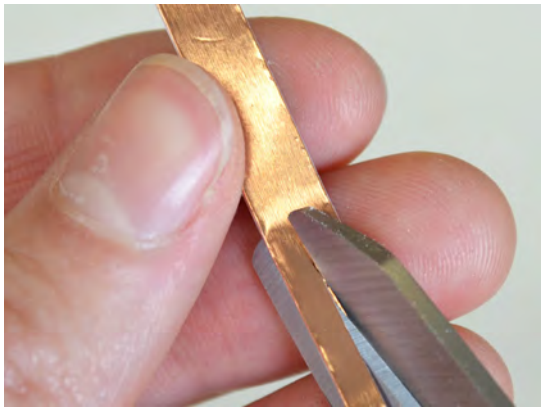
6. Zeichne die Position deiner Batterie an, um zu wissen, wo du sie später befestigen wirst.

Lege die Batterie in die rechte untere Ecke, mittig zwischen den angezeichneten Kreis und der Ecke. Halte die Batterie mit dem Finger fest und umfahre sie vorsichtig mit einem Stift.



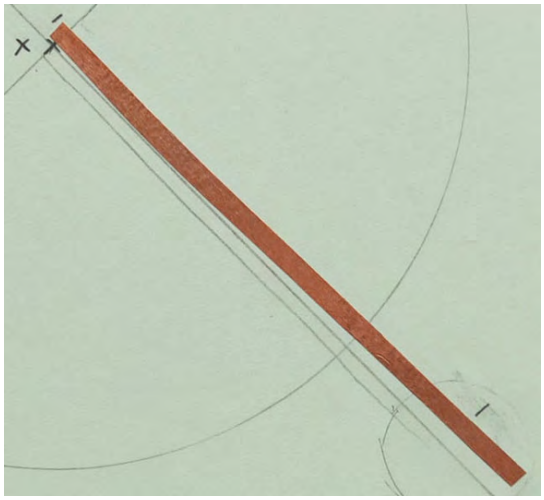
7. Zeichne mit einem Stift zwei parallele Linien vom Mittelpunkt der Hintergrundpappe zur Batterie.

Sie sollten möglichst dicht nebeneinander sein. Die Linien markieren, wo du später das Kupferband aufklebst. Markiere die linke Linie mit einem Plus und die rechte mit einem Minus, damit du später weißt, wie du die Polung der LED und der Batterie ausrichten musst.



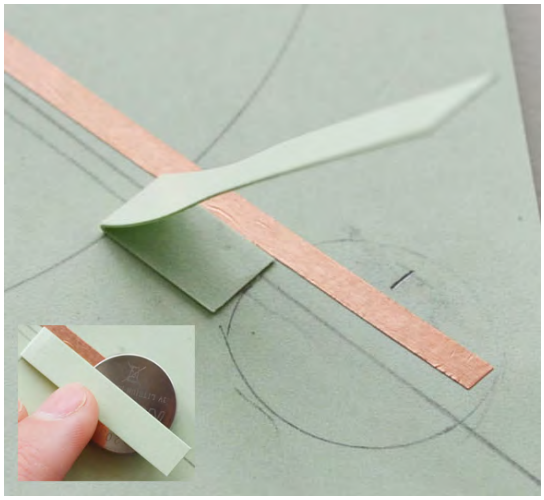
8. Falls dein Kupferband sehr breit ist, halbiere das Kupferband der Länge nach.

Zerschneide dafür mit einer Schere den breiten Streifen in zwei gleich breite Streifen.



