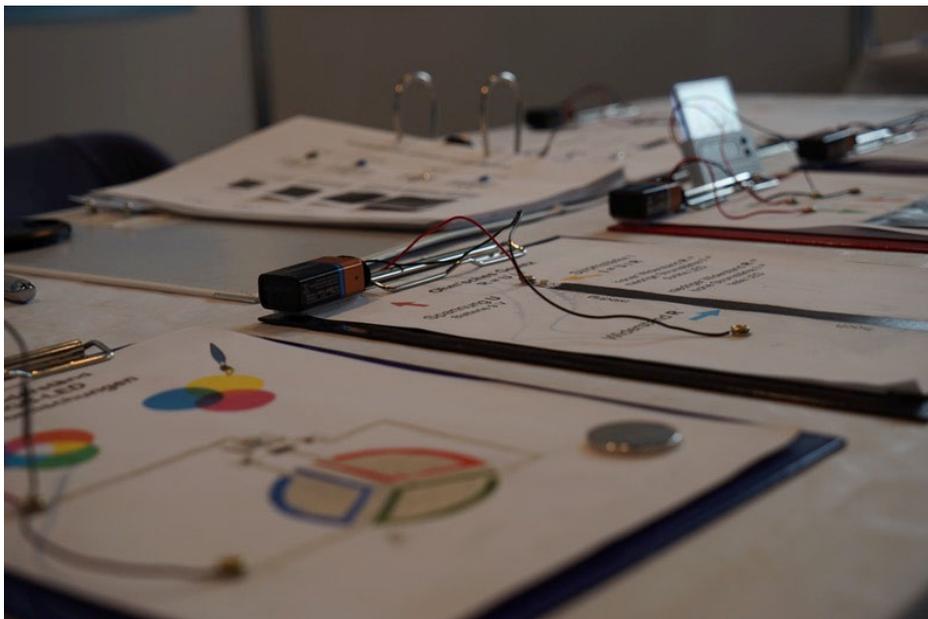


Paperlectrics

Grundlagen der Elektronik mit Papierschaltungen

FESTO

Arbeitsbuch



Stand: 09/2016
Autor: Federico Burisch
Redaktion: Reinhard Pittschellis
Layout: 11/2016

© Festo Didactic SE, Rechbergstraße 3, 73770 Denkendorf, Deutschland, 2016

Alle Rechte vorbehalten.



+49 711 3467-0



www.festo-didactic.com



+49 711 34754-88500



did@festo.com

Der Käufer erhält ein einfaches, nicht-ausschließliches, zeitlich unbeschränktes und geografisch nur auf die Nutzung innerhalb des Standortes/Sitz des Käufers beschränktes Nutzungsrecht wie folgt.

- Der Käufer ist berechtigt, die Inhalte des Werkes zur Fortbildung seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, des Standortes zu nutzen und hierzu auch Teile der Inhalte zur Erstellung eigener Fortbildungsunterlagen zur Fortbildung seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Standortes unter Angabe der Quelle zu verwenden und für die Fortbildung am Standort zu kopieren. Bei Schulen/Hochschulen und Ausbildungsstätten umfasst das Nutzungsrecht auch die Nutzung für deren Schüler, Lehrgangsteilnehmer und Studenten des Standortes für den Unterricht.
- Ausgeschlossen ist in jedem Fall das Recht zur Veröffentlichung sowie zur Einstellung und Nutzung in Intranet- und Internet- sowie LMS-Plattformen und Datenbanken wie z. B. Moodle, die den Zugriff einer Vielzahl von Nutzern auch außerhalb des Standortes des Käufers ermöglichen.
- Weitere Rechte zu Weitergabe, Vervielfältigungen, Kopien, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Übertragung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen, unabhängig ob ganz oder in Teilen, bedürfen der vorherigen Zustimmung der Festo Didactic.

Hinweis

Soweit in diesem Arbeitsbuch nur von Lehrer, Schüler etc. die Rede ist, sind selbstverständlich auch Lehrerinnen, Schülerinnen etc. gemeint. Die Verwendung nur einer Geschlechtsform soll keine geschlechtsspezifische Benachteiligung sein, sondern dient nur der besseren Lesbarkeit und dem besseren Verständnis der Formulierungen.

Inhalt

Vorwort	IV
Basisinformationen	V
Grundausrüstung	VI
Teileliste	IX
Versuch 1: Grundschialtung auf Papier	1
Versuch 2: Steuerschialtung	5
Versuch 3: Logische Schaltungen	9
Versuch 4: Ohm'sches Gesetz und Widerstand	13
Versuch 5: Farbmischung mit RGB-LEDs	17
Versuch 6: Messungen mit Multimeter	21
Versuch 7: Kondensator	25
Versuch 8: Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters	33
Versuch 9: Schallerzeugung	35

Vorwort

Was wäre, wenn man eine elektrische Schaltung ins Schulheft zeichnete, ein Leuchtmittel und eine Batterie einfügte und einschaltete? Natürlich leuchtet das Heft. Wie, geht nicht? Das vorliegende Arbeitsbuch zeigt, wie man mit Hilfe eines Bleistifts, einer LED und einer Batterie genau dies durchführen kann. Darüberhinaus können Widerstände und Kondensatoren aus Bleistiftstrichen erforscht werden. Mit Silberfarbe lässt sich ein Blatt Papier sogar in einen kleinen Lautsprecher verwandeln.

Die Arbeitsblätter unterstützen dabei die Einführung in die Grundlagen der Elektronik, da es Schülern gestattet, Versuche selbst durchzuführen. Die offene Bauweise hilft den inneren Aufbau und die Funktion einzelner Bauelemente zu verstehen. Die Isolierung herkömmlicher Widerstände oder Kondensatoren offenbart nicht das Innenleben der Bauteile. Die geringe Spannung der Batterie (9 V) ermöglicht ein gefahrloses Berühren der Schaltungen. Dies führt - im wahrsten Sinne des Wortes - zum Begreifen von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen. Eigenständiges Experimentieren und das anschließende Erfolgserlebnis machen Spaß und erzeugen den Wunsch weiterzumachen.

Versuche, bei denen Bleistiftlinien auf Papier zur Stromleitung benutzt werden, sind bekannt. Ebenfalls bekannt ist der Widerstandseffekt solcher Linien. Auch der Einsatz von Graphit im Kondensatorbau oder Versuche, bei denen auf Papier gemalte Spiralen mit einem Magneten und einem MP3-Player zur Tonerzeugung benutzt werden, sind nicht neu. Die umfangreiche Zusammenstellung und durchdachte Weiterentwicklung ermöglichen jedoch auf einfache Art und Weise einen aktiven Unterricht.

Michael Faraday hat einmal gesagt:

„Der einfachste Versuch, den man selbst gemacht hat, ist besser als der schönste, den man nur sieht.“

Basisinformationen

Graphit und Diamanten bestehen beide aus Kohlenstoffatomen (C) mit 4 Bindungsmöglichkeiten (4 freie Elektronen). Beim Diamanten werden alle vier für Bindungen zu den Nachbaratomen genutzt. Bei Graphit hingegen wird jedes Kohlenstoffatom nur an 3 andere Kohlenstoffatome gebunden. Dabei entsteht eine zweidimensionale Schicht aus Sechsecken. Das 4. Elektron bleibt übrig und kann sich innerhalb der Schicht frei bewegen. Deshalb kann Graphit parallel zu den Schichten leiten. Die unzerstörten Schichten nennt man Graphen. Es ist das dünnste Material, das es gibt, ist biegsam wie eine dünne Plastikfolie und so hart wie Diamant. Es leitet elektrischen Strom besser als Kupferkabel.

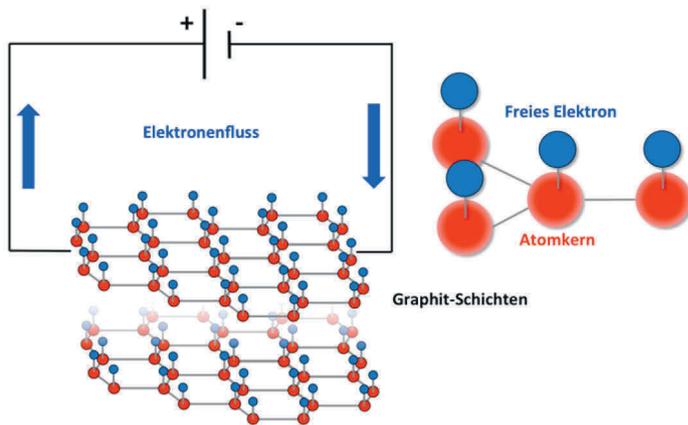


Bild 1: Graphit-Schichten im Bleistiftstrich

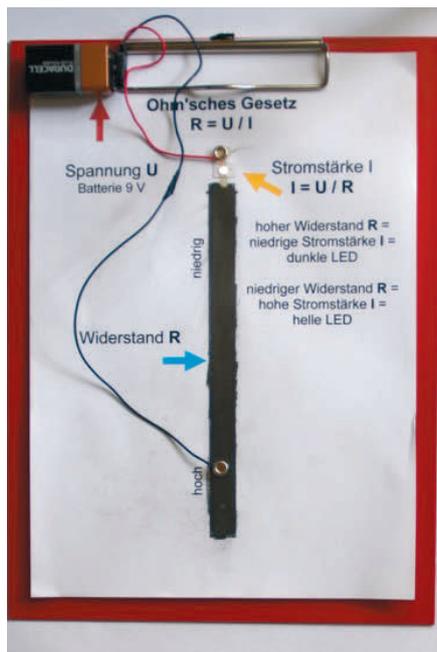
Graphitstifte bestehen aus gepresstem Pulver, bei dem die Graphen-Strukturen teilweise zerstört sind. Beim Pressen der Minen werden die verschiedenen Schichten zusammengedrückt. Misst man an der Spitze eines 8B-Stiftes den Widerstand, so erhält man einen Wert, der 100mal geringer ist als der Widerstand eines Strichs des gleichen Stiftes. Ein satter Strich mit etwas Druck zeigt deshalb auch einen geringeren Widerstand.

