

VERSUCH 1

EXPERIMENT ZUM DURCHSTARTEN

Zum Start in die Anleitung kannst du in diesem Experiment Strom hörbar machen!



Tonerzeuger

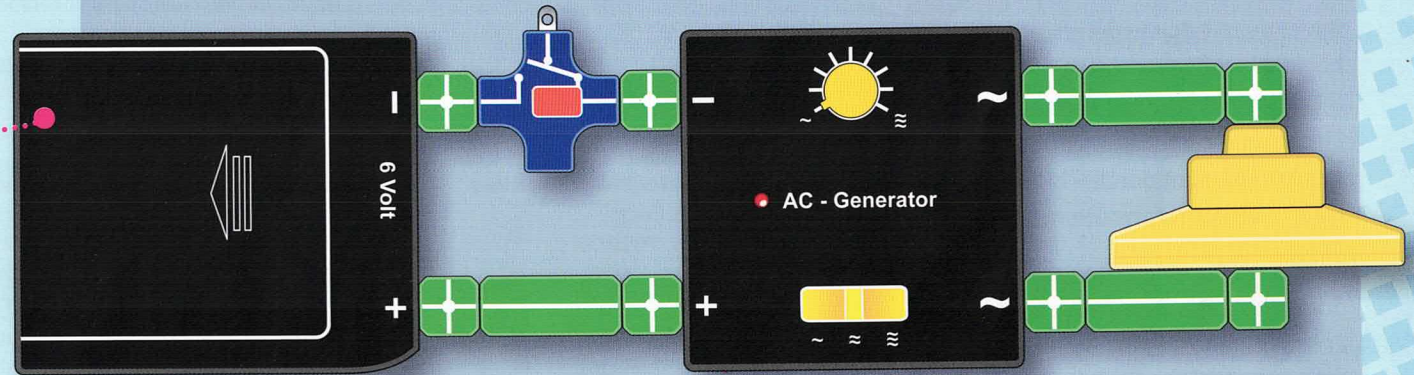
In diesem Experimentierkasten hast du neben vielen anderen Dingen zwei Bauteile, die zusammen mit dem Lautsprecher Töne unterschiedlicher Art erzeugen können. Hör dir eines davon gleich mal an.

SO GEHT'S

Stecke den Aufbau genau nach der Zeichnung zusammen.

Achte vor allem darauf, dass die Läschen von Batteriebox und Wechselstromgenerator richtig verbunden werden: Minus (-) mit Minus, Plus (+) mit Plus.

Nach dem Einschalten leuchtet die kleine rote Leuchtdiode am Generator. Jetzt kannst du an dessen Drehknopf drehen und auch verschiedene Stellungen des Umschalters ausprobieren und so Töne ganz unterschiedlicher Tonhöhe erzeugen.



WAS PASSIERT ?

Der Wechselstromgenerator erzeugt aus dem gleichmäßig fließenden Batteriestrom rhythmisch in Stärke und Fließrichtung wechselnden Strom, sogenannten Wechselstrom.

Diese Stromschwankungen setzt der Lautsprecher in Luftschwingungen um, also in hörbaren Schall.

GUT ZU WISSEN! Die Teile des Kastens kannst du natürlich nachbestellen. Lade dir dazu einfach einen Bestellschein unter kosmos.de herunter.



Die Bauteile des Kastens




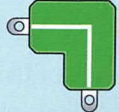

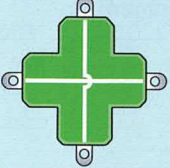


Bevor du mit den Experimenten beginnst, solltest du dich mit dem Inhalt deines Kastens vertraut machen. Lies dazu die Beschreibungen der einzelnen Bauteile gut durch – hier erhältst du viele wichtige Informationen.

Bei deinen Experimenten steckst du dann die Aufbauten genau nach den Zeichnungen zusammen. Wenn du alles korrekt befolgt hast, sollten die Schaltungen sofort funktionieren.

Was du sonst noch brauchst:

4 Stück 1,5-Volt-Batterien (AA Mignon LR6), Alufolie, Schere, Plastiklineal oder Geodreieck, Tuch, Kochsalz, Essig, Zucker, Leitungswasser, Fruchtsaft/ Limonade o.ä., Taschenlampe, TV-Fernbedienung, Büroklammern, kleiner Kreuzschlitz-Schraubendreher

Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Batteriekasten Art.-Nr. 714721	1	Das Kraftpaket, das den Strom für die elektrischen Versuche liefert. Vor Beginn der Versuche musst du vier 1,5-Volt-Batterien einlegen (AA, Mignon LR6). An den beiden Anschlüssen (+ und -) kannst du dann den Strom abnehmen. <i>Verbinde niemals diese Anschlüsse direkt miteinander. Batterie und Kabel können heiß werden und explodieren, außerdem ist die Batterie rasch leer.</i>	
Verbinder mit 4 Schlitzen (Kreuz-Form) Art.-Nr. 705050	30	Zum Verbinden der Bauteile. In die seitlichen Schlitze werden die metallenen Stecker der anderen Bauteile gesteckt und damit elektrisch verbunden, so wie es die weißen Striche anzeigen. Im Text werden sie „ Kreuz-Verbinder “ genannt.	
Verbinder mit 2 Anschlüssen gerade (I-Form) Art.-Nr. 705051	15	Zum elektrischen Verbinden von Bauteilen. Die beiden Stecker sind elektrisch miteinander verbunden. Im Text werden sie als „ I-Verbinder “ bezeichnet.	
Verbinder mit 2 Anschlüssen gewinkelt (L-Form) Art.-Nr. 705052	7	Zum elektrischen Verbinden von Bauteilen, aber mit Stromführung im Winkel. Sieht aus wie ein „L“, daher werden sie im Text kurz „ L-Verbinder “ genannt.	
Verbinder mit 3 Anschlüssen (T-Form) Art.-Nr. 705053	1	Zum elektrischen Verbinden. Die drei Stecker sind elektrisch so miteinander verbunden, wie es die weißen Striche anzeigen. Im Text werden sie kurz als „ T-Verbinder “ bezeichnet, da ihre Form an ein „T“ erinnert.	
Verbinder mit 4 Laschen (X-Form) Art.-Nr. 712958	2	Zum elektrischen Verbinden von Bauteilen. Nur die beiden jeweils gegenüberliegenden Laschen sind elektrisch verbunden, nicht alle vier Laschen. Sie dienen dazu, Überkreuzungen von Leitungen zu gestalten. Im Text werden sie daher als „ Brücken-Verbinder “ bezeichnet.	

Wichtige Hinweise..... 2
Inhaltsverzeichnis 3
Elterntext und Kindertext 4
Ausstattung..... 6
Tipps und Tricks zum Aufbau 11
Einlegen der Batterien 12

EXPERIMENTE

Experiment zum Durchstarten 5
 Los geht's – mache dich auf in die faszinierende Welt des Stroms!

Strom fließt – Licht an 13
 Experimentiere mit deinen Lämpchen und Leuchtdioden und beobachte das Verhalten des Stroms in Schaltungen.

Elektronische Sounds 26
 Egal ob Polizei, Krankenwagen oder Feuerwehr – mit deinem Sound-Modul kannst du dir diese Sounds ins Zimmer holen.

Widerstände 34
 Hindernisse im Stromkreis extra einbauen? So seltsam es klingen mag, desto wichtiger ist die Bedeutung der Widerstände in elektronischen Schaltungen.

Geheimnisvolle Magnetkräfte 44
 Tauche ein in die Welt der Magnete, welche die Menschheit seit vielen Jahrhunderten faszinieren.

Elektrischer Strom und Magnetismus – ein Team 52
 Was hat elektrischer Strom mit Magnetismus zu tun? Finde es heraus!

TIPP!

Zusätzliches Wissen findest du hier: »Nachgehakt«
 Seite 25, 32/33, 43, 50/51, 60/61, 74/75, 85, 100, 108/109, 115, 134/135, und 150.

Messung des Unsichtbaren..... 62

Mache mit dem Messgerät die Spannung und die Stärke des Stroms, der durch deine aufgebauten Schaltungen fließt, sichtbar!

Digital geschaltet 76

Schalten oder Verstärken – das sind die Aufgaben von Transistoren, die auch in Computern eine wichtige Rolle spielen.

Elektronische Sensoren 86

In diesem Kapitel baust du Schaltungen, die Wasserhöhen melden oder sogar auf unsichtbares Licht reagieren – elektrische Sinne!

Gespeicherte Elektrizität..... 102

Strom speichern und diesen dann auch wieder abgeben? Genau das machen Kondensatoren – lerne sie kennen!

Immer im Wechsel..... 110

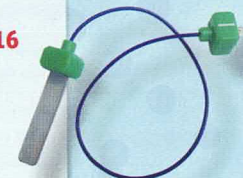
Wusstest du, dass Strom mehrmals pro Sekunde seine Richtung ändern kann? Erfahre hier, was sich hinter dem Begriff „Wechselstrom“ verbirgt.

Die Tricks der Kondensatoren, Spulen und Schwingkreise..... 116

Mit den Kondensatoren und den zwei Spulen erforschst du das interessante Verhalten von Gleich- und Wechselstrom.

Zeitschalter, Blinker und Alarmgeber 136

Baue dir mit deinen Kondensatoren und dem TIMER 555 einen einstellbaren Zeitschalter, einen rotgrünen Wechselblinker und andere praktische Schaltungen!





Liebe Eltern!

Kinder wollen staunen, begreifen und Neues erschaffen. Sie wollen alles ausprobieren und selbst machen. Sie wollen wissen! ALL das können sie mit diesem KOSMOS Experimentierkasten. Und so wächst weit mehr als nur Wissen – es wächst ein starker Mensch.

Dieser Experimentierkasten möchte Ihre Kinder in die spannende Welt der Elektrizität und des Magnetismus führen und auf einfache und ungefährliche Weise erklären, was es mit elektronischen Bauteilen wie Transistoren, Leuchtdioden und Widerständen, auf sich hat, und wie einfache elektronische Schaltungen funktionieren. Dazu zählen auch die faszinierenden Eigenschaften des Wechselstroms, der in Technik, Industrie und Haushalt meistverwendeten Stromart. Dazu nutzt es den im Kasten enthaltenen Wechselstromgenerator.

Natürlich stellen Sie die Frage nach der Sicherheit. Alle Versuche werden aus dem beigelegten Batteriekasten gespeist, in den vier handelsübliche 1,5 Volt-AA-Batterien (Mignon-Zellen) eingelegt werden müssen. Die Versuche werden also mit der sehr niedrigen und ungefährlichen elektrischen Spannung von nur 6 Volt ausgeführt. Bitte achten Sie darauf, dass erschöpfte Batterien aus dem Kasten herausgenommen und den nationalen Umweltbestimmungen entsprechend entsorgt werden.

Zudem basiert dieser Kasten auf den Europäischen Sicherheitsnormen. Diese Normen enthalten Auflagen für den Hersteller, sehen aber auch vor, dass die Eltern ihren Kindern bei den Experimenten mit Rat und Tat zur Seite stehen. Sagen Sie Ihrem Kind ausdrücklich, dass es alle relevanten Anweisungen und Sicherheitshinweise lesen und nachschlagebereit halten soll. Machen Sie es auch darauf aufmerksam, dass es die Hinweise und Regeln beim Experimentieren unbedingt einhalten muss. Unterstützen Sie ihr Kind beim Aufbau und Experimentieren mit diesem Elektronikasten – denn Experimente fördern und fordern Kinder heraus!

Wir wünschen viel Spaß und Gewinn beim Experimentieren!

Hallo Kinder!

Wir leben heute in einer Welt voller Elektronik. Es gibt kaum noch ein Gerät, das nicht zumindest einige elektronische Bauteile enthält. Besonders im Haushalt: Herd und Waschmaschine, Toaster und Staubsauger überwachen sich selbst dank Elektronik, und zahlreiche Geräte, von der Mikrowelle bis zum Fernseher, Smartphone, Drucker, Spielekonsole und Laptop funktionieren überhaupt nur dank Elektronik. Und erst recht kommen heute kein Flugzeug, kein Auto, kein Zug und kein Unternehmen mehr ohne Elektronik aus.

Elektronik ist in unserem Leben gegenwärtig und hält so vieles am Laufen, ohne das wir nicht mehr leben wollten: Zum Beispiel Licht auch nach Sonnenuntergang; gekühlte und damit lang lagerbare Lebensmittel aus dem Kühlschrank; die Möglichkeit, Musik zu jeder Zeit zu hören und das Internet.

Dabei gibt es elektronische Geräte erst seit etwas über 100 Jahren. In den letzten Jahren hat sich die Elektronik stürmisch entwickelt und immer kleinere, immer leistungsfähigere Geräte möglich gemacht. Und doch, dafür sprechen alle Anzeichen, steht sie noch immer erst am Anfang und wird uns in Zukunft zu technischen Möglichkeiten verhelfen, die wir uns heute noch nicht einmal erträumen können.

Die Versuche, die du mit den Teilen dieses Experimentierkastens durchführen kannst, geben dir einen Einblick in dieses spannende Themenfeld.

Alle die elektronischen Schaltungen, die du mit den Kastenteilen aufbaust, kannst du mit Strom aus Batterien betreiben; den gefährlichen Steckdosenstrom brauchst du nicht. Alle Teile funktionieren, wenn du sie richtig nach der Beschreibung aufbaust, auch so. Willst du genauer wissen, wie Transistoren, Leuchtdioden und die anderen Dinge funktionieren und was dabei unsichtbar in deren Inneren geschieht? Dann lies die Infokästen und die Texte auf den „Nachgehakt“-Seiten.

Viel Spaß beim Experimentieren!



Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Umschalter Art.-Nr. 705055	2	Je nach Stellung des Schaltknopfs sind jeweils zwei der drei Kontaktstecker elektrisch verbunden.	
Taster Art.-Nr. 705054	2	Beim Drücken des Knopfes sind die beiden Anschlüsse elektrisch verbunden.	
Rote Leuchtdiode (330 Ω) Art.-Nr. 723803	1	Sie sendet, wenn elektrischer Strom hindurchfließt, rotes Licht aus.	
Grüne Leuchtdiode (330 Ω) Art.-Nr. 723804	1	Sie leuchtet grün, wenn Strom hindurchfließt.	
Gelbe Leuchtdiode (330 Ω) Art.-Nr. 723805	1	Sie leuchtet gelb, wenn Strom hindurchfließt.	
Rote Glühbirne 6 Volt Art.-Nr. 714717	1	Sie sendet, wenn elektrischer Strom hindurchfließt, rotes Licht aus.	
Grüne Glühlampe 6 Volt Art.-Nr. 714718	1	Sie leuchtet grün, wenn Strom hindurchfließt.	
Gelbe Glühlampe 6 Volt Art.-Nr. 714719	1	Sie leuchtet gelb, wenn Strom hindurchfließt.	

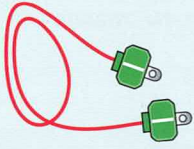
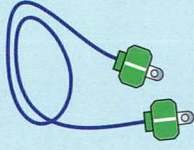
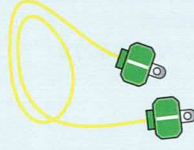
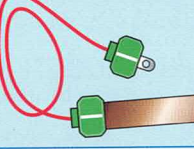
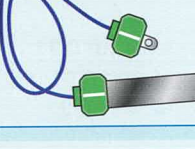
Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
NPN-Transistor Art.-Nr. 708800	2	Der Transistor ist ein grundlegender elektronischer Baustein. Er steckt, teils zu Tausenden, in elektronischen Geräten oder Computerchips. Er dient als Verstärker oder elektrischer Schalter und spielt bei deinen Versuchen eine wichtige Rolle. Er hat drei Anschlüsse, die du nicht verwechseln darfst!	
PNP-Transistor Art.-Nr. 712925	1	Ein Transistor ähnlich dem NPN-Typ, aber mit anderen Eigenschaften. Du musst jeweils aufpassen, welcher Transistor verwendet werden soll – meist ist es der NPN-Typ. Auch der PNP-Transistor hat drei Anschlüsse, die du nicht verwechseln darfst!	
Fototransistor Art.-Nr. 708803	1	Dieses Bauteil reagiert auf Licht: Es lässt elektrischen Strom je nach Beleuchtung mehr oder weniger gut durch.	
Diode Art.-Nr. 712926	1	Ein elektrisches Ventil, das Strom nur in einer Richtung durchlässt und in Gegenrichtung sperrt.	
Sound-Generator (IC) Art.-Nr. 708804	1	Dieser orangefarbene Baustein erzeugt Klänge unterschiedlicher Art, denn im Gehäuse arbeiten Dutzende von Transistoren auf komplizierte Weise zusammen.	
TIMER 555 Art.-Nr. 712927	1	Ein spezieller Baustein, mit dem man zahlreiche interessante Experimente ausführen kann.	



Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Widerstand 150 Ohm (150 Ω) Art.-Nr. 712940	2	Mit Widerständen lässt sich der Stromfluss regulieren. Es gibt sie daher in unterschiedlichen elektrischen Werten, die wir in „Ohm“ (Ω), „Kiloohm“ ($k\Omega$) oder Megohm ($M\Omega$) angeben. Achtung, jeweils den Widerstand mit dem angegebenen Wert einsetzen!	
Widerstand 5,6 Kiloohm (5,6 $k\Omega$) Art.-Nr. 712945	1		
Widerstand 10 Kiloohm (10 $k\Omega$) Art.-Nr. 712946	2		
Widerstand 22 Kiloohm (22 $k\Omega$) Art.-Nr. 708808	2		
Widerstand 68 Kiloohm (68 $k\Omega$) Art.-Nr. 712948	1		
Widerstand 100 Kiloohm (100 $k\Omega$) Art.-Nr. 712949	1		
Widerstand 220 Kiloohm (220 $k\Omega$) Art.-Nr. 712953			

Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung	
Elektrolyt-Kondensator 47 Mikrofarad (47 μF) Art.-Nr. 714733	1	Kondensatoren erfüllen in Schaltungen wichtige Aufgaben. Sie haben unterschiedliche elektrische Werte, die wir in „Mikrofarad“ (μF) angeben. Baue diese Kondensatoren nur wie in den Schaltungen gezeigt ein. Achte auf den richtigen Wert und das + -Zeichen, sonst können sie beschädigt werden.		
Elektrolyt-Kondensator 470 Mikrofarad (470 μF) Art.-Nr. 712954	1			
Elektrolyt-Kondensator 100 Mikrofarad (100 μF) Art.-Nr. 708810	1			
Elektrolyt-Kondensator 10 Mikrofarad (10 μF) Art.-Nr. 712955	2			
Kondensator 1 Mikrofarad (1 μF) Art.-Nr. 714740	1		Bei diesen Kondensatoren ist es gleich, wie herum du sie einbaust.	
Kondensator 0,1 Mikrofarad (0,1 μF) Art.-Nr. 708812	1			
Kondensator 0,01 Mikrofarad 0,01 μF) Art.-Nr. 712956	1			



Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Rotes Verbindungskabel mit Steckern Art.-Nr. 706428	1	Zum Verbinden der elektrischen Teile. An den Enden sitzen Kontakte, die in die grünen Kreuz-Verbinder passen. Es wird kurz als „ rotes Kabel “ bezeichnet und sollte vor allem für Verbindungen zum oder am Pluspol verwendet werden.	
Blaues Verbindungskabel mit Steckern Art.-Nr. 706429	1	Wie das rote Verbindungskabel mit Steckern, nur in einer anderen Farbe. Im Text wird es kurz als „ blaues Kabel “ bezeichnet. Es sollte vor allem für Verbindungen zum und am Minuspol verwendet werden.	
Gelbes Verbindungskabel mit Steckern Art.-Nr. 713311	1	Wie rotes und blaues Verbindungskabel mit Steckern, nur in gelber Farbe. Im Text wird es kurz als „ gelbes Kabel “ bezeichnet. Nutze es für Verbindungen innerhalb der Schaltung, die nicht ausgesprochen mit dem Plus- oder Minuspol zu tun haben.	
Kabel mit Kupferblech Art.-Nr. 712957	1	Dieses Kabel trägt an einem Ende ein Kupferblech.	
Kabel mit Zinkblech Art.-Nr. 712957	1	Dieses Kabel trägt an einem Ende ein Zinkblech.	

Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Spule Art.-Nr. 714726	2	Spulen mit jeweils mehreren hundert Windungen dünnen Kupferdrahts, dessen Enden zu den Kontaktsteckern führen.	
Eisenkern Art.-Nr. 714727	1	Ein länglicher Eisenkern zum Einstecken in das Mittelloch der Spulen.	
Eisenstäbchen Art.-Nr. 714734	2		
Kompass Art.-Nr. 000276	1	Kompass mit leicht beweglicher Nadel zum Anzeigen von magnetischen Kräften.	
Stabmagnet rot-blau Art.-Nr. 706423	2	Ein starker Stabmagnet mit Nordpol (rot) und Südpol (blau). ACHTUNG! Verschluckte Magnete können sich im Darm gegenseitig anziehen und schwere Verletzungen verursachen. Ziehen Sie sofort einen Arzt zu Rate, wenn Magnete verschluckt werden.	
Magnetisches Pulver Art.-Nr. 704449	1	Feines Eisenoxidpulver in einem versiegelten Behälter. Es dient zum Sichtbarmachen magnetischer Kräfte.	



Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Messgerät Art.-Nr. 712937	1	Mit diesem Vielfachmessgerät kannst du Spannung und Stromstärke messen. Es besitzt drei umschaltbare Messbereiche: 10 Volt (10 V) für Spannungsmessungen, 100 Milliampere (100 mA) für Stromstärkemessungen und 500 Mikroampere (500 μ A) für besonders geringe Stromstärken. <i>Du musst mit diesem Instrument vorsichtig umgehen und jeweils die Angaben in der Versuchsanleitung befolgen, sonst könnte es beschädigt werden.</i>	
Wechselstrom-Generator Art.-Nr. 714716	1	Dieses Gerät erzeugt aus dem Batteriestrom den nötigen Wechselstrom für die Wechselstrom-Versuche. Mit ihm kannst du auch die Frequenz (Schwingungszahl) des Wechselstroms steuern. Der Wechselstrom-Generator besitzt einen Bereichsschalter mit drei Stellungen, mit dem du grob die Frequenz des Wechselstroms einstellen kannst: Ganz links ist die langsamste Frequenz, ganz rechts die schnellste. Mit dem Knopf kannst du die Frequenz fein regeln.	
Potenzimeter (Poti) 100 kΩ Art.-Nr. 712934	1	Ein stufenlos regelbarer Widerstand von maximal 100 Kiloohm.	

Bauteil-Bezeichnung	Stück	Bauteil-Beschreibung	Bauteil-Abbildung
Lautsprecher Art.-Nr. 708805	1	Er macht die Klänge aus dem Sound-Generator und noch einiges andere hörbar.	
Becher Art.-Nr. 714725	1	Ihn benutzt du für alle Versuche, in welchen Flüssigkeiten zum Einsatz kommen.	
Trenner Art.-Nr. 706078	1	Mit diesem Teil kannst du Bauteile voneinander trennen, ohne die Kontaktstellen zu verbiegen. Schiebe den Trenner dazu senkrecht zwischen die Teile und kippe ihn dann leicht in eine Richtung ab.	

ACHTUNG!
Verbinde das Messgerät in Stellung Stromstärkemessung (100 mA oder 500 μ A) niemals direkt mit dem Batteriekasten oder dem Wechselstrom-Generator! Der starke Strom würde das empfindliche Messwerk zerstören!



TIPPS UND TRICKS



Tipps zum Aufbau der Schaltungen

- Suche dir zuerst anhand der Aufbauzeichnungen **alle benötigten Teile** zusammen, während die anderen in der Packung des Kastens bleiben.
- Lege die Teile, die du zusammenstecken willst, auf eine glatte Tischplatte und zwar mit den weiß aufgedruckten Symbolen nach oben. Schiebe sie dann so zueinander, dass die weißen Striche genau aufeinander treffen. Nun sollten sie sich ohne viel Mühe ineinanderfügen. Wende keine Gewalt an.
- Halte dich beim Zusammenbau genau an die Zeichnungen. Achte dabei auch auf die genaue Position der Bauelemente: Besonders LEDs, Dioden, Transistoren, IC und Kondensatoren müssen **exakt so eingebaut werden**, wie sie abgebildet sind.
- Wenn du alles komplett zusammengesetzt hast, **kontrolliere** nochmals die gesamte Schaltung: Hast du die richtigen Bauteile (und auch die richtigen Widerstands- bzw. bei den Kondensatoren die richtigen Kapazitätswerte) verwendet? Ist kein Bauteil falsch herum eingebaut? Wurde keine Verbindung vergessen?
- Erst wenn alles klar ist, schließt du den **Batteriekasten** an oder schaltest den Aufbau mit dem Umschalter ein.
- Funktioniert die Schaltung nicht wie angegeben, **schalte sofort aus** und prüfe nochmals nach. Der Kasten nebenan hilft dir nun weiter.
- Lass die Schaltungen **nicht zu lange eingeschaltet**, vor allem nicht über Nacht. Sie verbrauchen mehr oder weniger Strom und leeren mit der Zeit die Batterie.
- Willst du die **Bauteile trennen**, kannst du sie einfach in gerader Richtung auseinanderziehen. Funktioniert das nicht gut, weil sich etwas verklemmt hat, hilft der Trenner: In den Schlitz schieben und etwas drehen, schon lösen sich die Bausteine voneinander. Wende niemals Gewalt an, du könntest das empfindliche Innere der Bauteile beschädigen!



Tipps zur Fehlersuche

Funktioniert die Schaltung nicht wie angegeben, schalte sie sofort aus und prüfe sie nochmals nach.

Häufige Fehler sind:

- Eine oder mehrere LEDs sind falsch herum eingesetzt. Achte auf die Richtung des Pfeilsymbols!
- Die Batterien sind zu schwach. Im Versuch 51 („Batterietester“) findest du eine Anleitung, wie du sie prüfen kannst.
- Andere Bauteile wurden falsch eingesetzt, etwa Widerstände und Kondensatoren mit falschen Werten.
- Verbindungskabel wurden vergessen oder an falscher Stelle eingesteckt.
- Fehler beim Zusammenbau der Teile: Kontrolliere anhand des Bauplans genau, ob alles richtig ist.
- Eines oder mehrere Teile haben keinen Kontakt. Prüfe nach, ob vielleicht ein Stecker aus dem Schlitz gerutscht ist.



Einlegen und Wechseln der Batterien:

Zum Öffnen des Batteriefachs benötigst du einen kleinen Kreuzschlitz-Schraubendreher. Bitte einen Erwachsenen um Hilfe, wenn du noch nie einen solchen Schraubendreher benutzt hast.

1. Öffne das Batteriefach an der Schraube vorsichtig mit einem Kreuzschlitz-Schraubendreher und klappe den Batteriefach-Deckel auf.
2. Lege die vier Batterien nacheinander mit der richtigen, im Batteriefach angezeichneten Polarität (+ zu + und - zu -) in das Batteriefach ein.
3. Überprüfe, ob alle Batterien korrekt mit ihrem Minus- und Pluspol eingelegt wurden.
4. Klappe den Batteriedeckel wieder zu und schraube ihn mit dem Schraubendreher zu.



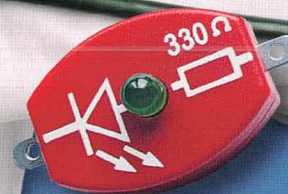
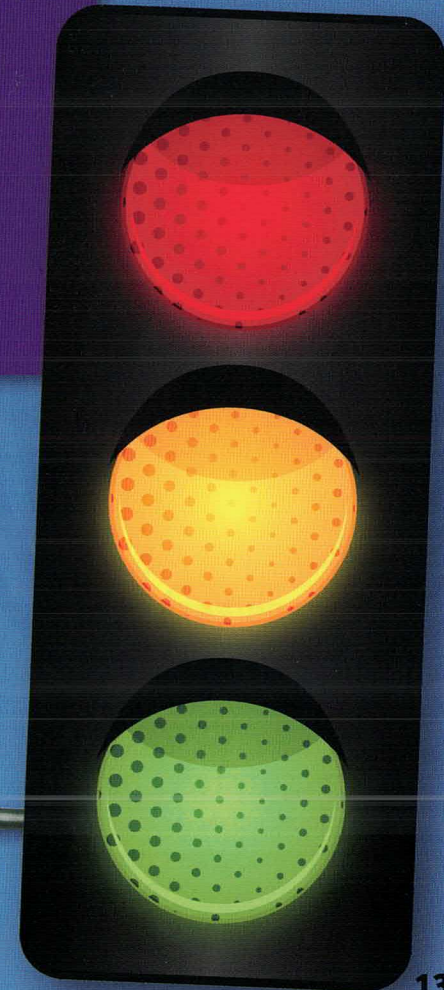
ACHTUNG!

Beachte die Hinweise zum Umgang mit Batterien auf Seite 2!



Strom fließt - Licht an

Elektrischer Strom ist ein geheimnisvolles und unsichtbares Etwas und doch kann er viele interessanten Dinge leisten. Um diese richtig zu verstehen, musst du natürlich erst einmal lernen, wie elektrischer Strom fließt und wie man ihn beeinflussen kann. Dazu dienen die Versuche in diesem ersten Kapitel.



Strom fließt im Kreis herum

Schau dir deine elektrischen Bauteile an: Alle haben mindestens zwei Anschlüsse. Warum reicht eigentlich nicht ein einziger?

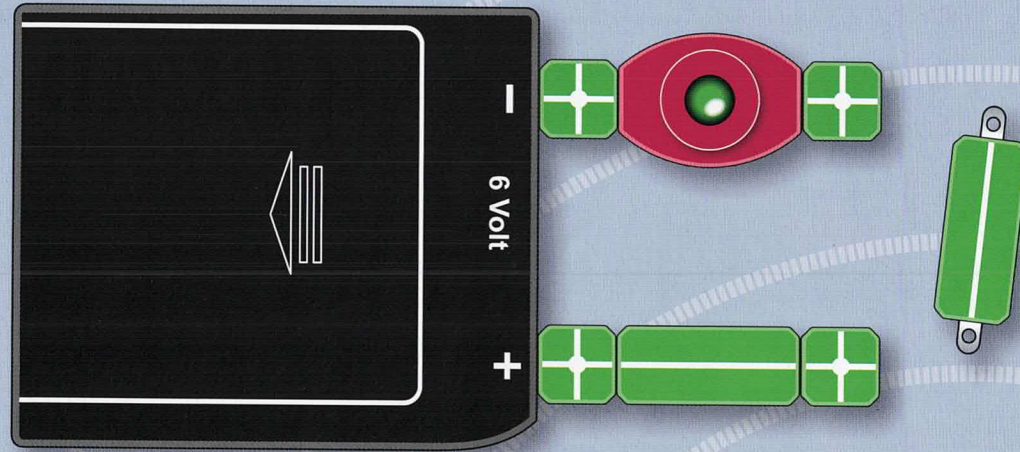
SO GEHT'S

Stecke den Aufbau zusammen. Obwohl das Lämpchen mit der Batteriebox verbunden ist, brennt es nicht. Füge zwischen den beiden freien Kreuzverbindern einen I-Verbinder ein - nun leuchtet das Lämpchen auf.

Tausche den I-Verbinder nun mit einem Umschalter und schiebe den Schaltknopf des Umschalters hin und her.

WAS PASSIERT ?

Strom muss immer im Kreis fließen. Wenn dieser Kreislauf – man nennt ihn **Stromkreis** – nicht geschlossen ist, tut sich nichts. Schon eine Unterbrechung an einer einzigen Stelle reicht dafür. Daher leuchtet das Lämpchen erst, nachdem du durch den I-Verbinder oder das Schalten des Umschalters den Stromkreis geschlossen hast.



SCHALTUNG ...

...nennen Elektriker und Elektrikerinnen die Anordnung der miteinander verbundenen Bauteile. In diesem Versuch etwa bilden Batteriebox und Lämpchen (und im zweiten Teil des Versuchs auch der Umschalter) die Schaltung. Diese Bauteile sind mithilfe der grünen Verbinder „zusammengeschaltet“. Selbst wenn eine solche Anordnung vielleicht nicht einmal einen Schalter enthält (wie im ersten Teil dieses Versuchs), spricht man dennoch von einer Schaltung.

VERSUCH 3

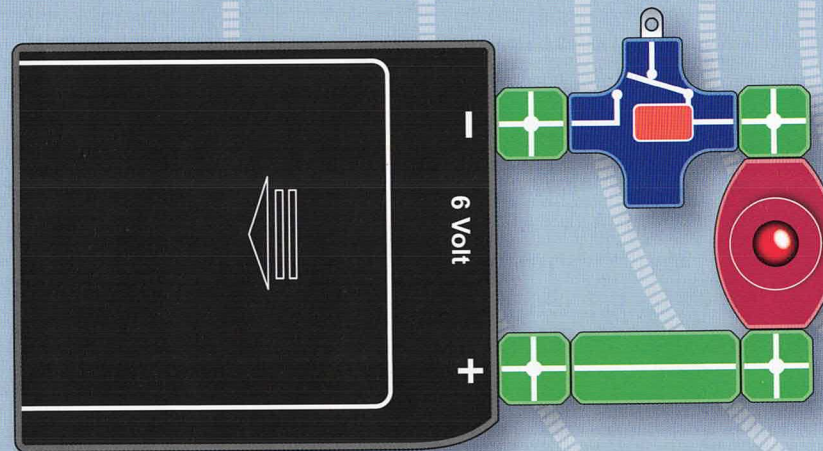
Stromfluss nach Wunsch

Wenn du eine elektrische Lampe ein- oder ausschalten möchtest, betätigst du einen Schalter. Was macht der eigentlich genau?

SO GEHT'S

Baue den Stromkreis auf und schiebe den Schaltknopf des Umschalters hin und her.

Sitzt er links – leuchtet das Lämpchen. Sitzt er rechts, ist es dunkel.



WAS PASSIERT ?

Strom fließt nur in einem geschlossenen Stromkreis. Durch Schalten am Umschalter kannst du den Stromkreis auf einfache Weise öffnen und schließen und so das Lämpchen auf Wunsch leuchten lassen – genau das ist die Aufgabe von Schaltern an elektrischen Einrichtungen und Geräten.

WAS FLIESST IM ELEKTRISCHEN STROM?

Elektrischer Strom ist unsichtbar, man bemerkt nur seine Wirkungen. Daher war lange Zeit ein Geheimnis, was er eigentlich ist. Heute ist dieses Rätsel längst gelöst: Es ist eine Strömung von **Elektronen**. Das sind superwinzige Teilchen, weit kleiner und beweglicher als Atome. Elektronen sind sozusagen die kleinsten Bausteine der Elektrizität – so wie Atome und Moleküle die kleinsten Bausteine der uns umgebenden Welt sind.

Du kannst dir die **Elektronen vorstellen wie Wasser in einem Rohr**. Wenn es irgendwo, etwa durch eine Pumpe, in Bewegung gesetzt wird, beginnt es durchs Rohr zu strömen. Und diese Wasserströmung kann nun an anderer Stelle zum Beispiel ein kleines Wasserrad in Drehung versetzen.

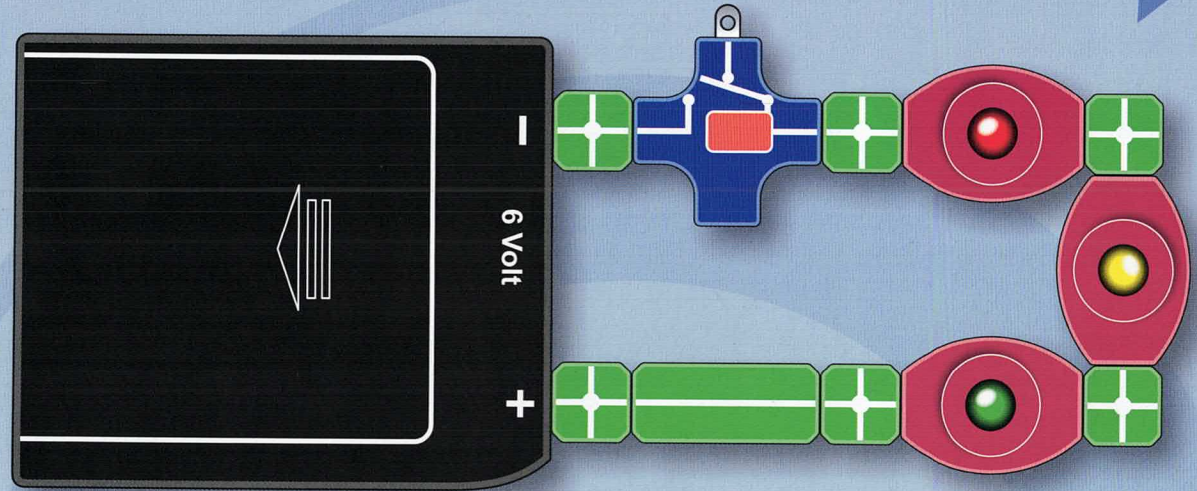
Auch für die Elektrizität gibt es so etwas wie Pumpen, zum Beispiel Batterien. Sie treiben Elektronen durch die Drähte in den Kabeln.

Drei Lampen in Reihe

Dein Kasten enthält drei unterschiedlich farbige Lämpchen. Ob du auch alle drei in einen Stromkreis einbauen und zum Leuchten bringen kannst?

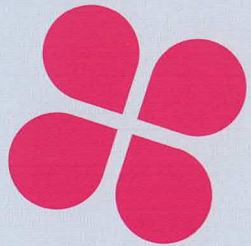
SO GEHT'S

Nach dem Einschalten leuchten alle drei Lämpchen auf, allerdings viel schwächer als das eine Lämpchen im vorigen Versuch.



WAS PASSIERT?

Die Lämpchen sind im Stromkreis hintereinander angeordnet. Man nennt das eine **Reihenschaltung**. Der Strom muss dabei erst das eine, dann die anderen Lämpchen durchqueren. Daher fließt weniger Strom – oder, wie der Elektriker sagt: Die Stromstärke ist geringer.



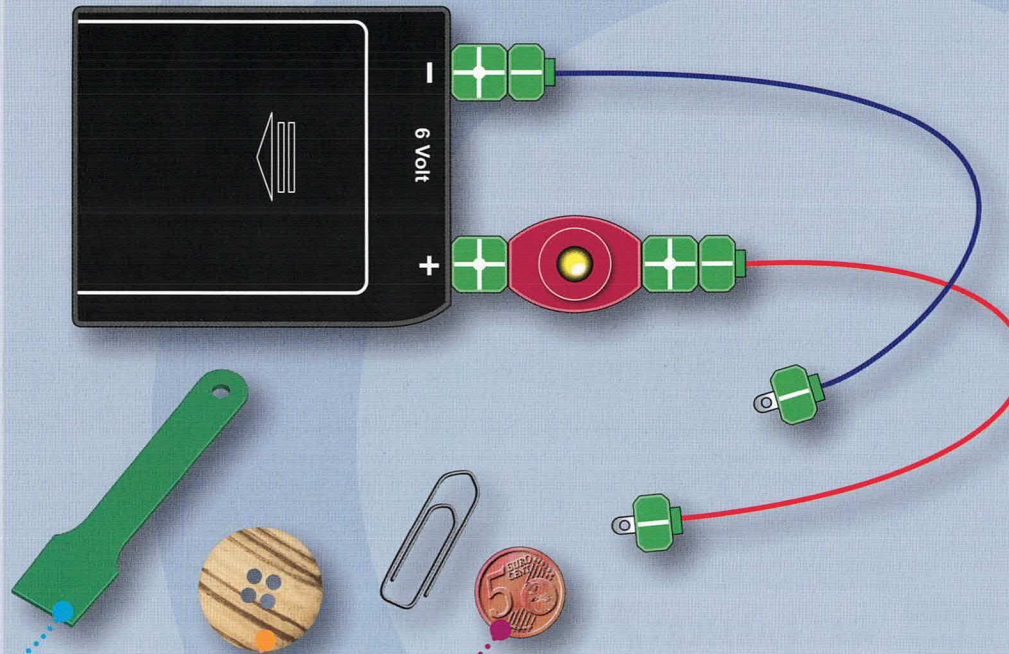
VERSUCH 5

Wege für den Strom

Beim Zusammenstecken der Bauteile hast du sicher schon bemerkt, dass sich die Metallteile berühren müssen, damit der Strom fließt. Offenbar leiten nicht alle Materialien den Strom gut. Probiere aus, was gute Strom-Leiter sind.

SO GEHT'S

Drücke die Metallteile der Verbindungskabel aufeinander: Das Lämpchen leuchtet. Nach diesem ersten Test kannst du nun diverse Materialien aus dem Haushalt auf ihre Leitfähigkeit testen, etwa Porzellan, Alu-Folie, Gabeln, Glas, Holz, Papier, Pappe, Kunststoff, Kork, Nägel, Münzen.
Was fällt dir auf?



WAS PASSIERT?

Nur Gegenstände aus Metall bringen das Lämpchen zum Leuchten. Anderen Stoffe leiten Strom nicht. Auch in den grünen Verbindern steckt unter dem Kunststoff Metalldraht, der die Laschen verbindet.

LEITER UND NICHT-LEITER

Stoffe, die Strom gut leiten, nennt man „**Leiter**“. Dazu zählen zum Beispiel Metalle.

Stoffe, die den Strom nur sehr schlecht leiten, heißen entsprechend „**Nichtleiter**“. Dazu gehören Kunststoffe, Luft, Glas, Holz und andere Materialien. Man kann sie etwa als Isolatoren verwenden, also als Materialien, die dem Strom unerwünschte Wege zu versperren.

In der Elektronik spielt noch eine dritte Sorte von Stoffen eine grundlegende Rolle, nämlich sogenannte **Halbleiter**. Denn aus ihnen kann man Bauteile herstellen, mit denen man den Elektronenfluss gezielt steuern kann, etwa Dioden, Transistoren und Computerchips. Das wohl **wichtigste Halbleiter-Material** ist **extrem gereinigtes Silizium**, das man aus Quarzsand herstellt. Auch deine Transistoren bestehen aus Silizium.

Batterien im Gänsemarsch

In deinem Stromkasten sitzen mehrere Batterien drin – hätte nicht auch eine gereicht?

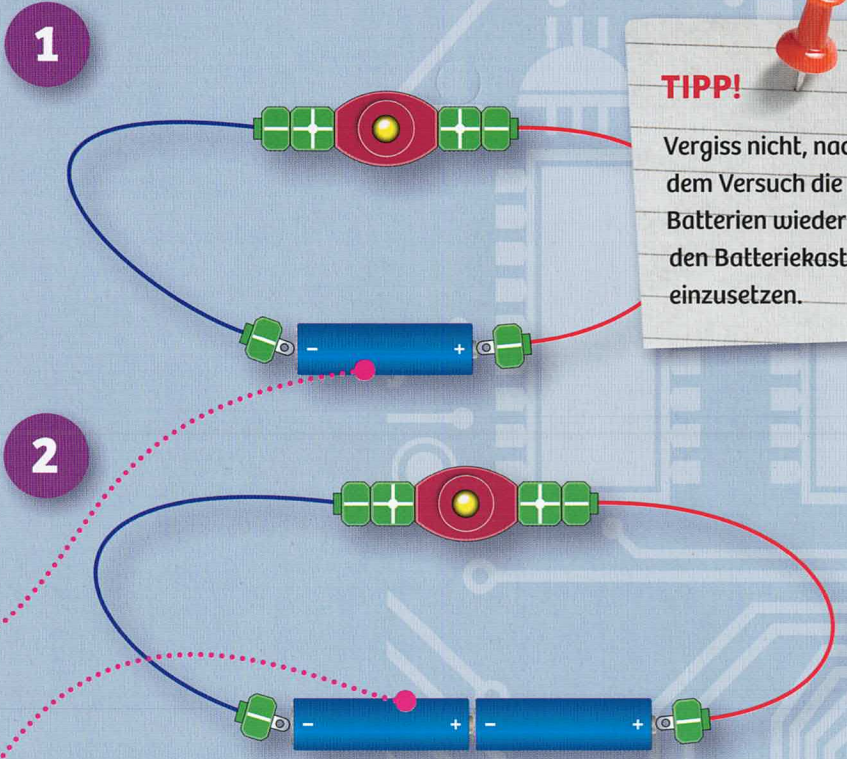
SO GEHT'S

Nimm die Batterien aus dem Batteriekasten. Jede hat zwei unterschiedliche metallene Anschlüsse. Man nennt diese Anschlüsse „Pole“. Eine ist mit einem Pluszeichen (+) gekennzeichnet und besitzt eine Nase (Pluspol), der andere trägt ein Minuszeichen (-) und ist glatt (Minuspol).

Lege eine Batterie auf den Tisch. Verbinde die beiden Pole der Batterie mit dem gelben Lämpchen, indem du die Metalllaschen der Verbindungskabel gegen die Batterieanschlüsse drückst. Es glimmt nur schwach auf.

Lege nun zwei Batterien so aneinander, dass die Nase (Pluspol) der rechten Batterie an den glatten Anschluss (Minuspol) der linken Batterie stößt. Verbinde die beiden äußeren Pole wieder mit dem Lämpchen. Jetzt leuchtet es heller.

Teste auf die gleiche Art auch drei und vier verbundene Batterien.



TIPP!
Vergiss nicht, nach dem Versuch die Batterien wieder in den Batteriekasten einzusetzen.

ELEKTRISCHE SPANNUNG
Die elektrische Spannung wird in der Maßeinheit Volt (abgekürzt „V“) angegeben. Jede deiner Batterien liefert 1,5 Volt.
Korrekt in Reihe geschaltete Batterien addieren ihre Spannungen. Dein Batteriekasten mit vier Batterien produziert daher sechs Volt Spannung.
Der Strom aus der Steckdose hat sogar 230 Volt und ist deshalb lebensgefährlich!

WAS PASSIERT?
Je mehr Batterien in Reihe geschaltet sind, desto heller leuchtet das Lämpchen. Das kommt daher, weil eine Batterie den Strom mit einem bestimmten „Druck“ durch den Stromkreis schickt. Man nennt diesen Druck „elektrische Spannung“. Dazu ist auch wichtig, dass immer ein Pluspol mit einem Minuspol der anderen Batterie verbunden ist. Andernfalls wäre es so, als ob in einem Pferdegespann drei Pferde in eine Richtung und eines in Gegenrichtung ziehen.
Die elektrische Spannung einer Stromquelle muss immer auf die verträgliche Spannung der angeschlossenen Geräte abgestimmt sein.

PLUS UND MINUS
Stromquellen haben immer zwei Anschlüsse. Nur wenn die Anschlüsse verbunden sind, fließt Strom. Dann können die Elektronen von einem Anschluss zum anderen strömen und mit ihrer Strömungskraft z. B. ein Lämpchen zum Leuchten bringen. Unterbricht man allerdings den Stromkreis an irgendeiner Stelle, stoppt der Stromfluss sofort.