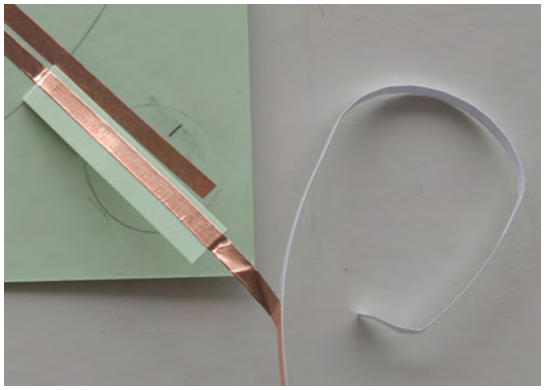
9. Klebe die eine Hälfte des Kupferbands auf die rechte Linie, die du mit einem Minus markiert hast.

Achte darauf, dass das Kupferband gerade liegt, und streiche es vorsichtig glatt.



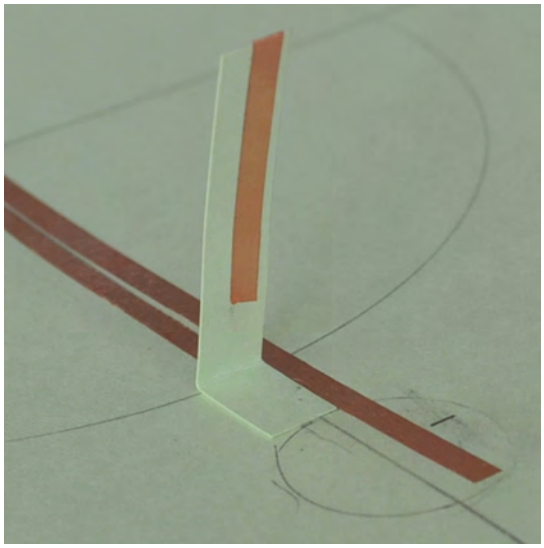
10. Klebe den Pappstreifen vor die Markierung deiner Batterie.

Der Pappstreifen ist später der Schalter, der den Stromkreis schließt und die Batterie mit der LED verbindet. Achte darauf, dass das obere Ende des Schalters lang genug ist. Es sollte die Batterie überdecken und noch ungefähr 5 mm länger als die Batterie sein.

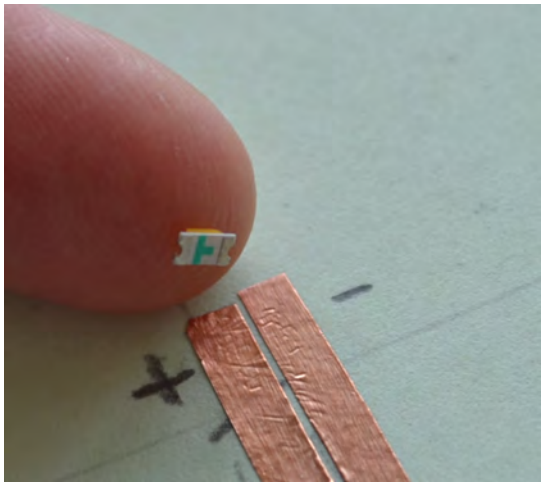


11. Klebe das zweite Kupferklebeband auf die linke Linie, die mit Plus markiert ist.

Beginne beim Mittelpunkt der Karte. Klebe das Kupferband dicht neben das bereits geklebte Kupferband. Achte darauf, dass sich die beiden Kupferbänder nicht berühren.

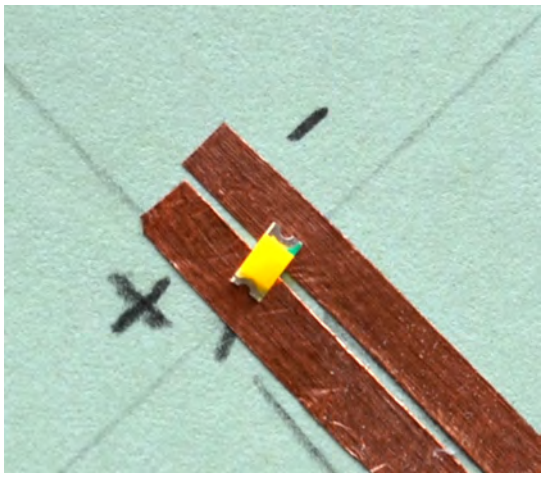


12. Klebe das Kupferband über den Schalter bis in die Innenseite des Schalters, damit das Kupferband später Kontakt zur Batterie bekommen kann.