Leider ist der Widerstand eines Graphitstrichs für einige Versuche zu hoch. Für die Versuche zur Lichtmischung mit RGB-LEDs und die Schallerzeugung muss man deshalb auf Silberleitlack ausweichen. Im Bereich der Forschung werden aber bereits Graphen-Stifte mit hoher Leitfähigkeit eingesetzt.

Grundausrüstung

Die einzelnen Versuche können je nach Vorwissen getrennt voneinander durchgeführt werden. Da sie jedoch aufeinander aufbauen, wiederholen sich bestimmte Arbeitsschritte bei jedem Versuch. Zusammen mit der hier aufgeführten Grundausrüstung sind in diesem Kapitel die wichtigsten wiederkehrenden Arbeitsschritte zusammengestellt:

- Kopiervorlage bearbeiten und anbringen
- LED anschließen
- Anschlüsse vorbereiten
- Batterie anschließen



Fertige Papierschialtung

■ Du brauchst:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- LED aus einem 12 V LED-Streifen
- Silberleitlack
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
Alternativ kann Du auch ein dünnes Eisenblech benutzen.
- Fixiere die kopierte Vorlage mit den 4 Magneten.
- Male den hellgrauen Strich auf der Kopiervorlage mit einem 8B-Blei-Stift kräftig nach.
- Schneide eine LED aus einem weißen Lichtband aus und klebe sie in die obere Lücke.
Achtung! Die LED hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.



Bild 2 LED im Leuchtband mit +/- Beschriftung

- Verbinde die Lötstellen der LED und die Bleistift-Striche mit einem Pinselstrich Silberleitlack.

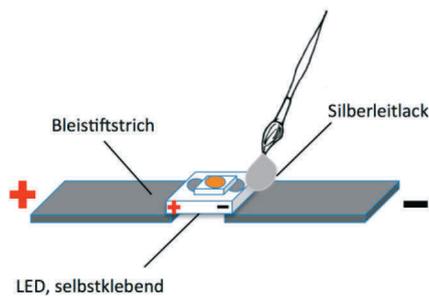


Bild 3: Verbindung LED und Bleistiftstrich mit Silberleitlack

- Wickle die beiden abisolierten Kabel der Batterieanschlussklemme um die Ösen und drücke die Ösen mit einer Nietzange zusammen (Siehe Bild 4). Drücke die Batterieanschlussklemme auf die Batterie und befestige diese mit Klettband auf der Unterlage.

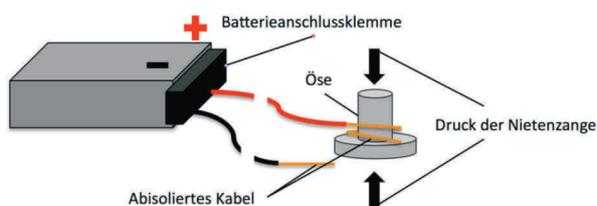


Bild 4: Abisolierte Kabel der Batterieanschlussklemme um die Ösen wickeln und zusammendrücken

- Zusammgedrückte Öse mit einem Magnet versehen und auf die Kopiervorlage setzen.
Achtung! Die Batterie hat einen „+“- (rotes Kabel) und einen „-“-(schwarzes Kabel) Anschluss.

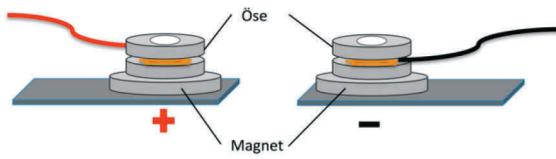


Bild 5: Zusammgedrückte Öse mit einem Magnet versehen und auf die Kopiervorlage setzen

Teileliste

- Bleistifte Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4, selbstklebend, z. B. www.magnet-shop.biz
- Scheibenmagnete
Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N; Ø 6 mm, Höhe 2 mm;
Neodym, N45, vernickelt www.supermagnete.de
Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N; Ø 8 mm, Höhe 2 mm;
Neodym, N45, vernickelt; www.supermagnete.de
Schiebeschalter: 2 Scheibenmagnete 1S-08-05-N; Ø 8 mm, Höhe 5 mm;
Neodym, N45, vernickelt; www.supermagnete.de
Lichtmischung/Schall: 1 – 2 Scheibenmagnete 1S-30-03-N; Ø 30 mm, Höhe 3 mm;
Neodym, N45, vernickelt; www.supermagnete.de
- 9 V-Batterie
- Klettband, selbstklebendes Klettband (Flausch und Haken) - 20mm breit
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange, Ösendurchmesser: 5mm – Innendurchmesser
- LED, Flexibel 12 DC LED Streifen
- RGB-LED STRIP
- Silberleitlack
- Kopierpapier

Versuche zu Kondensatoren

Für die Demonstration der Ladungsspeicherung des Kondensators können verschiedene Verbraucher mit geringer Betriebsspannung eingesetzt werden wie z. B.:

SODIAL (R) Digital LCD Auto-Armaturenbrett-Uhr; Kabel müssen noch angebracht werden!!!

Für die Messung der unterschiedlichen Kapazitäten ist zusätzlich noch ein Multimeter notwendig.

Versuche zum Magnetfeld

Zur Demonstration des Magnetfeldes um einen stromdurchflossenen Leiter wird ein Kompass benötigt.

Versuche zur Schallerzeugung

Für die Schallerzeugung ist die Leistung eines MP3-Players oder eines Smartphones nicht ausreichend. Die Ausgangsleistung muss mit einem kleinen Verstärker verstärkt werden.

Um das Smartphone anzuschließen wird ein Klinke Audio Anschlusskabel [1x Klinkestecker 3.5 mm - 1x Klinkestecker 3.5 mm] benötigt.

Versuch 1:

Grundschtung auf Papier

#Schaltkreis #Leitfähigkeit #Schalter #LED

Klick – die Lampe brennt.

Hast Du Dir schon einmal überlegt, was passiert, wenn Du den Lichtschalter drückst? Mit diesem Versuch lernst Du eine einfache elektrische Schaltung mit einem Schalter kennen und kannst sie selbst zeichnen und ausprobieren.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- LED aus einem 12 V LED-Streifen
- Silberleitlack
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
- Fixiere die kopierte Vorlage mit den 4 Magneten.
- Male den hellgrauen Strich auf der Vorlage (Bild 8) mit einem 8B-Blei-Stift kräftig nach. Schneide eine LED aus einem weißen Lichtband aus und klebe sie in die obere Lücke.
Achtung! Die LED hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.
- Verbinde die Lötstellen der LED und die Striche mit einem Pinselstrich Silberleitlack (Siehe Bild 3)
- Schließe die Batterie an (Siehe Bilder 4 und 5) und befestige sie mit Klettband auf der Unterlage.
Achtung! Die Batterie hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.

■ **Versuche jetzt einmal ...**

- Lege deinen Finger auf die Lücke
 - Lege ein Stück Alufolie auf die Lücke
 - Lege ein Stück Papier auf die Lücke
- Was beobachtest Du?

Du hast ein einfaches Leitfähigkeitsmessgerät gezeichnet.

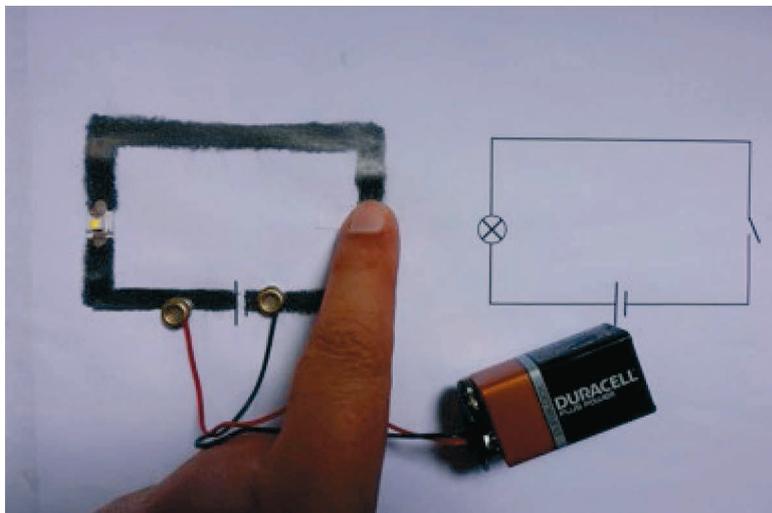


Bild 6 Einfacher Schaltkreis

■ **Verbessere deine erste Schaltung**

- Bemale jetzt ein Stück Papier, das die Lücke gut überbrückt, auf der einen Seite zur Hälfte mit dem 8B-Stift und klebe die freie Hälfte so auf das Blatt, dass Graphit und Graphit aufeinander treffen. Biege das freie Ende etwas nach oben (siehe Bild 7).

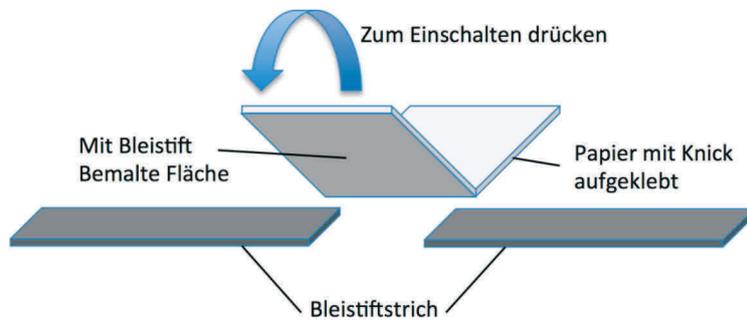


Bild 7 Einfacher Papierschalter

Du hast jetzt einen Lichtschalter gebastelt.