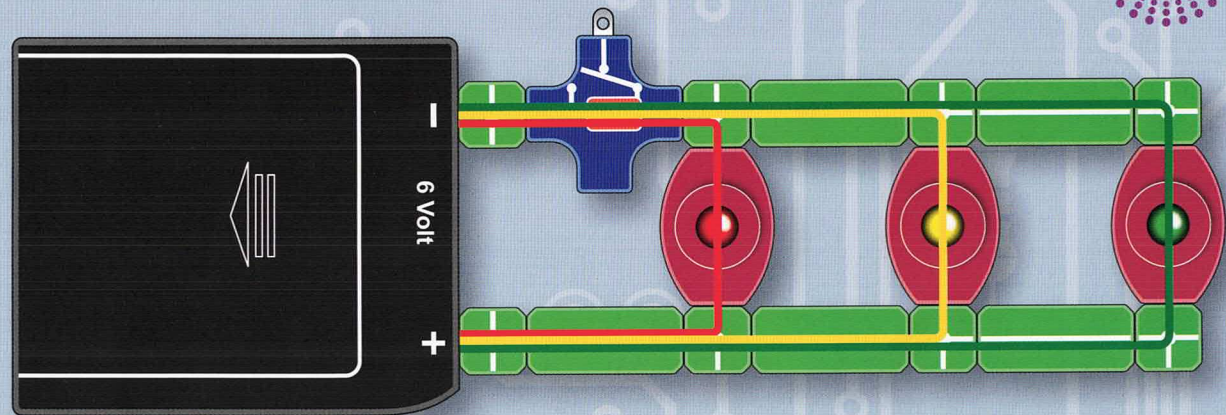
VERSUCH 7

Drei Lampen mit voller Leuchtkraft

Vielleicht bedauerst du, dass in Versuch 3 die drei Lämpchen nicht alle in voller Kraft strahlten. Es gibt aber einen Trick, das doch zu erreichen.

SO GEHT'S

Stecke alle Bauteile gemäß der Zeichnung zusammen. Lege den Schalter im Stromkreis um: Die Lämpchen strahlen nach dem Einschalten alle drei mit voller Stärke!



WAS PASSIERT ?

Du hast, wie die Zeichnung zeigt, drei Stromkreise aufgebaut. Der erste führt durch das rote Lämpchen, der zweite durch das gelbe, der dritte durch das grüne. Dadurch ist jedes Lämpchen direkt mit beiden Anschlüssen der Batterie verbunden.

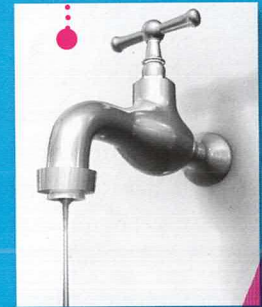
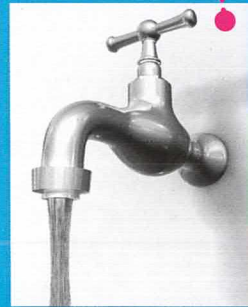
Durch jedes Lämpchen fließen etwa 60 Milliampere (abgekürzt „mA“), der Batteriekasten muss also 180 mA ($3 \times 60\text{mA}$) liefern.

STROM IN UNTERSCHIEDLICHEN STÄRKEN

Wasser kann in **starkem Strahl** oder in **dünnem Rinnsal** strömen. Entsprechend kann auch der elektrische Strom mit mehr oder weniger großer Stärke durch einen Stromkreis fließen.

Man misst die elektrische Stromstärke in der Einheit **Ampere** (sprich „ampeere“; abgekürzt „A“) oder **Milliampere** („mA“); dabei entspricht ein Ampere 1000 Milliampere.

In einem von dir aufgebauten Stromkreis mit einem Lämpchen fließen etwa 60 mA.



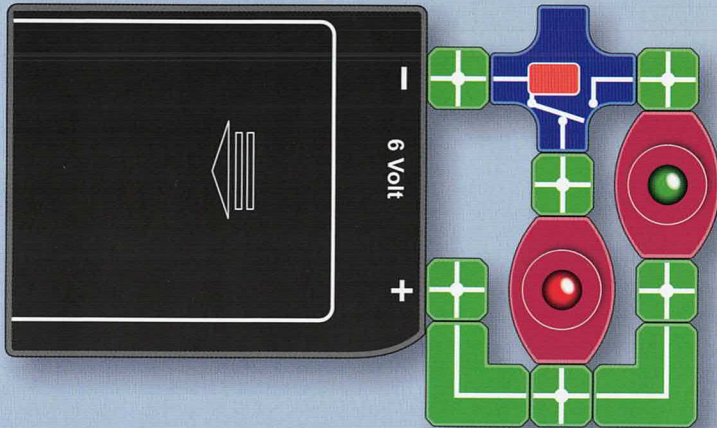
VERSUCH 8

Rot oder Grün

Möchtest du abwechselnd ein rotes oder ein grünes Licht schalten? Das kannst du ganz elegant mit dem Umschalter erledigen.

TIPP!

Lasse die Lämpchen nicht zu lange brennen, sonst sind deine Batterien bald leer.



SO GEHT'S

Stecke alle Bauteile zusammen: Eines der beiden Lämpchen wird immer leuchten, egal wohin du den Schaltknopf schiebst. Schiebe den Schaltknopf des Umschalters in die andere Stellung – und schon leuchtet das andere Lämpchen.

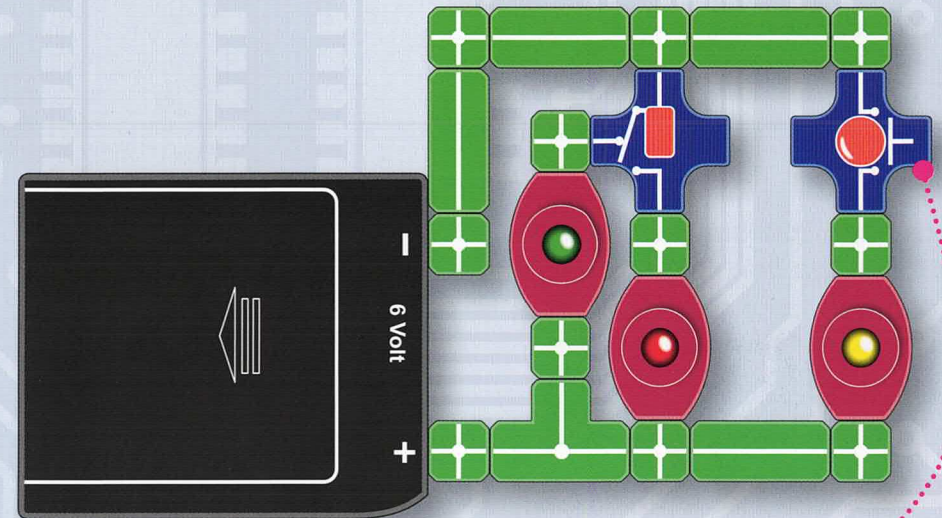
WAS PASSIERT?

Der Umschalter erlaubt dir, zwischen zwei Stromkreisen umzuschalten – dem Stromkreis, der durchs rote Lämpchen fließt und dem, der das grüne Lämpchen mit Strom versorgt.

VERSUCH 9

Handgeschaltete Verkehrsampel

Rot, Grün, Gelb – das sind bekanntlich die Farben der Verkehrsampeln. Baue eine Ampelsteuerung auf, die Rot oder Grün einschaltet und auf Wunsch auch Gelb.



SO GEHT'S

Baue die Schaltung auf und probiere Umschalter und Taster aus – mal getrennt und mal zusammen..

WAS PASSIERT?

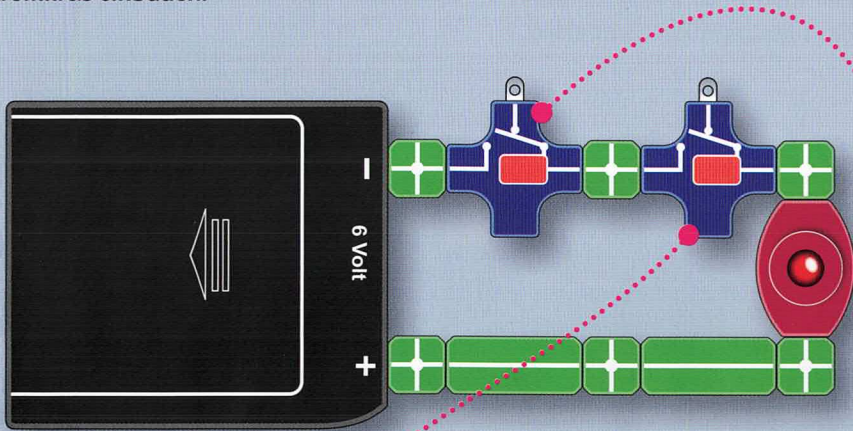
Der Umschalter lässt dir die Wahl, das rote oder das grüne Lämpchen mit Strom zu versorgen. Der Taster schaltet das gelbe Lämpchen dazu.

VERSUCH 10

Schalter in Reihe

Statt der Lämpchen kannst du die Umschalter nacheinander in einen Stromkreis einbauen.

Schalter 1	Schalter 2	Lämpchen
links	rechts	aus
rechts	rechts	aus
rechts	links	aus
links	links	leuchtet



SO GEHT'S

Probiere verschiedene Stellungen der beiden Schaltknöpfe aus. Bei welcher Kombination leuchtet das Lämpchen?

WAS PASSIERT?

Die Tabelle zeigt: Nur in einer der vier möglichen Stellungen ist der Stromkreis geschlossen, das Lämpchen leuchtet.

In der Elektrotechnik nennt man eine solche Reihenschaltung der Schalter eine **UND-Schaltung**, weil der Strom nur fließt, wenn **Schalter 1 und Schalter 2** geschlossen sind.

VERSUCH 11

Der eine oder der andere

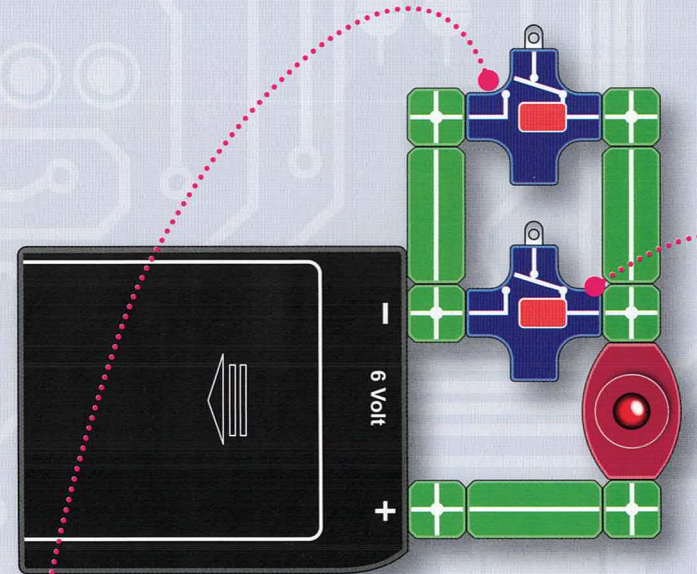
Wie verhält sich der Stromkreis, wenn man die Schalter parallelschaltet?

Schalter 1	Schalter 2	Lämpchen
rechts	links	leuchtet
links	links	leuchtet
links	rechts	leuchtet
rechts	rechts	aus

TIPP!

Schaltknopf rechts = aus bzw. geöffnet

Schaltknopf links = ein bzw. geschlossen



SO GEHT'S

Probiere wieder die verschiedenen Schalterstellungen aus. Wann leuchtet das Lämpchen?

WAS PASSIERT?

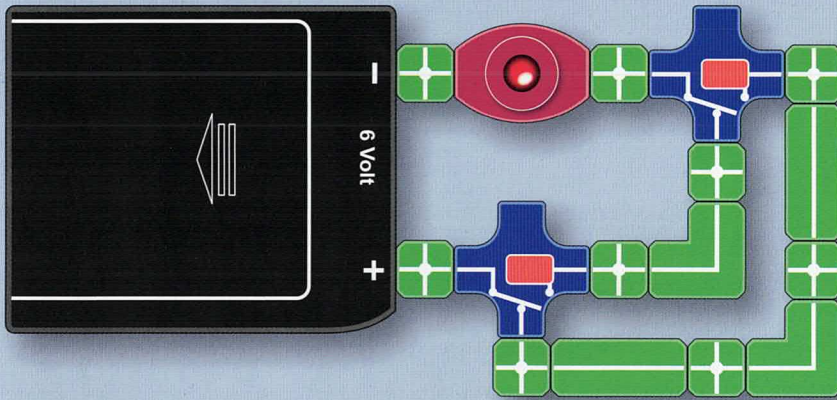
Diesmal leuchtet das Lämpchen in fast allen Schalterstellungen – nur dann nicht, wenn beide Schalter geöffnet sind. Man nennt das eine **ODER-Schaltung**, weil der Strom fließt, wenn **Schalter 1 oder Schalter 2** geschlossen ist.



VERSUCH 12

Licht im Wechsel geschaltet

Stelle dir einen langen Gang in einer Wohnung oder einem Haus vor: Du möchtest das Licht von mehreren Stellen dieses Gangs anschalten können. Dieser Versuch zeigt dir im Kleinen, wie das klappen kann:



SO GEHT'S

Baue die Schaltung auf. Nun kannst du mit jedem Schalter das Lämpchen ein- oder ausschalten.

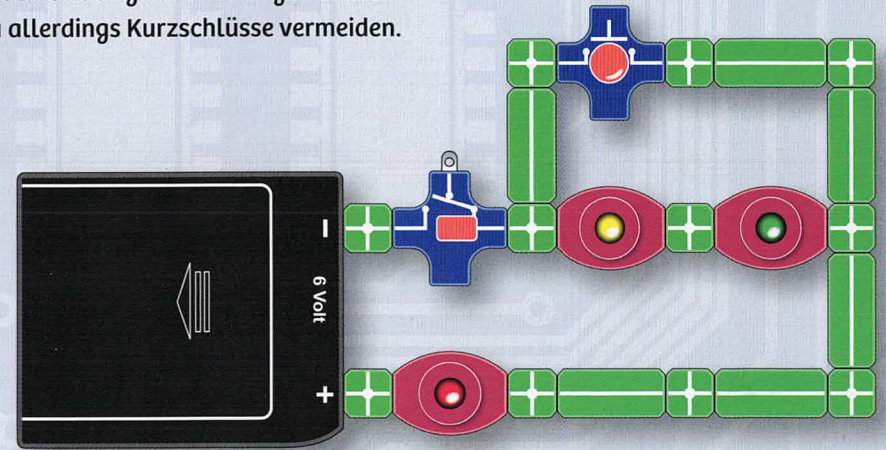
WAS PASSIERT ?

Verfolge für jede Schalterstellung den Stromlauf. Du siehst, dass jeder Schalter jeweils den Stromkreis öffnen und schließen kann, unabhängig von der Stellung des anderen Schalters. Diese Verbindung zweier Schalter heißt **Wechselschaltung**.

VERSUCH 13

Kurzer Weg

Als Elektro-Profi musst du unbedingt ein bestimmtes Wort kennen: **Kurzschluss**. In deinen übrigen Schaltungen solltest du allerdings Kurzschlüsse vermeiden.



SO GEHT'S

Schalte ein: Alle drei Lämpchen glimmen schwach, denn sie sind in Reihe geschaltet.

Drücke den Taster – das gelbe und das grüne Lämpchen erlöschen, dafür strahlt das rote hell und warnend auf.

WAS PASSIERT ?

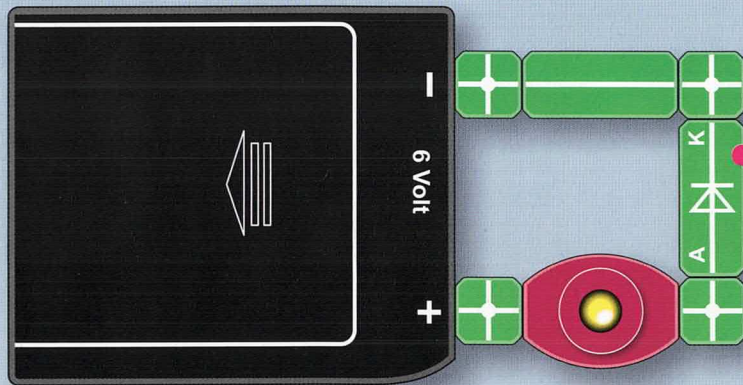
Mit dem Tasterdruck überbrückst du das gelbe und das grüne Lämpchen. Sie leuchten nun nicht mehr, weil der Strom den einfacheren Weg über den Taster nimmt – er muss sich dann nicht durch die Glühfäden zweier Lämpchen bewegen.

Weil er nun nur noch das rote Lämpchen versorgen muss, steigt die Stromstärke kräftig an, und das rote Lämpchen strahlt hell.

VERSUCH 14

Elektrisches Ventil

In diesem Versuch lernst du ein neues Bauteil kennen, die **Diode**. Teste ihr Verhalten im Stromkreis.



SO GEHT'S

Baue die Schaltung laut Bauplan zusammen: Das Lämpchen leuchtet. Nimm nun die Diode heraus und setze sie umgedreht wieder ein, also mit Pfeilrichtung zum Lämpchen. Jetzt leuchtet es nicht.

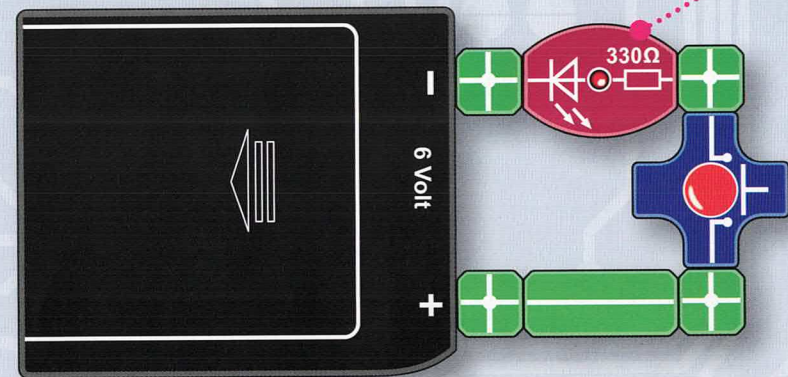
WAS PASSIERT ?

Die Diode arbeitet als **elektrisches Ventil** – ähnlich wie das Ventil am Fahrradreifen. Die Diode lässt den Strom nur in eine Richtung hindurch – und zwar wenn der Pfeil auf der Diode vom Pluspol zum Minuspol zeigt. Anders herum eingesetzt sperrt sie den Stromfluss.

VERSUCH 15

Auf die Richtung kommt es an

Leuchtdioden (abgekürzt „LEDs“) findet man heute in vielen Lampen und Elektronikgeräten. Und natürlich sind auch diesem Kasten drei davon beigegeben. Probiere sie gleich aus!



SO GEHT'S

Setze zum Test zunächst die rote LED wie in der Zeichnung ein – nämlich so, dass der Pfeil zum Minusanschluss der Batterie weist. Drücke den Taster: Sie leuchtet.

Baue sie nun anders herum ein, also mit dem Pfeil zum Plusanschlussweisend. Auch bei Tasterdruck bleibt sie nun dunkel.

Teste auf gleiche Weise auch die grüne und die gelbe LED.

WAS PASSIERT ?

Ein Glühlämpchen könntest du beliebig einbauen, ihm ist es egal, in welcher Richtung der Strom den Glühfaden durchfließt. Eine LED aber ist ein **elektrisches Ventil** - eine Diode. Daher heißt sie auch Leuchtdiode. Sie lässt den Strom nur in einer Richtung passieren. Anders als deine Diode aus Versuch 14 und andere Dioden aber sendet sie bei Stromfluss auch Licht aus.

VERSUCH 16

Pol-Forscher

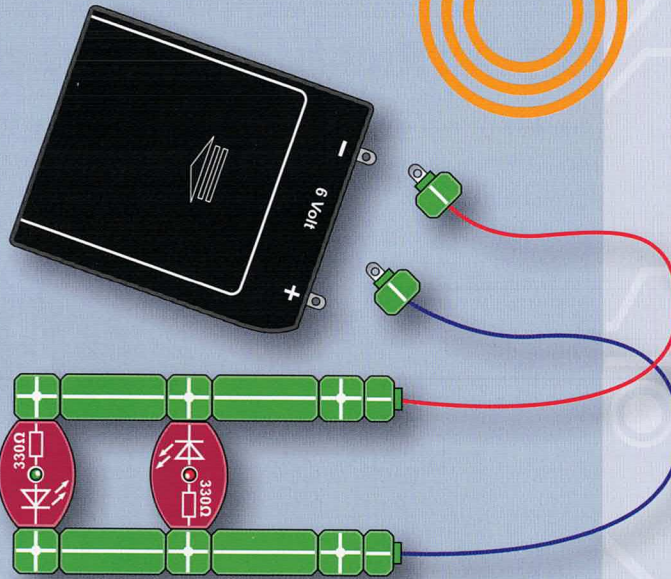
Manchmal möchte man bei einer nicht gekennzeichneten Batterie wissen, welches der Pluspol und welches der Minuspol ist. Mit LEDs kannst du das leicht ermitteln, denn nur wenn Strom in der richtigen Richtung durch sie fließt, leuchten sie auch.

SO GEHT'S

Halte die Metalllaschen der beiden Kabel an die Batterieanschlüsse. Leuchtet die grüne LED, ist das rote Kabel mit dem Pluspol, das blaue mit dem Minuspol verbunden. Ist die Polung vertauscht, warnt die rote LED durch Aufleuchten.

WAS PASSIERT ?

Die LEDs sind gegeneinander geschaltet – egal wie herum der Strom fließt, eine ist immer für den Stromfluss offen und leuchtet auf. Üblicherweise aber sollte das rote Kabel an Plus und das blaue (bzw. dunkle) Kabel mit Minus verbunden sein. So hat man sich in der Elektronik geeinigt, und auch du vermeidest Schaltfehler, wenn du dich bei deinen Experimenten an diese Regel hältst.



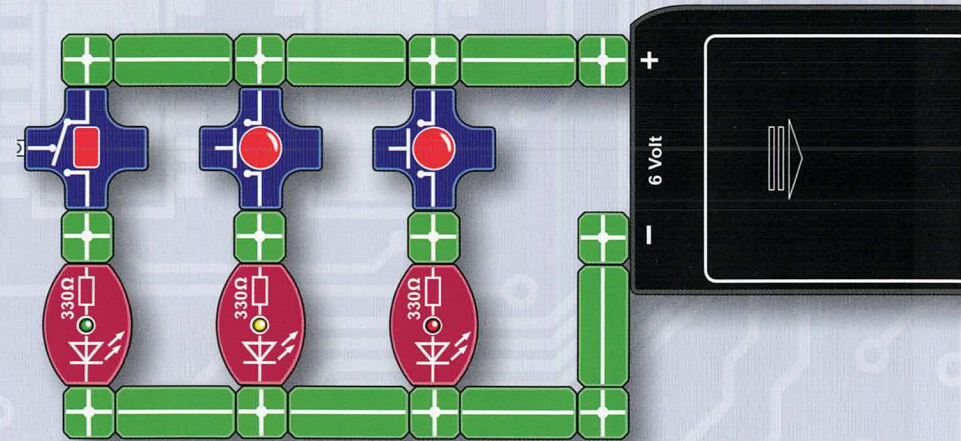
ACHTUNG!

Verbinde die Kabel auf keinen Fall mit einer Steckdose! Dann besteht Lebensgefahr!

VERSUCH 17

Die LED-Ampel

Du hast LEDs in allen drei Ampelfarben. Du kannst dir mit den LEDs also eine handgesteuerte Ampel bauen!



SO GEHT'S

Mit dem Taster bzw. dem Schalter kannst du wahlweise jede LED oder auch eine beliebige Kombination einschalten. Teste es aus!

WAS PASSIERT ?

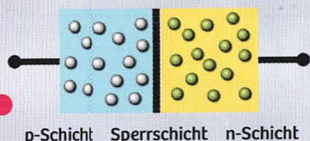
Die LEDs mit ihrem jeweiligen Schalter sind parallelgeschaltet, so dass sie unabhängig voneinander eingeschaltet werden können.

Solch eine Schaltung mit drei LEDs könntest du zum Beispiel in einer Modelleisenbahnanlage als Ampel an einer Straßenkreuzung nutzen.

NACHGEHAKT



Wie elektrische Ventile funktionieren

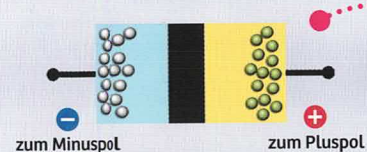


p-Schicht Sperrschicht n-Schicht

Eine Diode, also ein elektrisches Ventil, besteht aus zwei Sorten von speziell verändertem Halbleitermaterial. Eine Sorte enthält einige Atome mit etwas mehr Elektronen als reines Halbleitermaterial und heißt **n-Halbleiter**. Und die andere birgt Atome mit etwas weniger Elektronen und wird **p-Halbleiter** genannt. Praktisch ist eine Diode ein winziger Kristall, der je zur Hälfte aus diesen beiden Materialien besteht. Jede Hälfte trägt einen Anschlussdraht.

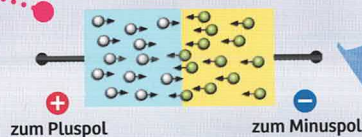
Die Zeichnung zeigt, wie man sich diese Materialien vorstellen kann. Die n-Schicht hat zusätzliche bewegliche Elektronen (grün). In der p-Schicht dagegen gibt es Stellen, wo Elektronen fehlen. Man nennt sie Löcher. Du kannst dir vorstellen, dass sie sich wie Elektronen bewegen können – nur in Gegenrichtung. Etwa so, wie sich ein freier Sitz durch eine Kinoreihe bewegt, wenn sich jeder auf den frei gewordenen Nebensitz setzt.

Dort wo die Hälften aneinanderstoßen, können sich natürlich überschüssige Elektronen und Löcher vereinigen. Das hat zur Folge, dass in dieser Schicht weder bewegliche Elektronen noch Löcher vorhanden sind. Also kann hier kein Strom fließen. Sie wird daher Sperrschicht genannt. Sie ist zwar nur hauchdünn, aber entscheidend für Verhalten und Eigenschaften der Diode.



zum Pluspol

Ist die Diode aber richtig herum eingebaut, schiebt der Minuspol der Batterie Elektronen von der n-Schicht aus in die Sperrschicht hinein. Sie wird nun von Elektronen überflutet und ist keine Sperrschicht mehr – die Diode leitet.



zum Pluspol

zum Minuspol

Wenn man die Diode falsch herum einsetzt, ist die n-Schicht mit dem Pluspol verbunden, und der saugt Elektronen heraus. Die Sperrschicht wird dadurch größer, es fließt also kein Strom.

Leuchtdioden ...



... bestehen aus einem ganz **speziellen Halbleitermaterial**. Es hat die Eigenschaft, dass bei Stromfluss ein Teil der Energie in Form von Licht abgestrahlt wird. **Durch Wahl des Materials kann man die Farbe dieses Lichts einstellen** – vom unsichtbaren infraroten Licht über den sichtbaren Bereich bis zum ebenfalls unsichtbaren ultravioletten Licht.

Man kann auch verschiedene Leuchtdioden in einem Gehäuse kombinieren und so die Farben umschalten oder mischen. Oder man regt mit dem unsichtbaren ultravioletten Licht andere Stoffe zum Aussenden von sichtbarem Licht an – so funktionieren die LED für weißes Licht, die sich heutzutage als sparsame, langlebige Beleuchtungskörper gegenüber der Glühbirne durchgesetzt haben.

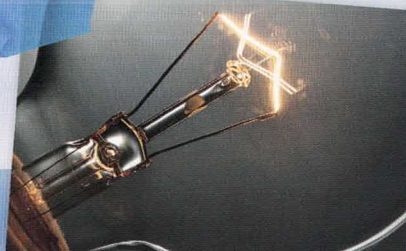


Heißer Draht

Warum leuchten Glühbirnen bei Stromfluss? In ihrem Innern sitzt ein Draht, der so dünn ist, dass er sich bei Stromfluss kräftig erhitzt. Du kannst dir das so vorstellen, als ob sich die Elektronen bei entsprechender Stromstärke geradezu hindurchzwängen müssen und an den Metallatomen reiben.

Der erwärmte Draht sendet ab einer bestimmten Temperatur Licht aus. Zunächst glimmt er rötlich, bei höherer Temperatur gelblich, und schließlich kräftig weiß. Stärker darf man ihn nicht erhitzen, sonst würde nach kurzer Zeit durchbrennen. Daher muss man die Drahtstärke genau an die vorgesehene Spannung – in unserem Fall 6 Volt – anpassen.

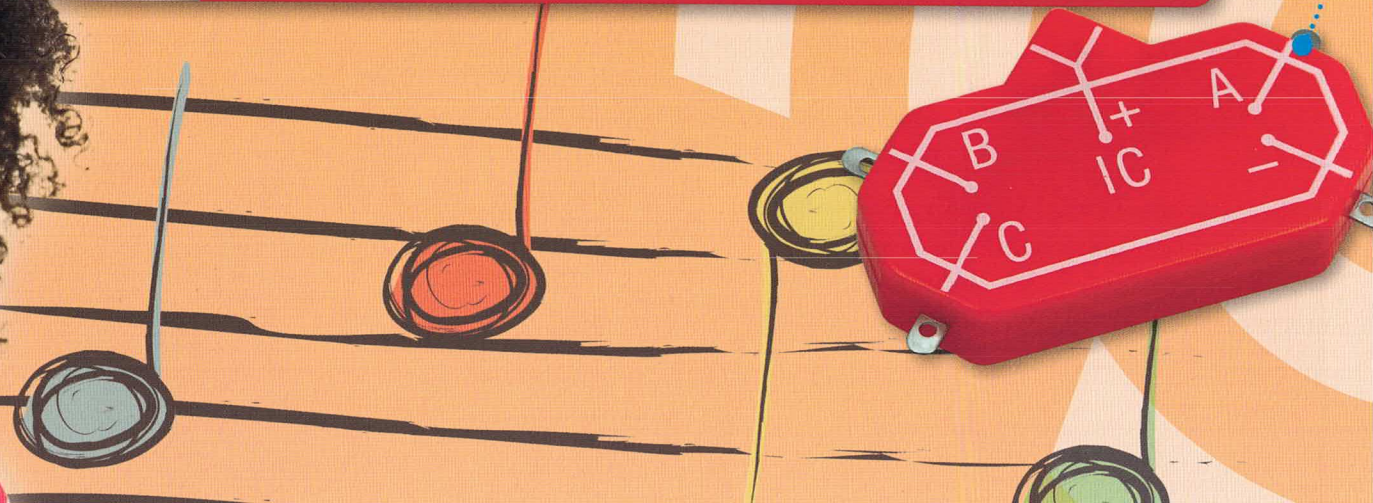
Glühbirnen werden nur noch selten verwendet, da sie bei gleichem Lichterzeugnis viel mehr Strom benötigen als zum Beispiel LEDs.





Elektronische Sounds

Eine wesentliche Anwendung elektronischer Geräte ist die Erzeugung von Tönen, Klängen oder auch Geräuschen. Bei Radio, Fernseher und Smartphone ist das ebenso eine Hauptaufgabe wie bei einem Keyboard. Daher ist jetzt das Ohr dran: In diesem Kapitel baust du Schaltungen, die Sounds erzeugen. Diese entstehen dank des orangenen **Sound-Generators**. Die Schaltungen und ihre Soundeffekte, die du in diesem Kapitel kennen lernst, kannst du mit etwas Fantasie in vielfältiger Weise einsetzen.



VERSUCH 18

Die Polizei kommt

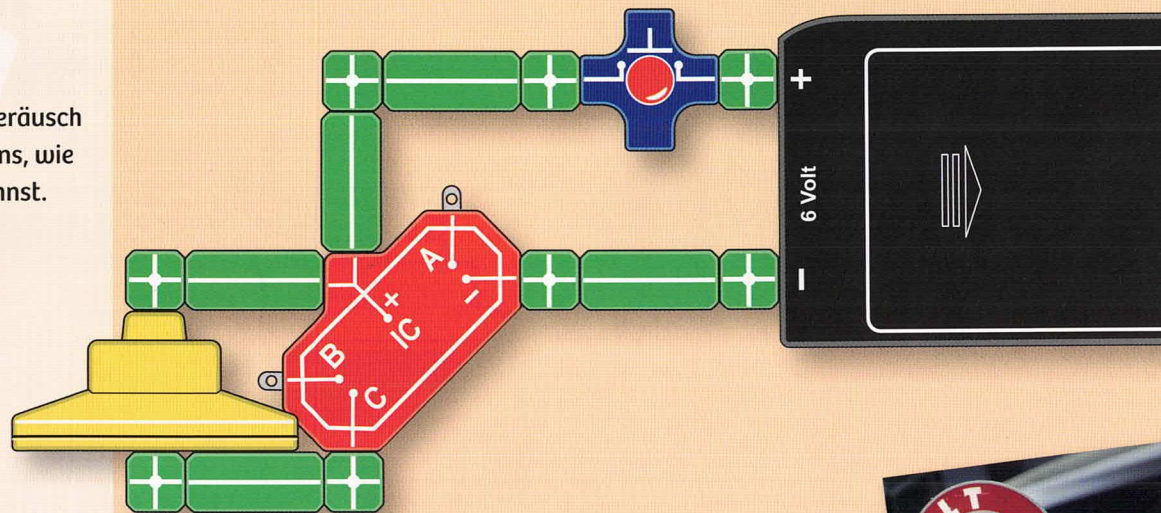
Diese Schaltung erzeugt den Sound einer US-amerikanischen Polizei-Sirene.

SO GEHT'S

Drücke den Taster: Es ertönt das Geräusch eines amerikanischen Polizeiwagens, wie du es vielleicht aus Krimiserien kennst.

WAS PASSIERT ?

Im Sound-Generator stecken auf engstem Raum diverse Transistorschaltungen, die mehrere unterschiedliche Töne erzeugen können. Was Transistoren sind, erfährst du im Kapitel „Digital geschaltet“.



DAS YELP-SIGNAL

Den von dieser Schaltung erzeugten Sound nennt man „Yelp-Signal“ (englisch „yelp“ = Schrei). Die amerikanische Polizei nutzt es seit Jahren bei Verfolgungsfahrten, in Deutschland war es lange Zeit verboten.

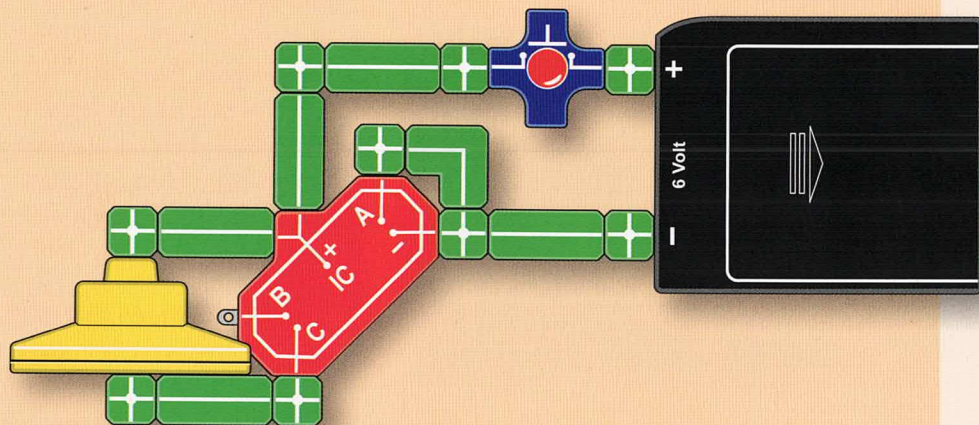
Seit einigen Jahren aber darf es auch die deutsche Polizei einsetzen, und zwar zusammen mit rotem Blinklicht „STOP POLIZEI“. Aber das gilt nur im Fall, wenn die Polizei einen Autofahrer/eine Autofahrerin stoppen will. Blaublicht und das Martinshorn dagegen signalisieren allen Verkehrsteilnehmern, sie sollen den Weg für die Einsatzwagen freimachen.



VERSUCH 19

Krankswagen unterwegs

Wenn dieser Sound in Wirklichkeit ertönt, ist vermutlich ein Unfall geschehen.



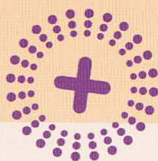
SO GEHT'S

Drücke den Taster: Ein anderer Sound ertönt.

In dieser Schaltung ist, anders als bei Versuch 18 „Die Polizei kommt“, der Punkt A des Sound-Generators mit dem Minus-Pol der Batterie verbunden.

WAS PASSIERT?

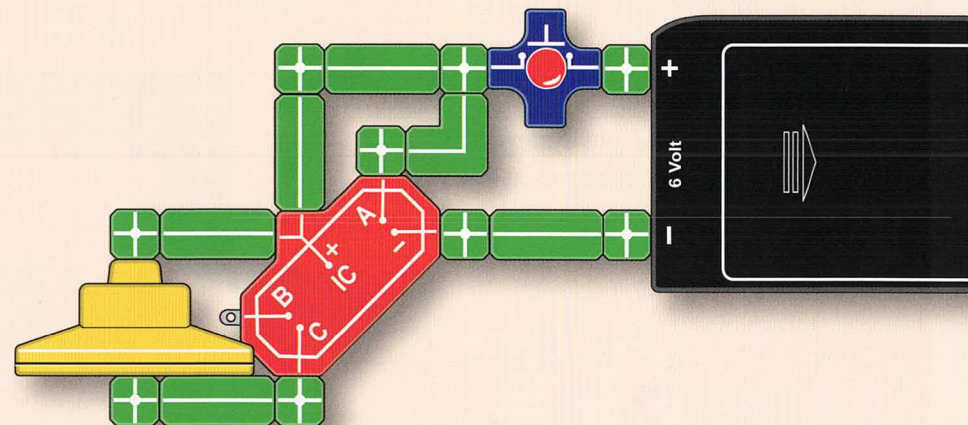
Weil nun auch Anschluss A mit dem Minus-Pol verbunden ist, schaltet die Elektronik im Sound-Generator auf die Krankenwagen-Sirene um.



VERSUCH 20

Wo brennt es denn?

Auch das Geräusch einer amerikanischen Feuerwehr-Sirene steckt im Sound-Generator.



SO GEHT'S

Dies ist die gleiche Schaltung wie im vorigen Versuch, nur ist jetzt Anschluss A des Sound-Generators mit dem Plus-Pol der Batterie verbunden.

Drücke den Taster und ein dritter Sound ertönt.

WAS PASSIERT?

Die Verbindung von A zum Plusanschluss schaltet die Elektronik im Sound-Generator so um, dass er den Feuerwehr-Sound erzeugt.



VERSUCH 21



Sound-Wechsel per Tasterdruck

Es ist natürlich etwas umständlich, für jeden Sound die Schaltung anders aufzubauen. Mit dieser Anordnung kannst du per Tastendruck zwischen Sounds wechseln.

SO GEHT'S

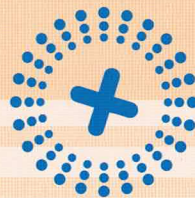
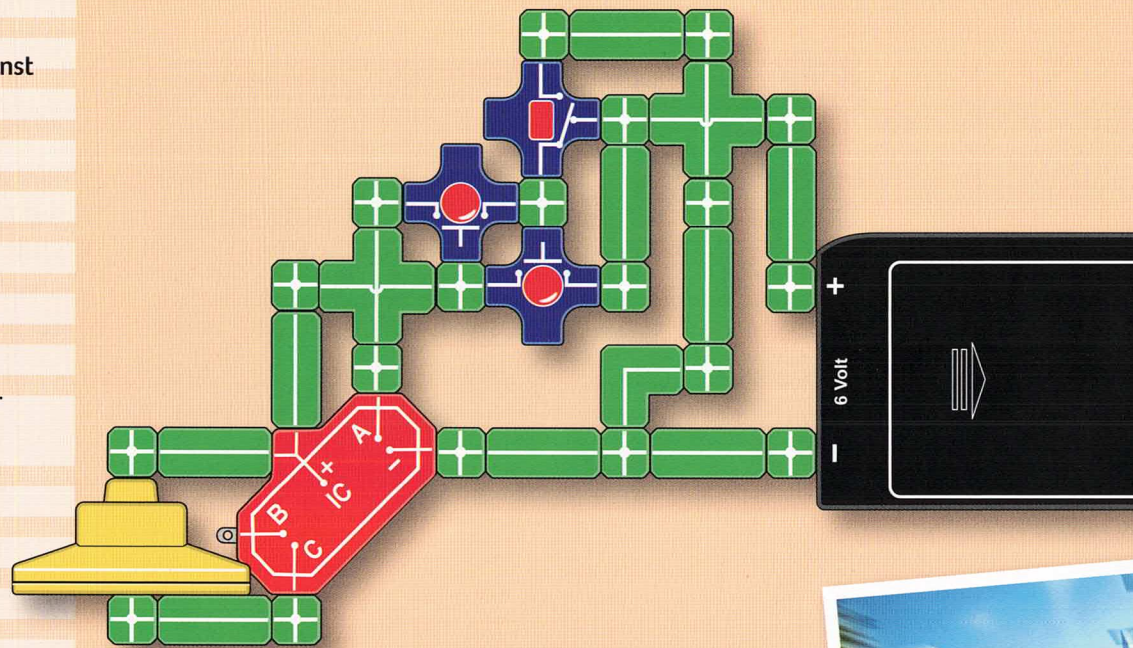
Der Taster am Pluspol schaltet den Sound-Generator ein und lässt die Polizeisirene ertönen. Der zweite Taster verändert das Geräusch, wobei du mit dem Umschalter zwischen Krankenwagen und Feuerwehr wählen kannst.

WAS PASSIERT ?

Der zweite Taster verbindet Punkt A mit einem der Batterieanschlüsse – mit welchem jeweils, legst du mit dem Umschalter fest.

TIPP!

Achte darauf, den Umschalter richtig herum einzubauen.

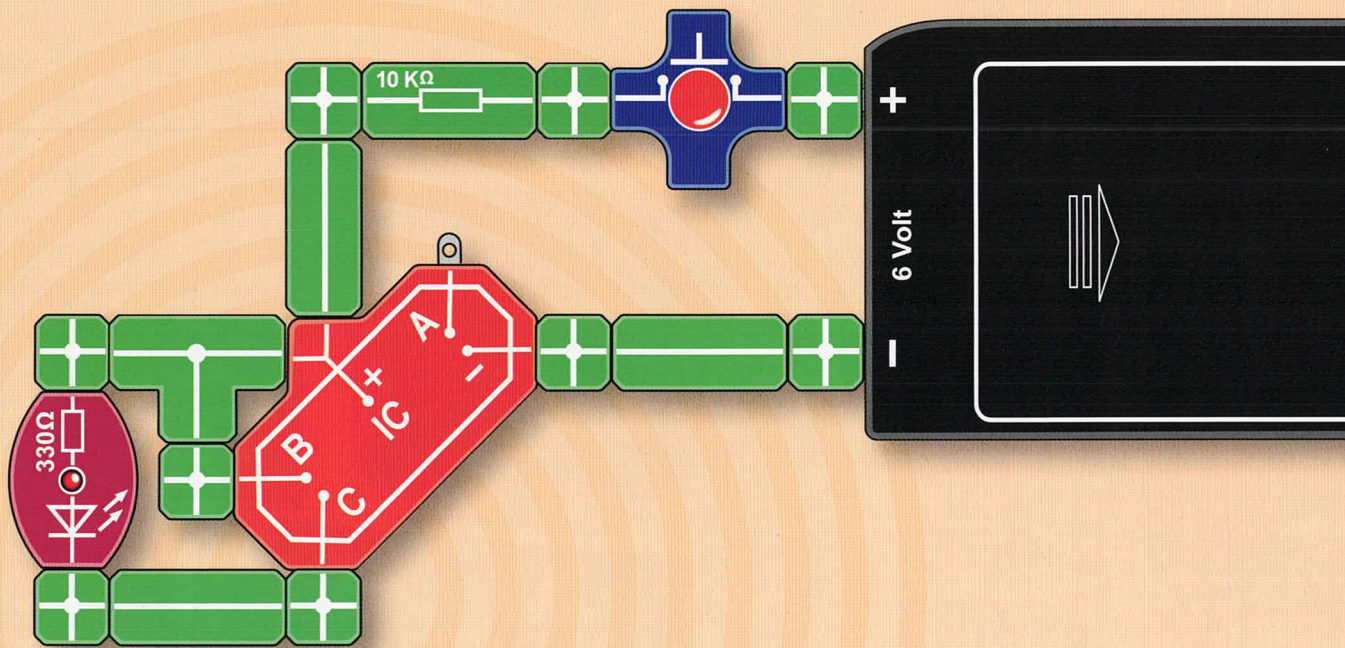


WUSSTEST DU ...

... dass die Ton- und Lichtsignale von Polizei-, Feuerwehr- und Krankenwagen als „Sondersignale“ bezeichnet werden? Sie geben ganz bestimmte „Sonderrechte“ im Verkehr, zum Beispiel dürfen die Wagen während dem Abspielen eines solchen Signals rote Ampeln passieren. Daher sind ihre Verwendung und der Sound selbst gesetzlich genau geregelt. Auch die

Polizei darf nur unter bestimmten Bedingungen mit **Blaulicht** fahren (ein solcher Fall ist im Kasten „Yelp-Signal“ beim vorherigen Versuch erläutert).





Rotlicht statt Sound

Statt des Lautsprechers kann der Sound-Generator auch die LED ansteuern.

SO GEHT'S

Hier ist auch Punkt B angeschlossen. Auf Tastendruck beginnt die LED zu blinken. Wichtig: Du musst den Taster einige Sekunden lang gedrückt halten, damit du das Blinken auch sehen kannst.

WAS PASSIERT?

Die elektronische Schaltung im Sound-Generator schickt durch die LED Strom, dessen Stärke rhythmisch schwankt. Daher blinkt die LED.