13. Jetzt wird es ernst – lege die LED in der Mitte der Karte so auf die beiden Kupferbänder, dass sie beide Kupferstreifen berührt.

Beachte die Polung der LED: Die Linie auf der Unterseite der LED zeigt zum Minuspol der LED. Verwende eine Pinzette, um die kleine SMD-LED besser platzieren zu können.



14. Überprüfe die Polung der LED!

Lege die Batterie auf ihre Markierung mit ihrem Pluspol nach oben. Schließe den Schalter an der Batterie und drücke die LED leicht auf das Kupferband. Bei richtiger Polung leuchtet die LED. Falls die LED nicht leuchtet, drehe sie einfach um.

15. Löte die auf den Kupferstreifen liegende LED vorsichtig an.

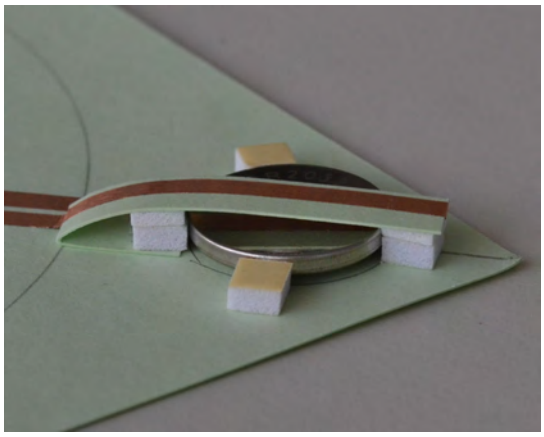
Erwärme dazu den Kupferstreifen links neben der LED, indem du den Lötkolben auf den Kupferstreifen hältst. Gib gleichzeitig Lötzinn auf die erwärmte Stelle. Das Lötzinn soll um den Kontakt der LED fließen. Wiederhole dasselbe auf der rechten Seite der LED. Teste, ob sie leuchtet, indem du den Schalter schließt.

16. Klebe vier hohe Klebepads (4 mm) direkt um die Batterie.

Sie halten die Batterie an ihrem Platz.

17. Klebe zwei weitere, flache 2mm-Pads in Schalterrichtung auf die schon vorhandenen Pads.

Die neuen Pads dienen als Abstandshalter zwischen Schalter und Batterie, damit die LED nicht dauerhaft leuchtet.

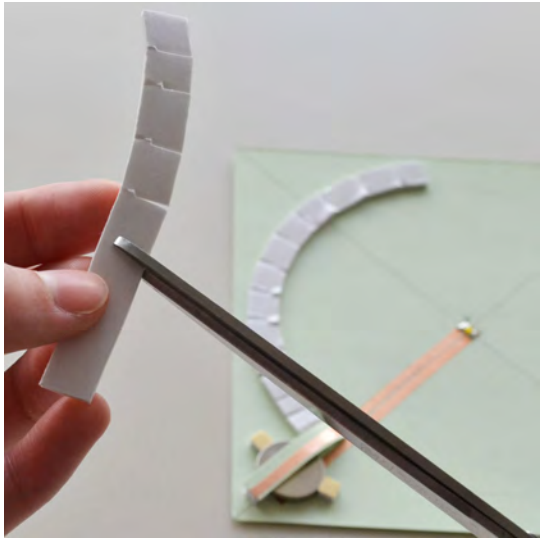


18. Klebe den Schalter fest.

Bevor du den Schalter festklebst, teste noch einmal, ob der Abstand zwischen Schalter und Batterie groß genug ist. Die LED soll nur leuchten, wenn der Schalter nach unten gedrückt wird.