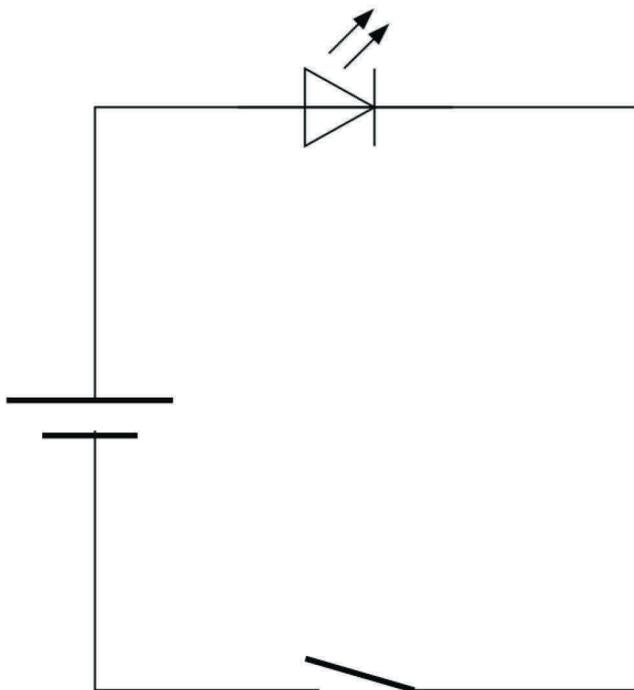
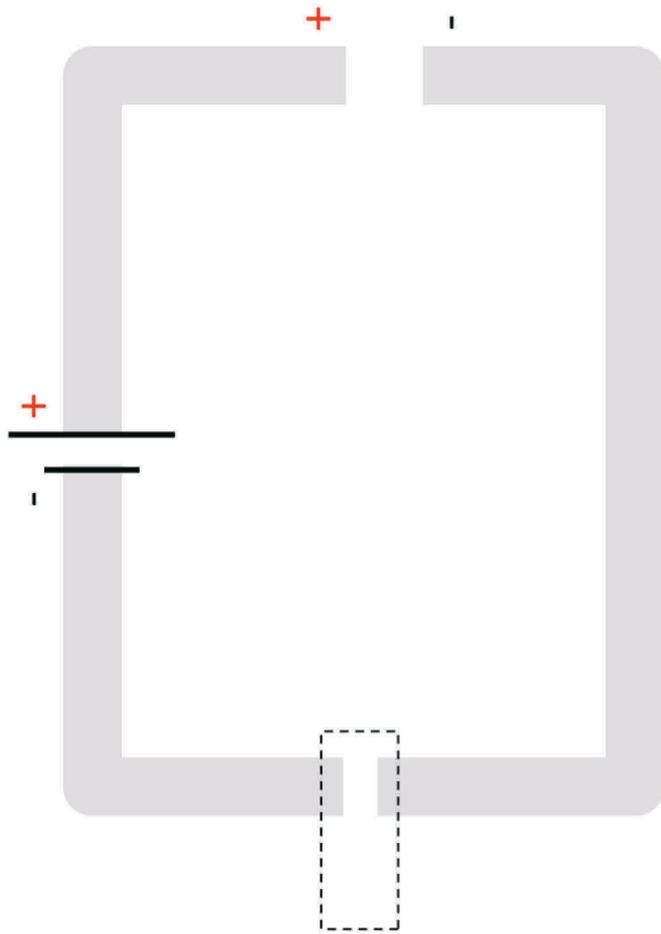


Bild 8: Kopiervorlage „Grundschtaltung auf Papier“

Versuch 2:

Steuerschaltung

#Schaltkreis #Wechsel-Schalter #LED

Oben „Ein“ und unten „Aus“? In manchen Treppenhäusern kann man dieselbe Glühbirne mit mehreren Schaltern ein- und ausschalten. Wie funktioniert das?

Mit diesem Versuch lernst Du eine elektrische Schaltung mit mehreren Schaltern kennen und kannst sie selbst zeichnen und ausprobieren.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- Zum Schalten: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- LED aus einem 12 V LED-Streifen
- Silberleitlack
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
- Fixiere die kopierte Vorlage mit den 4 Magneten.
- Male den hellgrauen Strich auf der Vorlage (Bild 9) mit einem 8B-Blei-Stift kräftig nach.
- Schneide eine LED aus einem weißen Lichtband aus und klebe sie in die obere Lücke.
Achtung! Die LED hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.
- Verbinde die Lötstellen der LED und die Striche mit einem Pinselstrich Silberleitlack (Siehe Bild 3)
- Schließe die Batterie an (Siehe Bilder 4 und 5) und befestige sie mit Klettband auf der Unterlage.
Achtung! Die Batterie hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.

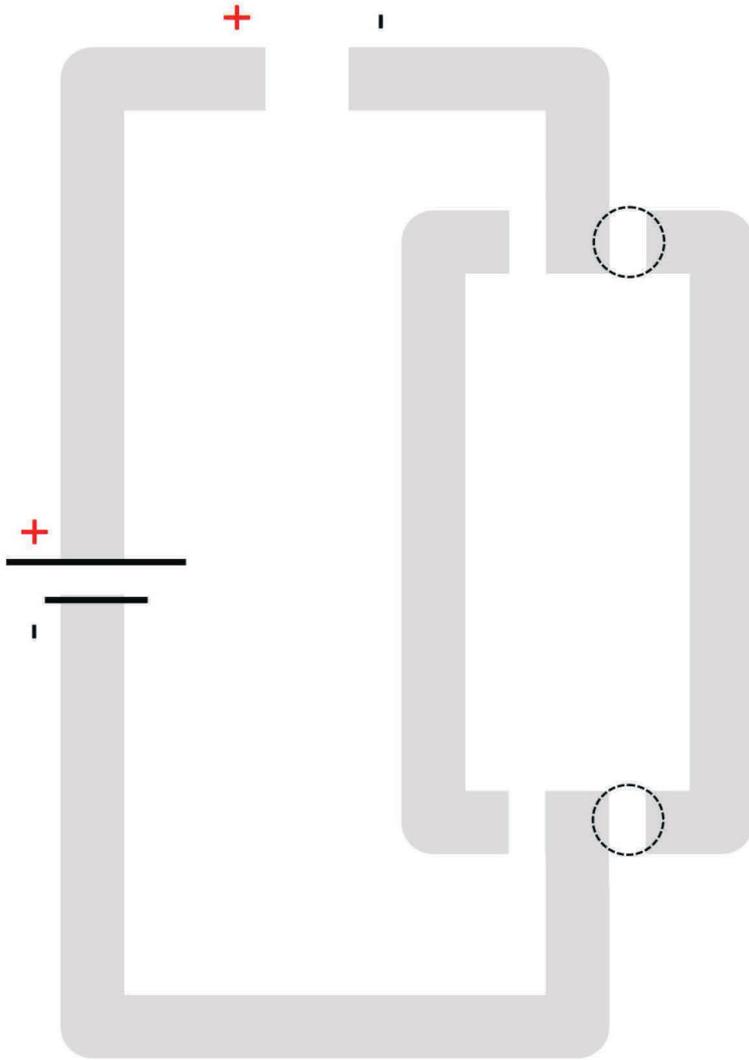


Bild 9: Kopiervorlage „Steuerschaltung“

■ Versuche jetzt einmal ...

- Setze zwei Magnete auf je eine Lücke oben und unten. Was passiert, wenn sie auf den Lücken der gleichen Seite sitzen? Was siehst Du im anderen Fall?
-

Diese Schaltung besteht aus zwei parallelen Stromkreisen mit jeweils zwei Unterbrechungen. Nur wenn bei einem der Stromkreise beide Unterbrechungen überbrückt, leuchtet die LED.

Durch das Hin- und Herschieben der Magnete ist ein Wechselschalter entstanden, der entweder den einen Stromkreis schließt und den anderen öffnet oder umgekehrt. Zwei davon ergeben die Treppenhausschaltung.

Versuch 3:

Logische Schaltungen

#Logikschaltung #UND-Schaltung #ODER-Schaltung

Schalter können hintereinander oder parallel eingebaut werden. Kennst Du Beispiele dafür? Manchmal ist es wichtig, dass man den einen und den anderen einschaltet, manchmal reicht es aus, den einen oder den anderen einzuschalten. Bei diesem Versuch kannst Du mit beiden Schaltungstypen experimentieren.

Damit man sich nicht die Hände verletzt, haben viele gefährliche Maschinen wie elektrische Heckenscheren im Garten oder große Pressen beim Automobilbau Sicherheitsschalter. Nur wenn man beide Schalter gleichzeitig mit beiden Händen drückt, läuft die Maschine.

Im Unterschied dazu reicht es bei Feuermeldern, wenn man von mehreren Schaltern den einen oder den anderen Schalter bedient. Logischerweise heißt diese Schaltung ODER-Schaltung.

Die beiden Schaltungstypen „UND-“ und „ODER-Schaltung“ werden in großer Anzahl bei Rechnern eingesetzt.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- Zum Schalten: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- LED aus einem 12 V LED-Streifen
- Silberleitlack
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
- Fixiere die kopierte Vorlage mit den 4 Magneten.
- Male den hellgrauen Strich auf der Vorlage (Bild 10) mit einem 8B-Blei-Stift kräftig nach.
- Schneide eine LED aus einem weißen Lichtband aus und klebe sie in die obere Lücke.
Achtung! Die LED hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.
- Verbinde die Lötstellen der LED und die Striche mit einem Pinselstrich Silberleitlack (Siehe Bild 3)
- Schließe die Batterie an (Siehe Bilder 4 und 5) und befestige sie mit Klettband auf der Unterlage.
Achtung! Die Batterie hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.