VERSUCH 23

Flotter Sound mit Blinklicht

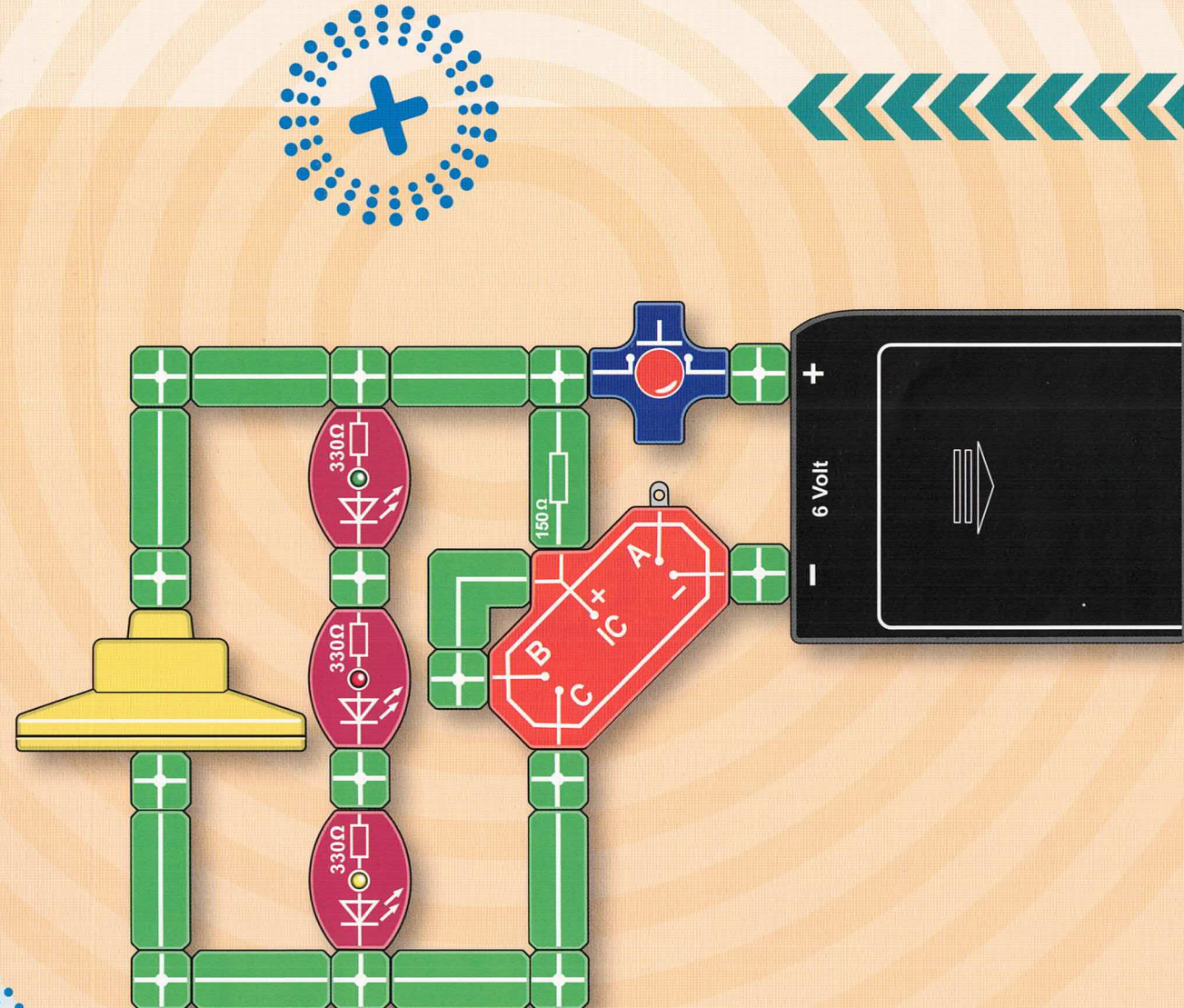
Der Sound-Generator hat noch einen vierten Sound auf Lager – aber nur in Verbindung mit Blinklicht.

SO GEHT'S

Füge der Schaltung aus dem vorigen Versuch den Lautsprecher und noch zwei LEDs hinzu. So können sogar alle drei LEDs in Reihe blinken, und auch der Sound ertönt.

WAS PASSIERT?

Die durch den Anschluss B aktivierten rhythmischen Stromstöße, die die LEDs zum Blinken bringen, macht der Lautsprecher hörbar.





Töne und anderer Schall

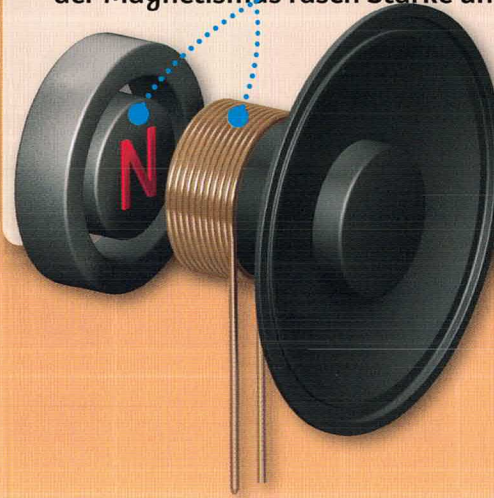
Wenn du einen Ton hörst, bedeutet dies: Rasch aufeinander folgende Luftschwingungen treffen auf dein Ohr. Je rascher sie aufeinander folgen, desto „höher“ empfindest du den Ton. Solche Schwingungen kannst du leicht mit einem schwingenden Lineal oder Gummiband ausprobieren. Auch in deinem Lautsprecher ist eine schwingfähige Membran. Sie wandelt rasche Schwankungen der Stärke des elektrischen Stroms in Luftschwingungen, also Töne, um. Mit elektronischen Schaltungen, wie sie etwa im Sound-Generator stecken, kann man Stromschwankungen sehr unterschiedlicher Art erzeugen – die Töne deines Sound-Generators sind nur einige Beispiele davon.

Wie macht der Lautsprecher die Sounds hörbar?

Allen Lautsprechern ist gemeinsam, dass sie Stromschwankungen in Schallschwingungen umwandeln. Es gibt ganz unterschiedliche Möglichkeiten, Lautsprecher zu bauen. Ihnen allen ist allerdings gemeinsam, dass sie eine große, schwingfähige Membran besitzen, um möglichst viel Luft in Schwingung zu versetzen.

Einfache Lautsprecher nutzen dafür den „piezoelektrischen Effekt“: Bestimmte Materialien verformen sich unter dem Einfluss von Stromschwankungen elastisch – sie schwellen also im Rhythmus der Stromschwankungen an und ab und können so Schallschwingungen in der Luft erzeugen.

Bessere Lautsprecher dagegen enthalten eine beweglich aufgehängte Spule aus feinstem Draht, die mit der Membran verbunden ist und im Bereich eines starken Magneten liegt. Fließt Strom durch die Spule, wird sie selbst magnetisch. Schwankt dieser Strom, wechselt der Magnetismus rasch Stärke und Richtung, so dass die Spule vom äußeren Magneten mal angezogen, mal abgestoßen wird. Diese Bewegungen übertragen sich dann über die Membran an die Luft.





Alles auf einem Chip

Dein Sound-Generator ist genau genommen ein Sound-Chip. Dieser Chip in deinem IC ist ein sogenannter „Integrierter Schaltkreis“. Er besteht aus einem winzigen Plättchen aus Silicium, das Dutzende von Bauteilen enthält. Solche Integrierten Schaltkreise (abgekürzt „IC“ vom englischen Begriff „integrated circuit“) stecken heute in zahlreichen Elektronik-Geräten. In diesem Kasten hast du zwei solche Chips mit integriertem Schaltkreis: Den Sound-Chip und den TIMER 555.

In den ersten Jahren nach Erfindung des Transistors wurden diese Bauteile noch einzeln in die Schaltungen eingelötet. Ein Transistor-kristall ist winzig klein, das Gehäuse drumherum muss allerdings zur guten Handhabbarkeit eine gewisse Mindestgröße haben. Daher kam man bald auf die Idee, ganze Schaltungen in ein gemeinsames Gehäuse zu packen.

Der nächste Schritt waren dann ICs. Sie werden aus einer Silizium-Scheibe gefertigt, wobei man in zahlreichen Bearbeitungsschritten gleichzeitig Transistoren, Widerstände und andere Bauteile erzeugt – und zwar gleich in Hunderten von ICs. Die Bausteine und Verbindungsleitungen sind dabei so winzig, dass man sie nur in starker Vergrößerung überhaupt erkennt.

Moderne Computerchips enthalten Milliarden von Transistoren und anderen Bauteilen auf der Fläche eines Fingernagels.



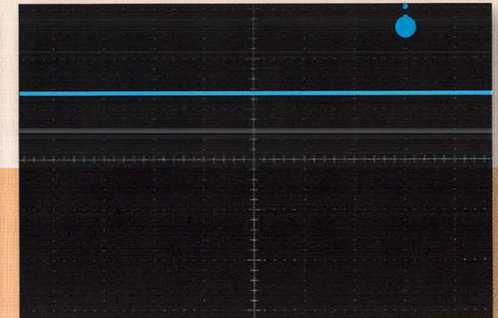
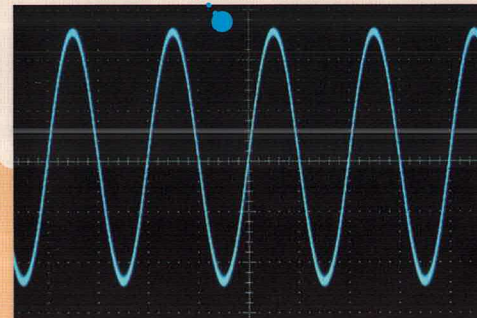
Wechselstrom

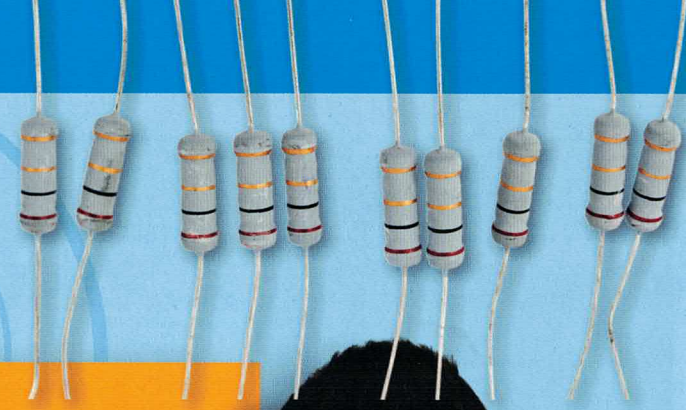
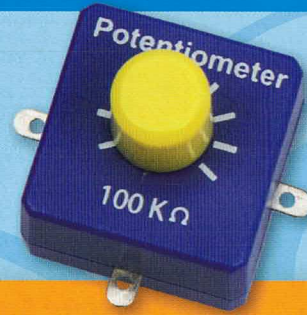
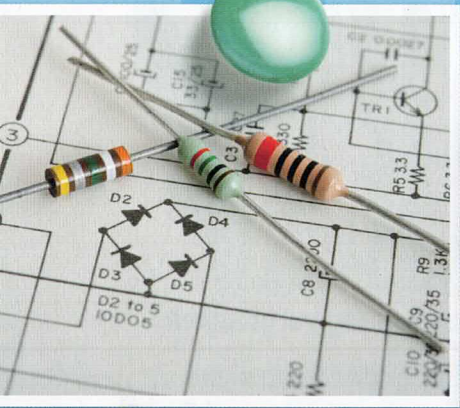
Wenn du einen Stromkreis, etwa mit einer LED, aufbaust, fließt der Strom darin in gleichbleibender Stärke und in immer gleicher Richtung. Man nennt einen solchen Strom daher „Gleichstrom“. Du kannst ihn mit einer gleichmäßigen Wasserströmung vergleichen.

Der vom Sound-Generator zum Lautsprecher fließende Strom sieht jedoch ganz anders aus: Er wechselt regelmäßig seine Stärke und Richtung und ist daher eher mit Wasserwellen vergleichbar. Die Elektronen fließen dabei nicht nur in einer Richtung, sondern laufen rhythmisch hin und her, wechseln also ständig die Fließrichtung. Man nennt einen solchen Strom daher „Wechselstrom“.

Wechselstrom hat ganz andere Eigenschaften als Gleichstrom. Er wird dir in späteren Kapiteln noch oft begegnen, denn was ein Mikrofon, ein Radio oder ein elektronisches Musikinstrument an Lautsprecher oder Kopfhörer liefert, ist stets Wechselstrom.

Man kann Wechselstrom gut über große Entfernungen übertragen. Daher handelt es sich bei dem Strom, der von weit entfernten Kraftwerken zu deinen Steckdosen geliefert wird, ebenfalls um Wechselstrom.

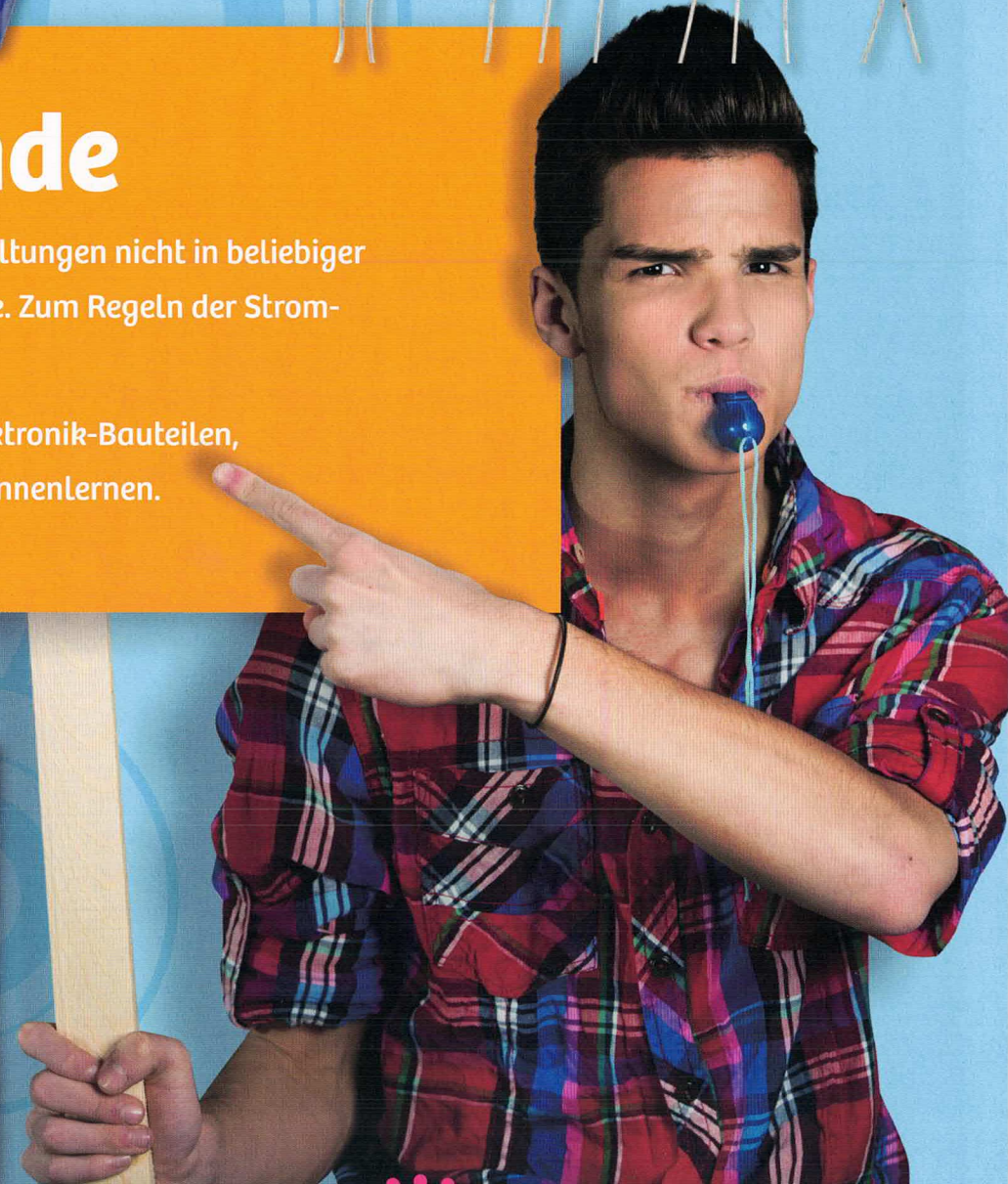
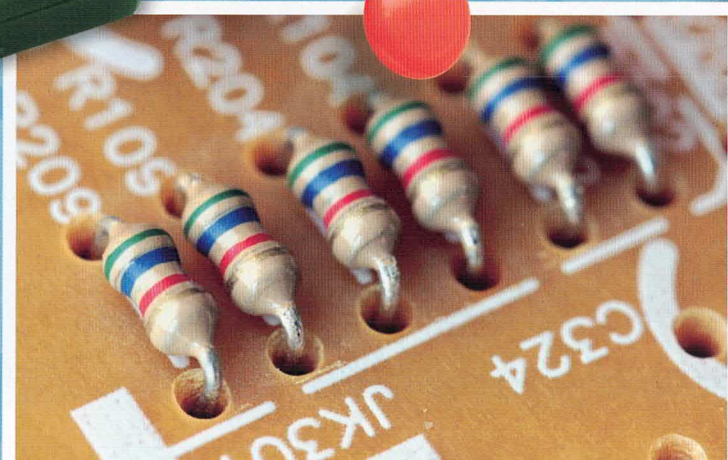




Widerstände

Strom darf in elektronischen Schaltungen nicht in beliebiger Stärke fließen, sonst zerstört er sie. Zum Regeln der Stromstärke nutzt man **Widerstände**.

Sie zählen zu den wichtigsten Elektronik-Bauteilen, daher solltest du sie unbedingt kennenlernen.



VERSUCH 24

Mehr oder weniger Widerstand

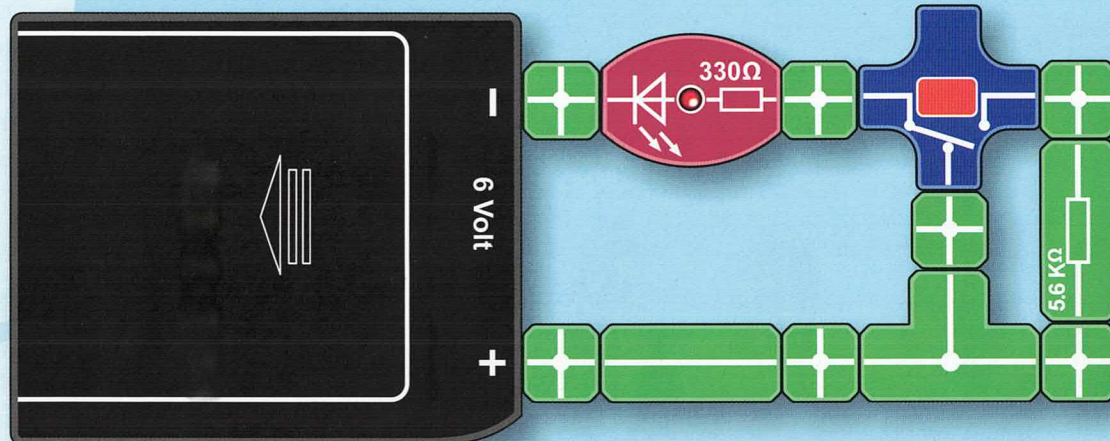
Wie wirkt sich ein Widerstand in einem Stromkreis aus? Mithilfe des Umschalters kannst du das ganz einfach testen.

SO GEHT'S

Vergleiche die Helligkeit der LED in den beiden Stellungen des Umschalters.

WAS PASSIERT ?

Verfolge den Weg des Stroms: Je nach Schalterstellung kann er direkt zur LED fließen oder er muss den Widerstand passieren – dann ist die LED deutlich dunkler. Probiere statt des 5,6-k Ω -Widerstands auch andere Widerstände aus dem Kasten aus.

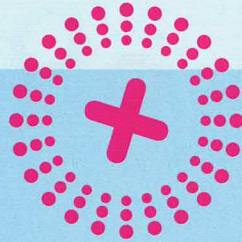


WIDERSTÄNDE IN VIELEN GRÖSSEN

Widerstände sind Bauteile, die einen bestimmten elektrischen Widerstand besitzen. Meist sehen sie aus wie kleine Walzen mit zwei Anschlussdrähten. In deinem Kasten sind sie in die grünen Gehäuse eingeschlossen.

Weil Widerstände in der Elektronik eine wichtige Rolle spielen, gibt es sie in zahlreichen Größen. Man gibt den Widerstandswert in Ohm (abgekürzt Ω) an. Je höher der Wert, desto größer der Widerstand und desto schlechter kann ihn der Strom also passieren.

Dabei ist ein Kiloohm (k Ω) = 1000 Ohm, und ein Megohm (M Ω) = 1 Million Ohm. Ein Widerstand mit der Aufschrift 5,6-k Ω hat also 5600 Ohm, ein 22-0k Ω -Widerstand sogar 220 000 Ohm.

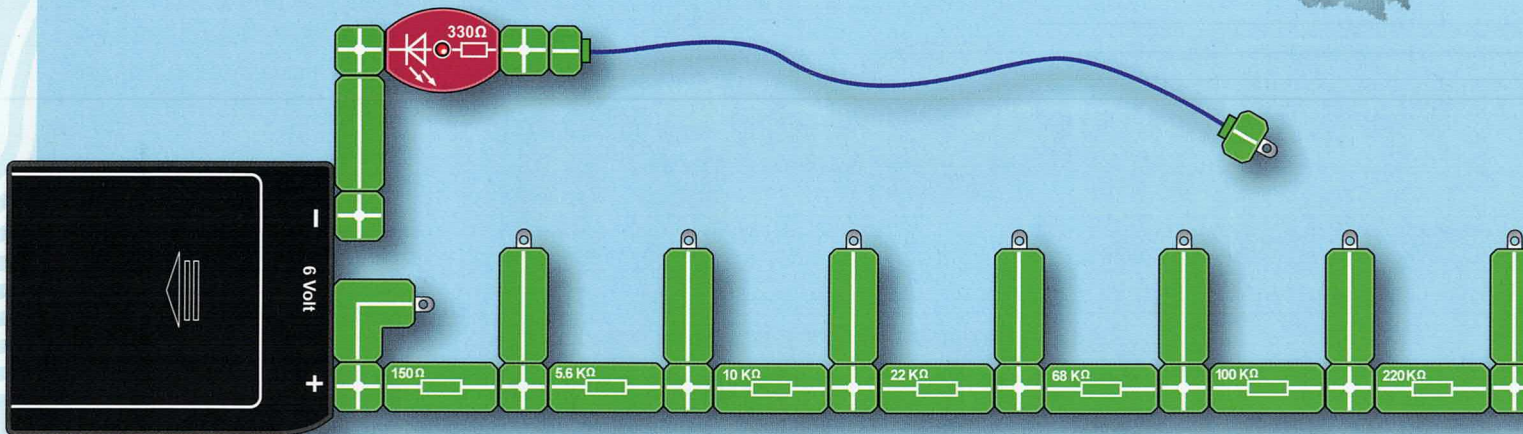


Reihenweise Widerstände

Wenn ein Wanderer einen Hügel nach dem anderen hinaufsteigen muss, ist das anstrengender als nur einen Hügel allein zu bewältigen. Wie mag sich der Strom verhalten, wenn er nacheinander durch mehrere Widerstände fließen soll?

SO GEHT'S

Berühre mit der freien Lasche des Kabels zunächst die freie Lasche am Pluspol der Batterie und dann nach und nach die anderen Laschen bis zur entferntesten. Wie verändert sich dabei jeweils die Helligkeit der LED?



WAS PASSIERT?

Je weiter die berührte Lasche vom Plusanschluss der Batterie entfernt ist, desto mehr Widerstände liegen dem Strom im Weg. Daher leuchtet die LED immer schwächer.

Bei der vierten Lasche zum Beispiel muss der Strom erst den 150-Ohm-Widerstand, dann den 5,6-kOhm-Widerstand passieren, danach den 10 Kiloohm- und schließlich den 22-Kiloohm-Widerstand, bis er die LED erreicht. Die Widerstände addieren sich also – in diesem Fall zu einem Gesamtwiderstand von $22\text{ k}\Omega + 10\text{ k}\Omega + 5,6\text{ k}\Omega + 150\text{ Ohm} = 37,7\text{ k}\Omega$.

VERSUCH 26

Mehr Strom trotz vieler Widerstände

Wenn die Feuerwehr einen Brand löscht, nutzt sie nicht nur einen Schlauch, sondern mehrere – so kommt in der gleichen Zeit mehr Wasser ins Feuer. Steigt die Stromstärke ebenfalls, wenn der Strom gleichzeitig mehrere Wege findet, auch wenn dort jeweils Widerstände liegen?



SO GEHT'S

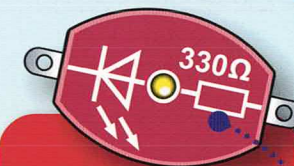
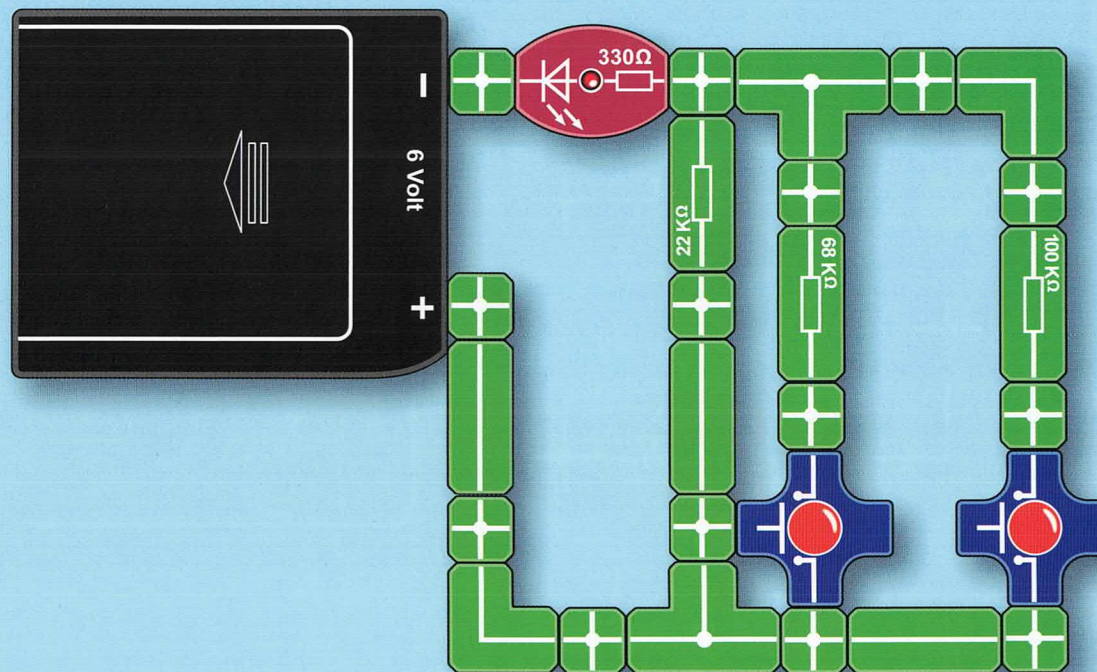
Merke dir die Helligkeit der LED und drücke dann nacheinander erst den linken, dann den rechten Taster und dann beide gleichzeitig. Wie ändert sich die Leuchtkraft der LED?

WAS PASSIERT?

Fließt der Strom allein durch den 22-k Ω -Widerstand, ist die LED relativ dunkel.

Doch obwohl der 68-k Ω -Widerstand und erst recht der 100-k Ω -Widerstand Strom noch viel schlechter durchlassen, wird die LED heller, wenn du beide Taster drückst.

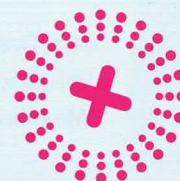
Denn nun addieren sich die Stromstärken durch jeden einzelnen Weg zu einer größeren Gesamtstromstärke.



EINGEBAUTER WIDERSTAND IN DER LED

Vielleicht hast du dich über das **Schaltzeichen für „Widerstand“** (das rechteckige Kästchen) auf den LED-Gehäusen gewundert. Es hat aber einen guten Grund. Viele elektronische Bauteile werden zerstört, wenn zu viel Strom in ihnen fließt. Auch LEDs sind sehr empfindlich.

Daher wurden die LEDs in deinem Kasten mit einem Schutzwiderstand von 330 Ohm versehen, der eine zu hohe Stromstärke verhindert.

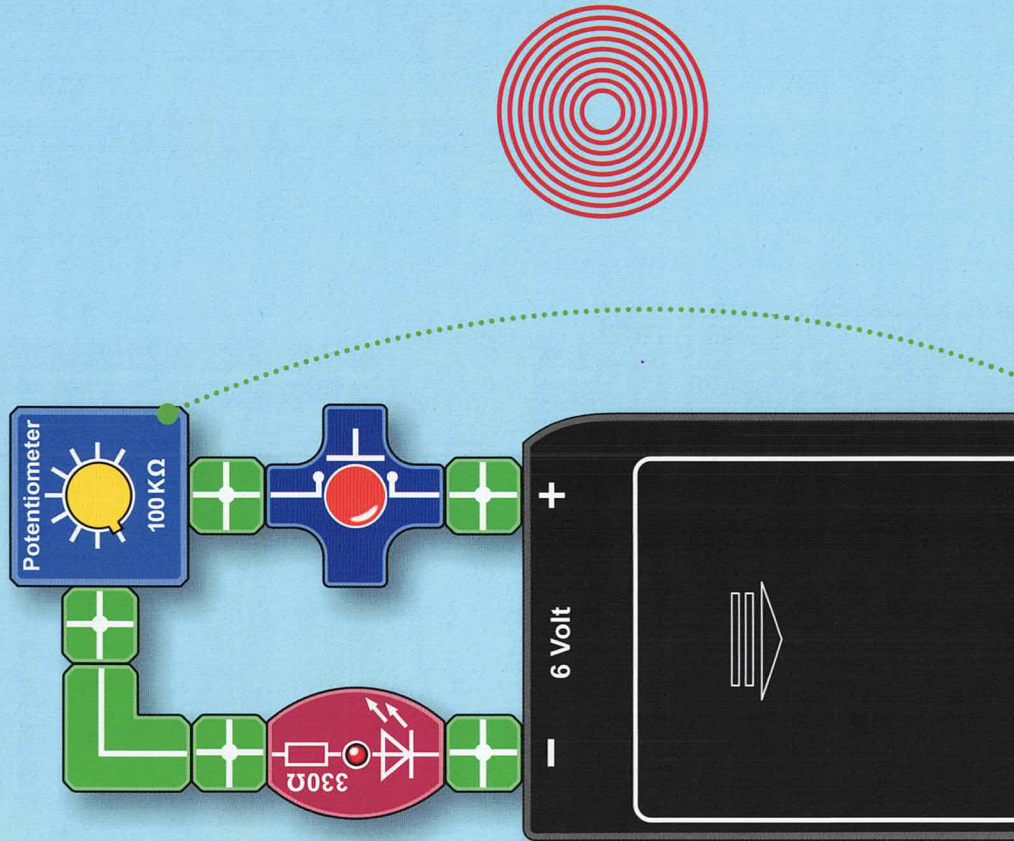


DAS INNENLEBEN EINES POTIS

Trotz seines Namens ist ein **Potenzio**meter (Poti) kein Messgerät, sondern ein **stufenlos veränderbarer Widerstand**. Es gibt sie mit unterschiedlichen elektrischen Werten und in verschiedenen Größen.

Der prinzipielle Aufbau des Potis ist immer gleich. Es besteht aus einer Bahn aus elektrisch leitfähigem Material mit relativ hohem Widerstand (bei deinem Poti 100 Kiloohm). Die Enden dieser Bahn sind mit dem rechten bzw. linken Anschluss am Poti verbunden. Auf der Bahn gleitet ein von außen verstellbarer Schleifer, der mit dem mittleren Poti-Anschluss verbunden ist.

Je nach Stellung des Schleifers ist der Widerstand zwischen Mittelanschluss und den äußeren Anschlüssen unterschiedlich – aber immer kleiner als der Gesamtwiderstand des Potis.



Widerstand stufenlos regelbar

Alte Radios, aber auch noch manche modernen Elektronikgeräte haben Regler, an denen man die Lautstärke stufenlos verstellen kann. Dahinter verbergen sich regelbare Widerstände, sogenannte **Potenzio**meter – abgekürzt Poti.

SO GEHT'S

Drücke den Taster und drehe am Poti hin und her. Nun kannst du die LED zwischen ganz hellem Strahlen und leichtem Glimmen regeln.

WAS PASSIERT ?

Beim Drehen verändert sich der Widerstand zwischen den beiden benutzten Potianschlüssen stufenlos zwischen nahezu Null und dem jeweiligen Maximalwert, bei deinem Poti also 100 kΩ.

VERSUCH 28

Warum ein Poti drei Anschlüsse hat

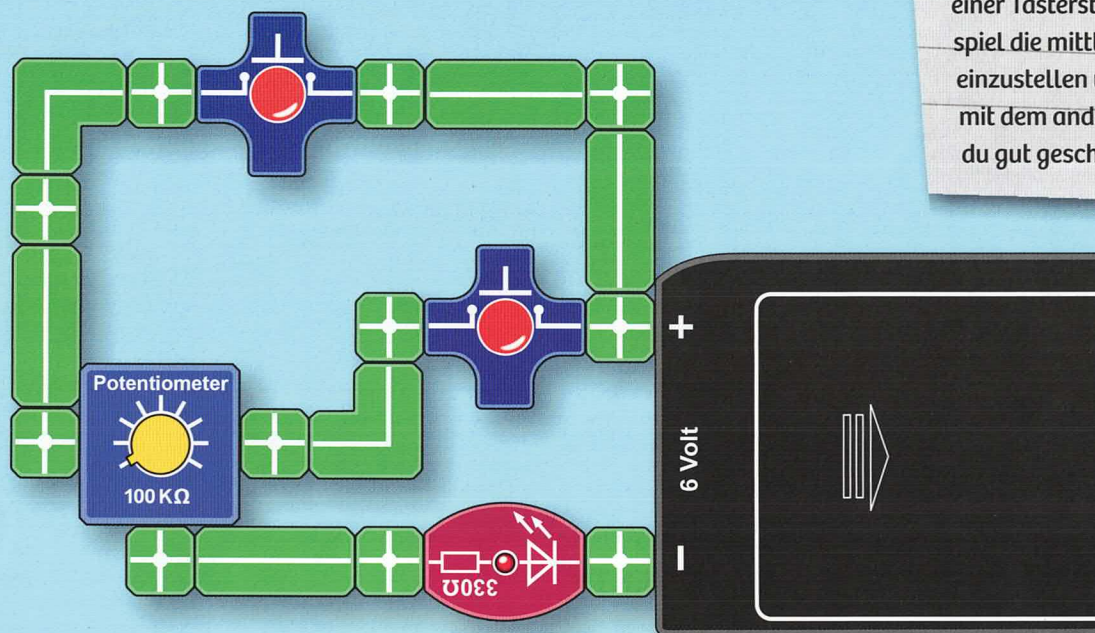
Ein Widerstand hat zwei Anschlüsse, das Poti aber sogar drei. Welche Bedeutung hat der dritte Anschluss?

SO GEHT'S

Drücke einen Taster und stelle das Poti so, dass die LED sehr hell leuchtet. Lasse ihn los und drücke nun den anderen Taster. Jetzt ist die LED ziemlich dunkel. Stelle das Poti nun wieder so, dass die LED hell strahlt und probiere nun wieder am anderen Taster: Jetzt lässt er sie nur schwach strahlen.

WAS PASSIERT?

Je nach Tasterdruck verbindest du mal den einen, mal den anderen Anschluss der Poti-Widerstandsbahn mit der Batterie. Der Strom fließt also je nach Stellung des Potis durch einen mehr oder weniger großen Widerstand zum Schleifer und weiter zur LED.



TIPP!

Mit diesem Gerät kannst du testen, wie gut du Helligkeiten schätzen kannst. Probiere in einer Tasterstellung zum Beispiel die mittlere Helligkeit einzustellen und teste dann mit dem anderen Taster, ob du gut geschätzt hast.

Der Unterschied in der LED-Helligkeit ist daher natürlich am größten, wenn der Schleifer ganz rechts oder ganz links steht – stände er in der Mitte, ergäben beide Taster jeweils die gleiche LED-Helligkeit.

Leitet Wasser den Strom?

Widerstände leiten Strom mehr oder weniger schlecht, Luft leitet ihn gar nicht, sonst bräuchtest du keine Verbinder. Wie sieht es mit Wasser aus - leitet es Strom?

SO GEHT'S

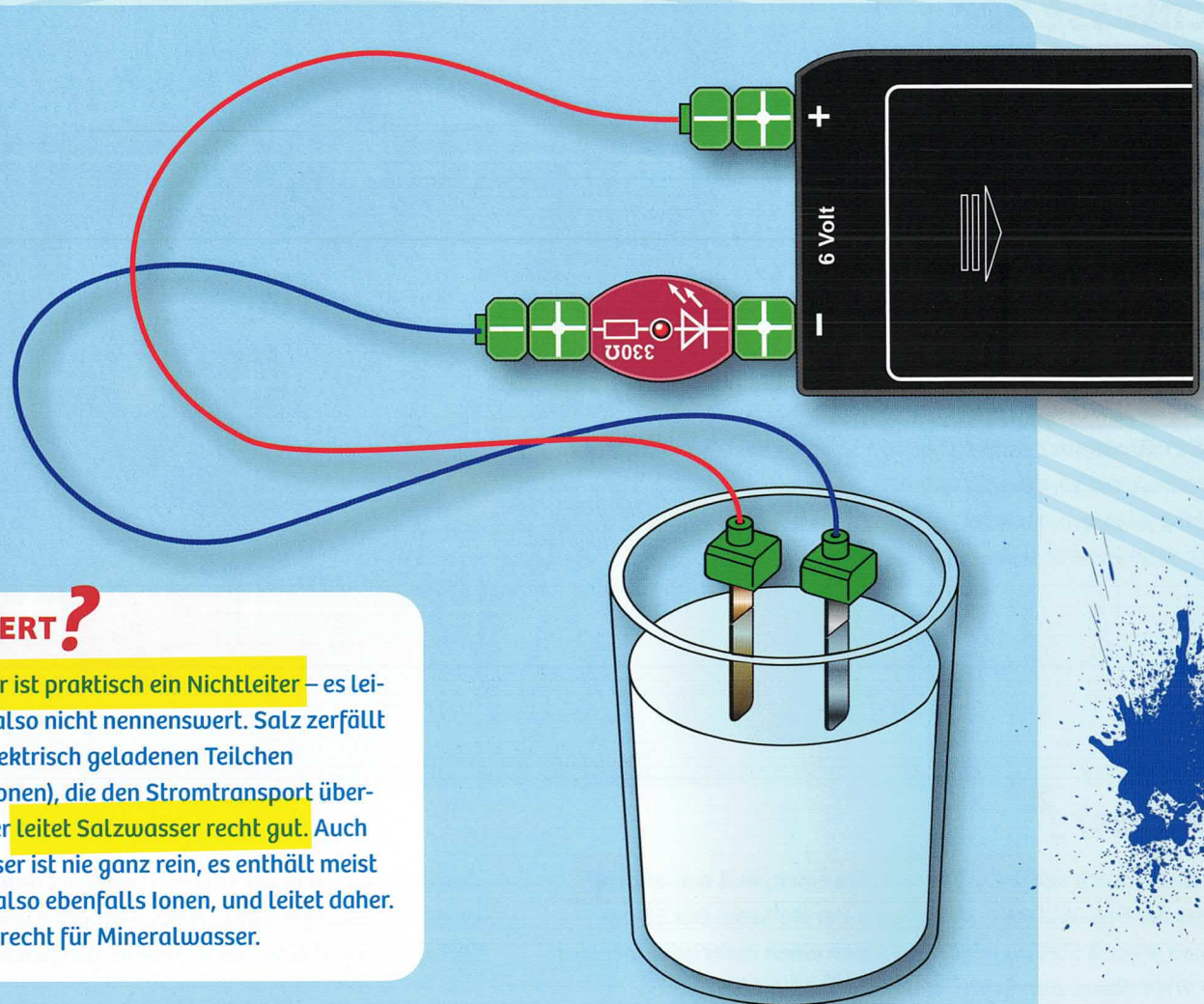
Drücke beide Metallstreifen aufeinander: Die LED leuchtet hell, weil Metalle Strom gut leiten.

Fülle nun einen Becher mit Leitungswasser und halte beide Streifen in kleinem Abstand hinein. Die LED leuchtet.

Gib einige Körnchen Salz ins Wasser und rühre um: Jetzt strahlt die LED noch deutlich heller.

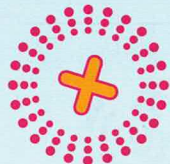
WARNUNG:

Verbinde die Kabel auf keinen Fall mit der Steckdose! Es besteht Lebensgefahr!



WAS PASSIERT?

Reinstes Wasser ist praktisch ein Nichtleiter – es leitet den Strom also nicht nennenswert. Salz zerfällt in Wasser in elektrisch geladenen Teilchen (sogenannte Ionen), die den Stromtransport übernehmen; daher leitet Salzwasser recht gut. Auch Leitungswasser ist nie ganz rein, es enthält meist etwas Kalk, also ebenfalls Ionen, und leitet daher. Das gilt erst recht für Mineralwasser.



VERSUCH 30

Je tiefer je lauter

Du kannst den Widerstand der unterschiedlich weit eingetauchten Metallstreifen natürlich auch hörbar machen. Das leistet eine Schaltung so ähnlich wie im Vorversuch.

SO GEHT'S

1. Schalte ein und drücke die beiden Metallstreifen aufeinander, während du den Wechselstrom-Generator auf eine mittlere, gut hörbare Frequenz einregelst. Fülle nun den Becher mit Leitungswasser und tauche langsam erst einen, dann beide Metallstreifen immer tiefer hinein. Achte dabei auf die Lautstärke des Tons im Lautsprecher.
2. Verändere bei gleicher Eintauchtiefe den Abstand der Metallstreifen. Je näher sie einander sind, desto lauter wird der Ton.
3. Gib etwas Zucker ins Wasser und rühre um. Wird der Ton lauter?
4. Gib etwas Salz ins Wasser und rühre wieder um. Ändert sich die Lautstärke?

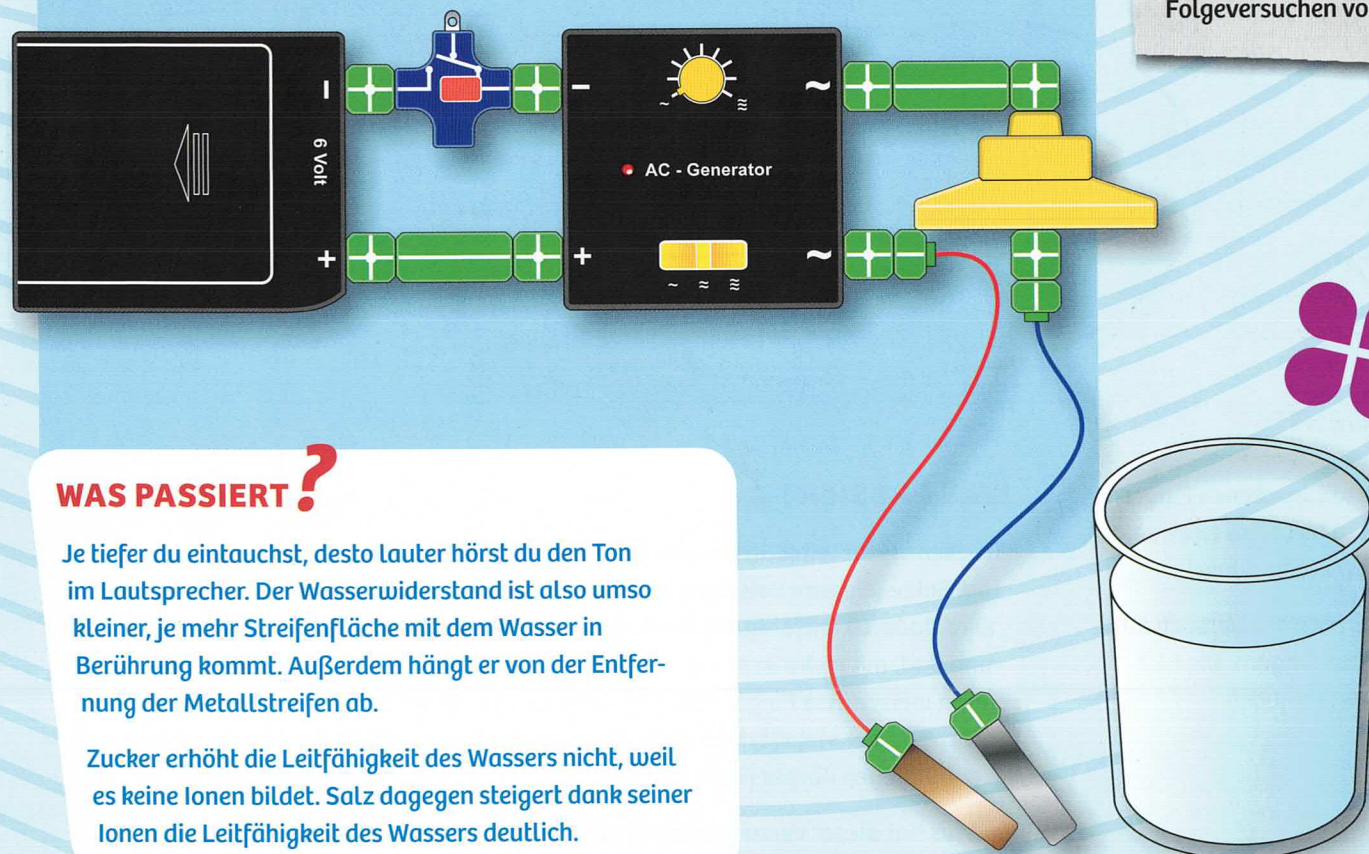
Zusatzversuch:

Sauer macht leitend

Übrigens leitet Wasser auch besser, wenn es Säuren enthält. Misch zum Beispiel etwas Essig aus der Küche ins Wasser. Denn auch Säuren bilden im Wasser Ionen. Du kannst auch Essig pur mit dieser Schaltung testen.

TIPP!

Reinige die Metallstreifen nach diesen Versuchen mit klarem Wasser und trockene sie danach sorgfältig ab. So beugst du verfälschten Versuchsergebnissen in den Folgeversuchen vor.



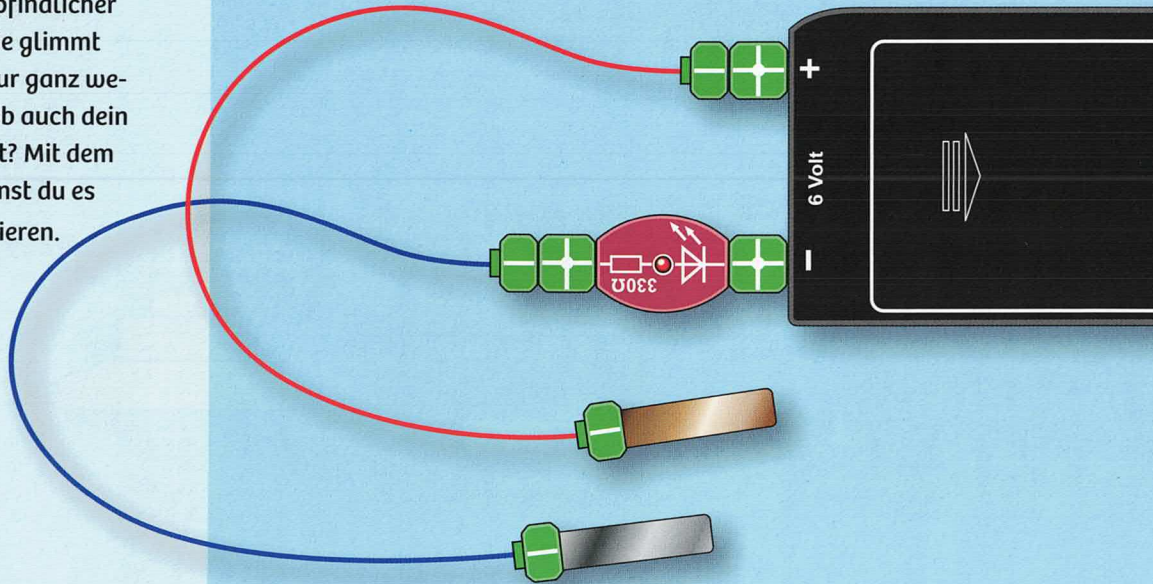
WAS PASSIERT?

Je tiefer du eintauchst, desto lauter hörst du den Ton im Lautsprecher. Der Wasserwiderstand ist also umso kleiner, je mehr Streifenfläche mit dem Wasser in Berührung kommt. Außerdem hängt er von der Entfernung der Metallstreifen ab.