19. Klebe Transparentpapier in die linke Innenseite der Faltkarte.

So ist die Schaltung später durch das Fenster nicht mehr zu sehen.



20. Schneide das Abstandsklebeband in einem Abstand von 1 cm ein. Klebe es anschließend entlang des Kreises auf die Hintergrundpappe.

21. Klebe weiteres Abstandsklebeband entlang der Kanten der Hintergrundpappe.

22. Klebe die Hintergrundpappe in die linke Innenseite der Faltkarte.

Achte darauf, dass die Hintergrundkarte mit der Faltkarte abschließt. Teste noch einmal, ob die LED leuchtet.

23. Klebe oder male dein Motiv vorne auf das Transparentpapier in die Mitte des Fensters.

24. Kennzeichne anschließend mit einem Stift oder Sticker die Position deiner Batterie.

Fertig ist deine leuchtende Glückwunschkarte. Herzlichen Glückwunsch!

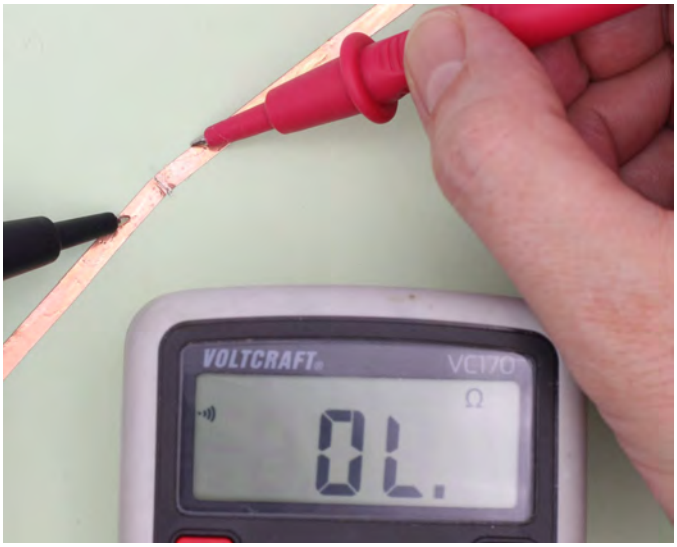
Mögliche Fehlerquellen

Es kann sein, dass deine Glückwunschkarte nicht auf Anhieb leuchtet. Das ist nicht schlimm. Manchmal schleichen sich kleine Fehler ein, die selbst erfahrene Elektronik-Profis übersehen. Der Aufbau der Schaltung hat auch seine Tücken. Hier kommen daher ein paar Tipps, was beim Bauen eventuell schief gegangen sein könnte.

» **Die Leuchtdiode ist falsch herum in die Schaltung eingebaut.**
Mach es dir leicht und drehe deine Batterie einfach um, sodass der Pluspol nach unten und der Minuspol nach oben zeigt. Dann musst du die LED nicht wieder »auslöten«.

Falls du den Schalter bereits befestigt hast und die Batterie nicht mehr drehen kannst, kannst du die LED auch noch einmal ganz leicht ablöten. Erwärme einfach kurz das Lötzinn mit deinem Lötkolben und entferne vorsichtig mit der Pinzette die LED, solange das Lötzinn noch flüssig ist.

» **Das Kupferband ist gerissen.**
Ob dein Kupferband gerissen ist, kannst du ganz einfach mit dem Multimeter überprüfen. Stelle das Multimeter auf das Symbol für die Durchgangsprüfung und halte beide Messspitzen auf die zu messende Leitung.



Wenn ein Signalton ertönt, weißt du, dass dein Kupferband ohne Unterbrechung leitfähig ist. Ertönt jedoch kein Ton und dein Display zeigt auch keinen Wert an, so ist die Kupferbahn an irgendeiner Stelle unterbrochen. Am besten, du tauschst sie vorsichtig aus oder klebst ganz einfach einen neuen Kupferstreifen über den gesamten beschädigten Kupferstreifen.