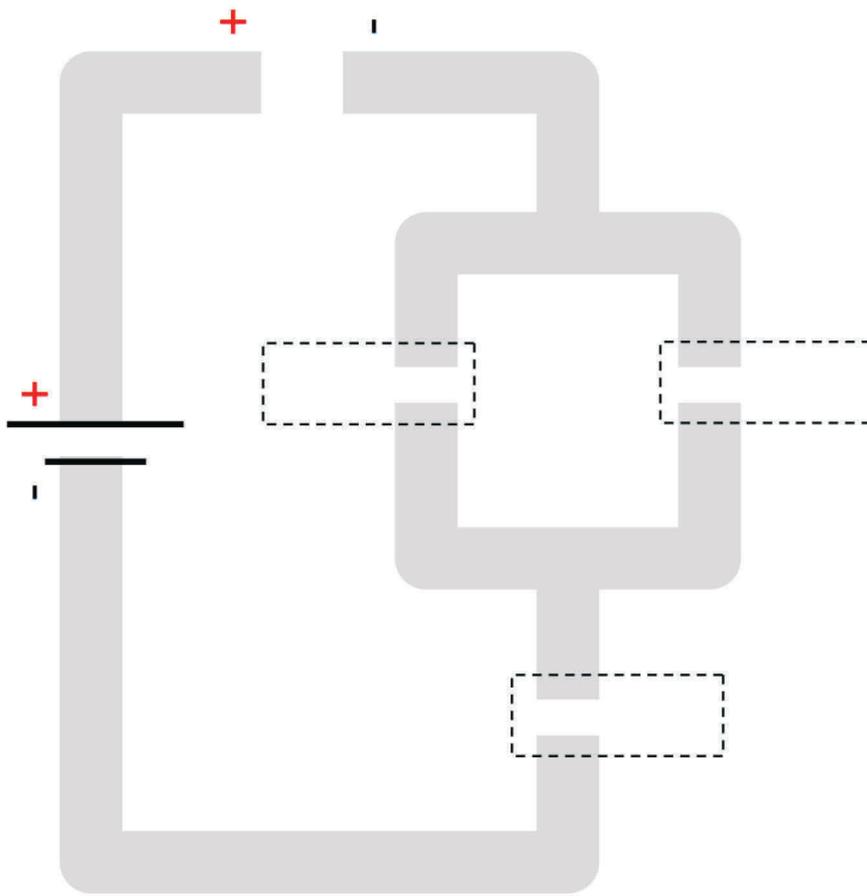


Bild 10: Kopiervorlage „Logikschaltung“

Versuch 4:

Ohm'sches Gesetz und Widerstand

Ohm'sches Gesetz #Widerstand #Stromstärke #Potentiometer

Hast Du die Batterieanschlüsse bei den anderen Versuchen einmal näher an die LED heran geschoben? Probiere es aus, ohne die LED-Anschlüsse direkt zu berühren (Sicherheitsabstand: 1 cm). Was fällt Dir auf? Hast Du eine Erklärung?

Mit diesem Versuch lernst Du den elektrischen Widerstand kennen und kannst selbst verschiedene Widerstände zeichnen und ausprobieren.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ca. 10 cm Draht (Schwarze Isolierung)
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- LED aus einem 12 V LED-Streifen
- Silberleitlack
- 2 cm transparentes Klebeband
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
- Fixiere die kopierte Vorlage (Bild 11) mit den 4 Magneten.
- Male den hellgrauen Strich mit einem 8B-Blei-Stift kräftig nach.
- Schneide eine LED aus einem weißen Lichtband aus und klebe sie in die obere Lücke.
Achtung! Die LED hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.
Klebe die LED so ein, dass der „+“-Anschluss oben ist.
- Verbinde die Lötstellen der LED und die Striche mit einem Pinselstrich Silberleitlack

- SchlieÙe die Batterie an (Siehe Bilder 4 und 5) und befestige sie mit Klettband auf der Unterlage. **Achtung!** Die Batterie hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss. Verbinde den „+“-Anschluss mit dem oberen Ende (gestrichelter Kreis). Verlängere den „-“-Anschluss mit einem Stück Draht (Schwarze Isolierung), damit der Anschluss auch das untere Ende der Zeichnung erreichen kann.
- Überklebe den unteren LED-Anschluss mit einem Streifen transparentem Klebeband (Isolierung).

■ Versuche jetzt einmal ...

- Setze den „-“-Anschluss ans untere Ende. Wie stark leuchtet die LED?

- Schiebe den „-“-Anschluss langsam nach oben, ohne die LED zu berühren. Was beobachtest Du?

Je kürzer der Strich ist, desto heller leuchtet die LED. Mit der Länge des Strichs veränderst Du den Widerstand R der Schaltung und damit auch die Stromstärke I , die die LED zum Leuchten bringt. Der Widerstand R bremst die Elektronen und bestimmt dadurch die Elektronen-Anzahl, die in einer Sekunde durch die Leitung fließen, genannt Stromstärke I . Zusätzlich ist dir vielleicht aufgefallen, dass eine frische Batterie die LED heller leuchten lässt, als eine ältere bereits verbrauchte. Die Spannung U der Batterie (Am Anfang 9 V) nimmt mit der Zeit ab und die LED leuchtet schwächer. Georg Simon Ohm hat diese drei Größen in einem nach ihm benannten Gesetz in Beziehung gesetzt:

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

Wenn du die Helligkeit deiner LED verändern willst, musst du also die Stromstärke I verändern. Wenn du die Gleichung umformst erhältst du:

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

Damit die Stromstärke I groß wird, muss der Widerstand R klein sein. Der Bleistiftstrich muss also kurz sein. Deine gemalte Schaltung mit einem variablen Widerstand nennt man Potentiometer. Was kann man damit anfangen? Hast du dir noch nie überlegt, wie die Lichtdimmer zu Hause oder im Auto funktionieren? Jetzt hast Du diese Art Schalter selbst gezeichnet.



Bild 11: Kopiervorlage „Dimmer“

Versuch 5:

Farbmischung mit RGB-LEDs

Widerstand #Vorwiderstand #RGB-LED #Optische Farbmischung

Wofür braucht man Widerstände und warum müssen sie unterschiedlich groß sein? Was passiert, wenn man sie weglässt?

Wenn Du noch eine weiße LED übrig hast, kannst Du es selbst ausprobieren. Schließt Du die Batterie direkt an die Lötstellen der LED an, leuchtet sie kurz sehr hell auf und brennt dann durch. Es sind zu viele Elektronen durch die LED geflossen, die Stromstärke war zu hoch. Man muss also die Stromstärke vor einer LED begrenzen. Dafür gibt es Vorwiderstände, die genau diese Aufgabe übernehmen.

Neben den weißen LEDs hast Du vielleicht auch schon farbige LEDs gesehen, die sogar ihre Farbe ändern können. Hast Du eine Idee, wie das funktioniert? Eine farbige RGB-LED besteht aus 3 kleinen einfarbigen LEDs (**R**ot, **G**rün, **B**lau), die einzeln mit Strom versorgt werden. Jede LED braucht einen eigenen Vorwiderstand, den Du mit einem 8B-Bleistift selbst zeichnen kannst.

Mit diesem Versuch lernst Du eine elektrische Schaltung mit mehreren Vorwiderständen und einer farbigen LED kennen und kannst sie selbst zeichnen und ausprobieren.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- Zum Schalten: 1 Scheibenmagnet 1S-30-03-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- RGB-LED aus einem 12 V LED-Streifen (farbig)
- Silberleitlack
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
- Fixiere die Vorlage (Bild 16) mit den 4 Magneten.
- Male den hellgrauen Strich mit Silberleitlack nach.
- Schneide eine LED aus einem RGB-Lichtband (farbig) aus und klebe sie in die obere Lücke (Bilder 12 und 13).

Achtung! Die LED hat 3 „+“ und 3 „-“ Anschlüsse.

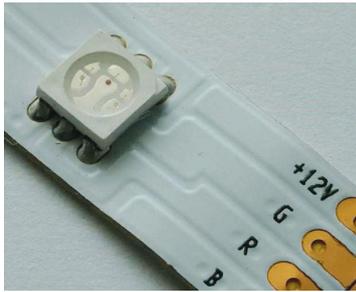


Bild 12: RGB-LED mit Anschlüssen

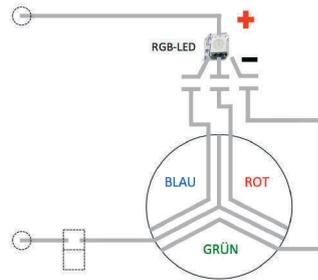


Bild 13: RGB-LED einfügen

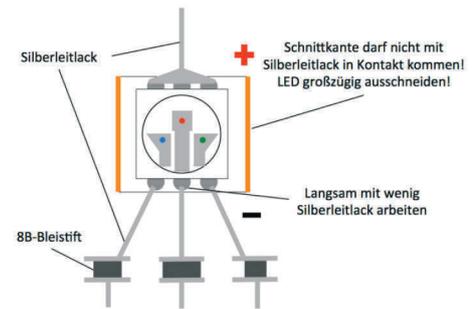


Bild 14: Arbeitshinweise

- Verbinde die Lötstellen der LED und die Striche mit Silberleitlack (siehe Bild 14).
- Zum Ein- und Ausschalten bastelst Du einen Papierschalter und klebst ihn auf die Vorlage (Siehe Bild 7).
- Bemale dazu je ein Stück Papier, das die Lücke gut überbrückt, auf der einen Seite zur Hälfte mit dem 8B-Stift und klebe die freie Hälfte so auf das Blatt, dass Graphit und Graphit aufeinander treffen. Biege das freie Ende etwas nach oben (siehe Bild 7).
- Schließe die Batterie an (Siehe Bilder 4 und 5) und befestige sie mit Klettband auf der Unterlage.

Achtung! Die Batterie hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.

■ Versuche jetzt einmal ...

- Setze den großen Magnet auf die Position “ROT” (Siehe Bild) und schalte den Schalter ein.
- Male das freie Feld zum Anschluss der roten Farbe Stück für Stück mit einem 8B-Bleistift aus, bis es angenehm hell ist. Wenn es zu hell wird, radiere einen Teil weg.
- Setze den großen Magnet jetzt auf die Position “BLAU” (Siehe Bild) und schalte den Schalter ein. Eine blaue LED braucht weniger Strom und deshalb einen größeren Widerstand. Der Verbindungsstrich wird also schmaler.
- Male das freie Feld zum Anschluss der blauen Farbe Stück für Stück mit einem 8B-Bleistift aus, bis es genauso hell ist wie die rote LED.
- Setze den großen Magnet jetzt auf die Position “GRÜN” und verfare analog der bisherigen Vorgehensweise.
- Setze den großen Magnet zum Abschluss in die Mitte und schalte den Schalter ein. Wenn Du die Helligkeit der einzelnen LED’s mit deinen Bleistiftwiderständen richtig eingestellt hast, leuchtet die RGB-LED jetzt weiß.
- Versuche jetzt einmal die Farben zu mischen. Was ergibt “ROT” und “GRÜN”?
- Schiebe jetzt den großen Magnet zur Seite und benutze zur Überbrückung deinen Finger. Wegen des größeren Widerstandes deines Fingers leuchten die einzelnen LED’s deutlicher schwächer, aber dafür kannst Du die kleinen Lichtpunkte sehr gut beobachten.