Zucker erhöht die Leitfähigkeit des Wassers nicht, weil es keine Ionen bildet. Salz dagegen steigert dank seiner Ionen die Leitfähigkeit des Wassers deutlich.

Der Trick hinter dem Lügendetektor

Die LED, das hat der Versuch 25 „Reihenweise Widerstände“ gezeigt, ist ein empfindlicher Stromanzeiger – sie glimmt schon auf, wenn nur ganz wenig Strom fließt. Ob auch dein Körper Strom leitet? Mit dem Batteriestrom kannst du es gefahrlos ausprobieren.



SO GEHT'S

Fasse mit trockenen Fingern je einen Metallstreifen an. Die LED bleibt dunkel.

Wiederhole den Versuch mit feuchten Fingern. Die LED leuchtet schwach.

WAS PASSIERT?

Trockene Haut leitet Strom sehr schlecht. Das Wasser auf deinen Fingern aber löst Salze (die zum Beispiel aus Schweiß dort hingelangen) auf der Haut und wird dadurch leitfähig. Deshalb muss man in Feuchträumen, etwa in Küche und Bad, mit elektrischen Geräten besonders vorsichtig sein. Denn dort hat man meist nasse Finger oder Füße. Der geringe Strom von deiner Batterie ist harmlos, der viel stärkere Steckdosenstrom aber kann tödlich wirken, wenn er durch den Körper fließt.

Was hat dieser Versuch nun mit Lügendetektoren zu tun? Lies es im Kasten nebenan nach!

Lügendetektor

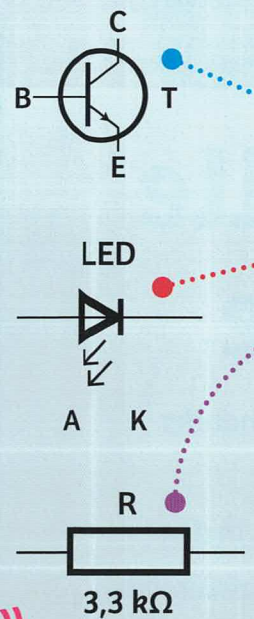
Einfache Lügendetektoren nutzen die elektrische Leitfähigkeit von Hautschweiß, die du in diesem Versuch erlebt hast.

Lügendetektoren messen während einer Befragung den Strom, der über die Haut fließt, und zeichnen dessen Stärke mit automatischen Schreibgeräten auf. Wenn man lügt, kommt man meist aus Nervosität oder Anspannung ins Schwitzen – und dann fließt stärkerer Strom als auf trockener Haut.

Allerdings gibt es geübte Lügner oder Lügnerinnen, die auch bei kritischen Fragen keineswegs ins Schwitzen kommen oder andere körperliche Anzeichen zeigen. Daher gelten Lügendetektoren als unzuverlässig und sind in vielen Ländern vor Gericht nicht zugelassen.



NACHGEHAKT



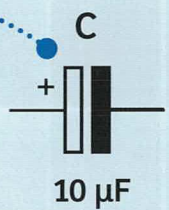
Schaltzeichen

Wenn ein Elektroniker oder ein Elektronikerin die Verbindung der Bauteile darstellen möchte, zeichnet er oder sie ein Schaltbild, auch „Schaltplan“ genannt. Jedes Bauteil ist darin mit einem besonderen Symbol gekennzeichnet, und die Verbindung wird durch Striche angedeutet. Man nennt diese Symbole „Schaltzeichen“.

Diese Schaltzeichen sind auch auf einigen deiner Bauteile aufgedruckt, etwa auf Widerständen, Transistoren, Dioden, LEDs und Kondensatoren.

Wenn sich zwei Verbindungsdrähte im Schaltbild kreuzen, muss man aufpassen: Laufen sie nur übereinander, sind sie nicht verbunden (manchmal wird das auch durch eine halbkreisförmige Auslenkung angedeutet so wie auf deinen Brücken-Verbindern).

Wenn sie aber an der Kreuzungsstelle einen dicken Punkt tragen (wie auf den Plus-Verbindern), besteht tatsächlich eine elektrische Verbindung an dieser Stelle.



Warum leitet Salzwasser?

Strom ist stets eine Bewegung elektrisch geladener Teilchen. Das müssen allerdings nicht immer die (elektrisch negativ geladenen) Elektronen sein – sie übernehmen den Stromtransport etwa in Metallen. In Salzlösungen dagegen sind es elektrisch geladene Atome, sogenannte Ionen.

Es gibt positiv geladene und negativ geladene Ionen. Tauchst du etwa die Metallstreifen aus deinem Kasten in Salzlösung und legst eine elektrische Spannung an, setzt du die Ionen in Bewegung: Die positiv geladenen wandern zum Metallstreifen, der mit dem Minuspol verbunden ist, die negativ geladenen Ionen zieht es zum Pluspol.

Anders als Elektronen verändern sich die Ionen meist beim Kontakt mit dem Metallstreifen; dabei laufen teils komplizierte physikalische und chemische Vorgänge ab, die auch die Leitfähigkeit beeinflussen.





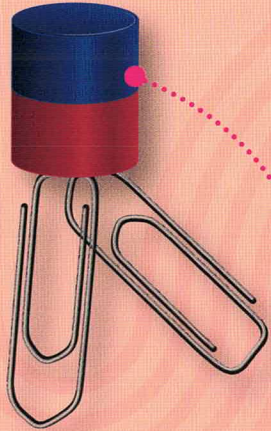
Geheimnisvolle Magnetkräfte

Magnetismus und Elektrizität sind nahe miteinander verwandt und es gibt viele Anwendungen der magnetischen Kräfte in der Elektrotechnik. In den folgenden Versuchen lernst du die faszinierenden Eigenschaften von Magneten näher kennen.

VERSUCH 32

Anziehende Kräfte

Magneten wirken anziehend, heißt es. Teste aus, welche Materialien deine Magnete anziehen und welche nicht.



SO GEHT'S

Probiere mit einem der blauroten Stabmagnete verschiedene Stoffe aus und beobachte, welche Stoffe angezogen werden. Teste zum Beispiel Materialien aus dem Haushalt, wie Löffel, Tassen, Nägel, Töpfe, Büroklammern aus Metall und auch die Metallteile aus deinem Kasten.

ACHTUNG!



Halte deine Magnete von Kreditkarten mit Magnetstreifen, Computern, Laptops oder mechanischen Armbanduhren fern! Es könnten magnetisch gespeicherte Daten gelöscht oder die Uhr beschädigt werden. Die Magnete dürfen niemals in unmittelbare Nähe von Herzschrittmachern oder Hörgeräten gelangen! Achte daher stets darauf, dass sie nicht in die Nähe von Menschen kommen, die eines dieser Geräte tragen.

WAS PASSIERT?

Der Magnet zieht Teile aus Eisen an. Die anderen Stoffe, selbst Kupfer- und Zinkbleche, interessieren ihn nicht.

ACHTUNG!

In diesem Kapitel werden kleine Magnete verwendet. Verschluckte Magnete können sich im Darm gegenseitig anziehen und schwere Verletzungen verursachen. Ziehen Sie sofort einen Arzt zu Rate, wenn ein oder mehrere Magnete verschluckt wurden.

VERSUCH 33

Kraft-Übertragung

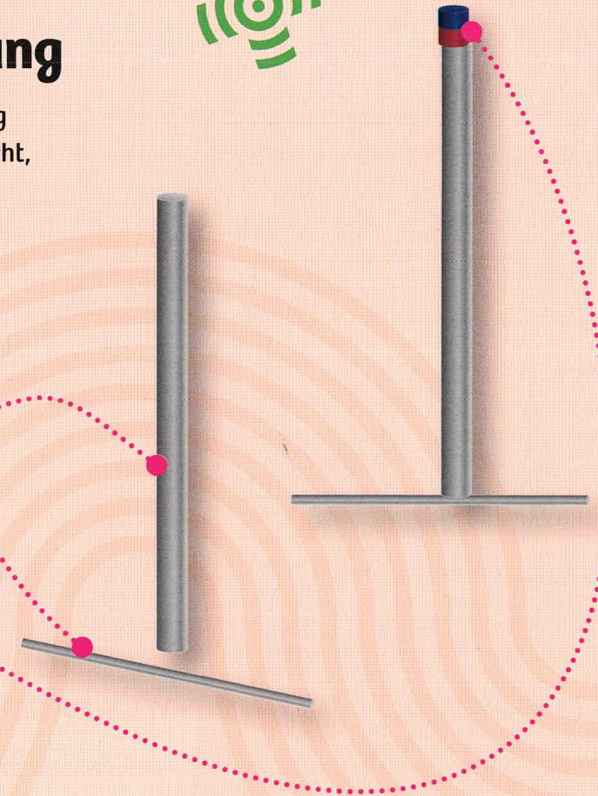
Eisen verändert sich bei Berührung mit einem Magneten äußerlich nicht, es verhält sich jedoch anders.

SO GEHT'S

Versuche, mit dem Eisenkern andere Eisenteile anzuziehen, etwa die Eisenstäbchen aus deinem Kasten. Es gelingt nicht.

Setze jetzt einen Stabmagnet an das eine Ende des Eisenkerns und führe dann dessen anderes Ende an die Eisenstäbchen. Sie werden angezogen und bleiben am Eisenkern hängen, eventuell sogar aneinander.

Entferne den Stabmagneten wieder: Die Teile fallen ab.

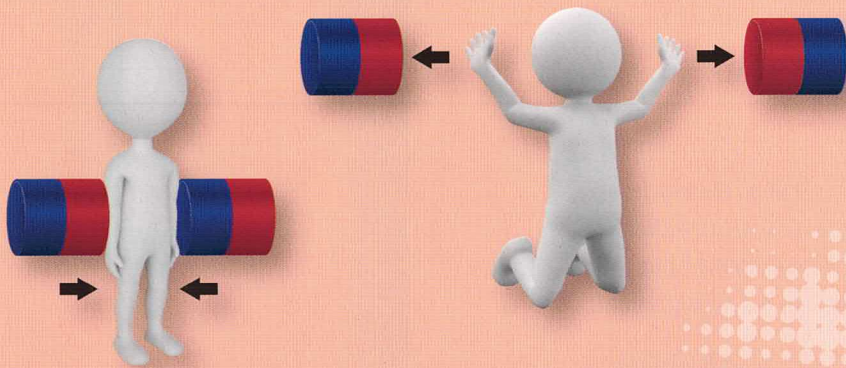


WAS PASSIERT?

Ein Magnet verwandelt Eisen ebenfalls in einen Magneten. Allerdings nur, solange er es berührt oder wenigstens in nächster Nähe ist.

Anziehend und abstoßend

Vielleicht hast du dich schon gewundert, warum die Stabmagnete so auffällig rot und blau bemalt sind. Das hat einen guten Grund.



SO GEHT'S

Lege beide Magnete nahe beieinander auf den Tisch. Sie werden aufeinander zu rollen und fest aneinander haften. Und zwar haftet ein rotes an einem blauen Ende.

Ziehe sie wieder auseinander und probiere, ob sich auch die beiden roten oder die blauen Enden anziehen.

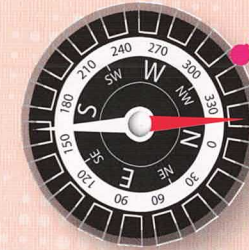
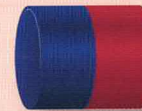
WAS PASSIERT ?

Jeder Magnet hat zwei unterschiedliche Enden, die man „Pole“ nennt. Ein Ende ist der sogenannte Nordpol, das andere der Südpol. Anziehungskräfte herrschen nur zwischen ungleichnamigen Polen, also zwischen Nordpol des einen und Südpol des anderen Magneten. Gleichnamige Pole stoßen sich ab.



Bewegliche Nadel

Dein Kompass enthält eine kleine, sehr bewegliche Nadel aus Metall. Teste, wie sie auf Magnete reagiert.



SO GEHT'S

Lege den Kompass flach auf den Tisch und warte, bis sich die Nadel beruhigt hat. Nähere nun langsam von der Seite her einen der Stabmagneten. Schon in etwa 20 Zentimetern Entfernung wird die Nadel ausschlagen.

Drehe den Magneten herum, so dass er der Nadel nun den anderen Pol zuwendet. Wie verhält sich die Nadel?

WAS PASSIERT ?

Die Magnetnadel ist nicht einfach aus Eisen, denn dann müsste sie von beiden Polen in gleicher Weise angezogen werden. Stattdessen dreht sie dem roten Pol ihren weißen Südpol und dem blauen Südpol ihren roten Nordpol zu – die Nadel ist selber ein Magnet.



VERSUCH 36

Kraftlose Mitte

Jeder Magnet hat zwei Pole. Und was passiert, wenn sich zwei Stabmagnete zu einem zusammenschließen?

SO GEHT'S

Lasse die beiden Stabmagnete aneinander klacken.

Fahre mit einem der Eisenstifte langsam über die Oberfläche des nun „langen“ Magnets und prüfe, wo die Anziehungskraft am besten zu fühlen ist, wo also Pole sind.

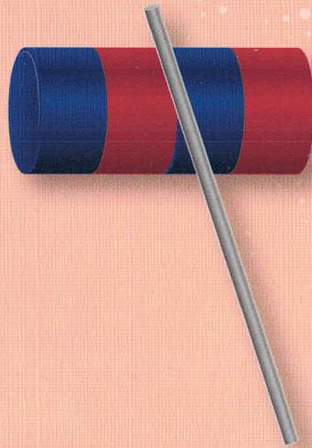
Ziehe dann die beiden Magnete auseinander und teste sie einzeln.

WAS PASSIERT?

Die Pole an der Berührungsstelle der beiden Magnete sind beim „langen“ Magnet verschwunden – hier fühlst du keine Anziehungskraft, wohl aber an den Enden.

Wieder auseinandergenommen hat jeder einzelne Magnet seine Pole wieder.

Ähnlich ist es, wenn man einen Stabmagneten zersägt – man bekommt immer kleinere Magnete, jeder hat stets zwei Pole.



VERSUCH 37

Blick durch Undurchsichtiges

Magnete scheinen mit unsichtbaren Fühlern ihre Umgebung abzutasten. Können sie auch durch andere Stoffe „hindurchsehen“?

SO GEHT'S

Lege zwei Bücher in etwa 10 cm Abstand auf den Tisch. Platziere auf einem Buch den Kompass, auf dem anderen einen Stabmagneten – und zwar so, dass dieser die Magnetnadel im Kompass deutlich ablenkt.

Halte nun in den Zwischenraum große Gegenstände aus unterschiedlichen Materialien – zum Beispiel Pappe, Porzellan, Kunststoffe, Holz, Styropor, deine Hand, Eisen und anderen Metalle.

Wie verhält sich die Kompassnadel? Vorsicht – Stahl ist eventuell selbst etwas magnetisch.



WAS PASSIERT?

Alle Stoffe lassen die Magnetkräfte ungehindert durch, ganz offensichtlich auch Luft. Nur reines Eisen schwächt sie deutlich.



Linien sichtbar machen

Die geheimnisvollen „Magnetfühler“ sind unsichtbar. Es gibt aber einen Trick, um sie zu enthüllen: mit dem magnetischen Pulver in der durchsichtigen Kunststoffbox.

SO GEHT'S

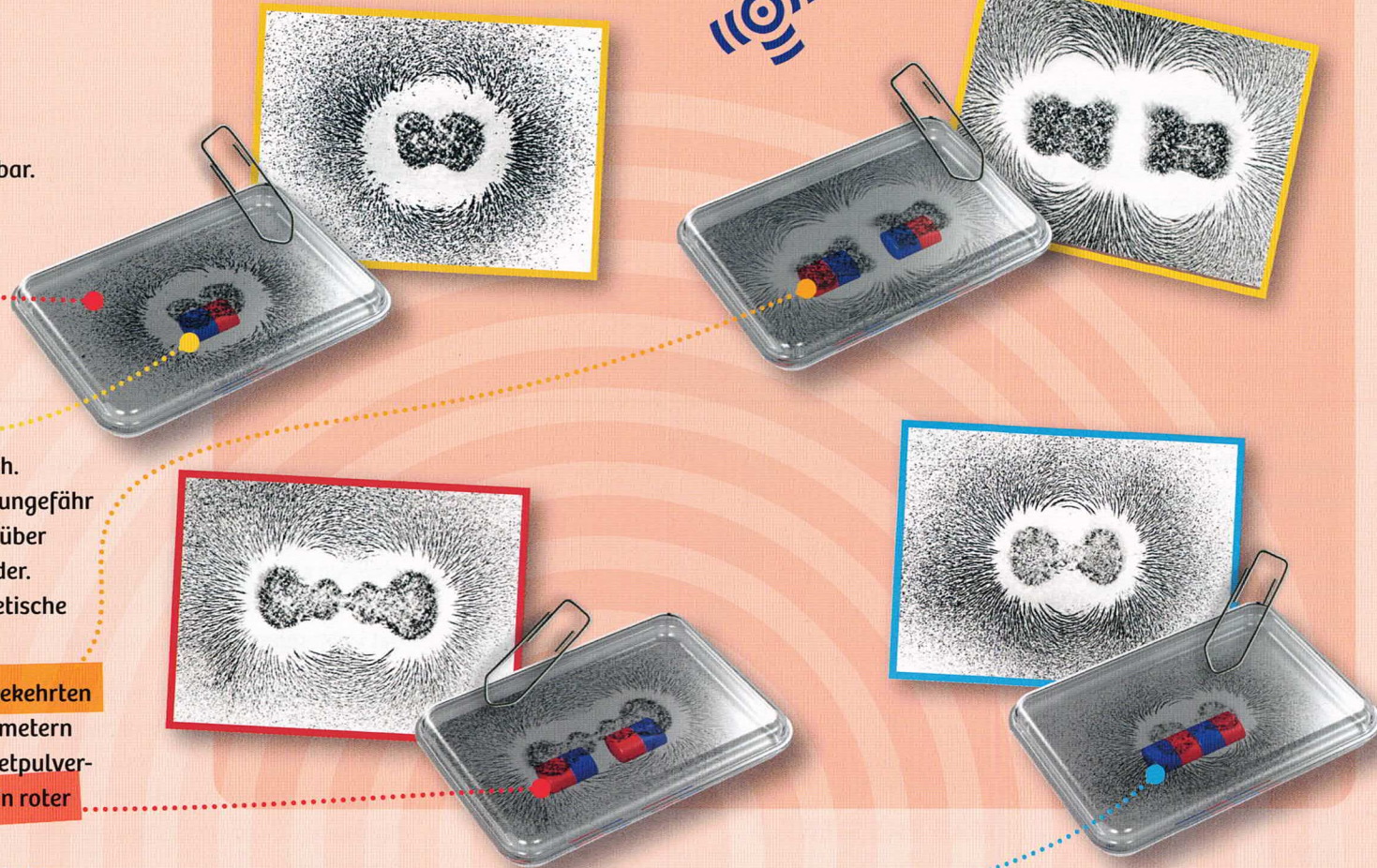
- 1.) Lege einen rotblauen Stabmagnet auf den Tisch. Verteile das magnetische Pulver in der Schachtel ungefähr gleichmäßig und halte sie dann einige Millimeter über den Magneten – der Abstand sorgt für klarere Bilder. Klopfe vorsichtig gegen die Schachtel. Das magnetische Pulver bildet wie von Geisterhand ein Muster.
- 2.) Befestige beide Stabmagnete mit einander zugekehrten blauen Polen mit etwas Klebefilm in einigen Millimetern Abstand auf dem Tisch und untersuche das Magnetpulverbild. Wiederhole den Versuch, aber so, dass sich ein roter und ein blauer Pol gegenüberstehen.
- 3.) Lasse die beiden Magnete zusammenklappen und schau dir das neue Bild in der Box an.

TIPP! Eventuell musst du die Versuche mehrfach wiederholen, bis du den Trick so heraushast, dass du richtig gute Bilder erzeugen kannst. Achte darauf, dass das magnetische Pulver gut verteilt ist und nicht einen „Haufen“ bildet.

WAS PASSIERT ?

Du kannst dir die magnetische Kraft, die von den Magnetpolen ausgeht, als ein Bündel von Linien vorstellen. Jede beginnt an einem Pol, greift in den Raum hinaus und verläuft dann zum anderen Pol. Physiker und Physikerinnen nennen den von solchen Linien erfüllten Raum ein **Magnetfeld**.

Die Eisenteilchen im Pulver machen diese Magnetkräfte und das Magnetfeld sichtbar, weil im Magnetfeld jedes Eisenkörnchen selbst zu einem kleinen Magnet mit zwei Polen wird und sich an die Nachbarkörnchen anhängt.



VERSUCH 39

Schwimmender Magnet

Magnete sind immer wieder für Überraschungen gut. Das zeigt sich auch, wenn man sie schwimmen lässt.

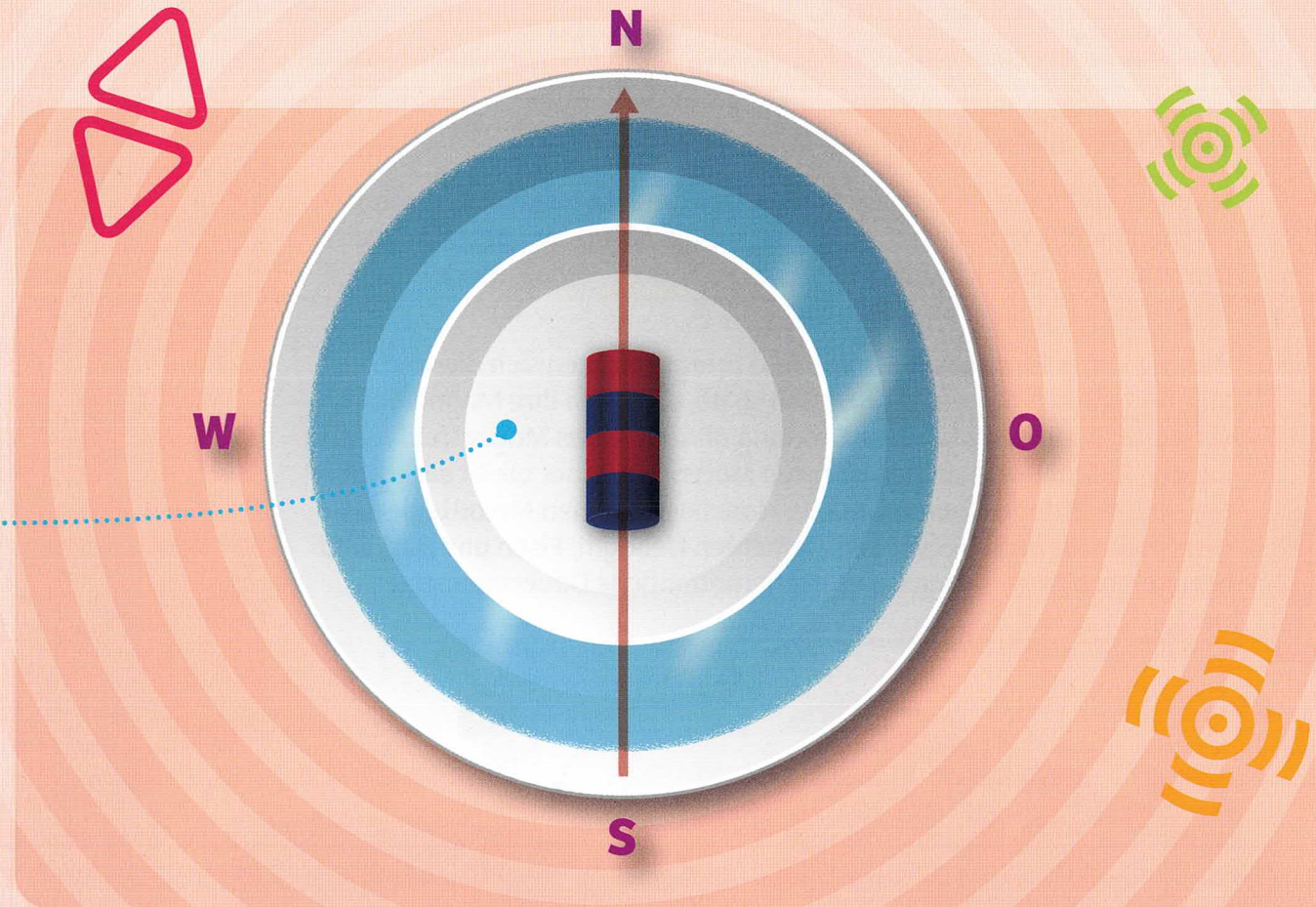
SO GEHT'S

Fülle ein Waschbecken oder einen großen Suppenteller mit Wasser und lasse darauf eine Untertasse schwimmen.

Lege die zwei aneinander gehängten Stabmagnete darauf und Sorge dafür, dass sich die Untertasse frei bewegen kann – also nicht etwa am Teller- rand festhängt.

Die Untertasse dreht sich wie von Geisterhand und bleibt in einer bestimmten Position stehen. Drehst du sie weg, stellt sie sich wieder in genau die gleiche Position ein.

Lege deinen Kompass weit weg von den allen Magneten und Eisenteilen auf den Tisch. Die Nadel stellt sich in eine bestimmte Richtung ein. Merke dir diese Richtung und teste den Kompass an verschiedenen Stellen im Haus und außerhalb: Stets zeigt er in die gleiche Richtung.



WAS PASSIERT ?

Dein Magnet spürt den Einfluss eines äußeren Magnetfelds und stellt sich entsprechend darauf ein. Das gleiche Verhalten zeigt die Kompassnadel, die ja auch ein Magnet ist.

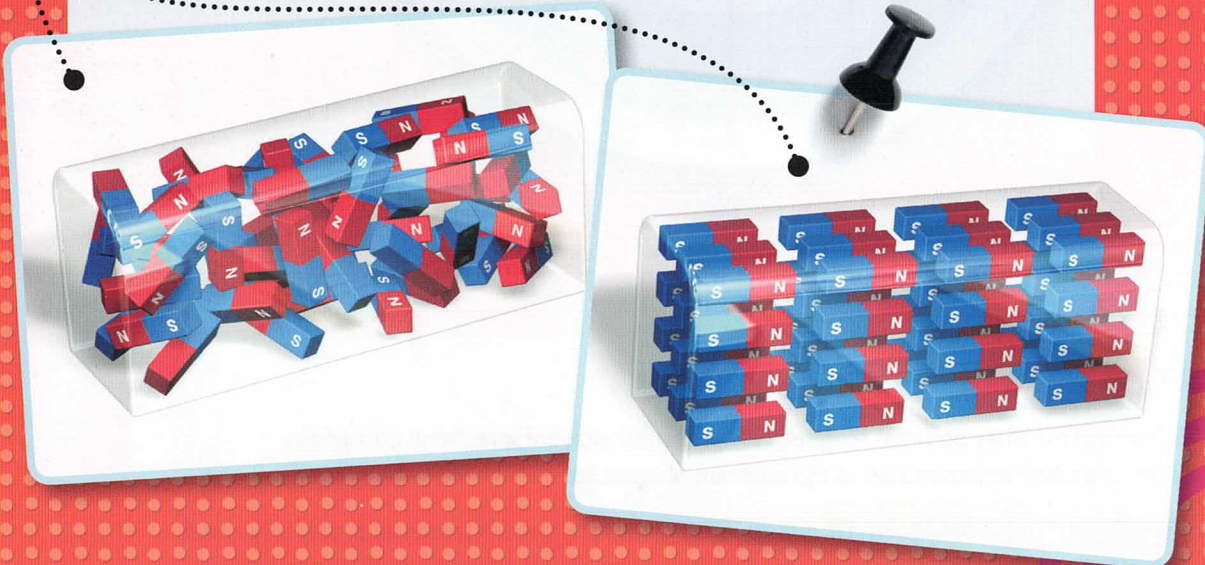
Dieses äußere Magnetfeld ist das Erdmagnetfeld, das zwischen magnetischem Nordpol und magnetischem Südpol besteht. Das rote Ende des Stabmagneten zeigt Richtung Norden, das blaue Ende Richtung Süden.



Warum sind **Magnete** magnetisch?

Magnete sind magnetisch, weil ihre Atome und deren kleinste Bestandteile bereits magnetisch sind – sie stellen Mikro-Magnete dar. Meist bemerkt man das nicht, weil sie **durcheinanderliegen** und sich ihre Magnetfelder gegenseitig aufheben.

Wenn du aber Eisen in ein Magnetfeld bringst, richten sich diese **Mikro-Magnete** aus und **ordnen** sich so an, dass sich ihre Magnetkraft verstärkt. Meist zerfällt diese Ordnung ohne äußeres Magnetfeld rasch wieder. In Stahl und einigen anderen Materialien aber bleibt sie erhalten – sie sind dann Dauermagnete. Manche modernen Metalllegierungen (etwa aus den chemischen Elementen Neodym, Eisen und Bor) sind bei weitem stärker magnetisch als herkömmliche Dauermagnete.



Die Namen der Pole

Das magnetische Eisenerz **Magnetit** ist seit Jahrtausenden bekannt.

Schon früh entdeckte man auch, dass sich bewegliche Splitter aus diesem Stoff stets in Nord-Süd-Richtung ausrichten – fortan nutzte man sie als Kompass zur Navigation.

Nur die Ursache dieses Verhaltens war lange Zeit unbekannt. Man vermutete dass nahe der Erdpole gewaltige Magnetberge existierten – so stark, dass sie über weite Entfernungen die Kompassnadeln beeinflussten und herankommenden Schiffen alle Eisennägel herauszogen.

So bekam der nordweisende Teil der Kompassnadel den Namen „**Nordpol**“ und die andere Seite wurde „**Südpol**“ genannt. Diese Namen übertrug man dann auch auf andere Magnete. In Wirklichkeit ist an den Magnetpolen der Erde die Magnetkraft nicht stärker als anderswo.



Erdmagnetismus

Auf den ersten Blick verhält sich die Erde ungefähr so, als sei in ihrem Innern zwischen Nord- und Südpol ein gewaltiger Stabmagnet eingebunden. In Wirklichkeit aber sind es mächtige elektrische Ströme im metallenen Erdkern, die das Magnetfeld erzeugen – wie das funktioniert, untersuchst du im folgenden Kapitel. Die **irdischen Magnetpole** fallen auch nicht mit den **geografischen Polen** zusammen, sondern sind einige tausend Kilometer voneinander entfernt – zudem wandern sie Dutzende Kilometer pro Jahr. In großen Zeitabständen bricht das Erdmagnetfeld manchmal sogar zusammen und bildet sich, Jahrtausende später, mit umgekehrter Polrichtung erneut.

Arktis und Antarktis

Der magnetische Pol in der Arktis nahe dem Nordpol ist ein **magnetischer Südpol** – denn er zieht ja den Nordpol der Kompassnadel an. Der Magnetpol in der Antarktis ist entsprechend ein **magnetischer Nordpol**. Man spricht, um Verwirrung zu vermeiden, daher meist von arktischem und antarktischem Magnetpol. Letzterer liegt übrigens zurzeit nicht einmal auf dem antarktischen Festland, sondern im Ozean.



Magnetlinien ...

... gibt es nicht wirklich. Man kann sich zwar ein Magnetfeld so vorstellen, als ob Kraftlinien von Pol zu Pol laufen. Diese Vorstellung hilft auch bei der Berechnung von Kräften im Feld und die Eisenspäne geben ein ähnliches Bild.

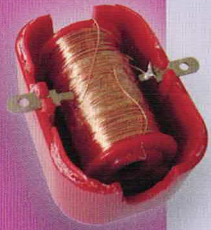
Doch diese Linien sind nur ein Gedankenmodell. Sie existieren in der Realität ebenso wenig wie etwa Längen- und Breitengrade auf der Erdoberfläche.

Das Magnetfeld ist völlig gleichförmig und nicht entlang bestimmter Linien stärker als dazwischen. Und wenn es je nach Entfernung zu den Polen seine Stärke ändert, macht es das ebenfalls völlig gleichmäßig.



Elektrischer Strom und Magnetismus – ein Team

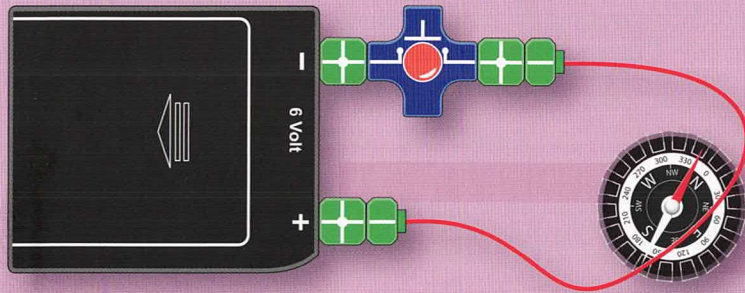
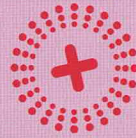
Vor 200 Jahren beobachtete der dänische Physiker Oersted zufällig, dass elektrischer Strom eine Kompassnadel beeinflusst. Daraus schloss er, dass **Elektrizität und Magnetismus eng verwandte Phänomene sind**. Die Folgen dieser Entdeckung sind kaum zu überschätzen: Unsere gesamte Stromerzeugung, aber auch Elektromotoren, Lautsprecher, Computerspeicher und vieles andere beruhen darauf.



VERSUCH 40

Geheime Verwandtschaft

Dieses berühmte und zudem eindrucksvolle Experiment, das die Verwandtschaft von Elektrizität und Magnetismus beweist, stand am Anfang der Wissenschaft vom Elektromagnetismus.



SO GEHT'S

Lege den Kompass unter den Draht und drücke kurz (!) den Taster. Die Nadel reagiert mit einer raschen Drehung.

TIPP!

Am besten funktioniert es, wenn die Kompassnadel parallel zum Draht liegt.

ACHTUNG!

Bei diesen Versuchen darfst du den Taster nur ganz kurz (höchstens eine Sekunde lang) drücken! Bei längerem Stromfluss können sich Kabel und Batterie erhitzen, außerdem wird die Batterie rasch leer.

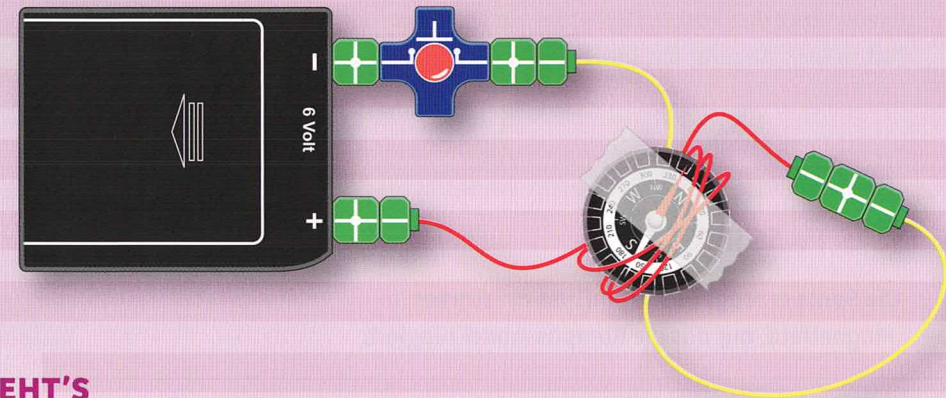
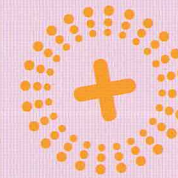
WAS PASSIERT?

Da die Kompassnadel ein Magnet ist, reagiert sie außer auf Eisen auch auf andere Magnetfelder. Es muss sich im Kabel also bei Stromfluss ein Magnetfeld gebildet haben - der im Kabel verlaufende Draht wurde kurzzeitig zum Magnet.

VERSUCH 41

Vervielfachte Wirkung

Wenn schon ein einfacher Draht solche Wirkung auf die Magnetonadel ausübt, wie wirken dann erst mehrere Drahtwindungen um den Kompass?



SO GEHT'S

Kopple zwei Verbindungskabel mit einem Kreuz-Verbinder und wickle sie soweit möglich um den Kompass.

Damit die Windungen nicht abrutschen, befestigst du sie mit etwas Klebeband. Drücke kurz (!) den Taster. Die Nadel veranstaltet einen wilden Wirbel.

WAS PASSIERT?

Die so entstandene Spule aus mehreren Drahtwindungen der Kabel wirkt deutlich stärker auf die Kompassnadel als die einfache Drahtschlinge.

TIPP!

Achte darauf, dass der Kompass parallel zum Tisch liegt – die Kompassnadel kann sich nur dann frei drehen, wenn der Kompass nicht gekippt ist. Daher sollte der Verbinder nicht unter dem Kompass liegen.

Die Kraft der Spule

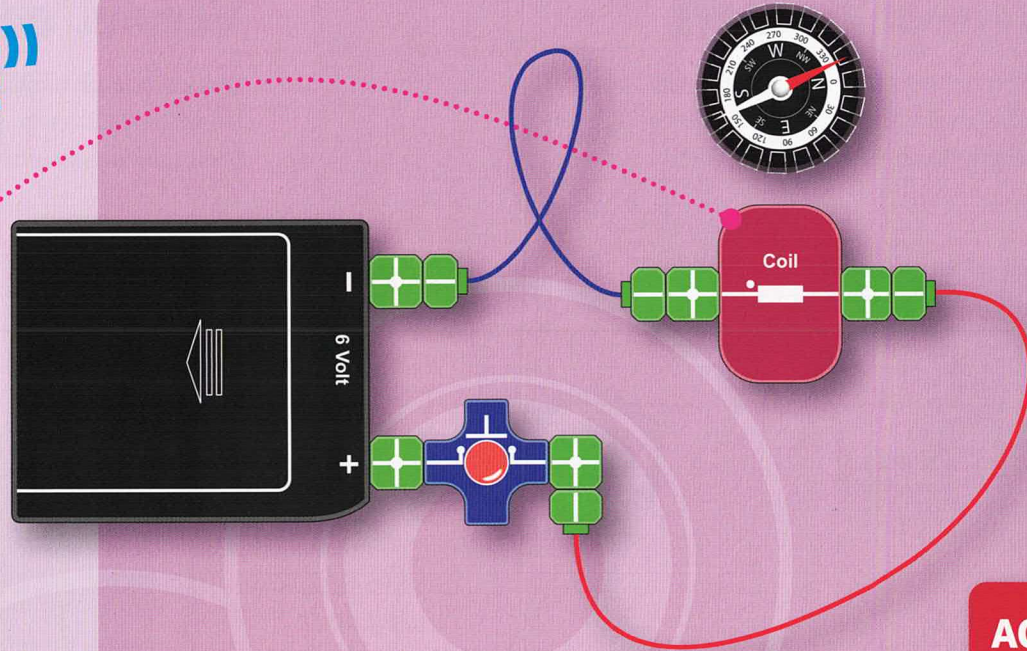
Du besitzt in deinem Kasten zwei fertige Spulen. Jede besteht aus mehreren hundert Windungen dünnen Drahts. Probiere aus, wie solch eine Spule auf die Kompassnadel wirkt.

SO GEHT'S

Platziere den Kompass vor der Spule und drücke wieder kurz den Taster. Die Nadel stellt sich sofort in Richtung auf die Spule ein.

WAS PASSIERT?

Die Spule erzeugt bei Stromfluss ein starkes Magnetfeld, auf das die Kompassnadel reagiert.

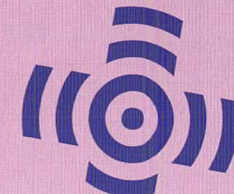


Ausprobieren!

Lege den Kompass mal an die eine, mal an die andere Seite der Spule und achte darauf, welche Seite der Kompassnadel jeweils bei Tasterdruck zur Spule zeigt. Die stromdurchflossene Spule besitzt ebenso Magnetpole wie ein Dauermagnet.

ACHTUNG!

Bei diesen Versuchen darfst du den Taster nur ganz kurz (höchstens eine Sekunde lang) drücken! Bei längerem Stromfluss können sich Kabel und Batterie erhitzen, außerdem wird die Batterie rasch leer.



VERSUCH 43

Tauschgeschäft

Bei einem Dauermagneten lassen sich die Pole nicht vertauschen. Bei einer Spule dagegen geht das – und mit dieser Wechselschaltung sogar sehr bequem.

SO GEHT'S

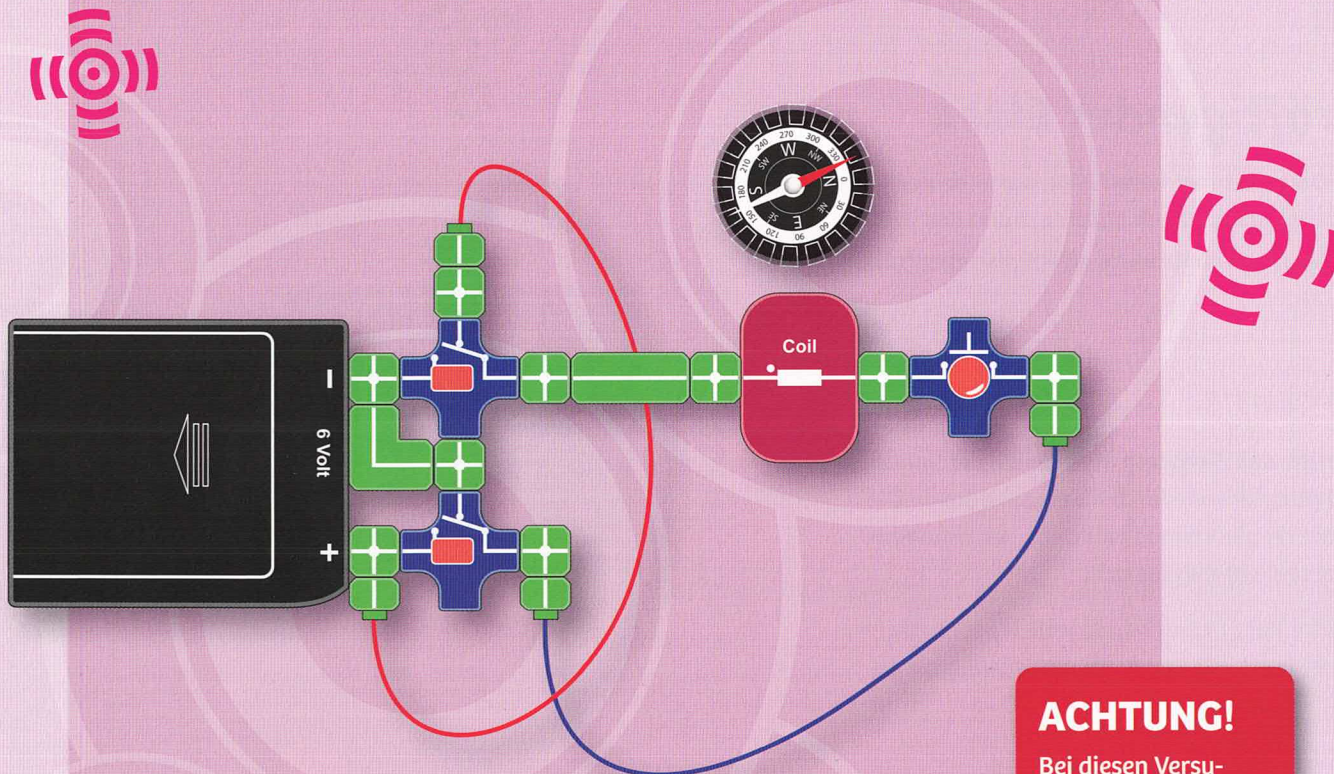
Stelle beide Umschaltknöpfe nach rechts und drücke kurz (!) den Taster. Merke dir, welche Seite der Nadel zur Spule zeigt.

Schiebe dann beide Schiebeschalter nach links und drücke erneut den Taster. Was macht die Kompassnadel jetzt?

WAS PASSIERT?

Die Schaltung verändert die Richtung, in der der Strom durch die Spule fließt und damit die Richtung, in die die Kompassnadel sich dreht.

Der Versuch zeigt, dass es von der Stromrichtung abhängt, welches Ende der Spule der Nordpol und welches der Südpol ist.



ACHTUNG!

Bei diesen Versuchen darfst du den Taster nur ganz kurz (höchstens eine Sekunde lang) drücken! Bei längerem Stromfluss können sich Kabel und Batterie erhitzen, außerdem wird die Batterie rasch leer.

Kräftigendes Eisen

Ein Dauermagnet kann Eisen, das in seiner Nähe ist, magnetisch machen. Kann das von der Spule erzeugte Magnetfeld dies ebenfalls?

SO GEHT'S

Schiebe den Eisenkern in das Loch der Spule und platziere wieder den Kompass davor. Die Nadel reagiert zunächst kaum, der Eisenkern ist also nicht magnetisch.

Drücke kurz (!) den Taster – die Nadel zuckt sofort kraftvoll und dreht sich schwungvoll.

WAS PASSIERT?

Der Eisenkern vervielfacht die Kraft des Spulen-Magnetfelds. Das Eisen konzentriert geradezu die magnetische Kraft in sich.

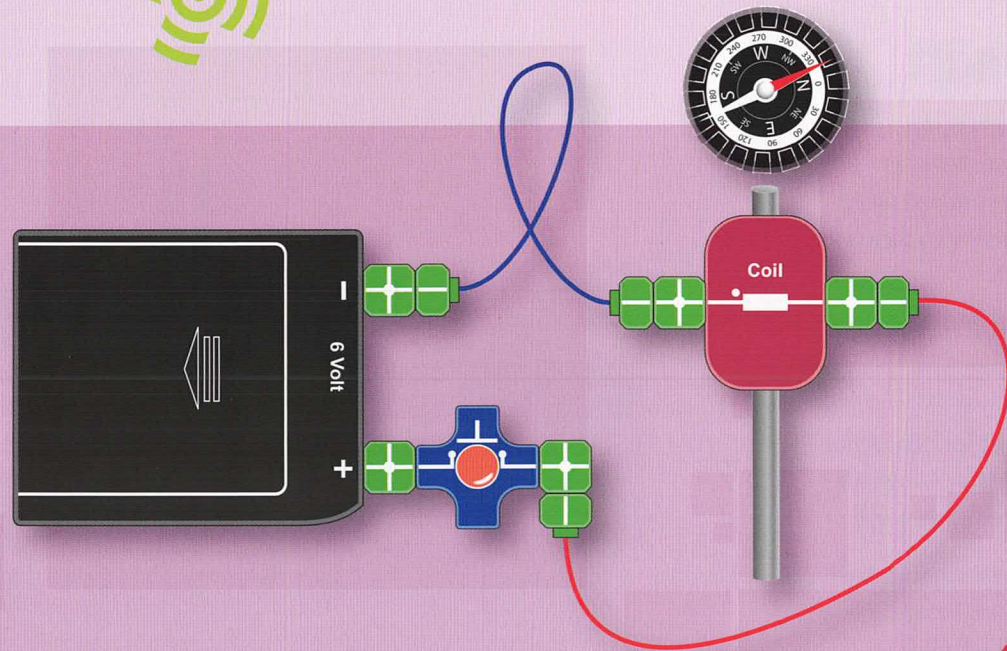
Ausprobieren!

Ein ganz kurzer Druck auf den Taster genügt, und die Kompassnadel macht mehrere Umdrehungen. Wenn du geschickt bist und immer wieder im richtigen Moment ganz kurz den Taster drückst, kannst du sie in unglaublich rasche, anhaltende Drehung versetzen.

Auf ähnliche Weise wird in einem Elektromotor aus Strom und Magnetismus die Drehbewegung erzeugt.

ACHTUNG!

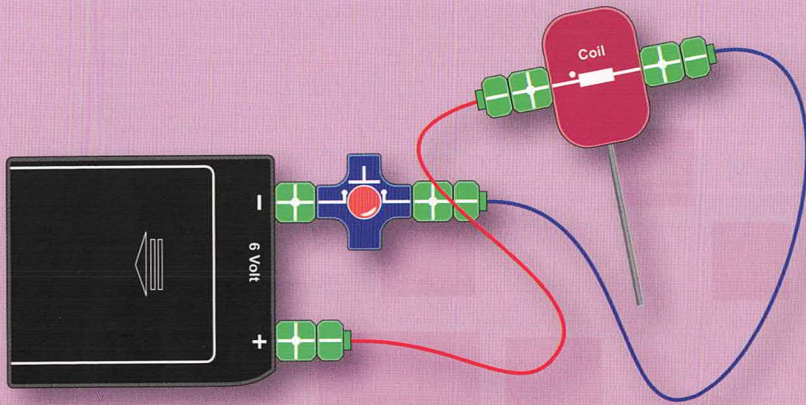
Bei diesen Versuchen darfst du den Taster nur ganz kurz (höchstens eine Sekunde lang) drücken! Bei längerem Stromfluss können sich Kabel und Batterie erhitzen, außerdem wird die Batterie rasch leer.



VERSUCH 45

Hüpfender Eisenstift

Das Magnetfeld, das sich um die stromdurchflossene Spule aufbaut, kannst du für lustige und nützliche Dinge nutzen.



SO GEHT'S

Schließe die Spule über die beiden Kabel an, um sie senkrecht zu stellen.

Halte sie über die Tischfläche und stelle einen Eisenstift in die Öffnung. Er soll von unten her etwa einen Zentimeter in die Spule hineinragen.

Drücke nun kurz den Taster. Der Stift springt hoch in die Spule hinein. Lässt du den Taster los, fällt er wieder zurück.

WAS PASSIERT?

Der Strom verwandelt die Spule in einen Magnet und das Magnetfeld der Spule zieht den Eisenstift in die Spule hinein.

Früher hat man diesen Effekt genutzt, um einen Türgong zu bauen – man ließ den Eisenstift gegen eine Glocke schlagen; eine Feder zog ihn dann wieder zurück.



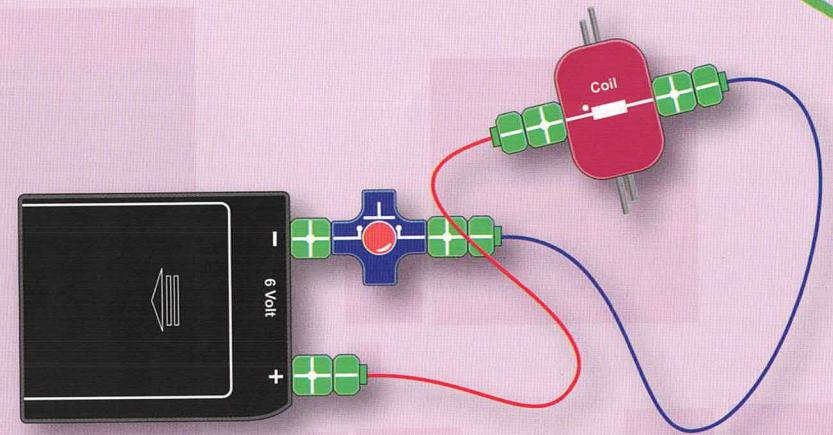
VERSUCH 46

Bei Strom mögen sie sich nicht mehr

Was geschieht, wenn du beide Eisenstifte nebeneinander in die Spule legst und Strom gibst?

ACHTUNG!

Bei diesen Versuchen darfst du den Taster nur ganz kurz (höchstens eine Sekunde lang) drücken! Bei längerem Stromfluss können sich Kabel und Batterie erhitzen, außerdem wird die Batterie rasch leer.



SO GEHT'S

Lege die Stifte so in die Spule, dass an jedem Ende noch einige Millimeter herauschauen.

Drücke kurz (!) den Taster. bewegen sich sofort so weit wie möglich auseinander.

WAS PASSIERT?

Das Spulenmagnetfeld verwandelt beide Stifte in Magnete – aber auf gleiche Weise. Das bedeutet: Es bilden sich an den Enden beider Stifte gleichnamige Pole – und die stoßen sich ab.



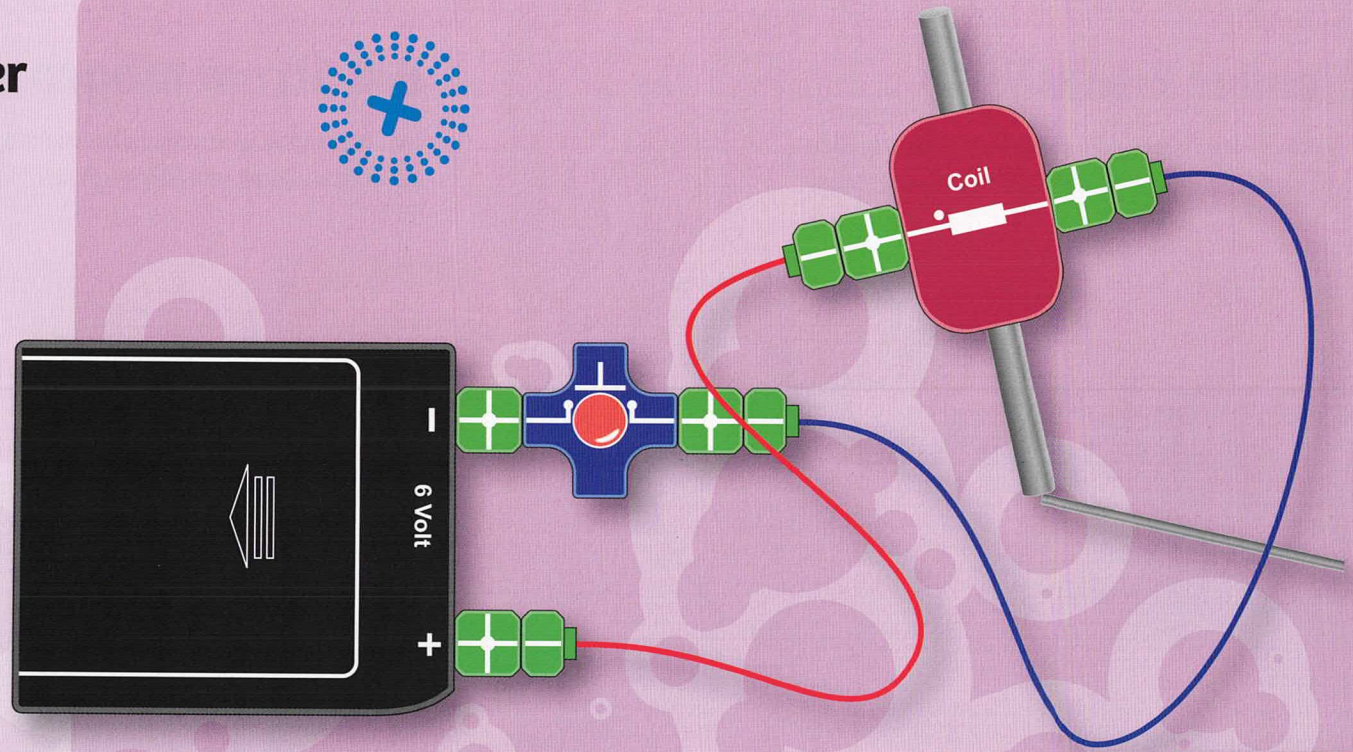
Elektrischer Lastenheber

Ein Dauermagnet behält seine Magnetkraft ständig bei, deshalb heißt er ja auch so. Anders ein Elektromagnet wie deine Spule.

SO GEHT'S

Schiebe den Spulenkern in die Spule und halte sie senkrecht (Eisenkern festhalten!), und zwar so, dass das Ende des Eisenkerns einige Millimeter von dem Eisenstäbchen auf dem Tisch entfernt ist. Drücke den Taster. Der Eisenkern zieht das Stäbchen an. Schaltest du den Strom ab, fällt es wieder herunter.

Probiere deinen Elektromagneten auch mit anderen Eisenteilen (etwa Nägeln) aus.



WAS PASSIERT ?

Solange Strom fließt, bilden Spule und Eisenkern einen starken Magnet. Sobald der Stromfluss aufhört, verschwindet die Magnetkraft aber sofort. Solche Elektromagneten finden neben ihrer Funktion als abschaltbare Lastheber vielfache Anwendungen in der Technik.

ACHTUNG!

Bei diesen Versuchen darfst du den Taster nur ganz kurz (höchstens eine Sekunde lang) drücken! Bei längerem Stromfluss können sich Kabel und Batterie erhitzen, außerdem wird die Batterie rasch leer.

VERSUCH 48

Selbst erzeugter Strom

Mit elektrischem Strom und einer Spule kannst du ein Magnetfeld aufbauen. Kannst du auch anders herum mit einem Magnetfeld Strom erzeugen? Probiere es aus!

SO GEHT'S

Verbinde beide Spulen miteinander und mit dem Messgerät. Beachte dabei, dass ein Spulenkörper verkehrt herum liegen muss.

Schiebe den Eisenkern durch beide Spulen und lasse an einem Ende die verbundenen Stabmagneten haften. Stelle das Messgerät auf die Mittelstellung ($500\mu\text{A}$). Das Gerät zeigt nichts an.

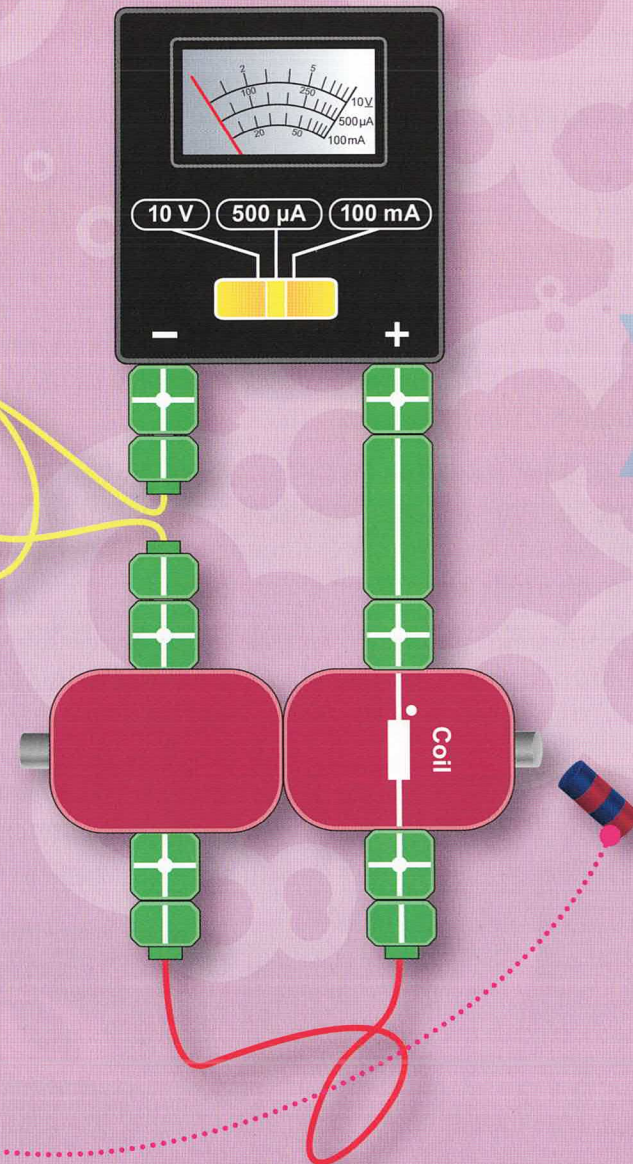
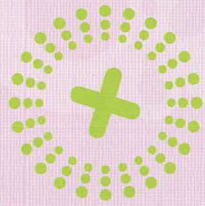
Ziehe den Stabmagnet rasch ab (Eisenkern festhalten) und lasse ihn wieder anschnappen – der Zeiger schlägt aus.

Hängt der Zeigerausschlag davon ab, wie schnell sich der Magnet auf den Eisenkern zubewegt?

WAS PASSIERT ?

Das ruhende Magnetfeld im ersten Teil des Versuchs bewirkt keinen Ausschlag, es entsteht also kein Strom.

Erst das rasch anwachsende oder abnehmende Magnetfeld durch Abnehmen und Anschnappen des Magnets im zweiten Teil erzeugt Strom. Je rascher die Änderungen aufeinander folgen, desto stärker ist der erzeugte Strom.



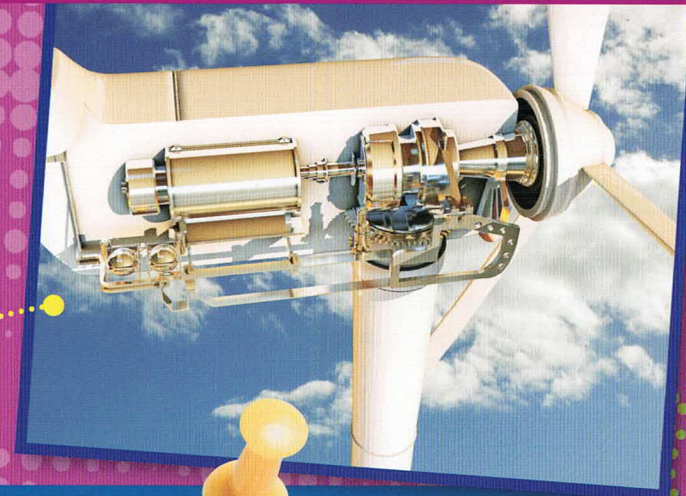
Elektromagnete ...

... finden heute vielfältige Verwendung. Am augenfälligsten ist ihre Verwendung bei Schrotthändlern: Hier ziehen starke, an einem Kran befestigte Elektromagnete Eisenteile an; zum Loslassen der Teile muss man nur den Strom abschalten.

Doch noch viel wichtiger ist ihr Einsatz in Elektromotoren, Kraftwerks-Generatoren zur Stromerzeugung, Lautsprechern und Kopfhörern und Magnetschwebebahnen.

Teilchenbeschleuniger, wie etwa im CERN (einem großen Forschungszentrum für Physik der Europäischen Organisation für Kernforschung) bei Genf halten mit Dutzenden mächtiger Elektromagneten Elementarteilchen auf einer Kreisbahn.

Und auch Magnetresonanztomografen (MRT), mit denen Ärzte hochaufgelöste Schnittbilder aus dem Inneren des menschlichen Körpers (um zum Beispiel Krankheiten oder Verletzungen sichtbar zu machen) produzieren, sind auf superstarke Elektromagnete angewiesen.



Generator

Ein sich änderndes Magnetfeld erzeugt in einem Draht eine elektrische Spannung. Das wird in elektrischen Generatoren zur Stromerzeugung ausgenutzt. Sie bestehen aus einem drehbaren Rotor und einem unbeweglichen Teil, dem Stator.

In beiden Fällen handelt es sich um Spulen mit Eisenkernen, also Elektromagneten. Gespeist werden sie von selbst erzeugtem Strom, von dem ein kleiner Teil abgezweigt wird. Je rascher der Generator läuft, desto stärker sind also die Elektromagnete und desto höher die erzeugte Stromstärke – bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit. Man nennt dies das „**dynamoelektrische Prinzip**“.

In **Windkraftwerken** ist der Propeller direkt mit dem Generator verbunden, aber meist wird der Rotor von Turbinen in Drehung versetzt, die wiederum von strömendem Wasser oder Heißdampf angetrieben werden. Einer der zurzeit größten Generatoren wiegt mit 900 Tonnen soviel wie 600 Autos und kann 1,6 Millionen Haushalte mit Strom versorgen.

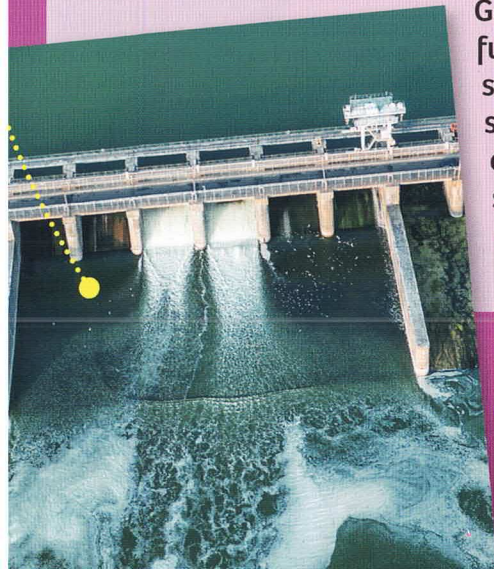
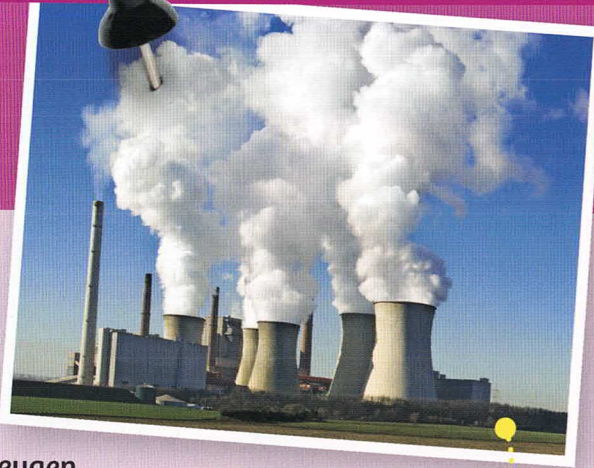
Strom-Erzeugung

Wechselstrom ist heute für uns praktisch allgegenwärtig. Daher hat die Technik zahlreiche Methoden entwickelt, ihn zu erzeugen.

Die meiste Elektrizität hierzulande stammt aus **Großkraftwerken**. Sie erhitzen Wasser zu Heißdampf – entweder durch Verbrennen von Kohle, Öl oder Gas oder durch Kernkraft. Der heiße Dampf wird dann unter hohem Druck auf die Schaufeln von Turbinen geleitet. Dabei gibt er seine Energie an die Turbine ab, die sich kräftig dreht und wiederum einen elektrischen Generator antreibt, der dann Strom liefert.

In **Wasserkraftwerken** strömt das fallende oder laufende Wasser durch Turbinen, die wieder Generatoren treiben, während in Windkraftwerken der Propeller direkt den Generator antreibt.

Ganz anders und ohne bewegliche Teile funktionieren dagegen Solarzellen. Hier setzt die Lichtenergie in speziellen Materialschichten Elektronen frei und erzeugt damit elektrische Gleichspannung, die dann von sogenannten Wechselrichtern in Wechselstrom umgewandelt wird.

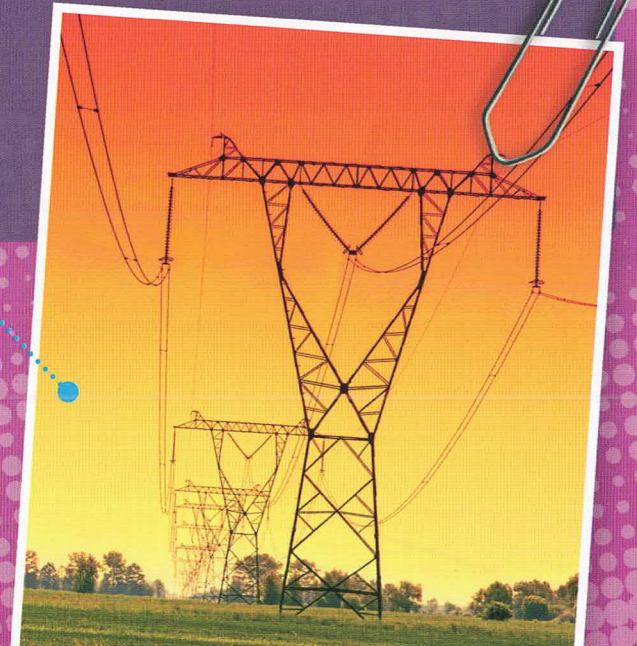


Ein Netz für den Strom

Zwar erzeugen heute manche Gebäude per Solarzellen teilweise eigenen elektrischen Strom.

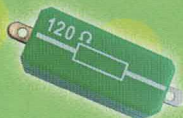
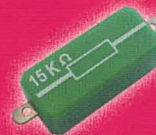
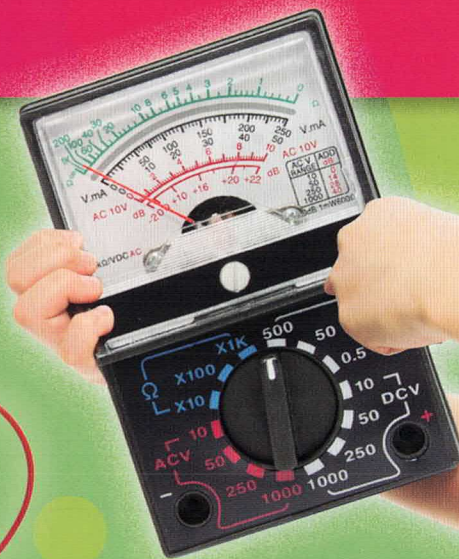
Dennoch wird der größte Teil unseres Stroms in Wasser-, Kohle-, Gas-, Atom- oder Windkraftwerken produziert und muss daher zum Verbraucher (also zum Beispiel dir, wenn du dein Handy auflädst) geleitet werden.

Das dazu nötige Leitungsnetz überspannt ganz Europa. Über größere Entfernungen wird der Strom in **Hochspannungsleitungen** transportiert, dann über Mittel- und Niederspannungsleitungen verteilt und gelangt schließlich in jedes Haus.



Messung des Unsichtbaren

Strom ist bekanntlich unsichtbar. Man sieht nur seine Wirkungen. Damit aber dennoch klar wird, was in den Schaltungen geschieht, benutzen Elektroniker oder Elektronikerinnen Messinstrumente. Natürlich ist auch diesem Kasten ein Messgerät beigegeben und die Versuche in diesem Kapitel zeigen, wie du es nutzen kannst.



VERSUCH 49

Die Kraft der Batterie

Die Batterie liefert Strom, weil zwischen ihren Anschlüssen eine elektrische Spannung besteht. Diese Spannung kannst du messen.

SO GEHT'S

Schalte das Messgerät auf Stellung 10 V (Schiebeschalter ganz links) und drücke den Taster. Sofort zeigt der Zeiger auf der obersten Skala 6 Volt an – zumindest wenn deine Batterien voll sind.

WAS PASSIERT?

In Stellung 10 V arbeitet dein Messgerät als Spannungsmesser. Tatsächlich liegt zwischen den Anschlüssen der Batteriebox eine elektrische Spannung von 6 Volt. Zeigt dein Messgerät eine deutliche niedrigere elektrische Spannung an, solltest du die Batterien wohl bald durch neue ersetzen.

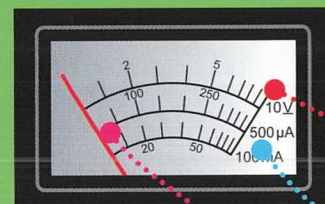
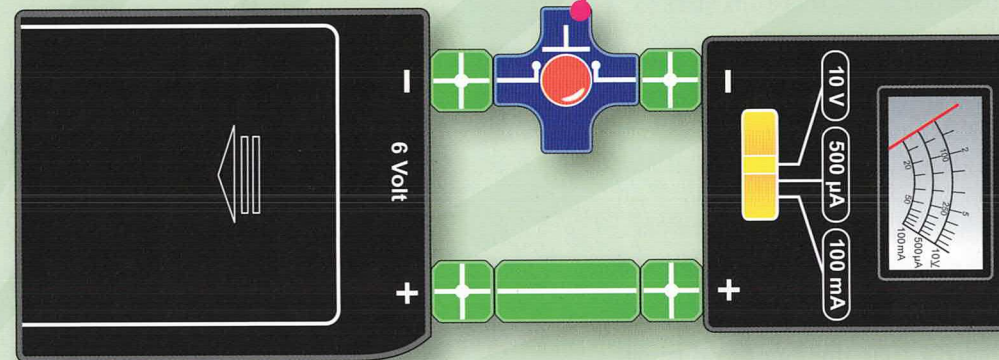
ACHTUNG!

Das Messinstrument ist ein empfindliches Gerät. Achte daher stets darauf, dass du es auf den richtigen Bereich eingestellt und richtig angeschlossen hast.

Verbinde das Messgerät in Stellung Strommessung (100 mA oder 500 μ A) niemals direkt mit beiden Batterieanschlüssen! Der starke Strom würde das empfindliche Messwerk zerstören!

TIPP!

Der Taster soll verhindern, dass das Messgerät bei Überlastung Schaden nimmt – wenn der Zeiger falsch herum ausschlägt oder am rechten Rand anschlägt, lasse ihn sofort wieder los. Miss zudem immer nur so lange wie nötig.



Das Messgerät ...

... hat drei Skalen. Du musst immer die Skala ablesen, die zur Einstellung des Schalters gehört.

Ganz oben ist die 10-Volt-Skala – der Zeiger schlägt voll aus, wenn am Messgerät 10 Volt Spannung liegen.

Die beiden anderen Skalen dienen zur Messung von Stromstärken: In der Mitte befindet sich die 500- μ A-Skala (Vollausschlag bei 500 μ A) und ganz unten die 100-mA-Skala (Vollausschlag bei 100 mA).

Batterien im Einzeltest

Du weißt ja, dass in deinem Batteriekasten vier Batterien zusammenarbeiten, um die gewünschte elektrische Spannung von 6 Volt zu liefern. Mit dem Messgerät kannst du das noch genauer überprüfen.

SO GEHT'S

Hole zwei Batterien aus der Batteriebox und schalte das Messgerät auf 10V.

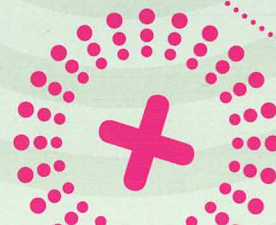
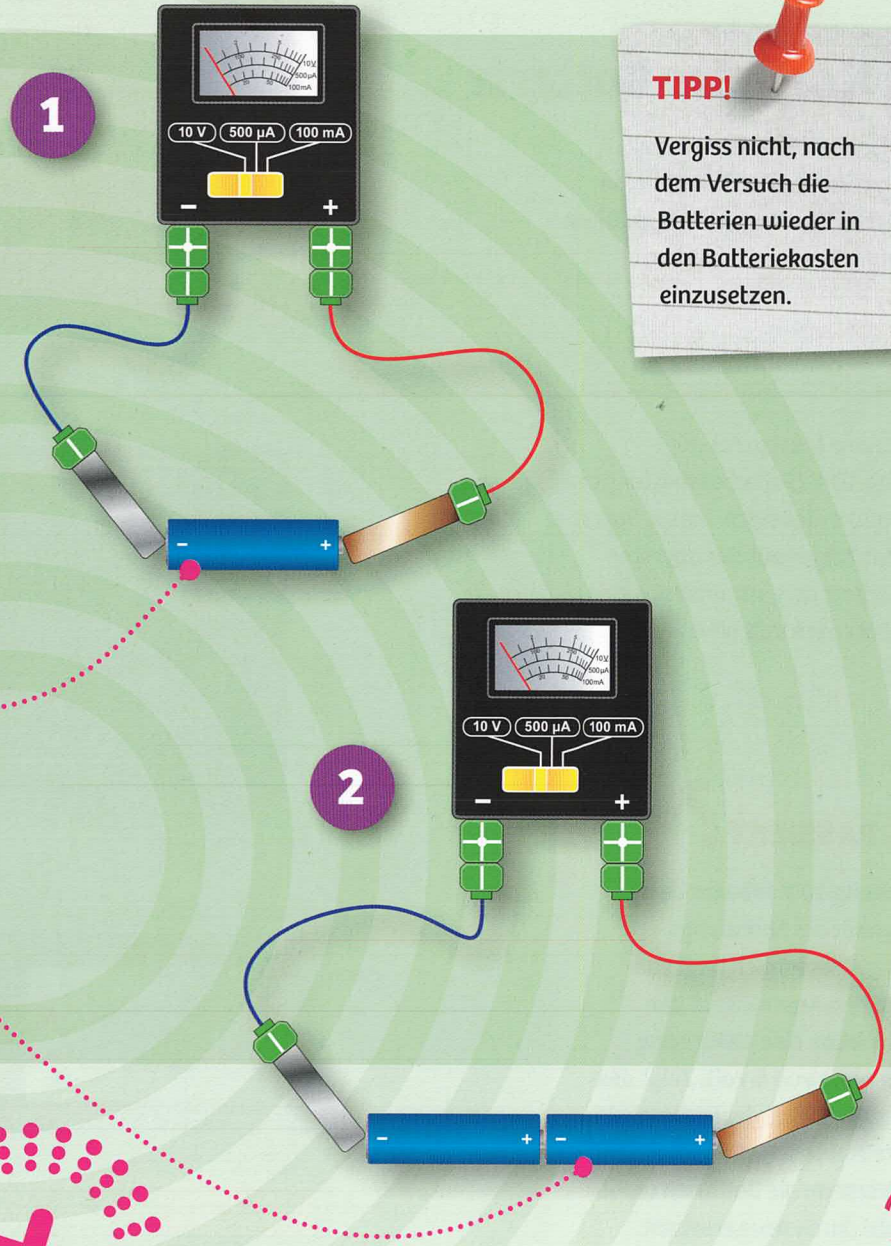
Schau dir die Batterien an: Das eine Ende ist mit Plus (+) gekennzeichnet; dort sitzt auf dem Anschluss auch eine kleine Erhöhung. Das andere Ende trägt ein Minus-Zeichen (-) und ist flach.

Drücke das Kupferblech an die Erhöhung auf der Plus-Seite einer Batterie und stelle deren Unterseite auf das Zinkblech. Das Messgerät zeigt etwa 1,5 Volt an.

Lege nun die zweite Batterie neben die erste, und zwar so, dass der Minuspol der schon liegenden Batterie an den Pluspol der neuen Batterie drückt. Halte dann das Zinkblech an den Minuspol der zweiten Batterie und das Kupferblech wieder an den Pluspol der ersten Batterie.

WAS PASSIERT ?

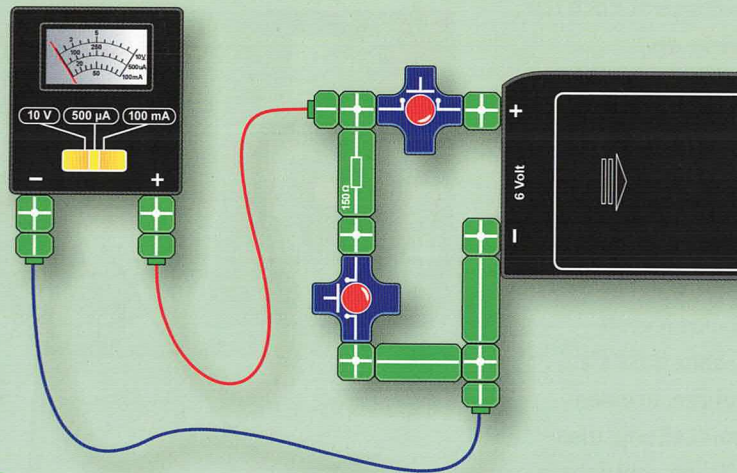
Jede der Batterien liefert eine Spannung von 1,5 Volt. Schaltest du zwei davon in Reihe, so dass sich Minuspol der ersten und Pluspol der zweiten berühren, addieren sich die Spannungen zu 3 Volt. In der Batteriebox sind die vier Batterien ebenfalls in Reihe geschaltet, deshalb liefern sie $4 \times 1,5$ Volt, also 6 Volt.



VERSUCH 51

Batterietester

Die Versuche des Kastens solltest du möglichst mit einer vollen, nicht verbrauchten Batterie ausführen. Mit dieser Schaltung kannst du den Batteriezustand testen.



SO GEHT'S

Stelle den Schiebeschalter am Messinstrument auf die Stellung 10 Volt. Drücke dann zunächst den Taster 1 (am Pluspol) und merke dir genau die Anzeige am Messgerät. Drücke nun zusätzlich den Taster 2. Je weiter dabei der Zeigerausschlag zurückgeht, desto schwächer ist die Batterie.

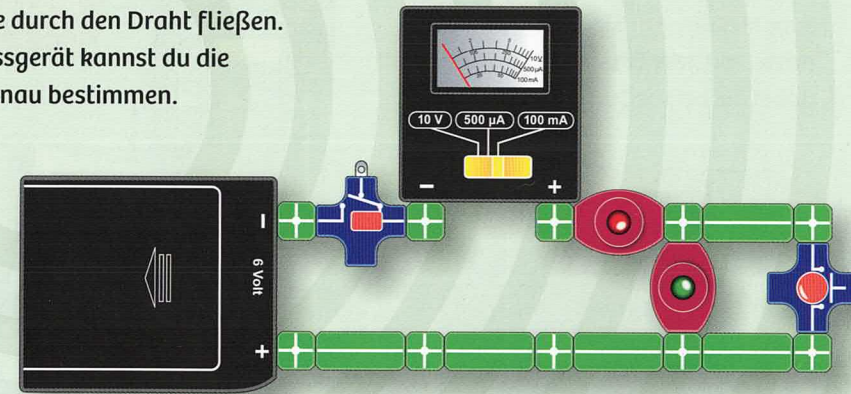
WAS PASSIERT?

Verbrauchte Batterien liefern auch im Leerlauf eine etwas niedrigere Spannung als volle. Vor allem aber sinkt ihre Spannung, wenn sie etwas leisten müssen – in diesem Fall, Strom durch den 150-Ohm-Widerstand zu treiben. Daher ist der Rückgang des Zeigerausschlags ein Maß für den Batteriezustand.

VERSUCH 52

Stromfluss in Zahlen

Ein Wasserstrom aus dem Hahn kann tropfeln oder in starkem Strahl brausen. Ähnlich kann auch Strom in kleiner oder größerer Stärke durch den Draht fließen. Mit deinem Messgerät kannst du die Stromstärke genau bestimmen.



SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf Stellung 100 mA (Schiebeschalter ganz nach rechts) und schalte den Umschalter ein. Nun leuchten beide Lämpchen. Lies das Messgerät auf der untersten Skala (100 mA) ab. Es fließen etwa 30 Milliampere. Drücke danach den Taster. Jetzt erlischt das grüne Lämpchen, dafür leuchtet das rote Lämpchen hell, und das Messgerät zeigt etwa 40 Milliampere an.

WAS PASSIERT?

Das Messgerät zeigt die Stromstärke an, die im Stromkreis fließt. Wenn beide Lämpchen in Reihe liegen, ist die Stromstärke geringer als wenn im Stromkreis nur ein Lämpchen liegt. Denn mit dem Taster überbrückst du das grüne Lämpchen.

VERSUCH 53

Messung gerings- ter Stromstärken

Das Messgerät hat zwei Einstellungen zum Messen von Stromstärken. Die dritte, mittlere Einstellung ($500 \mu\text{A}$) ist dabei die bei weitem empfindlichste.



ACHTUNG!

Die beiden Metallbleche dürfen sich niemals direkt berühren, damit das Messgerät nicht beschädigt wird!

SO GEHT'S

Stelle das Messgerät in Mittelstellung ($500 \mu\text{A}$). Zeichne mit einem weichen Bleistift einen breiten Strich auf ein Blatt Papier, wobei du die graue Substanz (Graphit) möglichst dick aufträgst (mindestens zehn Mal darüberfahren).

Drücke beide Metallbleche in einigen Millimetern Abstand auf die graue Fläche und kratze ein bisschen hin und her. Der Zeiger sollte nun ausschlagen. Wenn nicht, musst du noch mehr Graphit auftragen.

WAS PASSIERT ?

Graphit leitet den Strom, wenn auch nicht sehr gut. Daher fließt ein recht geringer Strom, den aber das Messgerät dennoch anzeigt. Immerhin ist es in Stellung $500 \mu\text{A}$ etwa 200-mal so empfindlich wie in Stellung 100mA .

VERSUCH 54

Messung kleinster Ströme

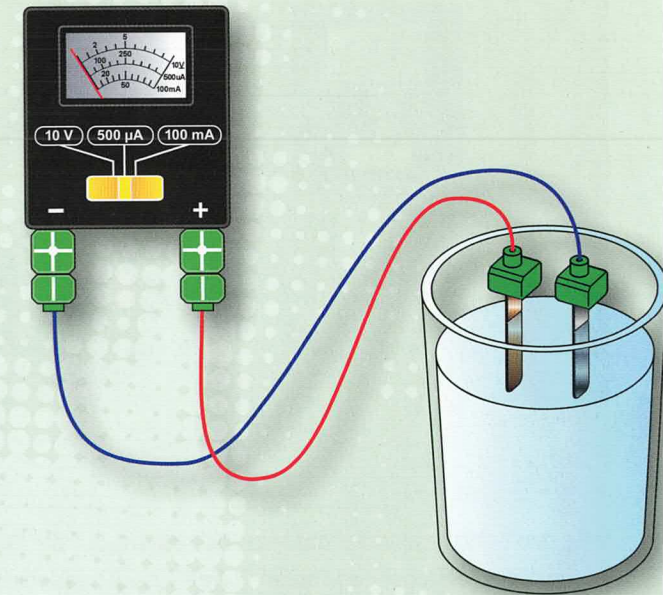
Nicht nur mit Graphit, sondern auch in schwach leitenden Flüssigkeiten zeigt dir das Messgerät noch die Stromstärke an.

SO GEHT'S

Stelle das Messgerät in Mittelstellung ($500 \mu\text{A}$).

Tauche beide Metallstreifen, ohne dass sie sich berühren, in einen Becher mit Leitungswasser. Der Zeiger schlägt ein bisschen aus.

Tauche sie nun kurz in ein Glas mit etwas Fruchtsaft oder Cola. Der Ausschlag ist deutlich größer.



WAS PASSIERT ?

Deine beiden Metallstreifen in Wasser oder Fruchtsaft bilden eine Miniaturbatterie. Sie liefert zwar nur wenig Spannung und Strom, aber das Messgerät zeigt selbst diesen geringen Strom von nur einigen Millionstel Ampere an.

VERSUCH 55

Elektrizität aus der Zitrone

Selbst eine Zitrone kann Strom liefern – zumindest scheint es so.

SO GEHT'S

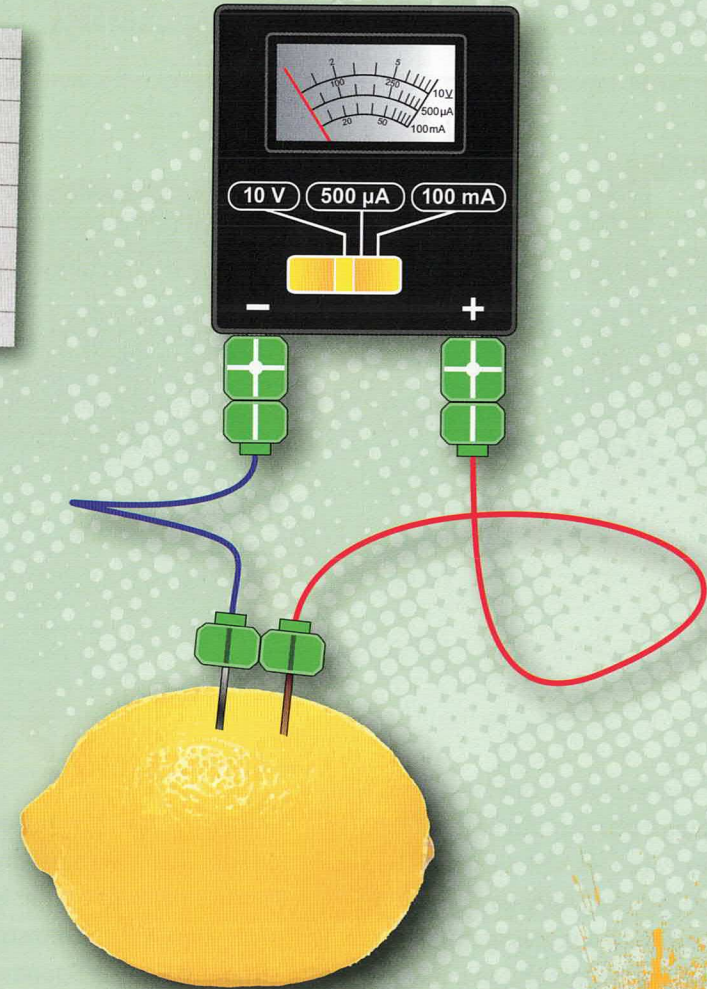
Schalte das Messgerät auf den 10-V-Bereich. Stecke beide Metallbleche in kleinem Abstand in die Zitrone, aber so, dass sie sich nicht berühren. Der Zeiger zeigt eine Spannung von etwas unter einem Volt an. Schalte dann auf den 100-mA- oder 500- μ A-Bereich um: Es fließt auch ein schwacher Strom.

WAS PASSIERT?

Schon vor über 200 Jahren hat der italienische Forscher **Luigi Galvani** beobachtet, dass zwei unterschiedliche Metalle eine elektrische Spannung erzeugen, wenn sie mit einer leitfähigen Flüssigkeit verbunden sind. Er hielt das für eine Eigenschaft lebendiger Stoffe, sozusagen „tierische Elektrizität“. Erst der Physiker **Alessandro Volta** fand heraus, dass die Metalle der Elektroden (die beiden Bleche) die eigentliche Ursache sind – an ihnen finden in saurer Lösung (wie im Saft einer Zitrone oder anderen Fruchtsäften) chemische Reaktionen statt, die elektrische Spannung erzeugen. Auf Basis dieser Beobachtung konstruierte er im Jahr 1801 die **erste elektrische Batterie** – die sogenannte **Volta'sche Säule**. Sie war ähnlich wie bei deinem Versuch aus Kupfer- und Zinkblechen aufgebaut, nur nutzte er statt der Zitrone eine schwache Säure.

TIPP!

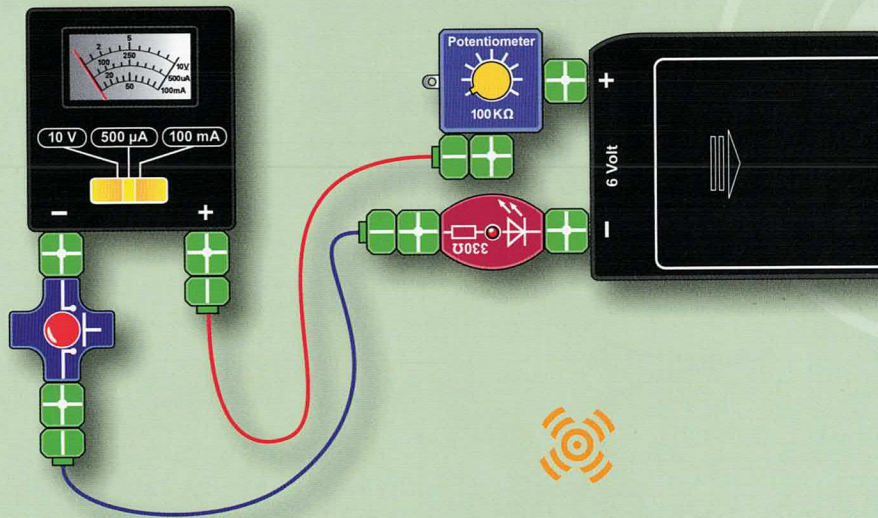
Reinige die beiden Elektroden (das Kupfer- und Zinkblech) nach den Versuchen mit klarem Wasser und trockne sie sorgfältig ab.



VERSUCH 56

Stufenlose Stromstärkenregelung

Ob man auch die Stromstärke stufenlos regeln kann? Vielleicht mit dem Poti?



SO GEHT'S

Stelle den Schiebeschalter am Messgerät auf die Stellung 100 mA. Drücke den Taster und drehe am Poti. Leuchtet die LED hell, drehe am Poti, bis der Zeiger ganz links steht. Nun kannst du das Messgerät auf den 500- μ A-Bereich umschalten und vorsichtig (!) das Poti drehen, so dass der Zeiger immer weiter ausschlägt. Schon bei nur einigen hundert Mikroampere leuchtet die rote LED recht hell.

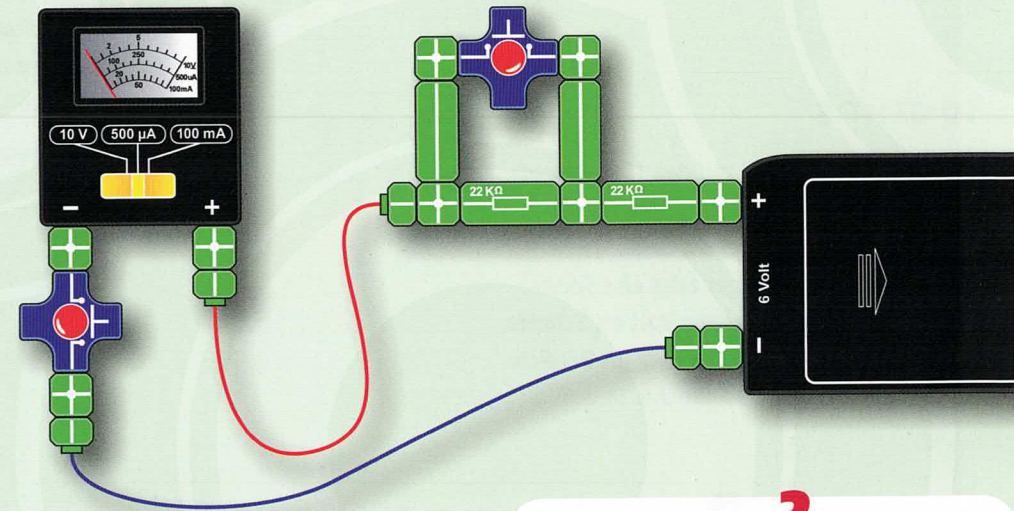
WAS PASSIERT?

Mit dem Poti setzt du in den Stromkreis einen regelbaren Widerstand. Je größer er ist, desto kleiner die Stromstärke. Offenbar hängen Spannung, Widerstand und Stromstärke in einem Stromkreis eng zusammen.

VERSUCH 57

Das Gesetz von Herrn Ohm

Wie verhält sich die Stromstärke bei einfachem und bei doppeltem Widerstand? Finde es heraus!



SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf den Bereich 500 μ A. Drücke den Taster unterhalb des Messgeräts und lies den Ausschlag ab (er wird bei etwa 125 μ A liegen). Drücke nun auch den zweiten Taster oberhalb des Widerstands und lies erneut ab. Jetzt hat sich der Ausschlag verdoppelt auf etwa 250 μ A.

WAS PASSIERT?

Im ersten Versuch muss der Strom etwa 44 k Ω m Gesamtwiderstand passieren, und es fließen rund 125 Mikroampere. Überbrückst du mit dem Taster einen der beiden Widerstände, halbiert sich der Gesamtwiderstand auf 22 k Ω – und nach dem Ohmschen Gesetz (mehr Infos dazu findest du im Kasten bei Versuch 58) verdoppelt sich daher die Stromstärke.

VERSUCH 58

Überall das Gleiche

Ist es eigentlich egal, an welcher Stelle in einem Stromkreis du das Messgerät einsetzt, um die Stromstärke zu ermitteln? Probiere es aus.

SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf den Bereich $500 \mu\text{A}$. Wie du erkennst, ist es jetzt zwischen die beiden Widerstände gesetzt. Miss den Stromstärkewert und notiere ihn. Baue deine Schaltung so um, dass das Messgerät zwischen Pluspol und $22\text{-k}\Omega$ -Widerstand angeschlossen ist (der $22\text{-k}\Omega$ -Widerstand schließt dann am Minuspol des Messgeräts an) und miss erneut. Miss auch zwischen $5,6\text{-k}\Omega$ -Widerstand und LED und zwischen LED und Minuspol. Ändern sich die Stromstärkewerte?



TIPP!

Achte darauf, dass du das Gerät immer richtig herum anschließt. Wenn der Zeiger nach links ausschlägt, musst du die Anschlüsse vertauschen.

WAS PASSIERT?

Du bekommst immer den gleichen Messwert, egal wo im geschlossenen Stromkreis du misst. Der Versuch beweist: In einem bestimmten, geschlossenen Stromkreis fließt an jeder Stelle die gleiche Stromstärke.

OHM FÜR RECHENKÜNSTLER

Die Stromstärke, Spannung und Widerstand in einem Stromkreis voneinander abhängen, hat vor fast 200 Jahren der Physiker Georg Simon Ohm bemerkt und untersucht. Ihm zu Ehren nennt man das dahinterstehende Naturgesetz „Ohmsches Gesetz“. Für Elektroniker und Elektronikerinnen ist es sehr wichtig: Unter anderem kann man damit vorausberechnen, ob nicht zum Beispiel zu starke oder schwache Ströme in einem Stromkreis fließen werden.

Das Ohmsche Gesetz lautet: **Spannung (U, in Volt) geteilt durch Stromstärke (I, in Ampere) ergibt den Widerstand (R) im Stromkreis in Ohm (Ω).** Meist schreibt man es $U/I=R$. Oder auch $I=U/R$ oder $U=I \cdot R$. Das ist immer das gleiche Gesetz.

Willst du etwa in einem Stromkreis mit einer Spannung von 6 Volt und einer gemessenen Stromstärke von 100 mA (0,1 A) den Gesamtwiderstand ausrechnen, teilst du 6 durch 0,1 und erhältst 60 Ohm.

$$\frac{6 \text{ V}}{0,1 \text{ A}} = 60 \Omega$$

Hast du dagegen einen Widerstand von $44\text{ k}\Omega$ und willst die Stromstärke ausrechnen, teilst du 6 durch 44 000. Klingt schwierig? Rechne 6 000 000 (6 Millionen) durch 44 000, dann bekommst du das Ergebnis direkt in Mikroampere (μA) – in diesem Fall 136 μA .

$$\frac{6 \text{ V}}{44\,000 \text{ k}\Omega} = 136 \mu\text{A}$$

Abfall am Widerstandspaar

Anders als bei der Stromstärke ist es bei der Spannungsmessung ganz und gar nicht egal, wo und wie man sie misst.

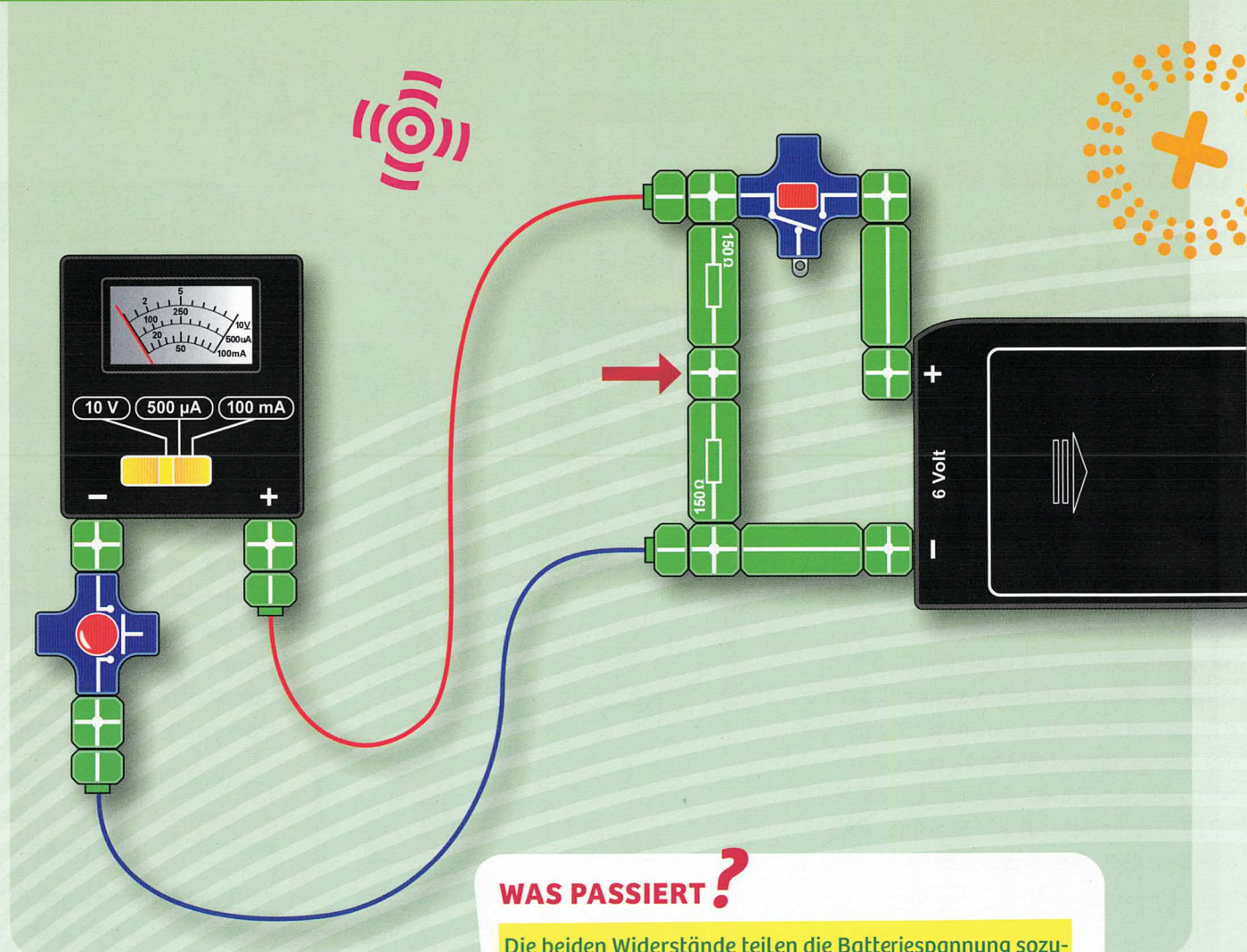
SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf den Bereich 10 Volt.

Miss zunächst die Spannung an den äußeren Anschlüssen der Widerstandsreihe, wie im Bild gezeigt. Das Messgerät zeigt etwa 6 Volt an. Kein Wunder, es ist jetzt praktisch mit den Batteriepolen verbunden.

Stecke nun das rote Kabel in den Kreuz-Verbinder zwischen den Widerständen und miss wieder. Jetzt ist der Spannungswert nur etwa halb so groß. Das gleiche Ergebnis bringt auch der andere Widerstand (um diesen zu messen, stecke das rote Kabel wieder zurück auf seine Ursprungsposition und stecke das blaue Kabel in den Kreuz-Verbinder zwischen den Widerständen).

Ersetze beide Widerstände durch LEDs. Auch sie stellen Widerstände dar, und daher kannst du an ihnen den Spannungsabfall messen.



WAS PASSIERT?

Die beiden Widerstände teilen die Batteriespannung sozusagen auf. Deswegen misst du zwischen beiden die halbe Batteriespannung. Man nennt das den „Spannungsabfall“ am jeweiligen Widerstand, und die Kombination aus den beiden Widerständen einen „Spannungsteiler“. So etwas ist sehr nützlich: Wenn du in einer Schaltung irgendwo die halbe Batteriespannung brauchst, reichen zwei Widerstände als Spannungsteiler.

VERSUCH 60

Ohne Stromfluss kein Abfall

Ist der Spannungsabfall an einem Widerstand eigentlich immer gleich, oder wovon hängt er ab? Das klärst du mit diesem Versuch.

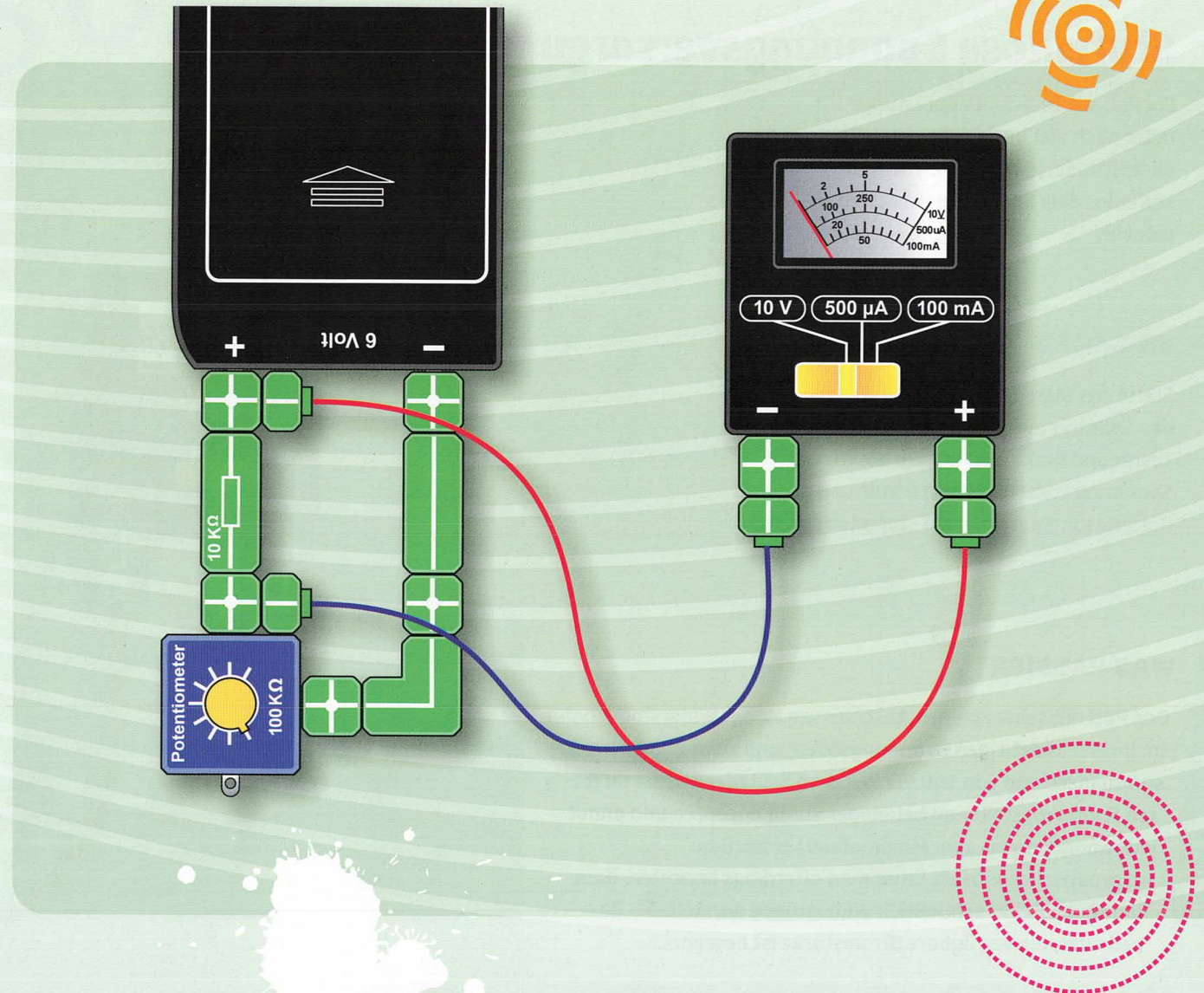
SO GEHT'S

Schalte das Messgerät auf Stellung 10 Volt.

Drehe nun langsam am Poti hin und her. Je nach Stellung des Potis verändert sich auch die gemessene Spannung.

WAS PASSIERT ?

Das Poti stellt einen veränderbaren Widerstand im Stromkreis dar, der die im Kreis fließende Stromstärke ändert. Das bedeutet: Es fließt je nach Stellung mehr oder weniger Strom durch den Widerstand, und dadurch fällt auch – dem Ohmschen Gesetz gehorchend – mehr oder weniger Spannung ab.



Stufenlose Spannungsversorgung

Ein Poti sollte sich als Spannungsteiler noch viel besser eignen als Festwiderstände, jedenfalls wenn man stufenlos eine Spannung einstellen möchte.

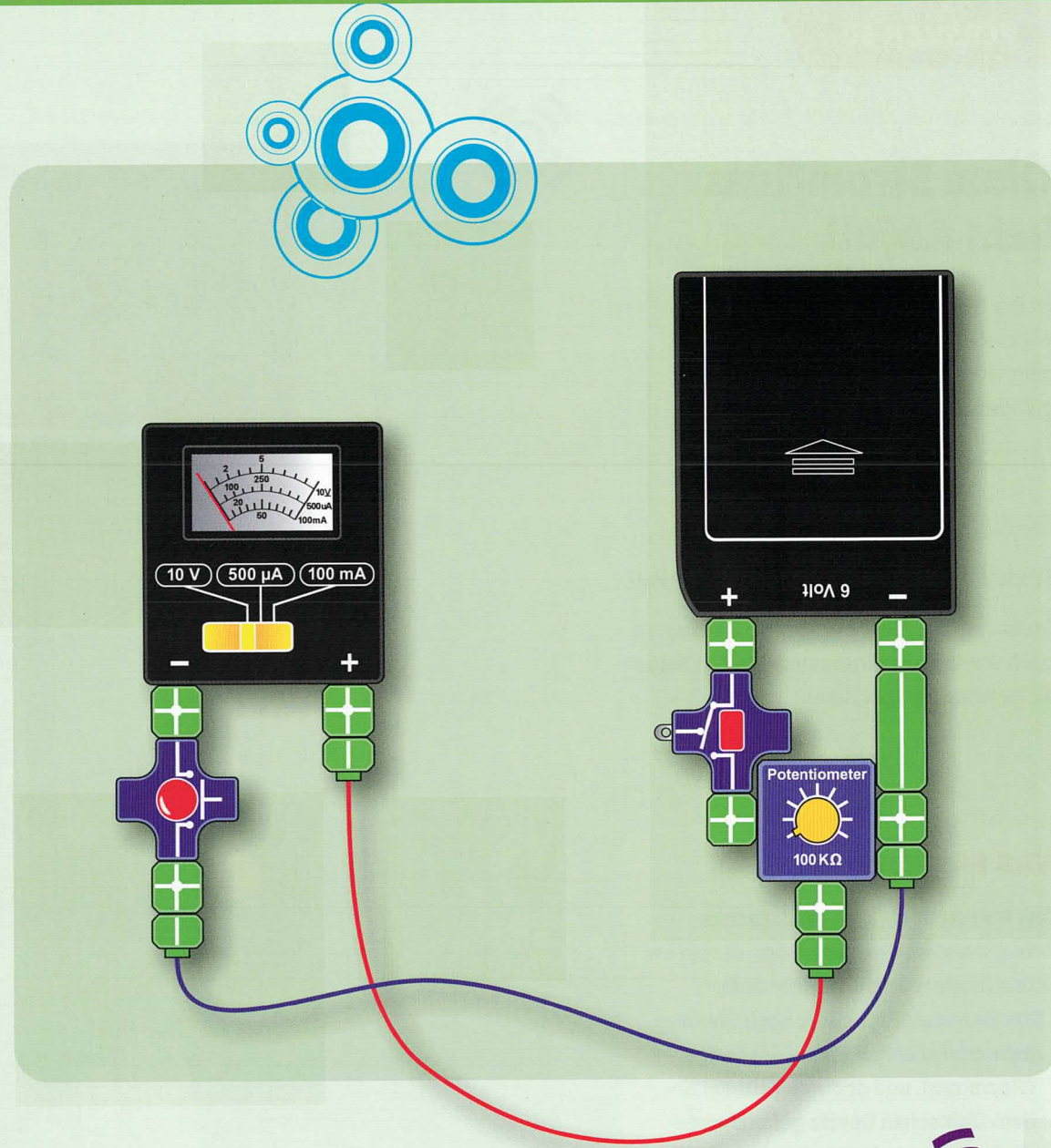
SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf 10 Volt. Schalte den Schalter auf „Ein“, drücke dann den Taster und drehe am Poti. Du kannst die Spannung zwischen (fast) 0 Volt und der Batteriespannung (6 Volt) stufenlos regeln.



WAS PASSIERT?

Das Poti mit seinen beiden Anschlüssen an der Widerstandsbahn im Innern bildet einen Spannungsteiler, und zwar mit einem Gesamtwiderstand von $100\text{ k}\Omega$. Mit dem Schleifer kannst du diesen Spannungsteiler an beliebiger Stelle anzapfen und damit jede Spannung bis zum Maximalwert einstellen. Im praktischen Einsatz muss man allerdings beachten, dass Spannungsteiler schließlich Widerstände darstellen – das bedeutet, die verfügbare Stromstärke ist begrenzt.



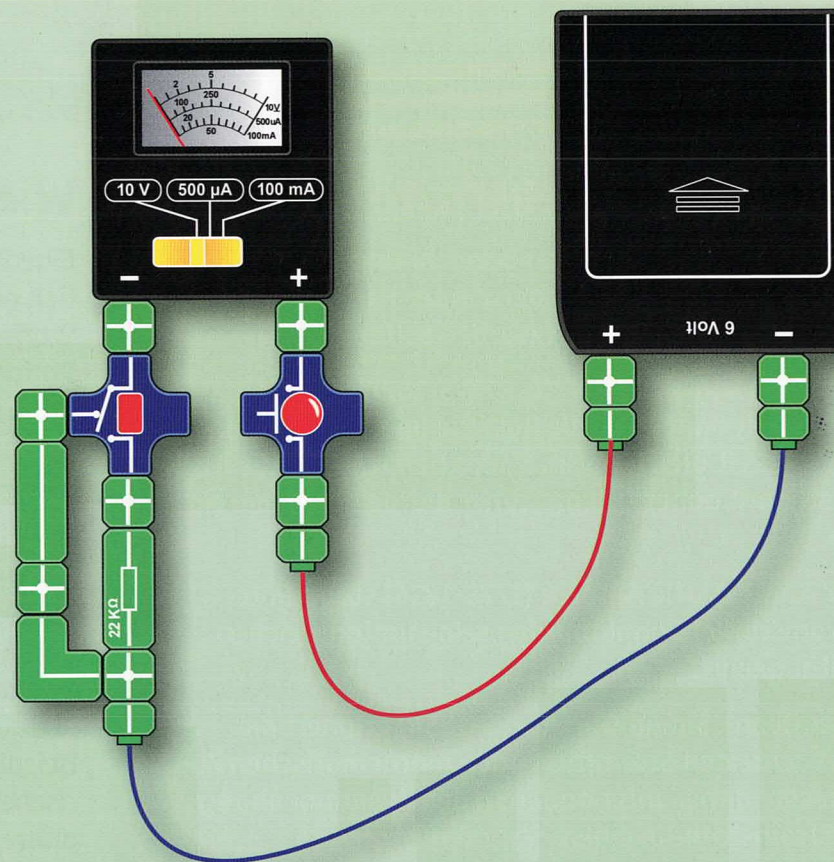
VERSUCH 62

Spannungsmessung mit verändertem Messbereich

Angenommen du hast ein Spannungsmessgerät, das für Spannungen bis 10 Volt ausgelegt ist. Nun möchtest du es so erweitern, dass es Spannungen bis 20 Volt misst. Schwierig? Nein, es gibt dafür einen Trick.

SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf den Bereich 10 Volt. Schiebe den Knopf des Umschalters zum Messgerät hin und drücke dann den Taster. Das Messgerät zeigt die üblichen 6 Volt der Batterie an. Schiebe nun den Umschalter zum 22-k Ω -Widerstand und drücke erneut den Taster. Jetzt zeigt das Messgerät nur den halben Wert an, also 3 Volt.



WAS PASSIERT ?

Das Messwerk im Innern des Messgeräts misst nur Stromstärken. Vor das Messwerk ist daher ein Schutzwiderstand gesetzt. Und der ist gerade so groß, dass bei einer angelegten Spannung von 10 Volt eben so viel Strom durchs Messwerk fließt, dass es voll ausschlägt. Wenn du nun noch einen weiteren, etwa gleich großen Widerstand in Reihe schaltest, halbiert du bei gleicher Spannung den Strom durchs Messwerk – oder andersherum: Erst bei doppelter Spannung hast du nun Vollausschlag. Bei den käuflichen Vielfachmessgeräten kann man den Messbereich mittels Umschalter wählen – dabei schaltet man diverse Widerstände im Messgerät um.



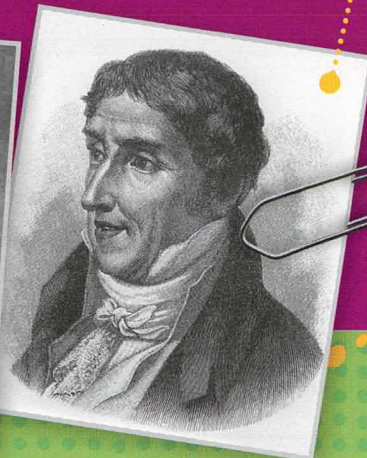
Berühmte Taufpaten der Elektrizitätslehre

Vielleicht hast du dich schon über die seltsamen Bezeichnungen gewundert: Volt, Ampere, Ohm. Sie gehen auf Namen berühmter Forscher auf dem Gebiet der Elektrizität zurück, die damit geehrt werden sollen.

Die Maßeinheit Volt erinnert an **Alessandro Volta** (1745-1827). Dieser italienische Physiker erfand unter anderem die Batterie und damit die erste Stromquelle, die über längere Zeit gleichmäßig Strom liefert. Auch die Abkürzung U für Spannung stammt daher – denn früher wurde das U wie ein V (von Volta) geschrieben.

Der französische Physiker **André-Marie Ampere** (1775-1836) stand Pate für die Maßeinheit der Stromstärke. Damit wurden seine umfangreichen Forschungen zur Elektrizität geehrt.

An den deutschen Physiker **Georg-Simon Ohm** (1789-1854) erinnert die Maßeinheit Ohm. Er untersuchte den Stromfluss nach mathematischen Zusammenhängen und entdeckte dabei unter anderem den Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke in einem Stromkreis.

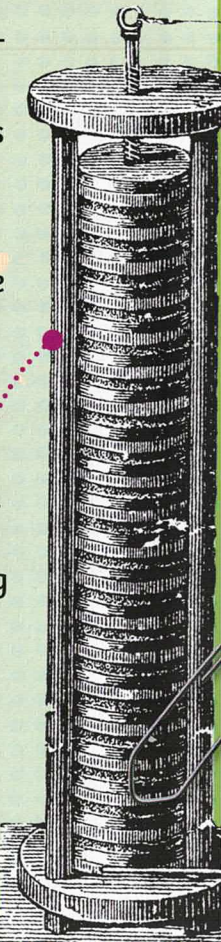


Wieso liefert eine Batterie Strom?

Eigentlich ist schon die Frage falsch: Eine Batterie erzeugt nämlich genau genommen keinen Strom. Die Drähte und alle anderen Stoffe der Batterie stecken nämlich sowieso voller Elektronen. Die Batterie setzt diese nur in Bewegung. Dazu braucht sie Energie und dank dieser Energie können die strömenden Elektronen nützliche Arbeit verrichten, etwa in einem Lämpchen – die ruhenden Elektronen tun das nicht.

Aber wie bringt die Batterie Elektronen auf Trab? Das hat der Physiker **Alessandro Volta**, den du von der Maßeinheit Volt kennst, vor über 200 Jahren herausgefunden. Er hatte beobachtet, dass eine elektrische Spannung entsteht, wenn man zwei unterschiedliche Metalle gemeinsam in eine Salzlösung taucht – zum Beispiel Kupfer und Zink. So baute er die erste elektrische Batterie, indem er zahlreiche solcher Plattenpaare, getrennt durch Tücher mit Salzlösung, aufeinanderstapelte. Das Ergebnis war eine „**Voltasche Säule**“, wie man das damals nannte. Mit dieser Erfindung leitete er **das Zeitalter der Elektrizität** ein, denn diese Batterien waren die ersten Quellen gleichmäßig fließenden Stroms. In Versuch 54 „Messung kleinster Ströme“ hast du diesen Versuch nachgeahmt.

Wir wissen heute, dass in solch einer Batterie komplizierte chemische Reaktionen ablaufen, bei denen sich eines der Metalle nach und nach auflöst. Die dabei freigesetzte Energie treibt die Elektronen an.

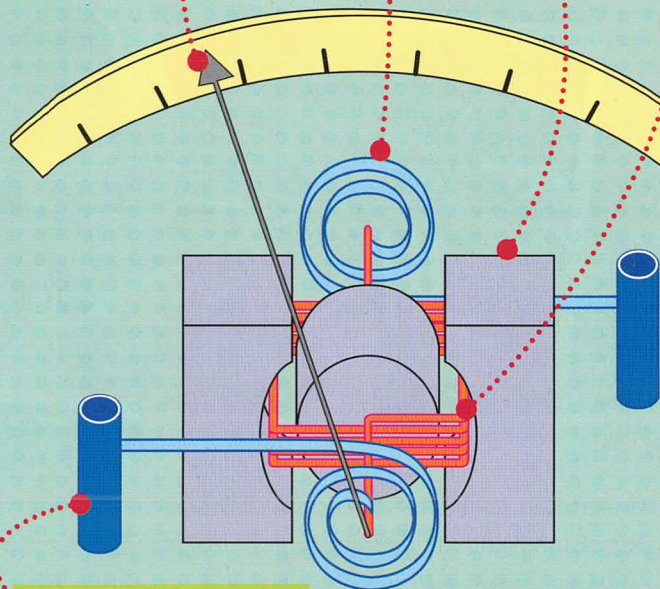


Wie dein Amperemeter funktioniert

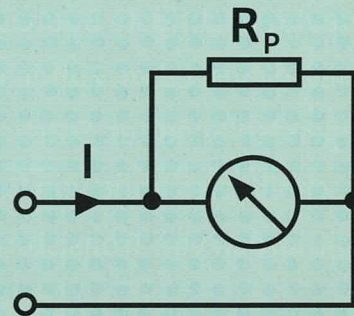
In deinem Messgerät sitzt eine winzige Spule aus dünnem Draht. Sie ist an feinen Federn beweglich aufgehängt und mit dem Zeiger verbunden. Außerdem befindet sie sich im Bereich eines starken Magneten.

Fließt nun Strom durch solch eine Spule, wird sie selbst magnetisch. Nun ziehen sich bekanntlich die ungleichnamigen Pole zweier Magneten an, die gleichnamigen stoßen sich ab. Daher spürt die Spule ebenfalls eine Kraft, die sie aus ihrer Lage dreht und dabei die Rückstellkraft der Federn überwindet.

Skala



Anschlussklemme



Je stärker der Strom, desto stärker diese Kraft und desto stärker der Zeigerausschlag. Nimmt die Stromstärke ab, ziehen die Feder die Spule wieder in ihre alte Lage zurück.

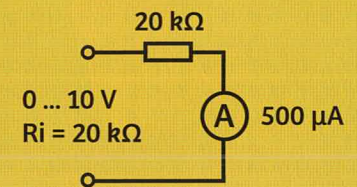
In der empfindlichsten Einstellung ($500\mu\text{A}$) fließt der Strom direkt durch die Spule. Bei der Einstellung 100 mA dagegen fließt der größte Teil durch einen parallel geschalteten Widerstand und nur ein entsprechend geringerer Teil direkt durchs Messwerk. Man nennt solch einen Messwiderstand "Shunt" (sprich schant).

Abkürzungen auf einen Blick

Ohm	Ω
Kilohm	$\text{k}\Omega$
Megaohm	$\text{M}\Omega$
Ampere.....	A
Milliampere	mA
Mikroampere	μA
Farad	F
Mikrofarad	μF
Volt.....	V
Millivolt	mV

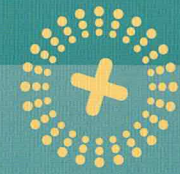
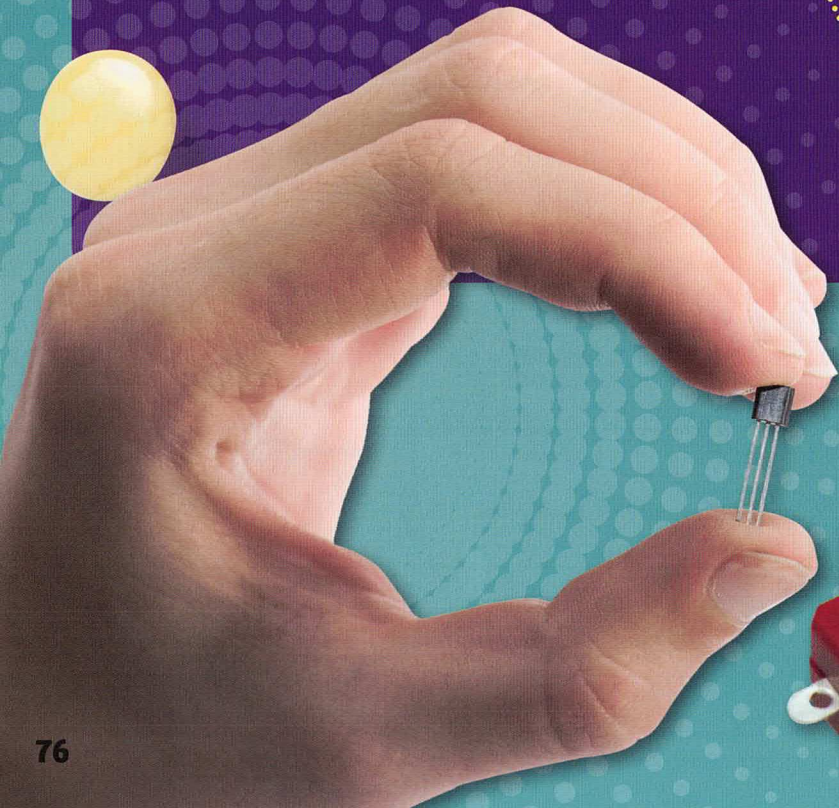
Wie dein Voltmeter funktioniert

Zur Spannungsmessung benutzt du das gleiche Messwerk mit der Drehspule wie bei der Strommessung. Nur ist jetzt ein Widerstand in Reihe mit der Spule geschaltet. Er ist gerade so groß, dass durch die Spule eine Stromstärke von $500\mu\text{A}$ fließt, wenn man an die Anschlüsse 10 Volt Spannung anlegt.



Digital geschaltet

Durch die Versuche dieses Kapitels lernst du das eindeutig wichtigste Bauteil in der Elektronik kennen: **den Transistor**. Er ist sehr vielseitig einsetzbar. Zunächst nutzt du ihn in diesem Kasten als elektrisch zu betätigenden Schalter. Solche Schalter bilden die Grundlage der gesamten Digitaltechnik, also etwa von Computern – Computerchips enthalten jeweils mehrere Milliarden von Transistoren.



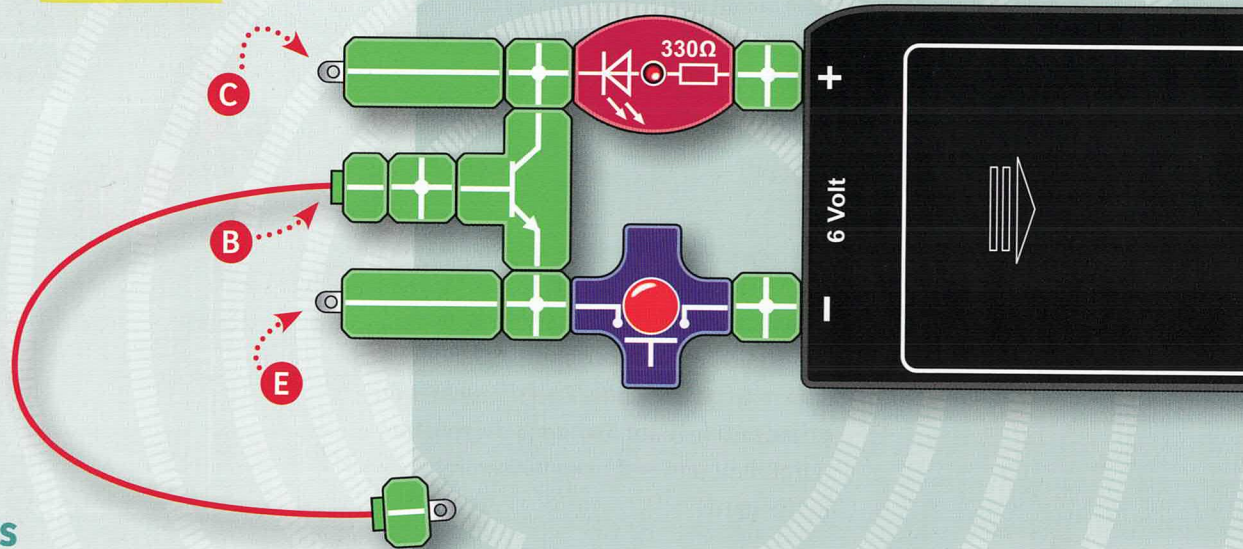
TIPP!

Denke daran, dass dein Kasten zwei verschiedene Arten von Transistoren enthält: **den npn-Typ und den pnp-Typ**. Der pnp-Typ ist auf dem roten Gehäuse als solcher gekennzeichnet, die grünen Transistoren sind vom npn-Typ. Du musst gut darauf achten, welchen du jeweils einbauen sollst!

VERSUCH 63

NPN liebt Basis-Plus

Ein Schalter hat normalerweise zwei Anschlüsse, der Transistor aber drei. Was haben sie zu bedeuten? Untersuche es zuerst am NPN-Transistor.



SO GEHT'S

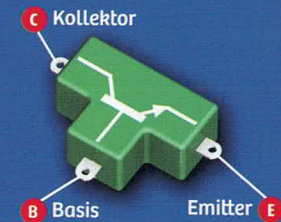
Drücke den Taster. Die LED bleibt aus. Tippe jetzt mit der Lasche des Kabels auf die Lasche am Pluspol. Die LED leuchtet auf. Wiederhole den Versuch mit der Lasche am Minuspol. Die LED bleibt dunkel.

WAS PASSIERT?

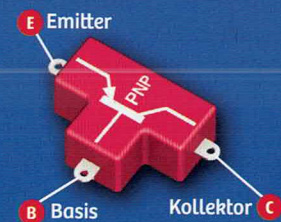
Die Verbindung zwischen dem Kollektor-Anschluss C des npn-Transistors und dessen Emitter-Anschluss E ist normalerweise gesperrt, daher bleibt die LED zunächst dunkel. Verbindest du die Basis B mit Plus, wird die C-E-Strecke leitend, und die LED leuchtet auf. Du kannst also über die Basis die C-E-Strecke ein- und ausschalten.

DIE ANSCHLÜSSE AM TRANSISTOR

Ein Transistor hat, wie du erkennst, drei Anschlüsse. Sie werden Kollektor (C), Emitter (E) und Basis (B) genannt. Anhand des Symbols auf dem Gehäuse kannst du sie unterscheiden.

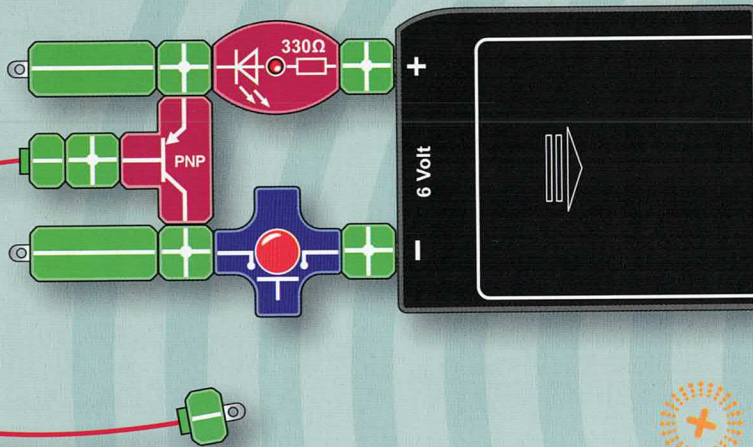


Die Anschlussbezeichnungen sind bei NPN- und PNP-Transistoren gleich. Die Schaltzeichen unterscheiden sich nur durch die Richtung des Pfeils am Emitter: bei NPN-Transistoren zeigt er nach außen, bei PNP-Transistoren nach innen.



PNP liebt Basis-Minus

In mancher Hinsicht ist der PNP-Transistor das Gegenteil vom NPN-Transistor. Du wirst sehen...



SO GEHT'S

Dies ist die gleiche Schaltung wie im vorigen Versuch, nur jetzt mit dem PNP-Transistor. Drücke wieder den Taster, auch hier bleibt die LED dunkel. Berühre mit der Lasche des Kabels die Lasche am Pluspol: Die LED bleibt dunkel. Berühre die Lasche am Minuspol: Jetzt strahlt die LED auf.

WAS PASSIERT?

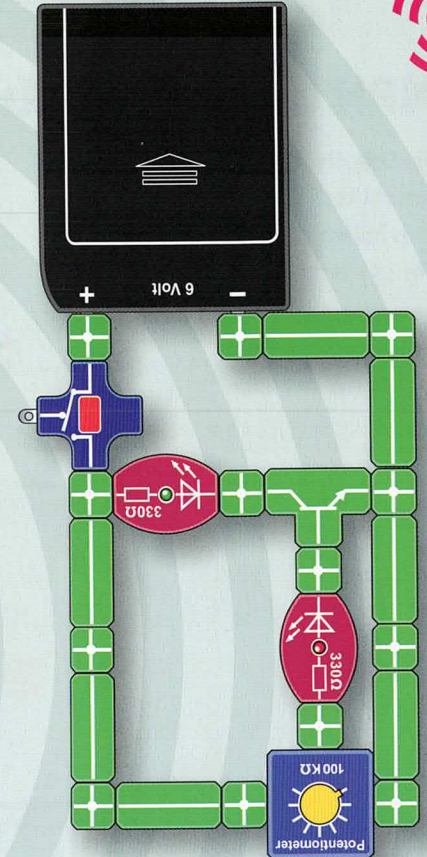
Auch beim pnp-Typ ist die C-E-Strecke nicht leitend, wenn die Basis „in der Luft hängt“, also nicht angeschlossen ist. Sie öffnet sich aber bei Verbindung mit dem Minuspol – also genau anders herum als beim anderen Typ.

Basisstrom am NPN – sichtbar gemacht

Ein Transistor macht seine C-E-Strecke leitend, wenn durch die Basis Strom fließt. Mit der empfindlichen LED kannst du das direkt sichtbar machen.

SO GEHT'S

Schalte ein und drehe das Poti so, dass beide LEDs aus sind. Drehe es dann langsam in Gegenrichtung. Zuerst leuchtet die grüne LED hell auf, während die rote nur aufglimmt und erst beim Weiterdrehen heller wird.



WAS PASSIERT?

Das Poti arbeitet als Spannungsteiler und liefert eine einstellbare Spannung – je weiter du aufdrehst, desto höher ist sie. Ab einer bestimmten Basisspannung fließt ein zunächst sehr kleiner Basisstrom – er lässt die rote LED aufglimmen. Dieser Strom reicht aber schon, die C-E-Strecke teilweise leitend zu machen, so dass die grüne LED hell leuchtet. Der geringe Basisstrom steuert also einen viel stärkeren Strom durch Kollektor, Emitter und grüne LED.

VERSUCH 66

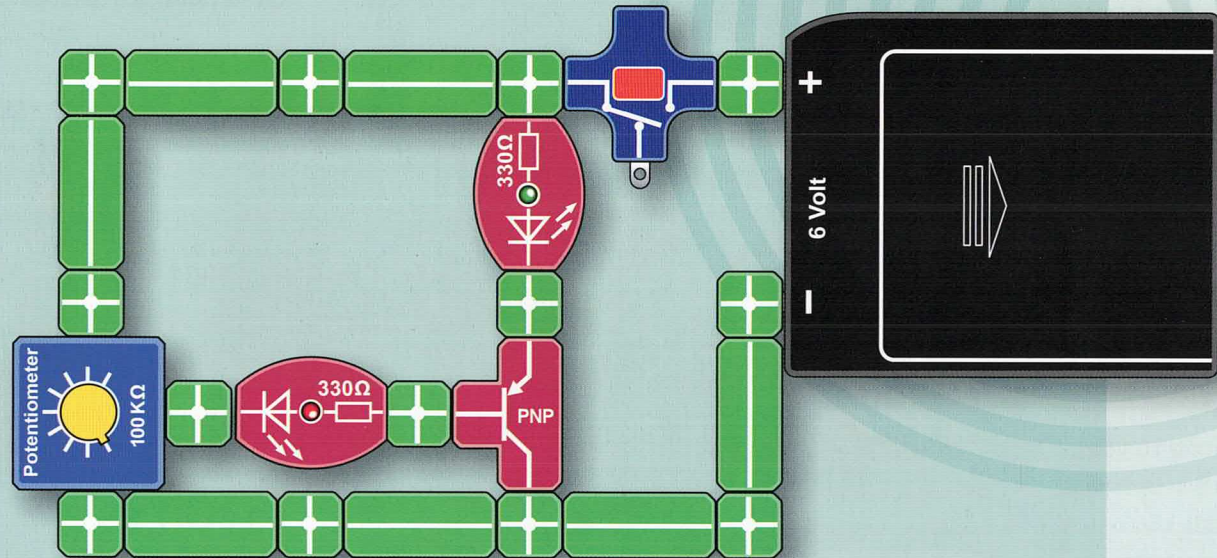
In Gegenrichtung: Basisstrom am PNP

Auch ein PNP-Transistor macht seine C-E-Strecke leitend, wenn durch die Basis Strom fließt. Mit der empfindlichen LED kannst du das direkt sichtbar machen.

SO GEHT'S

In dieser Schaltung untersuchst du deinen PNP-Transistor. Achte daher darauf, dass du die rote LED jetzt anders herum als im vorigen Versuch einbauen musst.

Drehe das Poti so, dass beide LEDs aus sind, und dann langsam in Gegenrichtung. Zuerst leuchtet die grüne LED auf, beim Weiterdrehen langsam auch die rote.



WAS PASSIERT ?

Wieder fließt mit steigender Vorspannung an der Basis ein immer höherer, wenn auch sehr kleiner Basisstrom. Beim PNP-Transistor allerdings fließt er aus der Basis heraus.

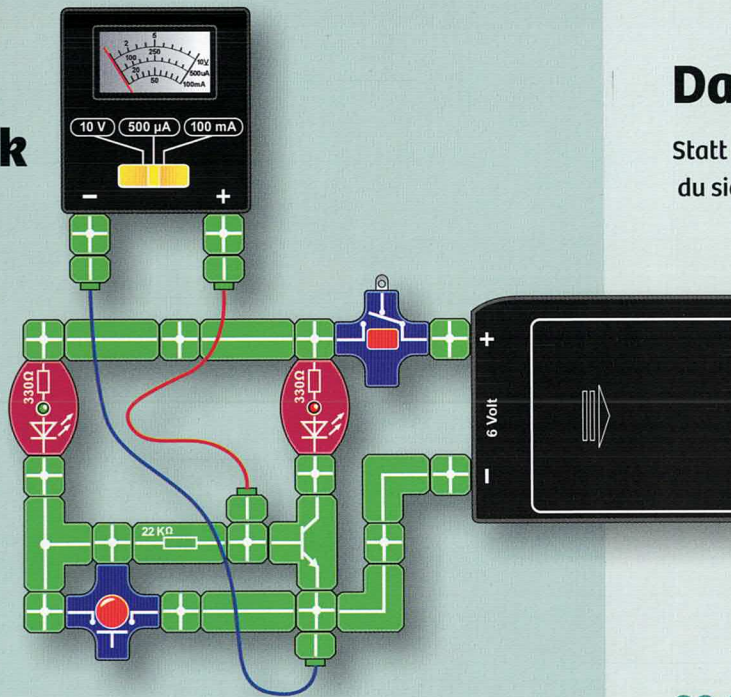
Umschaltung per Tasterdruck

Mit dieser Schaltung kannst du dank deiner Transistor-Kenntnisse mit einem einzigen Tastendruck eine LED aus, die andere anschalten.

SO GEHT'S

Schalte das Messgerät auf Stellung 10 Volt. Betätige den Umschalter. Die rote LED leuchtet auf, und das Messgerät zeigt knapp 1 Volt Spannung zwischen Basis und Kollektor an.

Drückst du nun den Taster, erlischt die rote LED, dafür leuchtet die grüne LED. Und die Spannung zwischen Basis und Kollektor geht auf 0 Volt zurück.

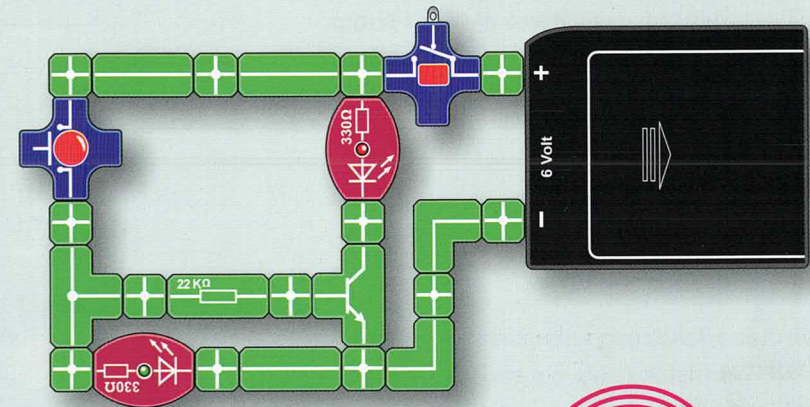


WAS PASSIERT?

Über die grüne LED und den 22-kΩ-Widerstand ist die Basis mit dem Pluspol verbunden. Es stellt sich eine Spannung von knapp 1 Volt zum Emitter ein – man sagt, die Basis liegt auf Plus-Potential. Das bewirkt, dass der Transistor leitet, also Strom durch die C-E-Strecke fließt. Drückst du den Taster, verbindest du die Basis direkt mit dem Minuspol. Nun hat sie die Spannung 0 Volt gegen den Emitter, und daher ist die C-E-Strecke nichtleitend. Für die grüne LED aber ist der Stromkreis durch den Taster geschlossen. Daher leuchtet sie.

Das gleiche – aber anders herum

Statt die Basis per Tastendruck mit Minus zu verbinden, kannst du sie natürlich auch per Taste auf Plus legen. Probiere es aus.



SO GEHT'S

Nach dem Einschalten leuchtet keine der LEDs. Bei Tastendruck aber strahlen beide zugleich auf.

WAS PASSIERT?

Die Basis ist über die LED mit dem Minuspol verbunden, daher sperrt der Transistor zunächst. Erst wenn du seine Basis über den Taster positiv machst, öffnet er, und gleichzeitig schließt der Taster auch den Stromkreis für die grüne LED.