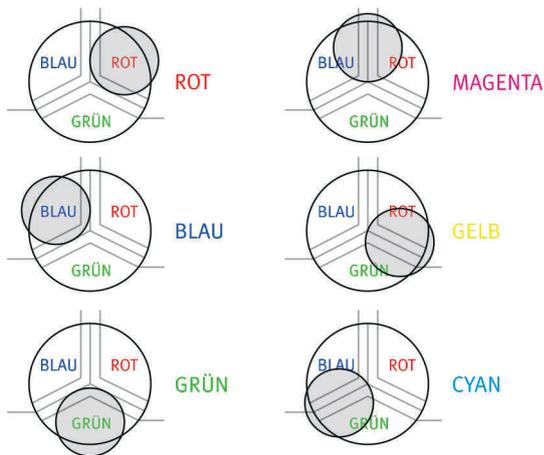


Bild 15: Farbmischungen mit RGB-LED

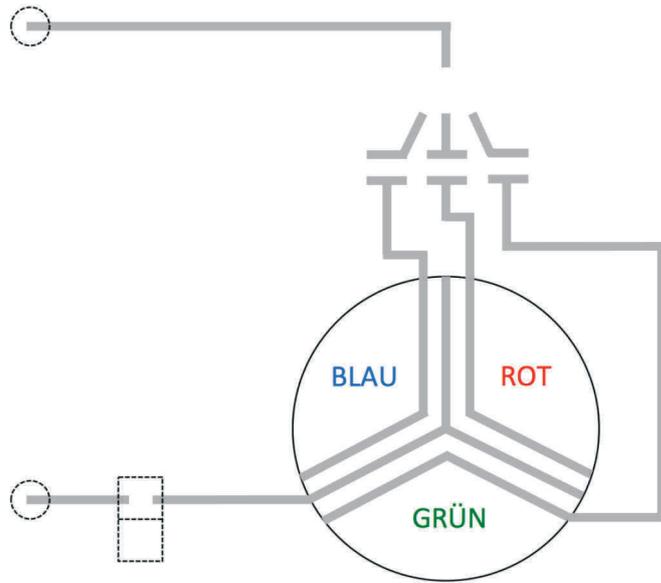


Bild 16: Kopiervorlage „Farbmischung mit RGB-LEDs“

Versuch 6:

Messungen mit Multimeter

#Widerstands-Messung #Leitungsquerschnitt #spezifischer Widerstand

Bei den ersten Versuchen hast Du den Widerstandseffekt der Bleistiftstriche durch Ausprobieren untersucht. Kann man den Widerstand eines Bleistiftstrichs auch genauer bestimmen oder sogar vorausberechnen?

Mit diesem Versuch lernst Du, wie man den Widerstand eines Bleistiftstrichs durch einen längeren oder breiteren Strich verändern, messen und berechnen kann. Durch den Einsatz verschiedener Bleistifte kannst du die Bandbreite der Widerstandswerte deiner Striche noch deutlich erweitern.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Kopierpapier
- Multimeter

■ Vorgehensweise

- Um den Widerstand eines Bleistift-Strichs in Abhängigkeit von der Länge zu bestimmen, male die Fläche der Vorlage (Bild 17) sorgfältig mit einem 8B-Bleistift aus.
- Messe mit einem Multimeter den Widerstand. Platziere einen Messfühler in der Mitte der Nullmarkierung und verändere den Abstand des zweiten Messfühlers kontinuierlich. Messe 5 mal und bilde den Mittelwert.
- Trage die gefundenen Messwerte in eine Tabelle ein.
- Trage die Messwerte in Abhängigkeit vom Abstand der Messfühler in einer Graphik ein und verbinde die Messpunkte.
- Welchen Kurvenverlauf findest Du?
- Um den Widerstand eines Bleistift-Strichs in Abhängigkeit von der Breite zu bestimmen, male die Fläche der Vorlage (Bild 17) sorgfältig mit einem 8B-Bleistift aus.
- Messe mit einem Multimeter den Widerstand. Platziere beide Messfühler jeweils in der Mitte der roten Linie. Messe 5 mal jede Stricbreite und bilde den Mittelwert. Dividiere die gefundenen Werte durch 2 (Länge der Striche 2 cm).
- Trage die gefundenen Messwerte in eine Tabelle ein.
- Trage die Messwerte in Abhängigkeit der Breite der Striche in einer Graphik ein und verbinde die Messpunkte.
- Welchen Kurvenverlauf findest Du?

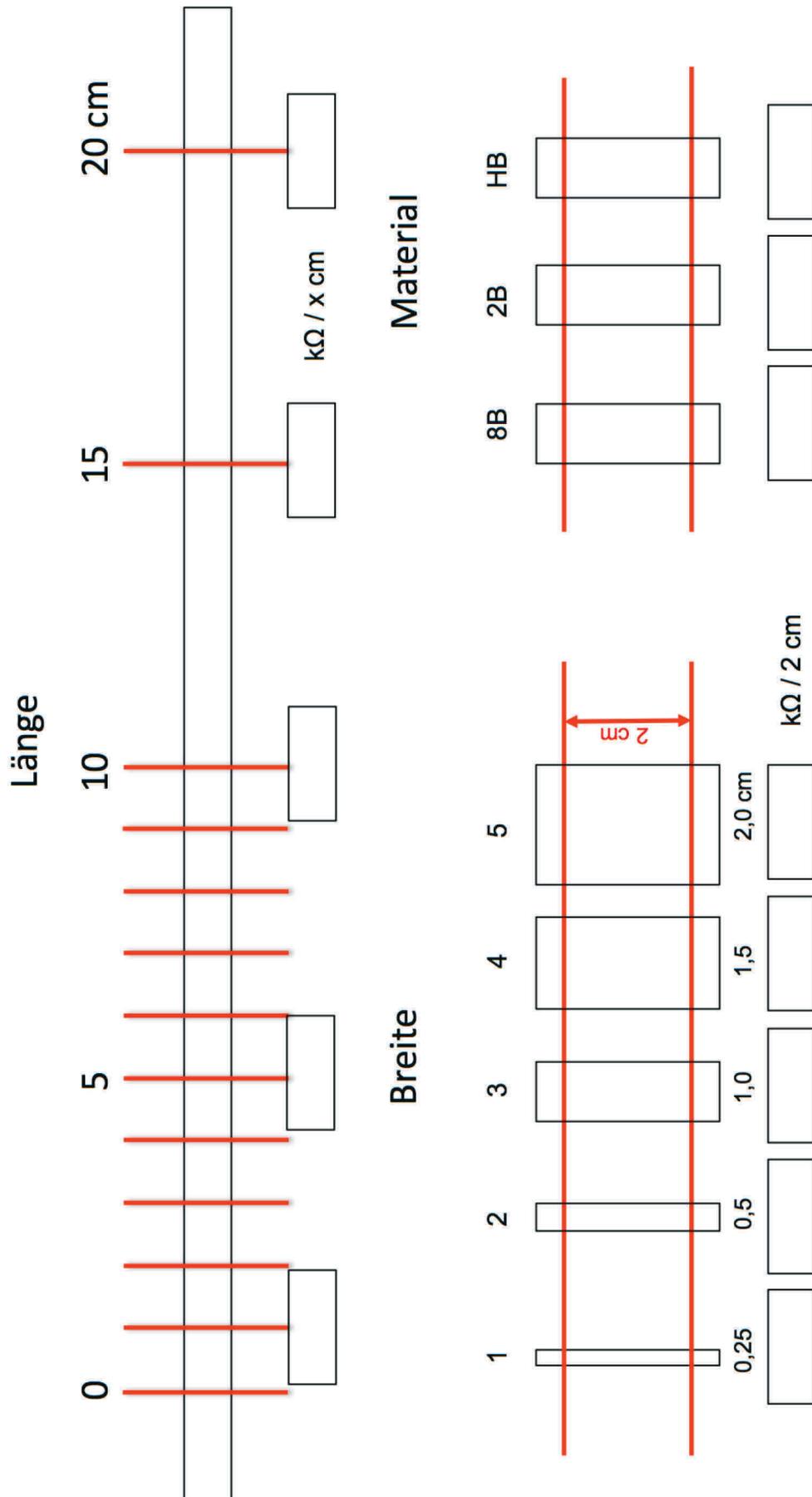


Bild 17: Kopiervorlage „Messung mit Multimeter“

Der Widerstand R steigt linear mit der Strichlänge l .

Der Widerstand R sinkt umgekehrt proportional mit der Strichbreite b . Multipliziert man die Strichbreite mit der konstanten Strichhöhe, so erhält man den Strichquerschnitt A .

Der Widerstand R sinkt somit umgekehrt proportional mit dem Strichquerschnitt A .