VERSUCH 69

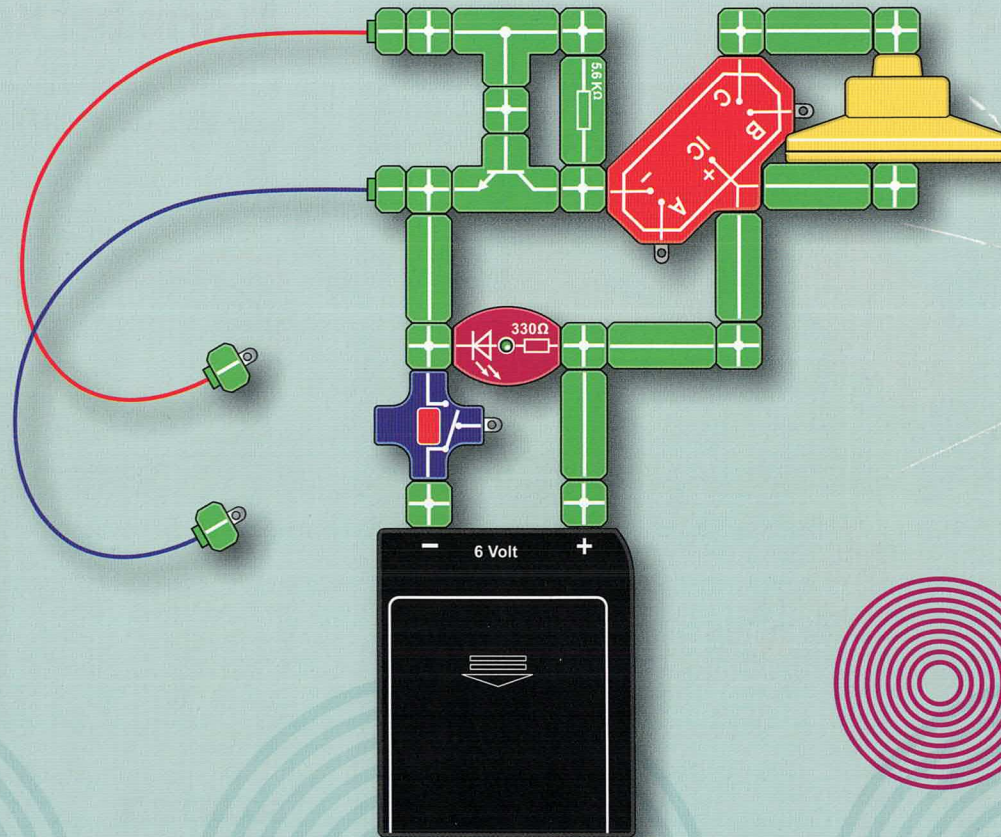
Alarmanlage mit Sound

Fensterscheiben und Türen werden gerne mit Kontakten gesichert, die bei Einbruch einen Stromkreis unterbrechen und dadurch Alarm auslösen. Hier ist die Schaltung für eine einfache, dazu passende Alarmanlage.

SO GEHT'S

Verbinde zunächst die beiden Kabel, zum Beispiel mit einem Streifen Alufolie. Schaltest du nun die Anlage mit dem Umschalter ein, leuchtet nur die grüne LED und zeigt, dass die Anlage scharf geschaltet ist. Sonst geschieht aber zunächst nichts.

Simuliere nun einen Einbruch: Reiß den Streifen Alufolie durch. Jetzt ertönt die Polizei-Sirene.



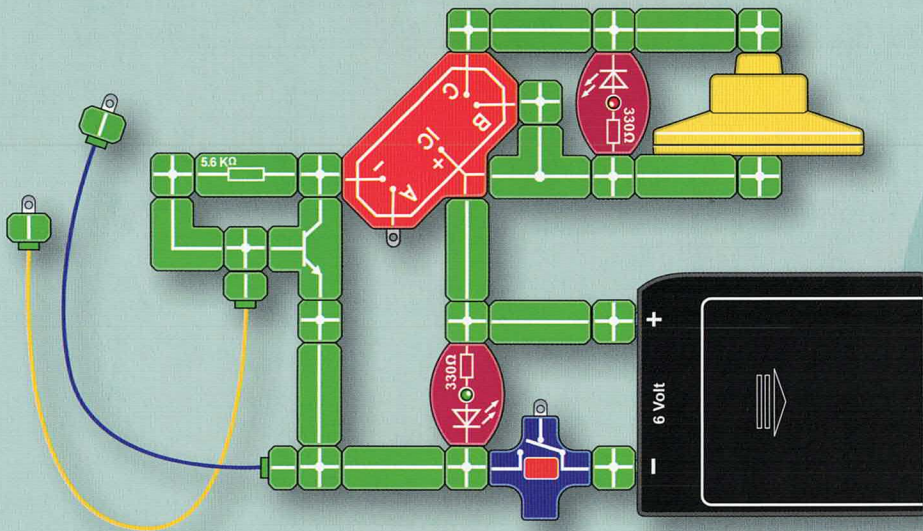
WAS PASSIERT?

Die grüne LED enthält nach dem Einschalten sofort Strom. Der Sound-Generator dagegen ist zwar direkt mit dem Pluspol verbunden, mit dem Minuspol aber nur über die C-E-Strecke des Transistors. Solange der Alu-Streifen intakt ist, bleibt sie gesperrt, weil die Basis mit dem Minuspol verbunden ist. Zerreißt du den Streifen, wird die Basis über den 5,6-k Ω -Widerstand positiv und der Transistor stellt jetzt für den Sound-Generator die Verbindung zum Minuspol her.



Mit Sound und Rotlicht

Diese Schaltung schlägt mit wahlweise zwei verschiedenen wählbaren Sounds akustischen Alarm und warnt zudem optisch mit Rotlicht.



SO GEHT'S

Verbinde wieder die beiden Kabel mit einen Alu-Streifen.
Bei unbeschädigtem Alu-Streifen leuchtet nach dem Einschalten allein die grüne LED auf.

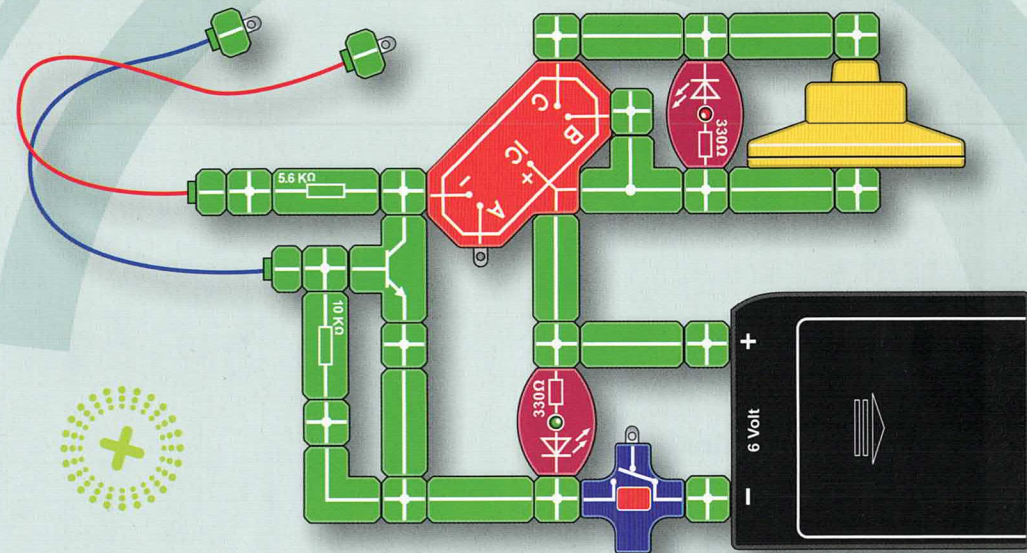
Zerreiße den Streifen:
Die rote LED blinkt und es ertönt ein Sound.

WAS PASSIERT?

Wie im vorigen Versuch wird der Transistor erst nach Zerreißen des Streifens leitend und stellt die Verbindung zwischen Sound-Generator und Minuspol her.

Alarm bei Kontakt

Manchmal möchte man eine Alarmanlage, die erst dann auslöst, wenn ein zuvor offener Kontakt geschlossen wird.



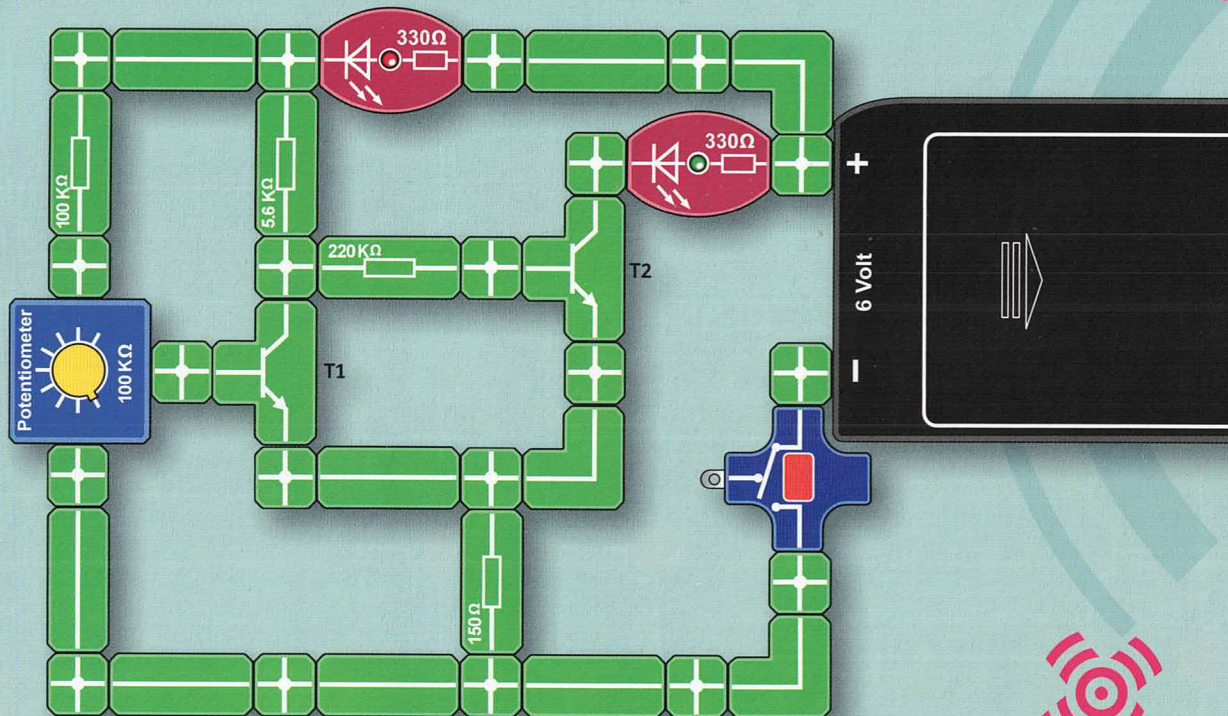
SO GEHT'S

Nach dem Einschalten strahlt zunächst wieder nur die grüne LED. Erst wenn du die beiden Laschen der Kabel aneinanderdrückst – also einen Kontakt schließt – leuchtet die rote LED auf und der Sound ertönt.

WAS PASSIERT?

Der Transistor ist zunächst nichtleitend, weil die Basis über den 10-kΩ-Widerstand auf Minus-Potential liegt. Der Sound-Generator ist also nicht mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Erst wenn die Kontakte sich berühren, wird die Basis über den Sound-Generator positiv und der Transistor leitet nun.

VERSUCH 72



WAS PASSIERT?

Zunächst ist T1 offen und legt daher die Basis von T2 auf Minus. Drehst du am Poti, sinkt die Basisspannung von T1, und damit auch die Spannung am Kollektor. Bei einem bestimmten Wert wird die C-E-Strecke von T2 leitend. Jetzt leuchtet die grüne LED auf. Zusätzlich aber senkt T2 die Basisspannung von T1 noch mehr, und so kommt ein sich selbst verstärkender Mechanismus in Gang, der T2 plötzlich ganz öffnet. Man nennt solche Schaltungen auch Schwellwertschalter – sie schalten bei einer bestimmten Schwelle jäh um.

Der Trigger von Herrn Schmitt

Wenn die Spannung an der Basis langsam ansteigt, steigt auch der Strom durch die C-E-Strecke des Transistors langsam an. Eine LED dort würde also nur nach und nach heller. Soll sie bei einem bestimmten Punkt schlagartig einschalten, hilft zum Beispiel ein sogenannter Schmitt-Trigger. Probiere ihn aus!

SO GEHT'S

Schalte den Schalter so, dass der Schaltkreis nicht geschlossen ist. Drehe das Poti zunächst im Uhrzeigersinn bis fast zum Anschlag. Nach dem Einschalten des Schalters brennt die rote LED, die grüne LED ist fast aus. Drehe jetzt vorsichtig am Poti. An einem Punkt geht plötzlich die rote LED aus, die andere strahlt hell auf.

Flipflop per Tasterdruck

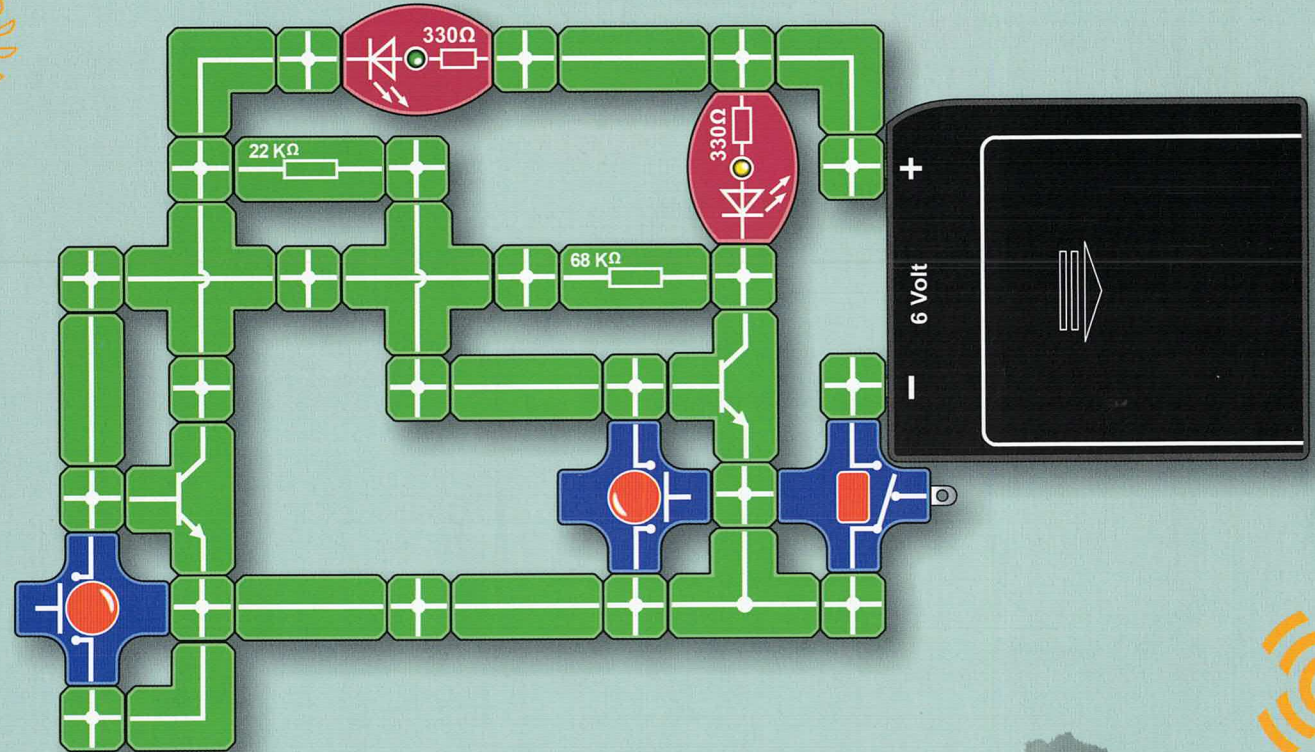
Eine Schaltung, die jeweils auf Tastendruck zwischen zwei Zuständen wechselt, nennt man „Flipflop“. Solche Flipflops sind in der Computertechnik unverzichtbar.

SO GEHT'S

Nach dem Einschalten leuchtet eine der beiden LEDs.

Leuchtet die grüne LED, drücke jetzt den linken Taster. Die grüne erlischt, dafür geht die gelbe an.

Leuchtet zuerst die gelbe LED, drücke den rechten Taster: Das Licht wechselt von gelb zu grün. Durch abwechselndes Drücken der Taster kannst du zwischen den LEDs hin und her schalten.



WAS PASSIERT ?

Die Transistoren wirken gegenseitig aufeinander ein: Sperrt der eine, öffnet er damit den anderen, und umgekehrt. Die Schaltung hat also zwei stabile Zustände – angezeigt durch die jeweilige LED. Durch „Zwangssperren“, nämlich Tasterdruck, kannst du diese Zustände verändern.

NACHGEHAKT



DIGITAL UND ANALOG

Beide Begriffe hört man heute häufig und die Versuche deines Experimentierkastens umfassen sowohl digitale wie auch analoge Technik. Doch was ist der Unterschied?

Ein Beispiel aus der Schallaufzeichnung hilft dir, den Unterschied zu verstehen. **Alte Schallplatten zeichnen analog auf:** Je lauter der Ton, desto stärker die Auslenkung der Rille. **CDs dagegen funktionieren völlig anders:** Bei der Aufnahme misst eine elektronische Schaltung die Spannung des Tonsignals – rund 44 000 mal pro Sekunde. Jeder Wert wird als Zahl gespeichert. Bei der Wiedergabe rechnet der Player oder Computer dann die Zahlen wieder in Spannungswerte zurück, verstärkt die Signale und gibt sie an Lautsprecher oder Kopfhörer weiter.

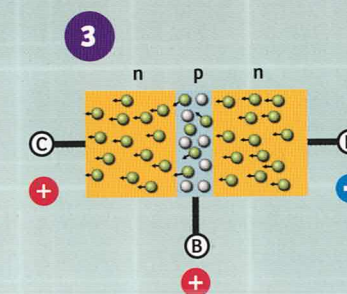
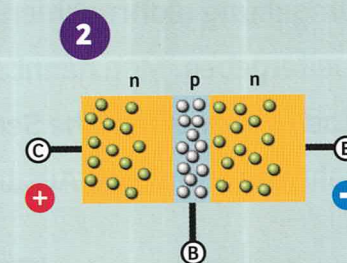
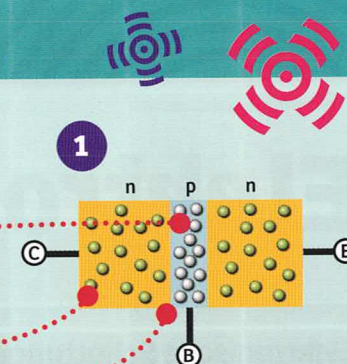
Was im Transistor vor sich geht

Im Inneren deiner Transistoren befindet sich etwas, was man dort vielleicht zunächst nicht erwartet: ein Kristall. Ein Transistorkristall, wie er etwa in deinen NPN-Transistoren enthalten ist, besteht aus drei Teilen: zwei Bereichen aus n-Material, zwischen denen eine extrem dünne Schicht aus p-Material liegt (die PNP-Transistoren haben entsprechend zwei p- und eine n-Schicht). Die n-Zone enthält bewegliche Elektronen (hier grün), die p-Zone dafür Fehlstellen, also Löcher (hier hellblau). Zwischen diesen zwei Zonen bilden sich jeweils hauchdünne, aber wirksame Sperrschichten aus, weil sich an dieser Stelle die Elektronen mit den Löchern verbinden. Dort gibt es keine Ladungsträger – nichts kann den Strom leiten. Das ist der Grund dafür, dass die C-E-Strecke eines Transistors normalerweise sperrt (Bild 1).

Wenn du Kollektor und Emitter des NPN-Transistors in einen Stromkreis einbaust – Kollektor zum Beispiel über die LED an den Pluspol der Batterie, Emitter an den Minuspol – drückt zwar der Minuspol die Elektronen Richtung Basis, und der Pluspol saugt sie davon weg, aber wegen der Sperrschichten fließt zunächst kein Strom (Bild 2).

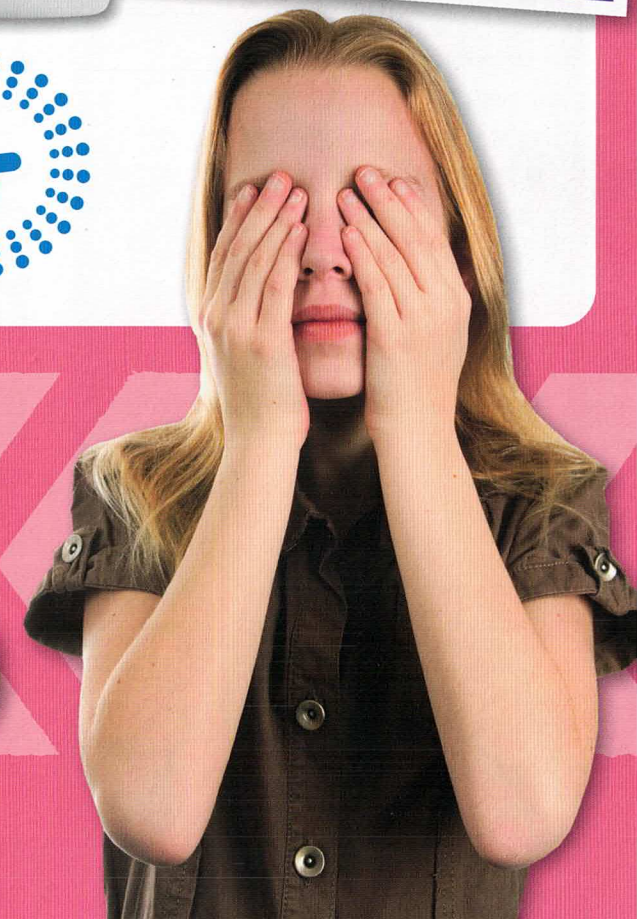
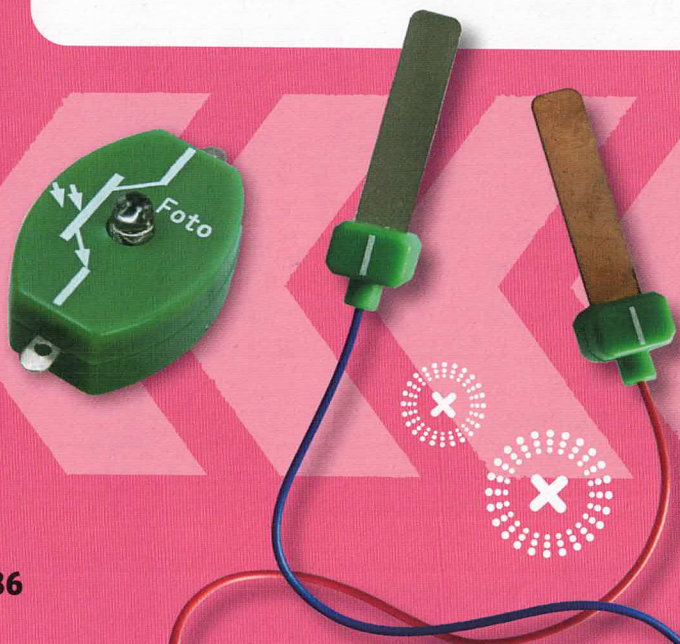
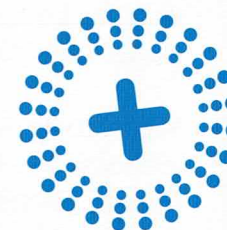
Wird die Basis aber mit dem Pluspol verbunden – auch über einen großen Widerstand – kann zwischen Emitter und Basis ein Strom fließen. Denn selbst ein winziger Basisstrom bringt so viele Elektronen aus der Emitter-Schicht in Bewegung, dass die meisten davon die dünne Basisschicht zur Kollektorzone durchqueren. Damit aber sind beide Sperrschichten beseitigt, und die Kollektor-Emitter-Strecke ist offen für einen starken Stromfluss (Bild 3).

Übrigens sind diese Vorgänge auch der Grund für die Namensgebung der Anschlüsse der Transistoren. Der Emitter ist ein Aussender („emittieren“ heißt auf Lateinisch aussenden) und der Kollektor (von dem Lateinischen „colligere“ = einsammeln) fängt die Elektronen ein.



Elektronische Sensoren

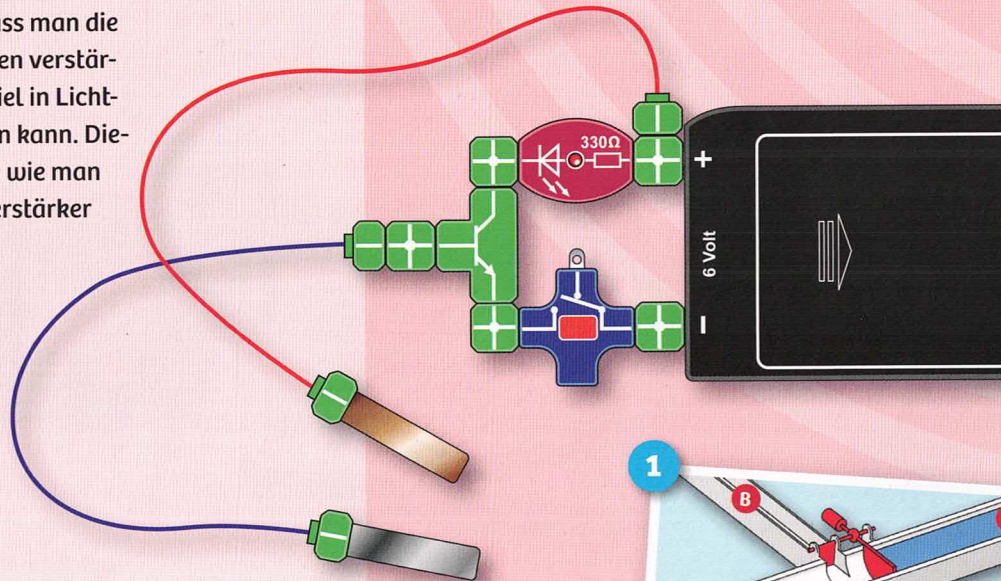
Elektronische Schaltungen haben weder Augen noch Ohren oder Fingerspitzen. Dennoch gibt es spezielle Bauteile, welche wie eine Art „elektronischen Sinne“ funktionieren. Diese Bauteile können jeweils bestimmte Signale aus der Umgebung wahrnehmen und an eine Elektronikschaltung weitergeben. Man nennt solche Bauteile „Sensoren“. Dein Kasten enthält solche Sensoren. Zudem baust du dafür zahlreiche analoge Auswertungs-Schaltungen.



VERSUCH 74

Empfindlicher Wasserstandsmelder

Der Vorteil von Elektronikschaltungen ist, dass man die Signale der Sensoren verstärken und zum Beispiel in Lichtsignale umwandeln kann. Diese Schaltung zeigt, wie man Transistoren als Verstärker einsetzen kann.

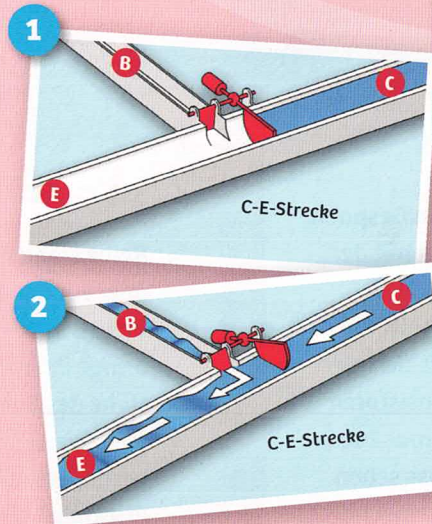


SO GEHT'S

Schalte ein und berühre mit den Fingerspitzen deiner Zeigefinger je einen der Metallstreifen. Die LED leuchtet auf. Nimm dann die Metallstreifen jeweils zwischen mehrere Finger und vergrößere so die Kontaktfläche zwischen Haut und Metall. Die LED leuchtet umso heller, je besser du die Streifen anfasst und je feuchter deine Finger sind.

WAS PASSIERT?

Dank der Verstärkerwirkung des Transistors reicht schon das Anfassen der Streifen, um die C-E-Strecke des Transistors leitfähig zu machen.



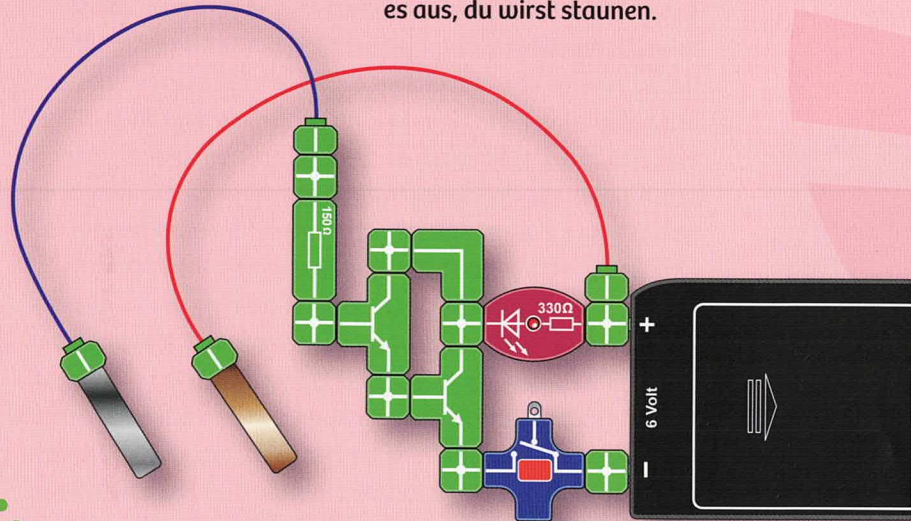
TRANSISTOR ALS VERSTÄRKER

Du hast in den bisherigen Versuchen den Transistor als Schalter kennen gelernt. Er kann aber, wie dein Versuch zeigt, auch als Verstärker eingesetzt werden. Das sogenannte „Wassermodell“ macht klar, was gemeint ist: Stelle dir einen Kanal voller Wasser vor, in welchen ein Seitenrinne einmündet. Im Hauptkanal vor der Einmündung der Seitenrinne kannst du eine Klappe zum Stoppen des Wassers runterlassen. In der Seitenrinne ist ebenfalls eine Klappe angebracht, die vom Wasserstrom bewegt wird und mit der Klappe des Hauptkanals über eine Achse verbunden ist. Wenn du nun den Transistor als Schalter nutzt, machst du sozusagen die Klappe nur voll auf oder ganz zu, so dass im Hauptkanal der volle Wasserstrom oder gar kein Wasser fließt (Bild 1). Willst du den Transistor dagegen als Verstärker, brauchst du den Bereich zwischen zu und vollständig offen. Dann bewegen schon leichte Schwankungen im Wasserstrom der Seitenrinne die kleine Klappe so, dass die große Klappe den Hauptkanal jeweils mehr oder weniger öffnet (Bild 2). Die Folge: Schon leichte Schwankungen im Seitenkanal bewirken starke Schwankungen des Wasserstroms im Hauptkanal. Das nennt man Verstärkung.

Bei einem Transistorverstärker – etwa in einem Radio – steuert ein winziger Stromfluss in der Basis einen viel stärkeren Strom durch die C-E-Strecke. Diesen Strom kann man nun in die Basis eines weiteren Transistors leiten und so nochmals verstärken. Auf diese Weise werden die extrem schwachen Ströme, die etwa eine Radio- oder Fernsehantenne einfängt, millionenfach verstärkt, bis sie Lautsprecher oder Bildschirm steuern können.

Zwei Transistoren im Gespann

Was wäre, wenn man den verstärkten Kollektorstrom in der C-E-Strecke eines Transistors zur Ansteuerung der Basis eines zweiten nutzt? Probiere es aus, du wirst staunen.



SO GEHT'S

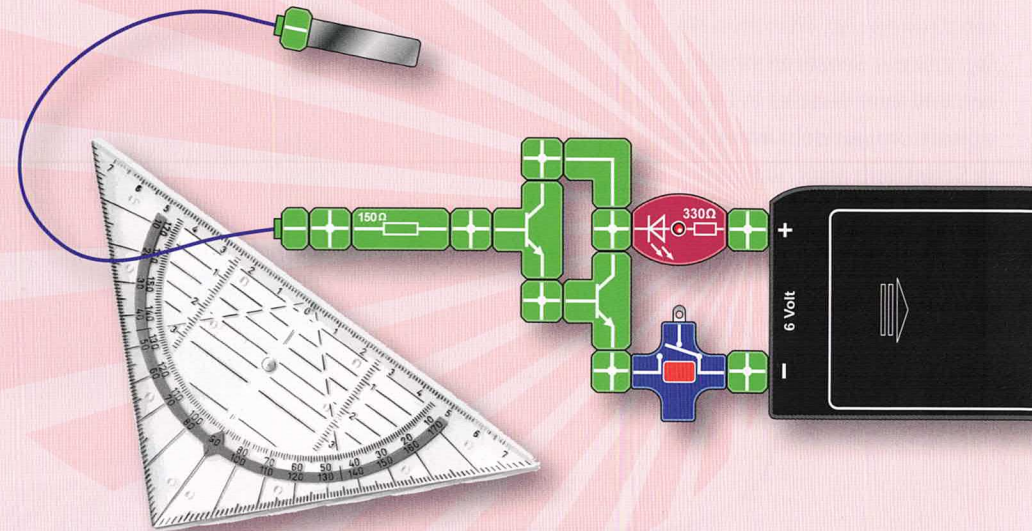
Schalte ein und berühre gleichzeitig beide Bleche. Du musst sie gar nicht richtig anfassen und schon strahlt die LED hell.

WAS PASSIERT?

Die beiden Transistoren bilden ein Gespann, weil der Emitter des ersten direkt mit der Basis des zweiten verbunden ist. Man nennt dies eine „Darlington-Schaltung“. Sie ist extrem empfindlich, weil sich die Verstärkungsgrade beider Transistoren multiplizieren – hier also $200 \text{ mal } 200 = 40\,000$ fach. Kein Wunder, dass schon der Hauch einer Berührung ausreicht.

Spannungsspürer

Ein Darlington-Gespann ist wie ein extrem empfindlicher elektrischer Spürhund. Es reagiert sogar ohne Berührung auf elektrisch geladene Dinge in seiner Nachbarschaft.



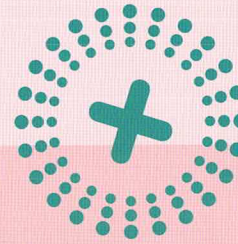
SO GEHT'S

Reibe einen Plastikamm oder ein Geodreieck an einem Wolltuch oder -pullover und bringe ihn bzw. es dann in die Nähe des Basis-Blechstreifens. Die LED leuchtet auf, besonders, wenn du das Plastikteil ein bisschen hin und her schwenkst.

WAS PASSIERT?

Das Reiben erzeugt im Plastikteil feststehende elektrische Ladungen. Du kennst solche Ladungen von Frosttagen, wenn sich der Körper beim An- und Ausziehen von Wollmützen und Schal auflädt und man bei Berührung von Metallteilen einen „Schlag“ bekommt – dann springt ein winziger Funke über. Bewegt man solche geladenen Dinge nahe an einem Draht, erzeugt es darin winzige Stromstöße – und die verstärkt diese Schaltung kräftig.

VERSUCH 77



Gemischtes Doppel

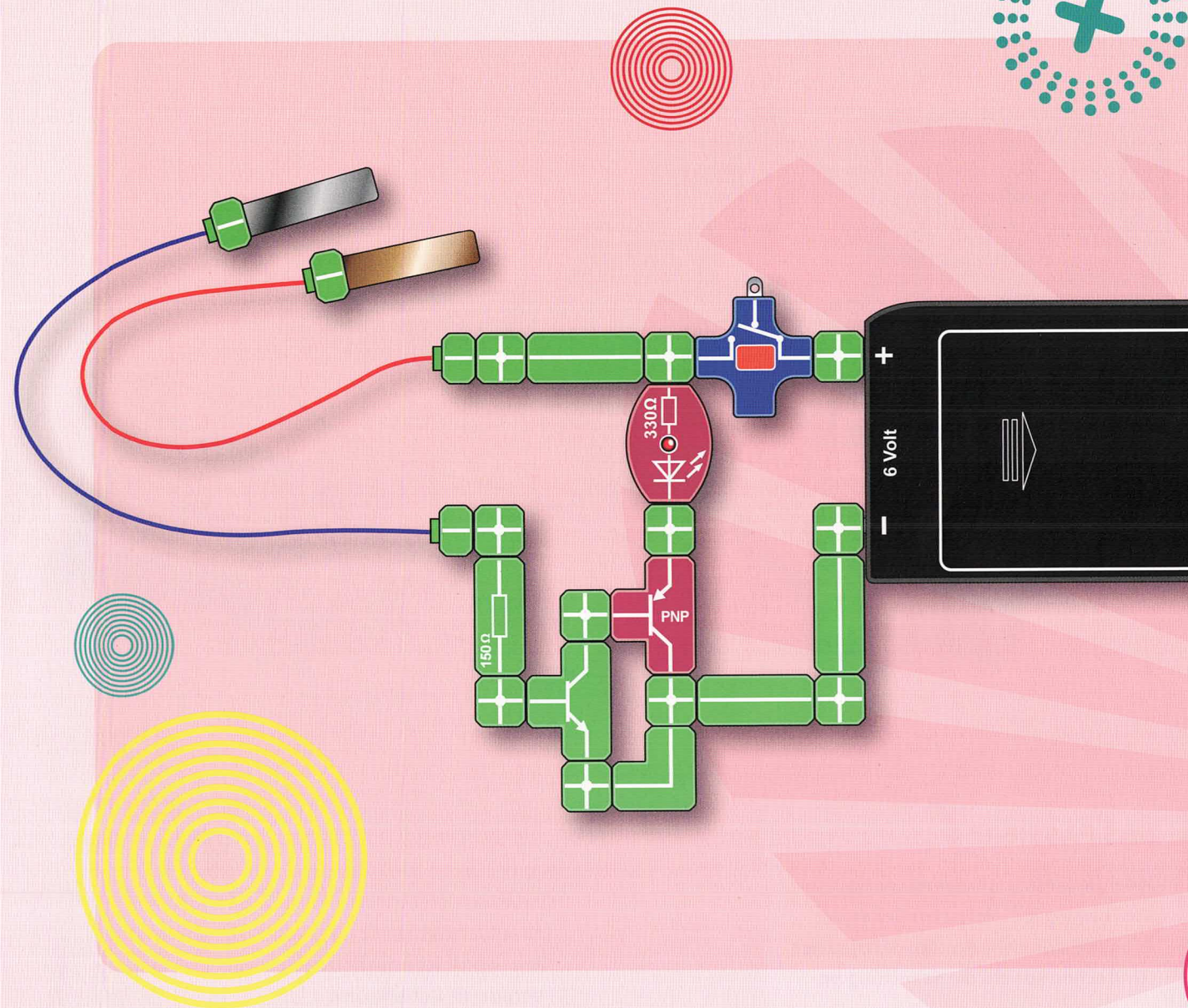
Kopple nun ein Darlington-Gespann aus dem NPN-Transistor und dem PNP-Transistor.

SO GEHT'S

Berühre beide Metallstreifen leicht mit den Fingern. Sofort leuchtet die rote LED auf.

WAS PASSIERT?

Wenn die C-E-Strecke des NPN-Transistors leitend wird, verbindet sie die Basis des PNP-Transistors mit dem Minuspol – und macht dessen C-E-Strecke dadurch auch leitend.



Regenmelder mit Sound

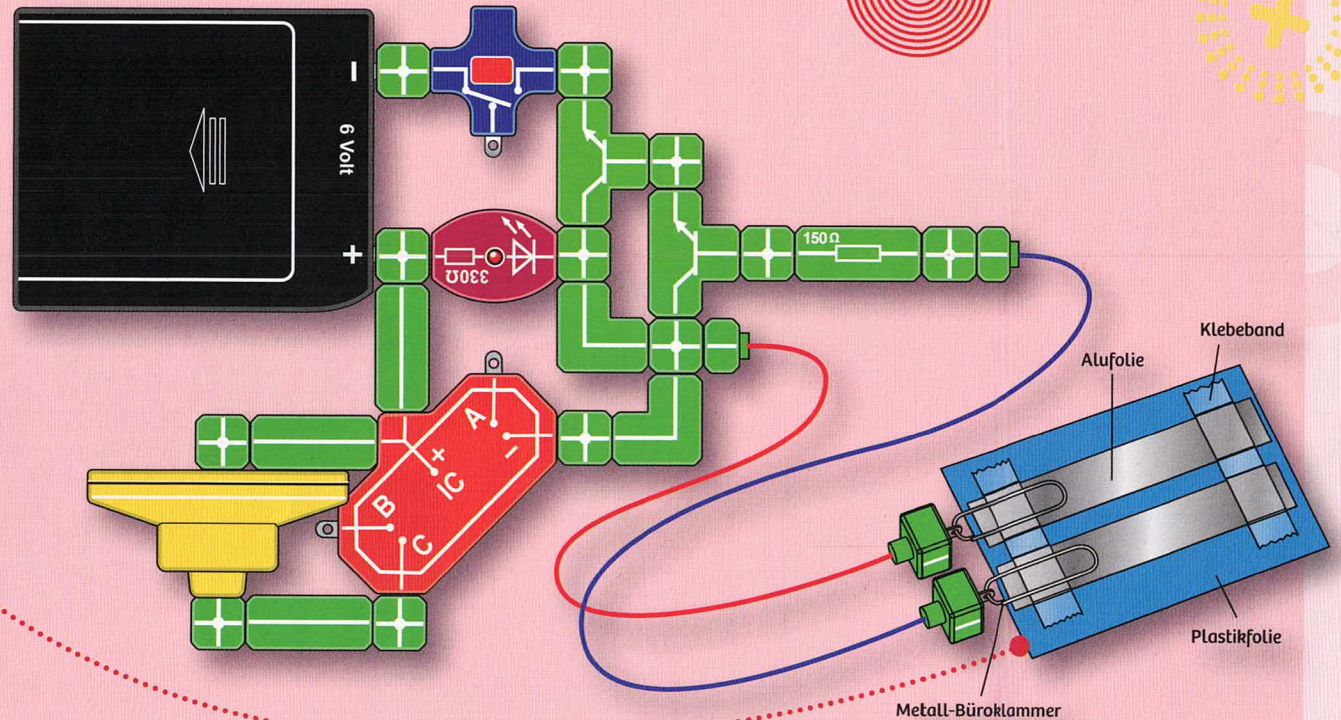
Es ist schon lästig, wenn es plötzlich anfängt zu regnen, während man vielleicht noch nässeempfindliche Dinge draußen im Freien liegen hat. Diese Schaltung warnt dich rechtzeitig – und zwar optisch und akustisch. Bastele dir einen Regenmelder!

SO GEHT'S

Bastele dir zunächst einen **Regensensor**:

Befestige zwei Streifen Alu-Folie auf einem Stück Plastikfolie, indem du oben und unten einen Streifen Klebeband darüberziehst. Ihr Abstand soll möglichst gering sein, sie dürfen sich aber **nicht berühren**. Schiebe je eine metallene Büroklammer durch die Laschen zweier Verbindungskabel und befestige je eine Büroklammer auf den Streifen – und zwar so, dass sie guten elektrischen Kontakt mit dem Alu hat. Die Anschlussdrähte führst du zur Schaltung. Außerdem streust du etwas fein gepulvertes Kochsalz auf den Regensensor.

Schalte ein und gib ein, zwei Tropfen Wasser auf den Sensor. Sofort leuchtet die LED auf, und der Sound-Generator heult los.



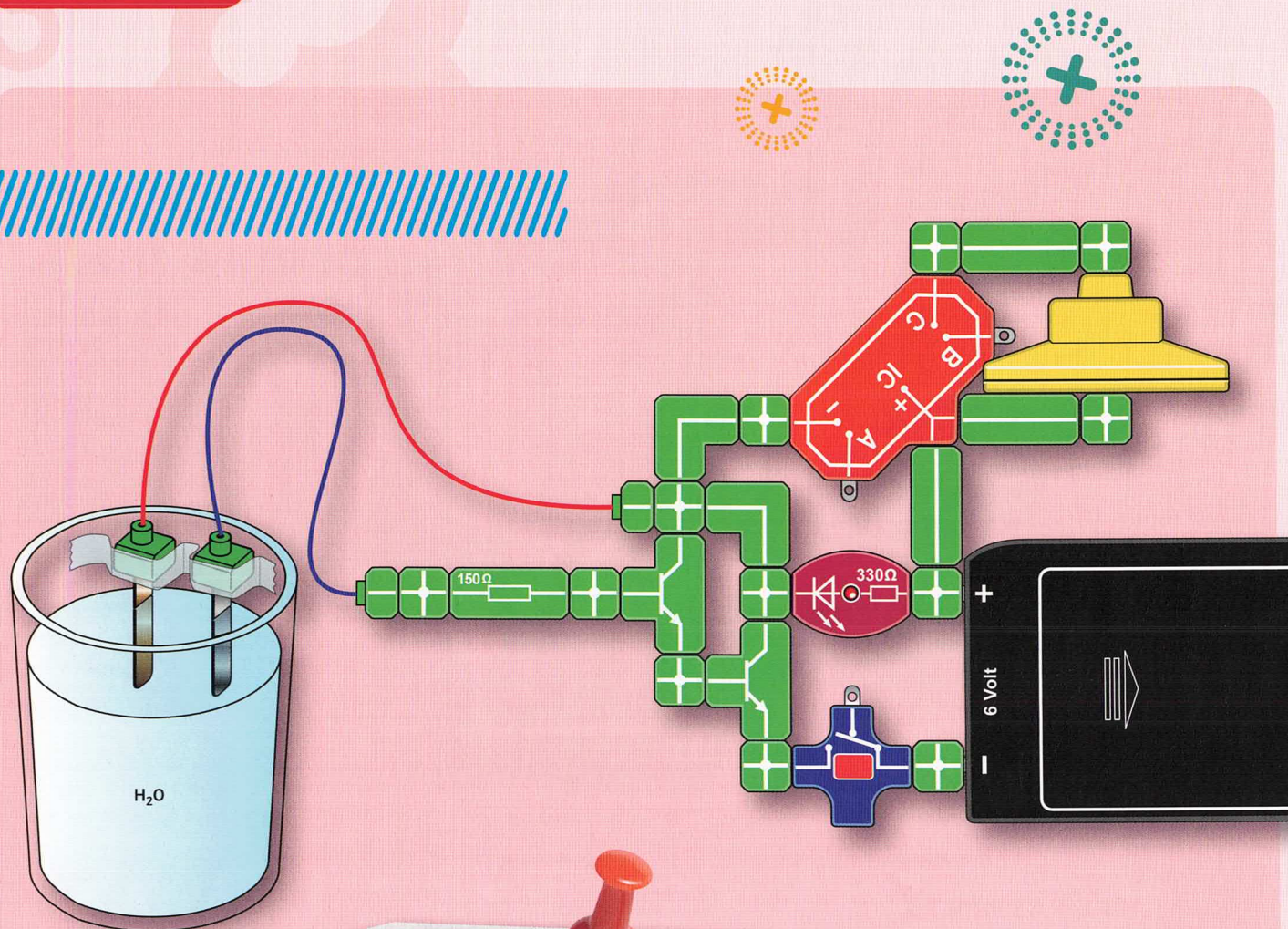
WAS PASSIERT ?