Diesen Zusammenhang findet man im Physikbuch:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Widerstand (R); spezifischer Widerstand (ρ); Länge (l); Fläche (A)

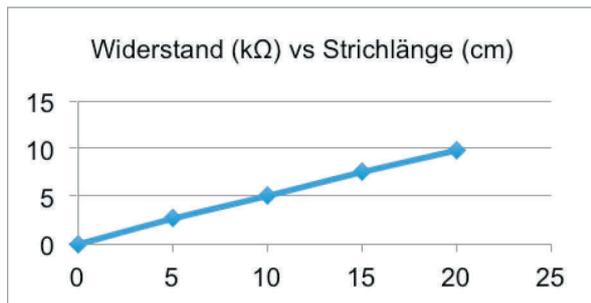


Bild 18: Widerstandsverlauf in Abhängigkeit von der Strichlänge

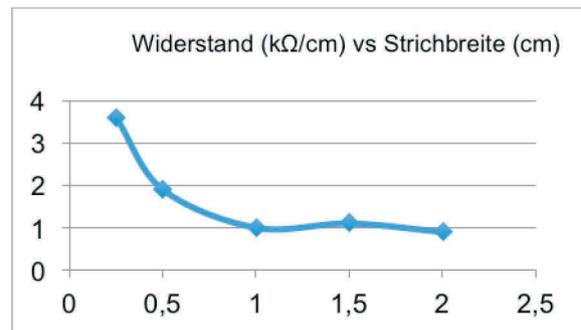


Bild 19: Widerstandsverlauf in Abhängigkeit von der Strichbreite bzw. Strichquerschnitt

Unterschiedliche Härtegrade der Bleistifte ergeben einen unterschiedlichen Widerstand, denn der Widerstand ist abhängig vom Material. Der Widerstandswert nimmt ab, je weicher der Bleistift ist. Mehr Graphit ergibt einen weichen Bleistift. Um den Bleistift härter zu machen wird Tonerde in die Minenmasse gemischt. Für die Versuche ist deshalb ein Graphitstift mit der Härte 8B ideal. Höhere Härtestufen erzeugen einen höheren Widerstand.

■ Versuche jetzt einmal ...

- Male in der Vorlage (Bild 17) die Reihe *Material* mit verschiedenen Stiften (Härtegrad 8B, 2B und HB) aus. Welche Widerstandswerte findest Du jetzt?
- Jeder Stoff hat einen spezifischen Widerstandswert (ρ).

Versuch 7: Kondensator

#Ladungstrennung #Kondensator #Kapazität #Stromspeicherung

Hast Du im Winter, wenn die Luft sehr trocken ist, schon einmal eine Fleece-Decke angefasst und einen kleinen Stromschlag bekommen? Was ist passiert? Besonders bei trockener Luft können elektrische Ladungen bei Reibung zwischen zwei unterschiedlichen Körpern bevorzugt auf einen der beiden Körper übergehen und es kommt zur Ladungstrennung.

Nähert man unterschiedlich geladene Körper wieder aneinander an, so kommt es ab einer bestimmten Entfernung zum Ladungsausgleich – ein kleiner Blitz springt über. Das gleiche kann bei Wolken passieren. Entweder zwischen zwei unterschiedlichen Wolken oder zwischen einer Wolke und dem Erdboden kann es zum Ladungsausgleich kommen, es blitzt.

Das Phänomen der Ladungstrennung nutzt man in elektronischen Schaltkreisen zur kurzfristigen Ladungsspeicherung in Form eines Kondensators. Damit es zwischen zwei Körpern (Elektroden) nicht sofort zum Ladungsausgleich kommt, fügt man eine Isolierung (Dielektrikum) ein (Siehe Bild). Für unseren Versuch benutzt Du Papier als Dielektrikum und zwei dicht bemalte Bleistiftflächen auf beiden Seiten des Papiers als Elektroden. Versuch es!

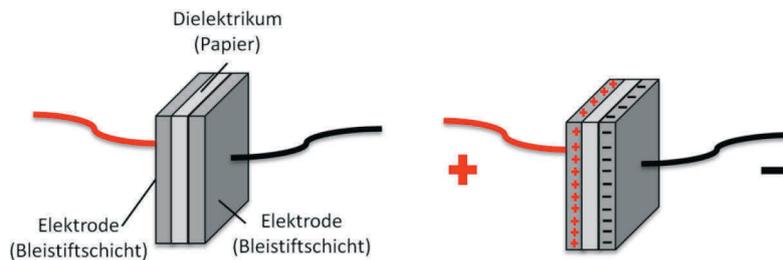


Bild 20: Aufbau eines Kondensators

Mit diesem Versuch lernst Du, wie man mit Papier und Bleistift einen einfachen Kondensator malen und damit sogar eine Flüssigkristallanzeige z. B. einer Uhr kurzfristig betreiben kann.

■ Dazu brauchst Du:

- Bleistift Härtegrad 8B
- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Zum Stromanschluss: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Zum Anschluss der Flüssigkristallanzeige: 2 Scheibenmagnete 1S-08-02-N
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- Silberleitlack
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Klebe auf die Unterlage (Klemmbrett) die Eisenfolie.
- Fixiere die Vorlage (Bild 26) mit den 4 Magneten.
- Male die hellgrauen Striche mit Silberleitlack nach.



Bild 21: Hellgraue Striche mit Silberleitlack bemalen

- Bereite die Batterie-Anschlüsse vor (siehe Bilder 4 und 5) und befestige die Batterie mit Klettband auf der Unterlage.
Achtung! Die Batterie hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.
- Bereite die Anschlüsse der Flüssigkristallanzeige vor (Analog Batterie-Anschluss, siehe Bild 4 und 5).
Achtung! Die Flüssigkristallanzeige hat einen „+“ und einen „-“ Anschluss.

- Bemale die Vorlage (Bild 27) auf beiden Seiten mit zwei deckungsgleichen Quadraten (Hellgraue Fläche mit durchgezogene Linie begrenzt) mit dem 8B-Bleistift und schneide dieses beidseitig bemalte Quadrat anschließend entlang der gestrichelten Linie aus.

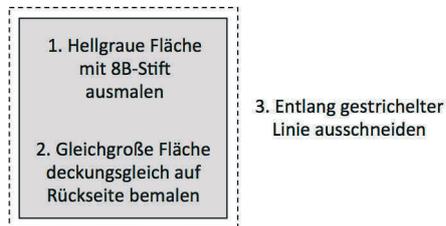


Bild 22: Papierquadrat beidseitig mit 8B-Blei-Stift bemalen

- Klebe dieses ausgeschnittene Quadrat in das gestrichelte Quadrat der ersten Vorlage (Bild 26). Kurz bevor Du beide Blätter zusammenfügst, malst Du den gestrichelten Kreis auf der ersten Vorlage großzügig mit Silberleitlack aus (Elektrischer Kontakt zwischen beiden Blättern)(siehe Bild 23).

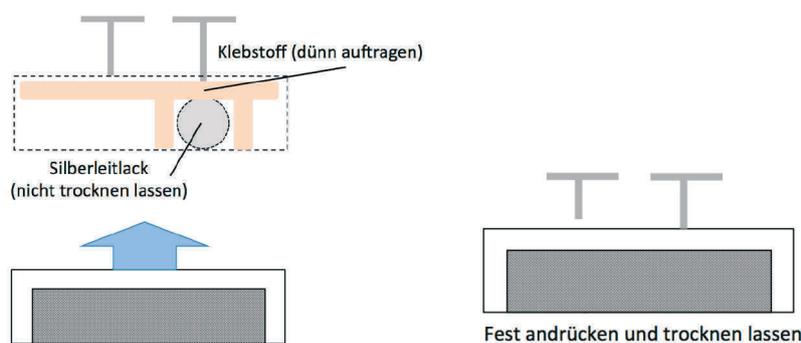


Bild 23: Papierquadrat auf Vorlage (Bild x1) kleben

- Kräftig andrücken und den Kleber trocknen lassen!
- Zum Abschluss verbindest Du noch den linken Anschluss mit Hilfe von Silberleitlack (siehe Bild 24).

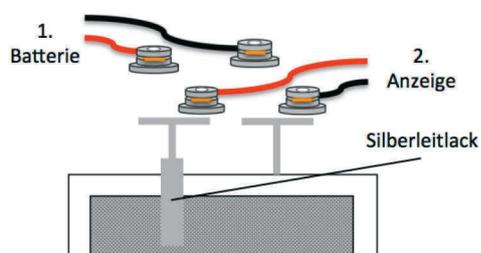


Bild 24: Mit Silberleitlack Kontakt zwischen Oberseite des bemalten Quadrats und Anschluss auf Vorlage herstellen

- Jetzt sollte dein Kondensator so aussehen.

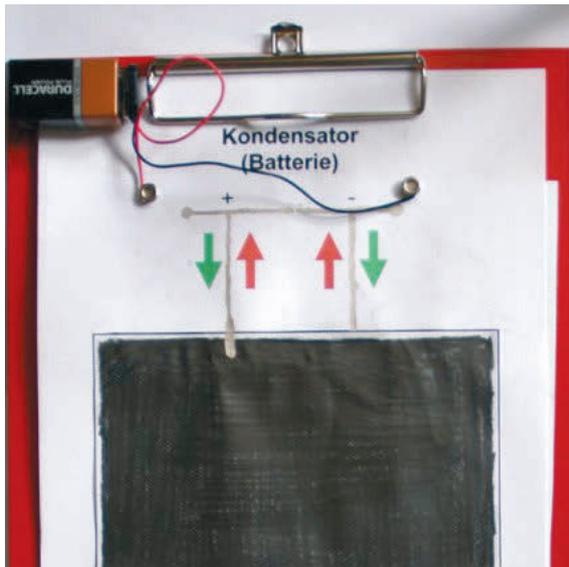


Bild 25: Fertiger Papierkondensator

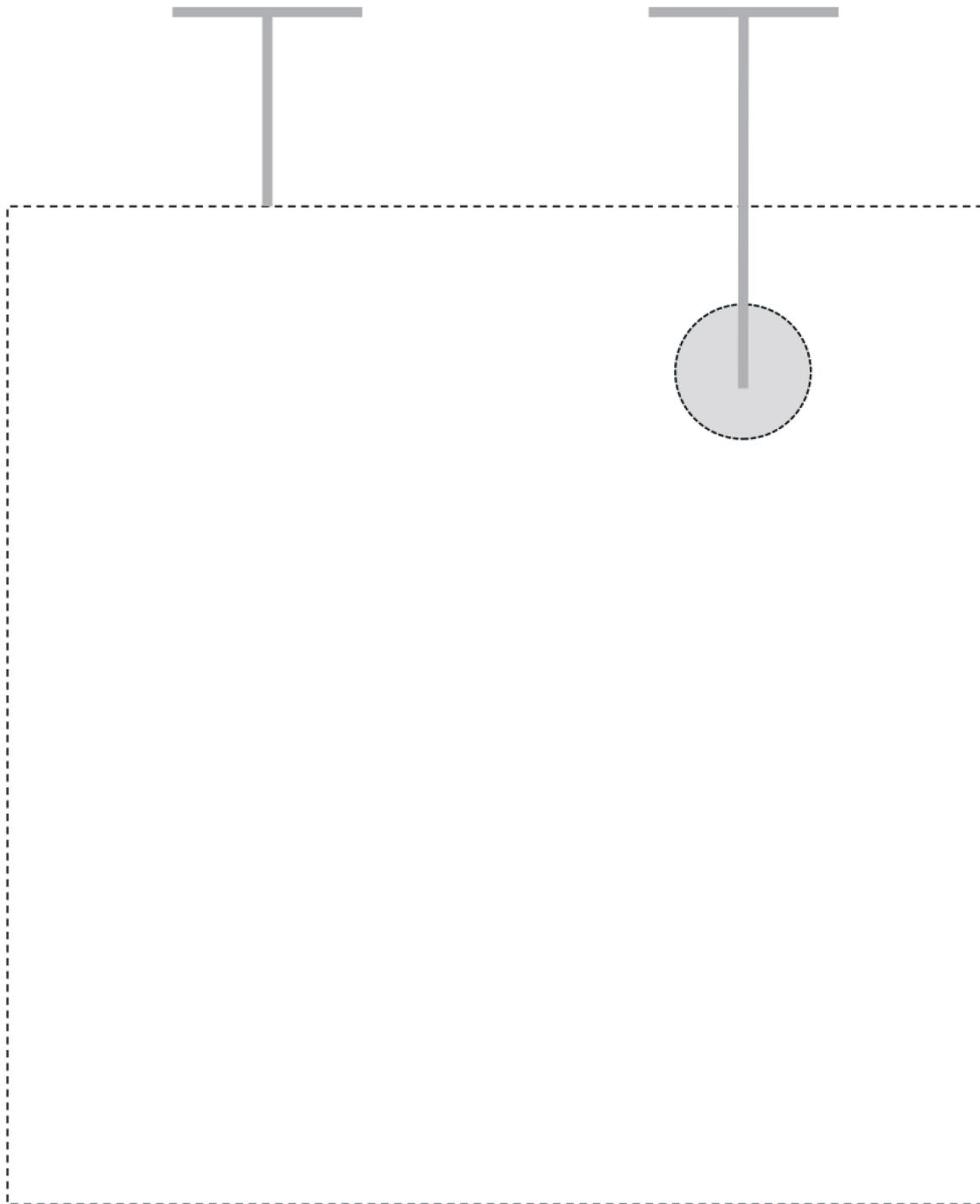


Bild 26: Kopiervorlage 1 „Kondensator“

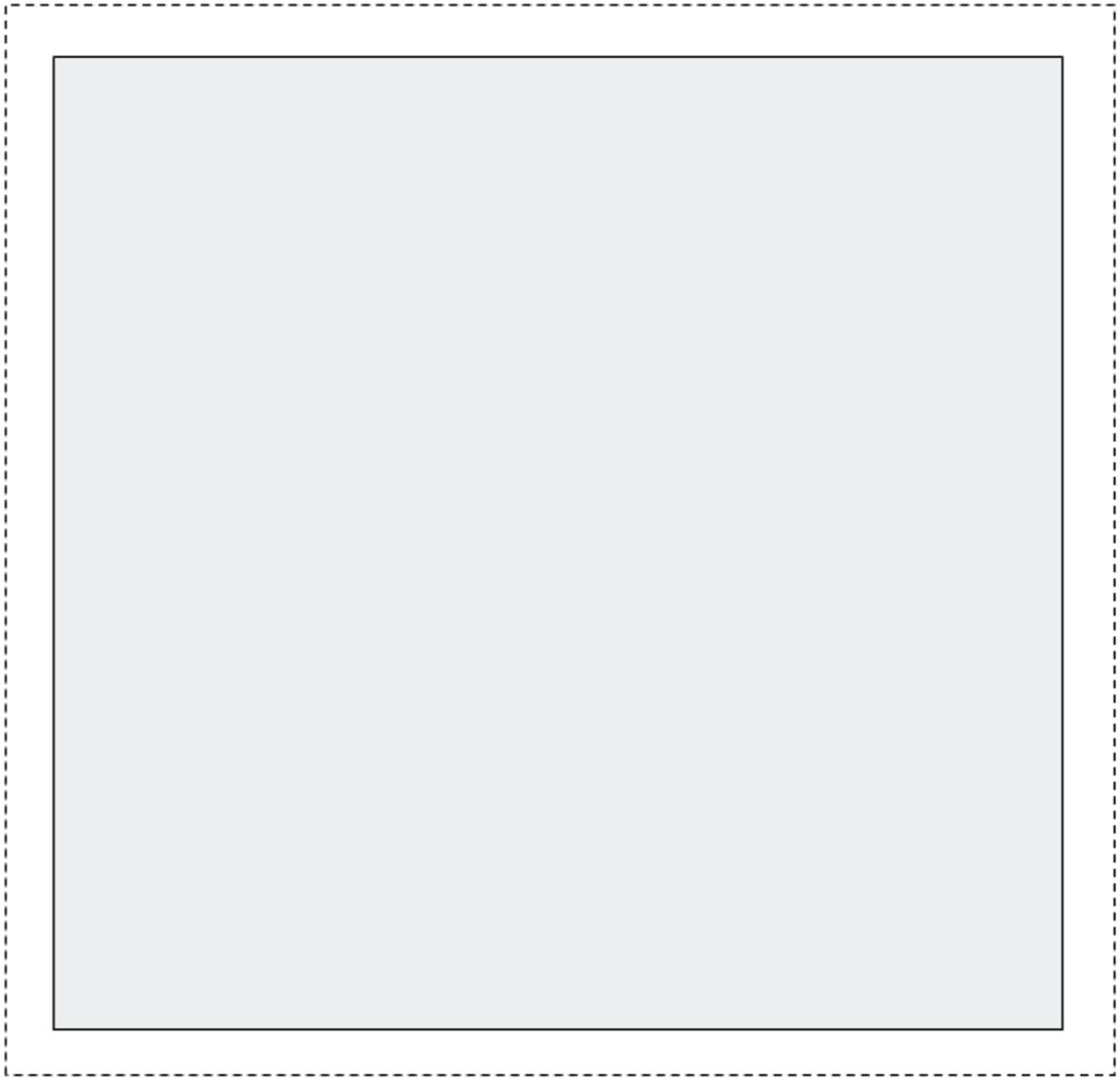


Bild 27: Kopiervorlage 2 „Kondensator“

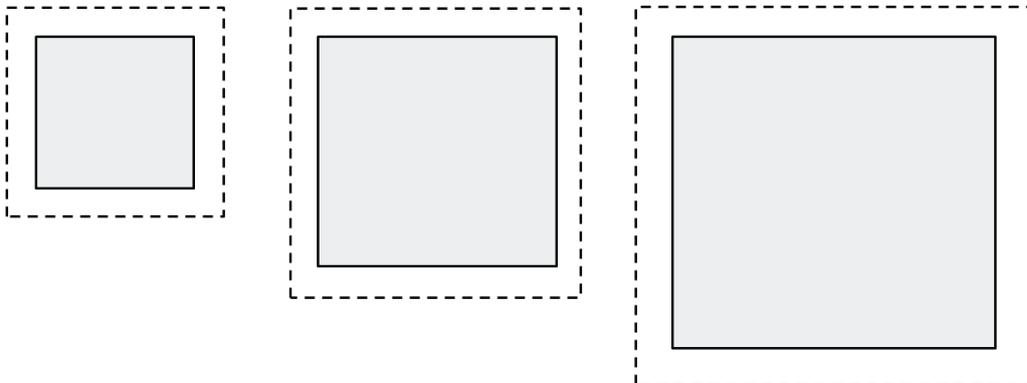


Bild 28: Kopiervorlage 3 „Kondensator“

■ Versuche jetzt einmal ...

- Lade den Papierkondensator ca. 5 Min auf, indem Du die Batterie anschließt.
- Trenne die Batterie ab.
- Schließe die Flüssigkristallanzeige.
- Durch verändern der Ladezeit kannst Du die Leuchtdauer der Anzeige variieren.
- Welche Ladedauer würdest Du empfehlen?

■ Wie viel kann ein Kondensator speichern?

Wie viele Ladungen kann solch ein Kondensator aufnehmen? Wie groß ist seine Kapazität? Die Einheit für die elektrische Kapazität ist Farad. Sie wurde nach Michael Faraday benannt. Ein Kondensator mit einer Kapazität von einem Farad (F) kann durch das Aufladen auf eine Spannung von einem Volt (V) eine Ladung von einem Coulomb (C) speichern.

1 Coulomb entsprechen 6.241.509.629.152.650.000 Elementarladungen.

Mit Bleistift gemalte Kondensatoren sind aber viel kleiner – hier werden Kapazitäten von ca. 1 nF (10^{-9} F) erreicht.

Das ausmalen mit Bleistift kann anstrengend sein. Wie verändert sich die Kapazität eines Kondensators mit der Fläche?

■ Versuche jetzt einmal ...

- Male drei verschieden große Quadrate (siehe Vorlage) auf beiden Seiten mit einem 8B-Stift aus.
 - Stelle das Multimeter auf die Messung von „Nano-Farad“ ein.
 - Berühre je eine Seite des Papierkondensators mit den Messfühlern.
 - Trage die gefundenen Mess-Werte in eine Tabelle ein (Kapazität und Kondensatorfläche)
 - Verbinde die Messpunkte.
- Welchen Kurvenverlauf erhältst Du?

So könnte die Graphik aussehen.

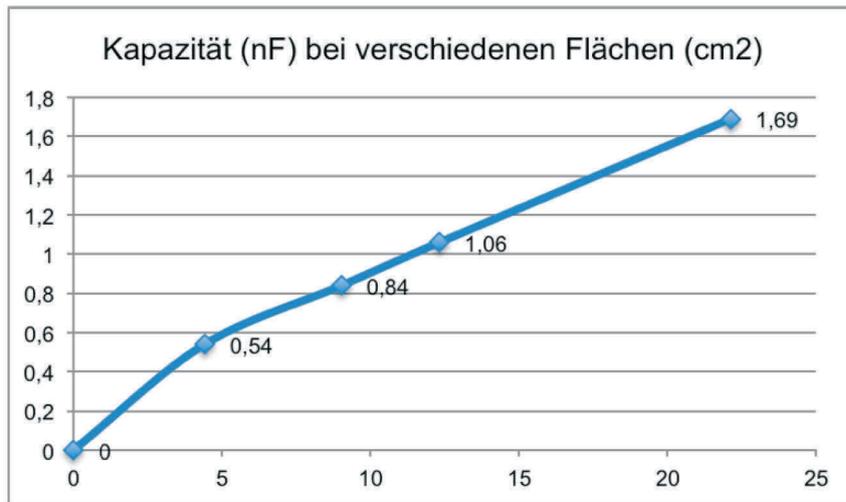


Bild 29: Veränderung der Kapazität eines Kondensators in Abhängigkeit von der Fläche

Im Messbereich ändert sich die Kapazität C linear zum Anstieg der Fläche. Auch hierfür gibt es ein physikalisches Gesetz. Für die Kapazität C eines Plattenkondensators mit dem Flächeninhalt A (Graphitquadrat), dem Plattenabstand d (Papierdicke) und einer Füllung mit einem Material mit der Dielektrizitätszahl ϵ_r (Papier) gilt:

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot A / d \quad \epsilon^0 = \text{Dielektrizitätskonstante Vakuum}$$

Versuch 8:

Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

#Stromleiter #Magnetfeld #Elektromagnet

Hast Du bei Versuchen mit Silberleitlack als Stromleiter einmal zufällig einen Kompass in der Nähe gehabt? Wenn nicht, versuch es! Achte darauf, dass kein Magnet in der Nähe ist.

Mit diesem Versuch lernst Du, wie man mit Papier und Silberleitlack einen einfachen Elektromagneten malen und betreiben kann.

■ **Dazu brauchst Du:**

- Silberleitlack
- 9 V-Batterie
- Selbstklebendes Klettband zur Fixierung der Batterie
- Batterieanschlussklemme Typ 9 V
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Batterieanschlussklemme
- Kompass
- Kopierpapier

■ **Vorgehensweise**

- Male einen dünnen Strich (Länge ca. 15 cm, Breite ca. 3 mm) mit Silberleitlack auf ein Blatt Kopierpapier.
- Bereite die Batterie-Anschlüsse vor (Siehe Bilder 4 und 5) und befestige die Batterie mit Klettband auf der Unterlage.

■ **Versuche jetzt einmal ...**

- Lege den Kompass neben die ausgemalte Linie und halte die beiden Kabelenden an die beiden Enden der Linie. Was beobachtest Du?
 - Tausche die beiden Kabelenden aus und halte sie jeweils an das andere Ende der Linie. Was beobachtest Du jetzt?
-

1820 beobachtete Ørsted bei einem ähnlichen Versuch die Ablenkung einer Kompassnadel durch einen stromdurchflossenen Draht und entdeckte die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes. Mit weiteren Versuchen fand er heraus, wie die Feldlinien dieses Magnetfeldes verlaufen und wo sich Nord- und Südpol befinden. Hier findest Du eine detaillierte Erläuterung:

www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/e_lehre_1/elektromagnetismus/oersted.htm

Versuch 9: Schallerzeugung

#Magnetfeld #Elektromagnet #Permanentmagnet #Schwingungen

Du hörst gerne Musik mit deinem MP3-Player? Weißt Du wie die kleinen Lautsprecher deiner Kopfhörer wieder Töne aus den elektrischen Signalen machen?

Mit diesem Versuch lernst Du, wie man mit Papier, Silberleitlack und einem Magnet einen Lautsprecher malen und betreiben kann.

■ **Dazu brauchst Du:**

- Klemmbrett DIN A4
- Eisenfolie DIN A4
- Zur Papierfixierung: 4 Scheibenmagnete 1S-06-02-N
- Silberleitlack
- 2 Scheibenmagnete zum Anschluss der Verstärkerausgänge: 1S-08-02-N
- Ösen und Nietzange für Kabelenden der Verstärker-Anschlüsse
- 1 – 2 Scheibenmagnete 1S-30-03-N
- MP3-Player oder Smartphone
- Für die Schallerzeugung ist die Leistung eines MP3-Players oder eines Smartphones nicht ausreichend. Die Ausgangsleistung muss mit einem kleinen, preisgünstigen Verstärker verstärkt werden. (siehe Teileliste)
- Um den MP3-Player an den Verstärker anzuschließen, wird ein Verbindungskabel benötigt. (Klinke Audio Anschlusskabel, Klinenstecker 3.5 mm)
- Kopierpapier

■ Vorgehensweise

- Male den hellgrauen Strich der Vorlage (Bild 32) mit Silberleitlack nach.
- Bereite die Anschlüsse für die Verstärkerausgänge vor (Analog Batterie-Anschluss, Bilder 4 und 5).
- Stecke die Ausgangs-Kabel und den MP3-Anschluss in den Verstärker (Siehe Bild 30) und schließe das Stromkabel an.

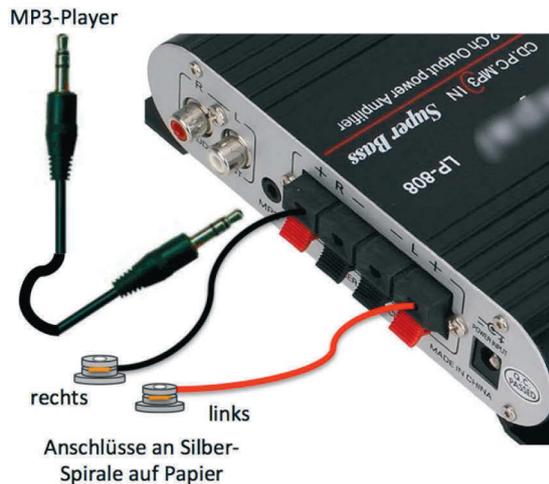


Bild 30: Kabelanschlüsse am Verstärker

■ Versuche jetzt einmal ...

- Platziere den großen Magnet (Durchmesser 3 cm) auf der Eisenfolie und fixiere anschließend die bemalte Vorlage darüber. Achte darauf, dass der gemalte Kreis direkt über dem Magnet ist.
- Schiebe das Papier leicht zusammen, so dass es sich wölbt und ein kleiner Abstand (1-2 mm) zwischen Magnet und Papier im Bereich des bemalten Kreises entsteht (siehe Bild 31).
- Schließe die Anschlüsse des Verstärkers an die gemalten Zuführungen an.

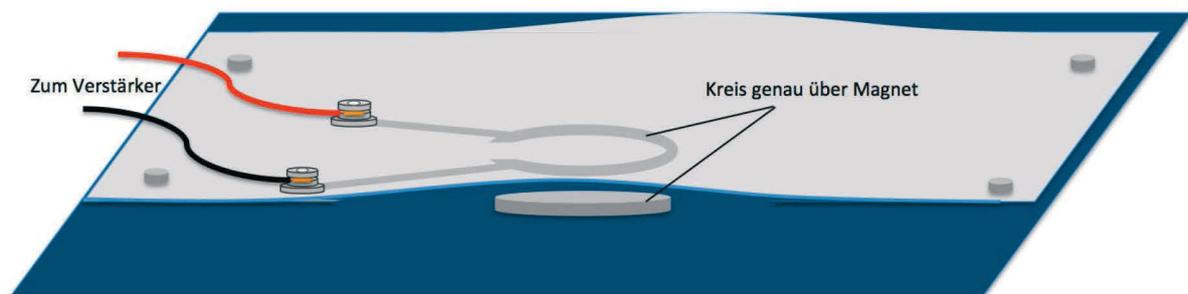


Bild 31: Aufbau und Anschluss des Papierlautsprechers

- Wähle einen Song mit einem hohen Bass-Anteil aus und schalte MP3-Player und Verstärker ein. Du musst bei beiden Geräten auf “laut” einstellen.

Der MP3-Player erzeugt einen schwankenden Stromfluss, der vom Verstärker verstärkt wird. Wenn er durch die Silberspule fließt entsteht ein Magnetfeld um die Spule mit musikabhängig schwankender Intensität. Das „schwingende“ Magnetfeld der Spule agiert mit dem konstanten Magnetfeld des Permanentmagnets. Das Papier wird dadurch unterschiedlich stark angezogen und es beginnt zu schwingen. Die Schwingungen des Papiers übertragen sich auf die Luft und Du hörst die Musik.

■ Versuche jetzt einmal ...

- Wenn Du zwei große Magnete aufeinander legst wird der Ton intensiver.
- Bei der künstlerischen Gestaltung der Spule kannst Du viele Ideen ausprobieren. Hier kannst Du dich inspirieren lassen:

<http://highlowtech.org/?p=1372>

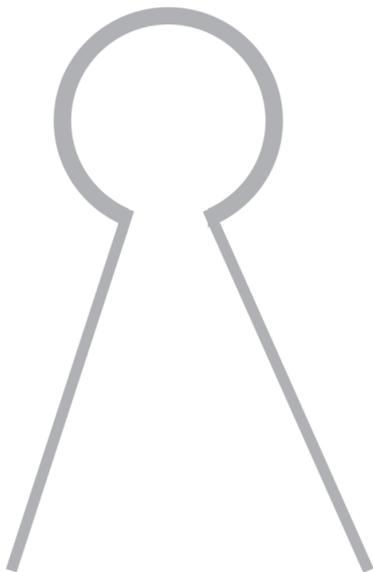


Bild 32: Kopiervorlage „Schallerzeugung“

Festo Didactic SE
Rechbergstraße 3
73770 Denkendorf
Deutschland



+49 711 3467-0

+49 711 34754-88500



www.festo-didactic.com

did@festo.com