Jeder Regentropfen löst etwas Salz und stellt eine gut elektrisch leitende Verbindung zwischen den Alu-Streifen her. Und schon spricht die Schaltung an.

TIPP!

Wenn du vorhast, die Schaltung dauerhaft zu verwenden, solltest du sie mit einem käuflichen passenden Netzgerät für 6 Volt Gleichstrom betreiben – sonst ist beim nächsten Schauer womöglich gerade die Batterie leer.

VERSUCH 79

**TIPP!**

Wenn man eine nicht elektrisch leitfähige Flüssigkeit überwachen will, kann man auch einen Metallball als Schwimmer nutzen, der die Bleche verbindet. Probiere das mit einem Pingpongball aus, den du in Alu-Folie hüllst und der bei steigendem Flüssigkeitsspiegel beide Bleche berührt.

Überlaufwarner

In den Keller gelaufenes Regenwasser oder ein Tank, der überzulaufen droht – das sind weitere Anwendungen für die Darlington-Schaltung mit dem Sound-Generator.

SO GEHT'S

Hänge beide Metallstreifen in einen leeren Becher und befestige sie in gleicher Höhe mit Klebeband – sie dürfen sich nicht berühren.

Schalte deine Anlage ein und fülle nun langsam Wasser in den Becher. Berührt der Wasserspiegel beide Bleche gleichzeitig, schlägt die Schaltung Alarm und die LED leuchtet.

WAS PASSIERT?

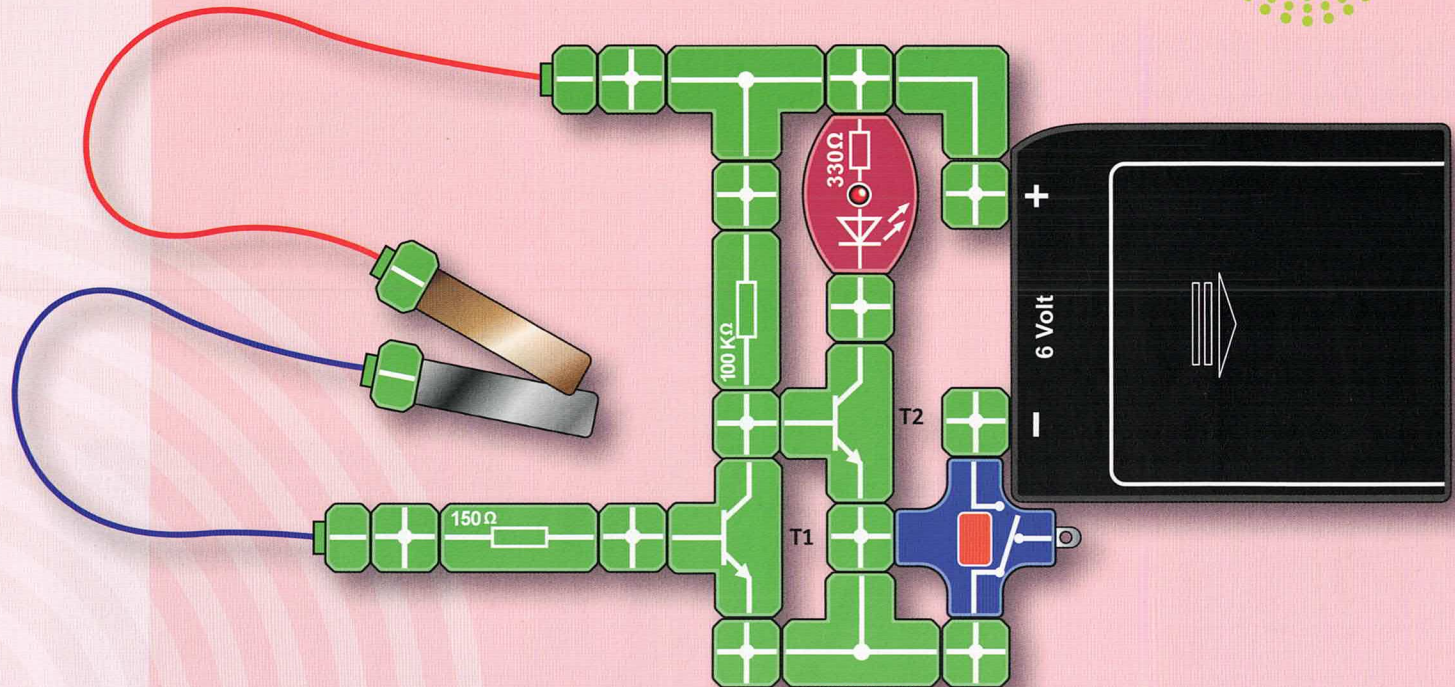
Wieder sorgt die hohe Verstärkung der Darlington-Schaltung für die große Empfindlichkeit dieser Schaltung. Ähnliche Geräte werden als Überlaufwarner in der Industrie benutzt.

Zu wenig Wasser im Tank?

Bisweilen gibt es Situationen, in denen irgendwo zu wenig Wasser oder andere Flüssigkeiten vorhanden sind – etwa Kühlwasser im Auto. Damit nichts Schlimmes passiert, muss dieser Zustand möglichst schnell gemeldet werden. Wie Apparaturen, die so etwas tun, funktionieren, kannst du in diesem Versuch nachempfinden.

SO GEHT'S

Trenne die Metallstreifen voneinander und schalte ein. Die LED leuchtet auf. Berühre nun gleichzeitig beide Streifen oder tauche sie beide in einen Becher Wasser – die LED geht aus und strahlt wieder auf, wenn du die Streifen herausziehst oder den Wasserspiegel senkst.



WAS PASSIERT ?

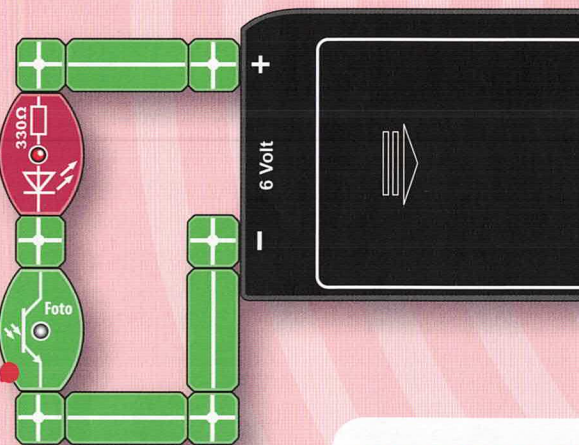
Die sich berührenden Streifen legen die Basis von T1 auf Plus, seine C-E-Strecke ist daher leitend und verbindet die Basis von T2 mit Minus – er sperrt, die LED ist aus. Trennst du die Streifen, sperrt T1. Über den 100-k Ω -Widerstand liegt die Basis von T2 nun auf Plus, so dass seine C-E -Strecke leitet. Nun fließt Strom durch die LED.

Ähnliche Schaltungen wie diese lassen im Armaturenbrett eines Autos ein Lämpchen aufleuchten, wenn im Auto das Scheibenwischwasser zur Neige geht.

VERSUCH 81

Je heller, desto roter

Kombiniere zwei interessante Elektronik-Bausteine – und staune.



SO GEHT'S

Halte die Schaltung in helles Licht, etwa unter eine Lampe: Die rote Leuchtdiode leuchtet auf. Verdunkle nun den Fototransistor (indem du zum Beispiel deine Hand über das Bauteil hältst), und die LED wird dunkler oder geht aus.



TIPP!

Achte darauf, die Bauteile richtig herum, genau laut Bauplan, einzusetzen!



WAS PASSIERT?

Der Fototransistor reagiert auf Licht: Er lässt bei heller Beleuchtung mehr Strom fließen als im Dunkeln. Je mehr Strom durch die LED fließt, desto heller strahlt sie – zumindest bis zu ihrer Leistungsgrenze.

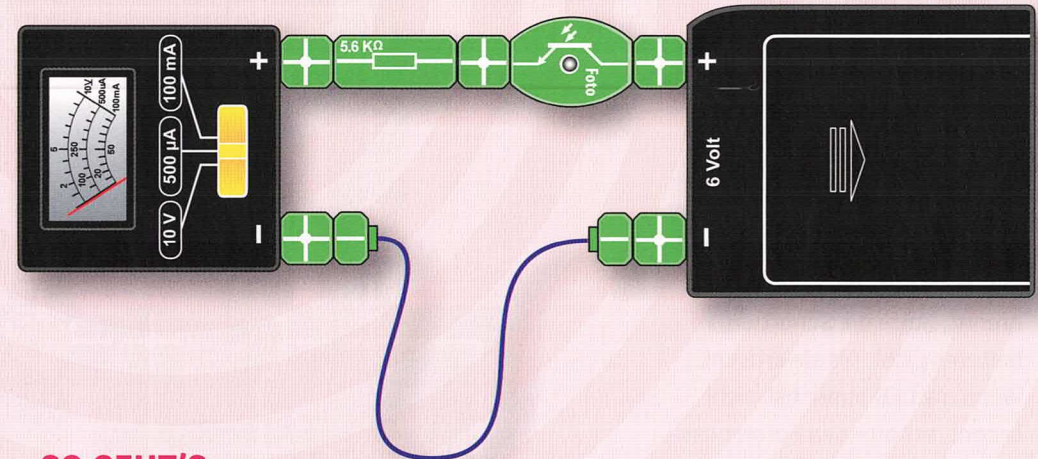
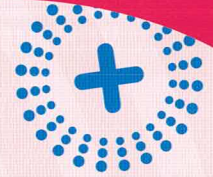
LEDs sind heute nahezu überall zu finden und auf Licht reagierende elektronische Schaltungen schalten zum Beispiel Straßenlaternen bei Anbruch der Dämmerung ein.



VERSUCH 82

Lichtmessgerät

Fotografieren ist auch deshalb so einfach geworden, weil Kameras dank Elektronik viele Probleme automatisch lösen. Zum Beispiel messen sie selbstständig die Helligkeit. Das kannst du dank deines lichtempfindlichen Fototransistors auch.



SO GEHT'S

Schalte das Messgerät in Stellung 500 μ A. Bei normaler Helligkeit schlägt der Zeiger mehr oder weniger weit aus. Bei Vollausschlag (wenn der Zeiger sofort an das obere Ende der Skala bis zum Anschlag springt) solltest du den Fototransistor etwas abdunkeln oder einen größeren Widerstand als 5,6 k Ω in Reihe schalten. Schatte den Fototransistor ab: Der Zeigerausschlag geht kräftig zurück.

WAS PASSIERT?

Der Fototransistor reagiert auf wechselnde Helligkeit durch starke Änderung seines Widerstands. Dadurch ändert sich auch der Stromfluss durch das Messgerät.

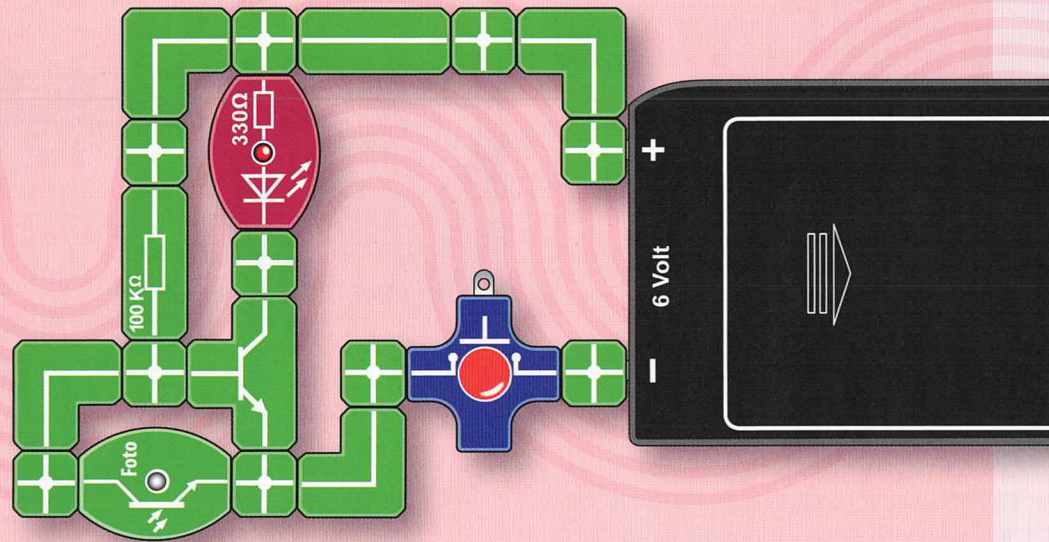


Dämmerungsschalter

Abends gehen die Straßenlaternen automatisch an, morgens wieder aus. Möglich macht das ein Dämmerungsschalter mit einem Fototransistor.

SO GEHT'S

Drück den Taster. Je nach deiner Umgebungshelligkeit brennt die LED oder auch nicht. Wenn sie brennt, halte die Schaltung in helleres Licht, bis sie erlischt. Wenn die LED zunächst nicht brennt, schatte den Fototransistor mit deiner Hand ab oder schalte das Licht ab.



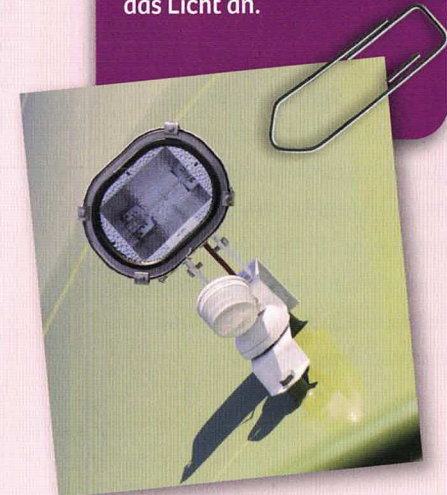
WAS PASSIERT?

Der Fototransistor hat bei guter Beleuchtung nur einen kleinen Widerstand. Daher ist die Basis dann mit dem Minuspol verbunden. Bei schwächerem Licht wird sie dank des 100-kΩ-Widerstands positiver, und die C-E-Strecke leitet.

IM DÄMMERLICHT

Dämmerungsschalter wie in diesem Versuch werden heute viel verwendet. Nicht nur zum Schalten von Straßenlaternen: Auch die Leuchten auf Grundstücken, die mit Bewegungsmeldern ausgestattet sind und nachts von selbst angehen, wenn man in ihre Nähe kommt, besitzen Dämmerungsschalter.

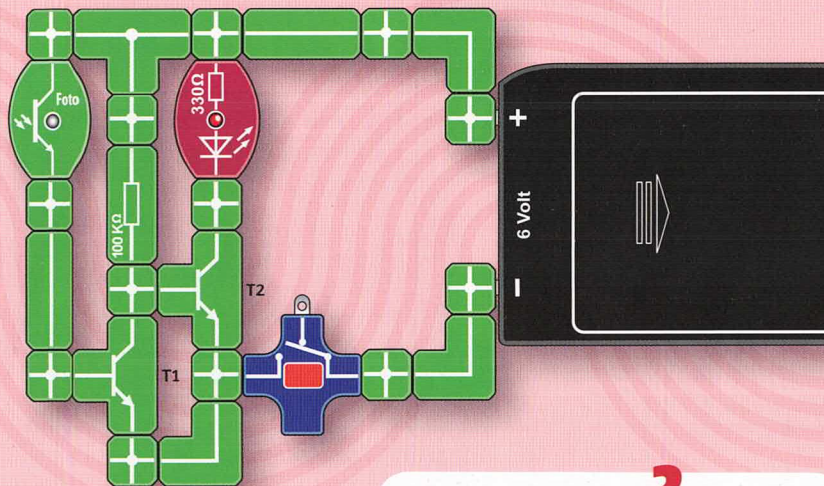
Denn tagsüber sollen sie ja schließlich nicht aufleuchten. Eine UND-Schaltung wertet die Signale aus: Nur wenn es dunkel ist und Bewegung in der Nähe, geht das Licht an.



VERSUCH 84

Superempfindlich

Zwei Transistoren verstärken mehr als einer – und können so eine Schaltung bilden, die noch winzige Helligkeiten registriert.



SO GEHT'S

Diese Schaltung solltest du in einem finsternen Raum ausprobieren, weil schon wenig Licht ausreicht, die LED auszuschalten. Ist es dunkel genug, brennt sie.

WAS PASSIERT?

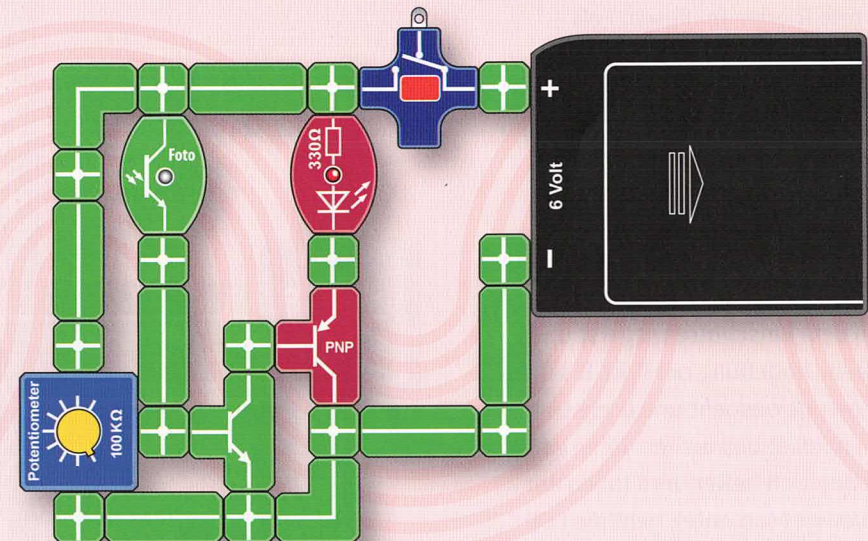
Der Fototransistor verbindet bei Licht die Basis von T1 mit Plus, daher öffnet dessen C-E-Strecke, was wiederum die C-E-Strecke von T2 schließt.

Eine solche Schaltung könntest du als Nachtlicht nutzen. Sie leuchtet nur, wenn es richtig dunkel ist, schon die frühe Morgendämmerung löscht die LED.

VERSUCH 85

Empfindlicher Schattendetektor

Diese Schaltung reagiert empfindlich auf abnehmende Helligkeit.



SO GEHT'S

Stelle das Poti so, dass die rote LED gerade noch leuchtet. Jetzt reicht eine ganz leichte Helligkeitsabnahme am Fototransistor und die LED geht ganz aus.

WAS PASSIERT?

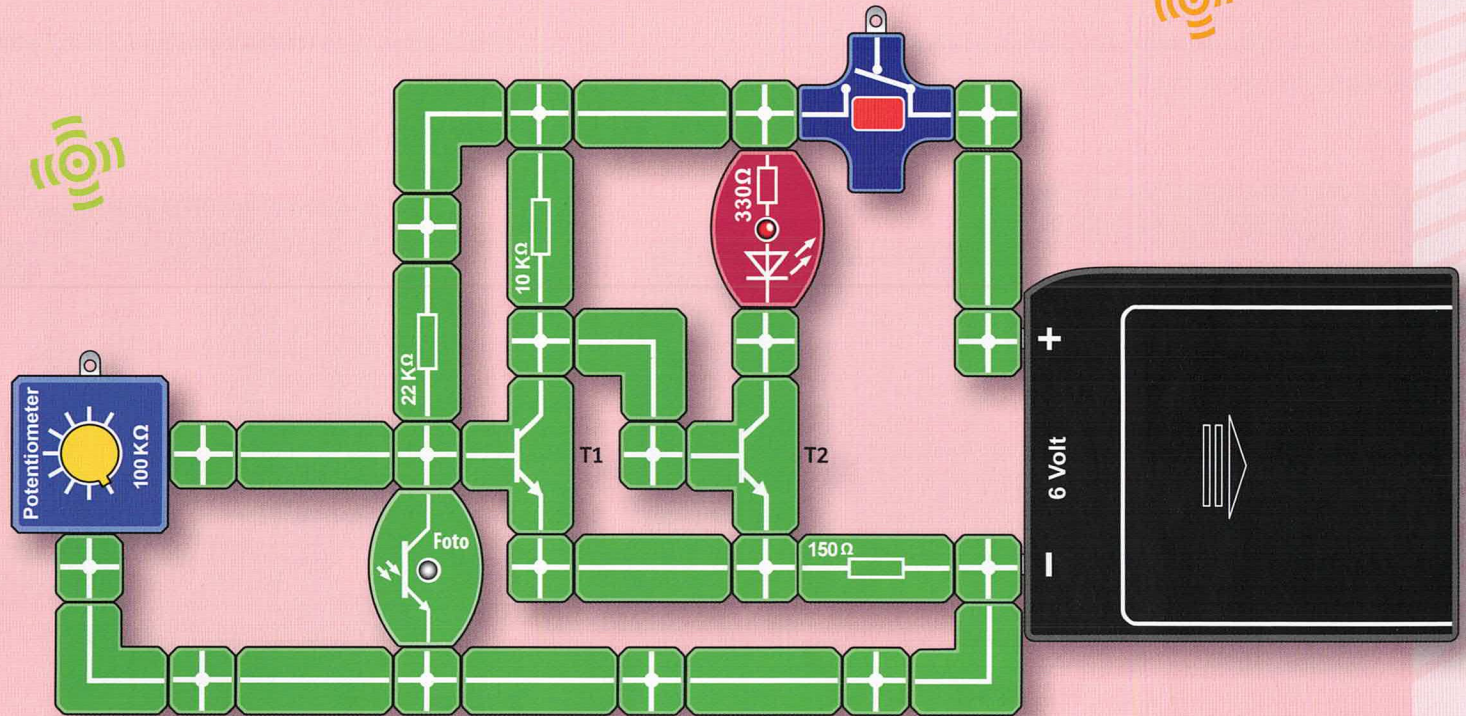
Dank der Verstärkungswirkung der Darlington-Schaltung aus NPN- und PNP-Transistor reagiert die LED schon auf geringe Widerstandsänderungen des Fototransistors, also auf feinste Helligkeitsunterschiede.

Scharfe Signale

Es gibt natürlich auch Schaltungen, die einen bestimmten Zustand von selbst beibehalten – etwa der **Schmitt-Trigger**. In diesem Fall schaltest du ihn mit dem Fototransistor.

SO GEHT'S

Nach dem Einschalten regelst du in **dunkler Umgebung** am Poti, bis die LED gerade ausgeht und drehst dann noch etwas weiter. Wenn es jetzt deutlich heller wird (auch nur für wenige Momente), geht die LED an und bleibt auch an, bis du ausschaltest.



WAS PASSIERT?

Bei einer bestimmten Lichthelligkeit schließt der Fototransistor T1, worauf T2 leitend wird und nun seinerseits T1 festhält.

Diese Schaltung kann dir zeigen, ob inzwischen Licht auf den Fototransistor gefallen ist. Stelle sie getarnt in Schrank oder Schublade, und wenn die LED brennt, weißt du, ob jemand während deiner Abwesenheit an deinen Sachen war.

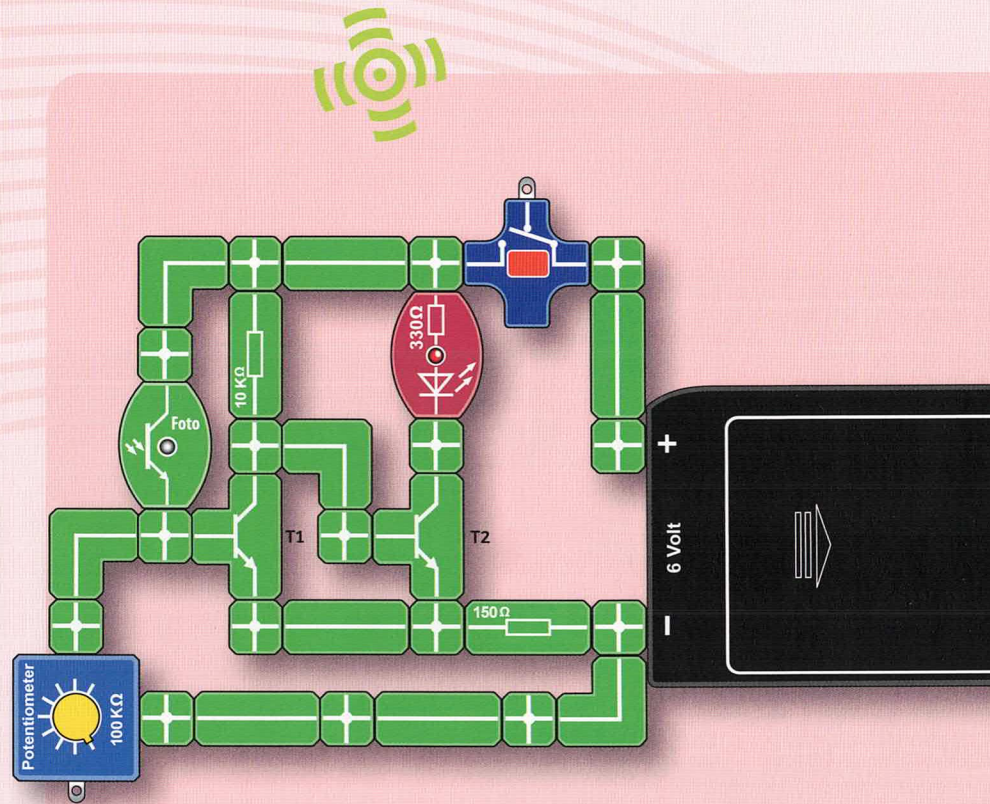
VERSUCH 87

Alarmanlage mit Lichtschranke

Lichtschranken begegnet man heutzutage häufig – an der Rolltreppe, bei Geschwindigkeitskontrollen der Polizei oder auch in Alarmanlagen.

SO GEHT'S

Diese Schaltung reagiert, wenn das Licht auf dem Fototransistor dunkler wird. Du musst ihn also beleuchten, zum Beispiel mit einem Lichtstrahl aus einiger Entfernung. Stelle das Poti wieder so ein, dass die LED gerade nicht brennt. Läuft nun jemand durch den Lichtstrahl, zeigt die Anlage dies durch das rote Licht der LED an.



WAS PASSIERT?

Der Fototransistor hält bei Beleuchtung die Basis von T1 positiv, daher ist die C-E-Strecke des zweiten Transistors nicht leitend. Wird das Licht unterbrochen, leuchtet die LED auf und bleibt eingeschaltet.

NÜTZLICHE LICHTSCHRANKEN

Lichtschranken gibt es in zwei grundsätzlichen Bauformen: Bei „Einweg“-Lichtschranken stehen sich Lichtsender und -empfänger in bestimmtem Abstand gegenüber. Bei „Reflex“-Lichtschranken sitzen Sender und Empfänger nebeneinander und auf der Gegenseite ist nur ein Spiegel – dadurch ist oft die Stromversorgung einfacher.

Lichtschranken sind unglaublich nützliche Schaltungen und finden zahlreiche Anwendungen. Sie stecken nicht nur in Alarmanlagen, öffnen Türen beim Näherkommen oder starten Rolltreppen: Die Polizei spürt damit auch Temposünder auf, automatische Toiletten betätigen nach dem Wegtreten die Spülung, Rauchmelder und Nebelwarner überwachen die Durchsichtigkeit der

Luft und Lichtschranken an Fließbändern zählen die vorbeikommenden Teile oder schlagen Alarm, wenn ein Teil nicht genau am richtigen Platz liegt.



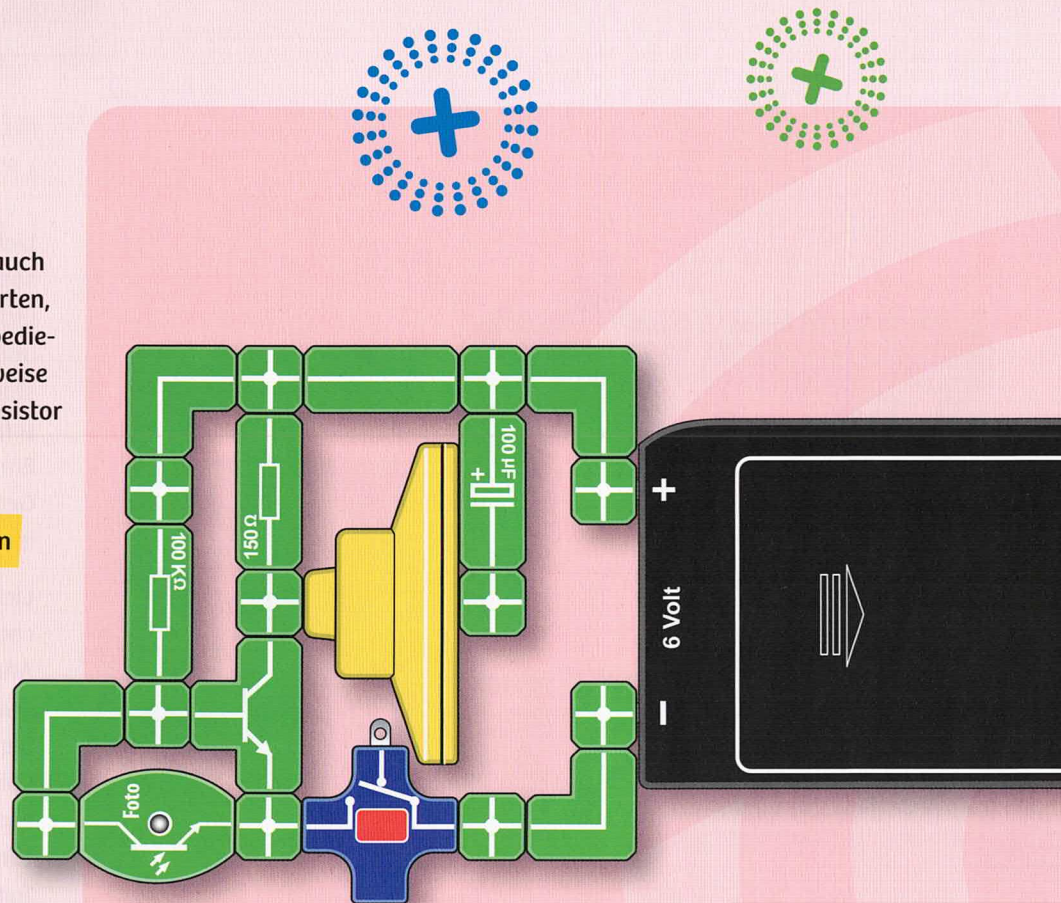
Zirpende Fernbedienung

Neben dem sichtbaren Licht gibt es auch für unsere Augen unsichtbare Lichtarten, wie zum Beispiel **Infrarotlicht**. Fernbedienungen übertragen damit beispielsweise Signale zum Fernseher. Der Fototransistor kann dieses Licht nachweisen.

Für diesen Versuch brauchst du eine Fernbedienung, zum Beispiel von einem Fernseher. Achte darauf, dass die TV-Fernbedienung volle Batterien hat und angeschaltet ist.

SO GEHT'S

Schalte ein und halte die Fernbedienung direkt über den Fototransistor. Das Umgebungslicht darf dabei nicht zu hell sein! Drückst du jetzt eine ihrer Tasten, dringt ein leises, zirpendes Geräusch aus dem Lautsprecher. Probiere, wie groß der Abstand zwischen Fernbedienung und Fototransistor sein kann.



WAS PASSIERT?

Der Fototransistor nimmt die Infrarot-Lichtblitze auf, die die IR-Leuchtdiode in der Fernbedienung aussendet. Der Transistor verstärkt sie dann für den Lautsprecher. Auch im Fernseher selbst nimmt ein Fototransistor die Signale auf und setzt sie in Steuerbefehle um.

FERNBEDIENUNG

Infrarot-Licht sorgt dafür, dass du vom Sofa aus Fernseher, DVD-Player und andere Geräte fernbedienen kannst. Drückst du eine der Tasten, erzeugt das Gerät einen Code, also eine bestimmte Folge aus Signalen, und strahlt sie in Form von infraroten Lichtsignalen ab. Der Sender ist eine Infrarot-Diode, die das unsichtbare Licht ausstrahlt.

Im Fernseher ist ein Fototransistor eingebaut, der diese Signale empfängt. Du kannst ihn nicht sehen, denn er sitzt hinter einem Filter, der sichtbares Licht ausblendet, um Störungen zu vermeiden. Weil das infrarote Licht auch von Wänden reflektiert wird, muss man die Fernbedienung meist nicht einmal direkt ausrichten.

Im Fernseher wird das Lichtsignal entschlüsselt und steuert dann den entsprechenden Regler, ändert also zum Beispiel die Lautstärke oder schaltet auf ein anderes Programm.



VERSUCH 89

Tonübertragung per Licht

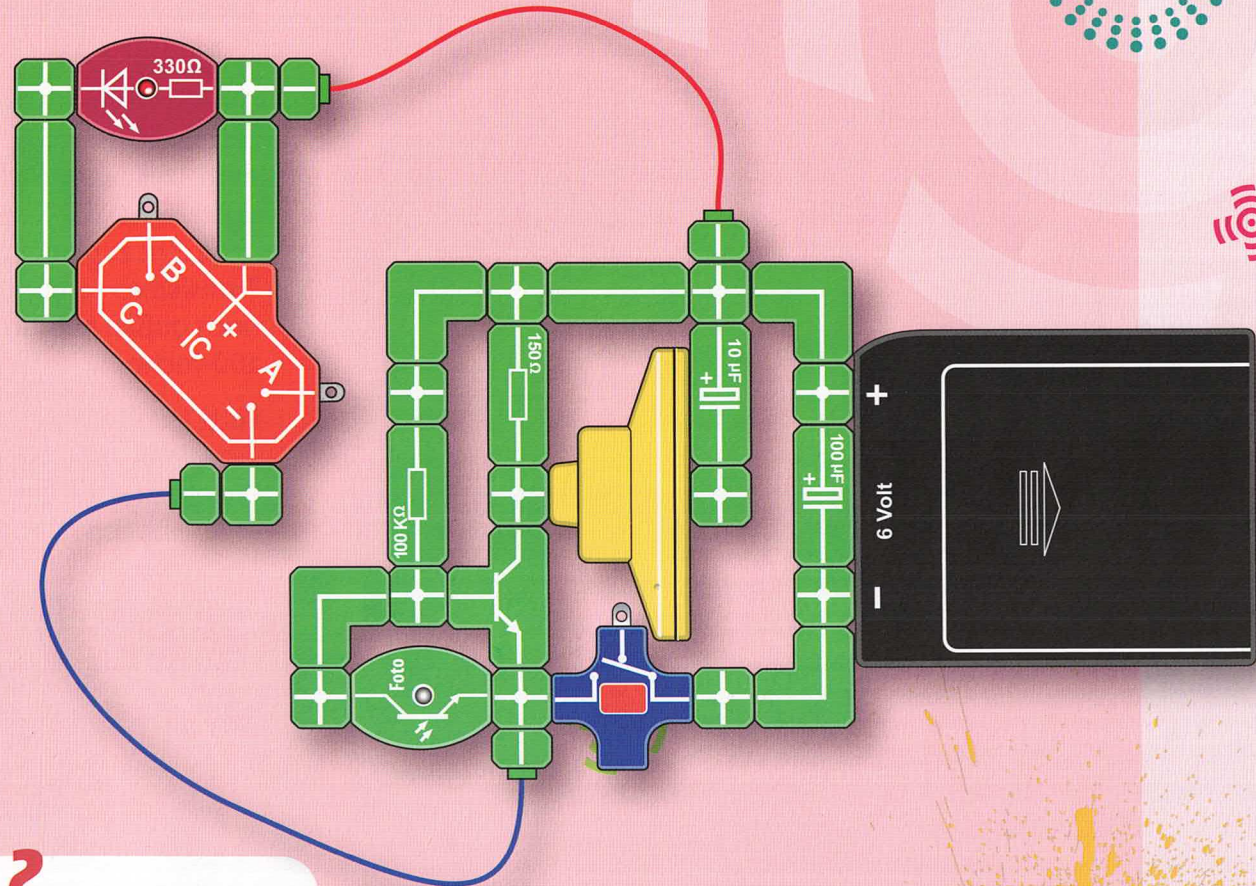
Lichtstrahlen kann man nicht nur ein- und ausschalten, sie können auch Töne tragen.

SO GEHT'S

Schalte die Anlage ein und richte die LED der Sound-Generatorschaltung auf den Fototransistor. Die Umgebung darf dabei nicht zu hell sein und die rote LED muss leuchten. Sofort hörst du das typische Geräusch des Sound-Generators. Dass es wirklich per Licht übertragen wird, merkst du, wenn du die Hand in den (unsichtbaren) Strahlengang hältst.

WAS PASSIERT ?

Der Sound-Generator erzeugt mit der LED „moduliertes“, also mit Tönen beladenes Licht, das der Fototransistor empfängt und mittels Verstärker und Lautsprecher hörbar macht.





Sensoren überall

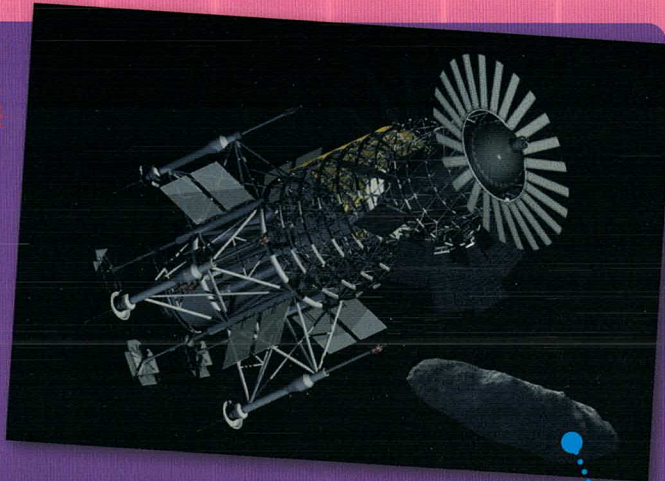
Sollen Elektronik-Schaltungen auf Signale von außen reagieren, brauchen sie eine Art künstlicher Sinne. Man nennt diese Bauteile „Sensoren“. Es gibt

davon mittlerweile eine gewaltige Zahl für nahezu alle denkbaren Messgrößen, und sie finden eine noch größere Zahl von Anwendungen.

Neben den Sensoren für Licht (wie dein Fototransistor), gibt es etwa Messfühler für Temperaturen, chemische Substanzen, Säuregrade, Gase, Feuchtigkeit, Druck, Beschleunigung, radioaktive Strahlung, bestimmte Lichtarten, Magnetismus oder auch Kräfte.

Du findest Sensoren etwa in Alltagsgeräten wie Kameras, elektronischen Thermometern, Smartphones oder Rauchmeldern. Roboter beziehen über Sensoren Signale aus ihrer Umgebung, um entsprechend reagieren zu können.

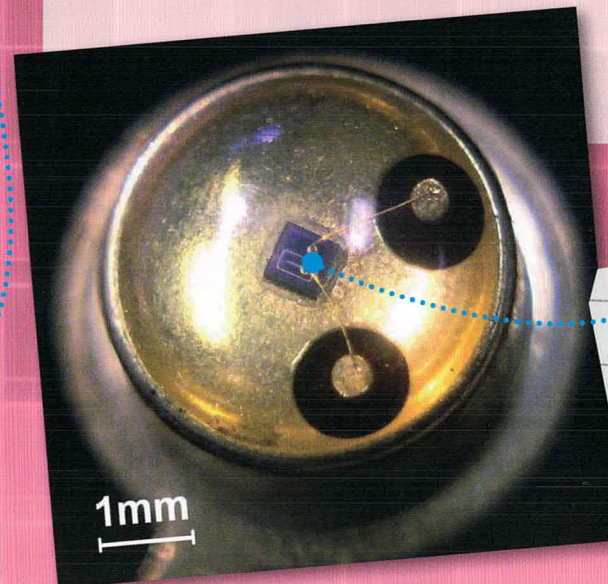
Auch wissenschaftliche Forschungsgeräte verfügen meist über bestimmte Sensoren – nicht zuletzt die **Raumsonden**, die mit ihnen die Bedingungen auf fernen Planeten untersuchen.



Das Innenleben des Fototransistors

In einem Fototransistor reagiert eine pn-Sperrschicht, wie sie in Dioden vorhanden ist, auf Beleuchtung. Das Licht schlägt nämlich Elektronen los, wodurch die Sperrschicht elektrisch leitfähig wird. Das nutzt ein Fototransistor aus. Dort liegt hinter einem durchsichtigen Fenster eine Diode mit möglichst dem einfallenden Licht zugewandter Sperrschicht. Sie ist mit der Basis eines Transistors verbunden, dessen Kollektor- und Emitter-Anschluss nach außen geführt ist. Er verstärkt den Effekt etwa um das 100-fache.

Fällt Licht auf die Diode, fließt ein geringer Strom in die Basis des Transistors und öffnet so dessen C-E-Strecke. Damit sinkt deren Widerstand. Ist der Fototransistor zum Beispiel in einen Stromkreis eingebaut, kann nun ein Strom fließen.



Der eigentliche lichtempfindliche Transistor ist das kleine Quadrat in der Mitte.

QUIZZEIT



Was sind Elektronen?

- A Außerirdische Wesen vom Planeten Elektron.
- B Super winzige und bewegliche Teilchen, die den Atomkern umgeben.
- C Elektrische Anschlüsse, die man in Flüssigkeiten tauchen kann.

Die Antwort B ist die richtige.

Wie nennt man eine Schaltung, die auf Tasterdruck jeweils zwischen zwei Zuständen wechselt?

- A Hiphop
- B Tiptop
- C Flipflop

Hier stimmt Antwort C.

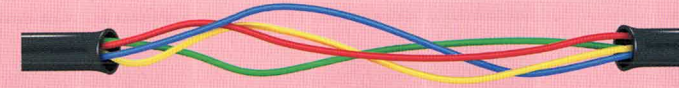
In welcher Einheit gibt man die elektrische Spannung an?

- A Ampere
- B Farad
- C Ohm
- D Volt

Die Antwort D stimmt.



Welche Aussage ist wahr?



Bei Gleichstrom ...

- A ... fließt der Strom immer in der gleichen Richtung.
- B ... wechselt der Strom ständig die Richtung.
- C ... fließt der Strom gleich, hört aber sofort wieder damit auf.

Die Antwort A ist korrekt.

Wie viele Anschlüsse hat ein Transistor?

- A Er hat einen Anschluss.
- B Er hat zwei Anschlüsse.
- C Er hat drei Anschlüsse.

Antwort C ist richtig – sie heißen Emitter, Basis und Kollektor.



Wie berechnest du den Gesamtwiderstand bei einer Reihenschaltung von zwei Widerständen?

- A Ihre Werte werden multipliziert.
- B Ihre Werte werden addiert.
- C Ihre Werte werden subtrahiert.

Hier ist die Antwort B korrekt.

$$R_1 \cdot R_2 = R_{ges}$$

$$R_1 + R_2 = R_{ges}$$

$$R_1 - R_2 = R_{ges}$$



Gespeicherte Elektrizität

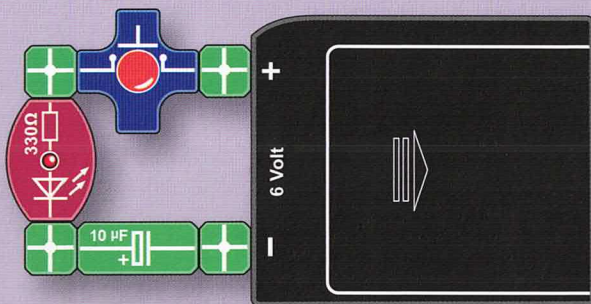
Zu den wichtigsten elektronischen Bauteilen zählen **Kondensatoren**. Sie sind klein und unauffällig, aber unverzichtbar. Schaltungen mit „Zeitgefühl“ oder Wechselstrom-Verstärker kommen nicht ohne sie aus.



VERSUCH 90

Kein Durchlass für Strom

Zunächst solltest du testen, wie sich ein Kondensator im Stromkreis verhält. Ob er für den Strom ein großer oder kleiner Widerstand ist?



SO GEHT'S

Tippe den Taster an. Die LED leuchtet kurz auf, dann erlischt sie wieder und bleibt dunkel.

Tausche den 10- μF -Kondensator nacheinander gegen den 0,01- μF -, den 0,1- μF - und gegen den 100- μF -Kondensator aus. Mit den kleineren Kondensatoren siehst du kaum ein Aufleuchten, bei 10- μF leuchtet die LED einige Sekunden, aber dann ist sie wieder aus. Und bei erneutem Drücken des Tasters tut sich fast gar nichts mehr.

WAS PASSIERT?

Was du vor dir liegen hast, ist ein ganz normaler Stromkreis mit LED, nur dass der Kondensator in Reihe liegt.

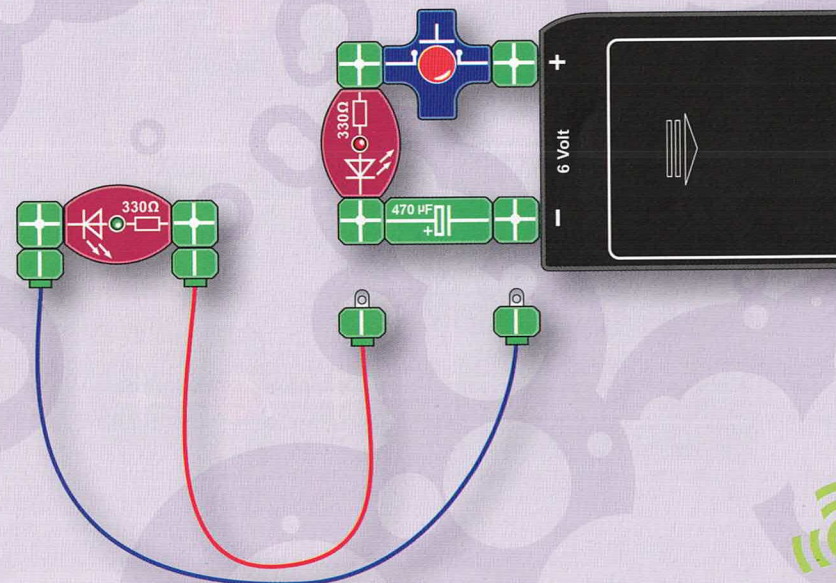
Offensichtlich lässt keiner der Kondensatoren Strom passieren. Nur im ersten Moment nach dem ersten Einschalten scheint etwas Strom zu fließen, dann kaum noch. Was du dann noch eventuell siehst, ist nur ein winziger sogenannter „Rest- oder Leckstrom“, bedingt durch bauartliche Probleme.

Tatsächlich ist ein Kondensator ein starkes Hindernis für Gleichstrom, wie ihn die Batterie liefert: Er besteht nämlich aus zwei aufgerollten Metallfolien, die durch eine isolierende Folie getrennt sind.

VERSUCH 91

Mini-Batterie

Ein Kondensator ist für fließenden Strom ein Hindernis. Aber wieso leuchtet die LED beim Einschalten kurz auf? Speichert der Kondensator etwa Strom?



SO GEHT'S

Drücke kurz den Taster, bis die rote LED wieder dunkel wird. Verbinde den Kondensator dann mit den beiden Drähten der grünen LED (achte auf die Polung!). Sie leuchtet kurz auf (du musst genau hinschauen!).

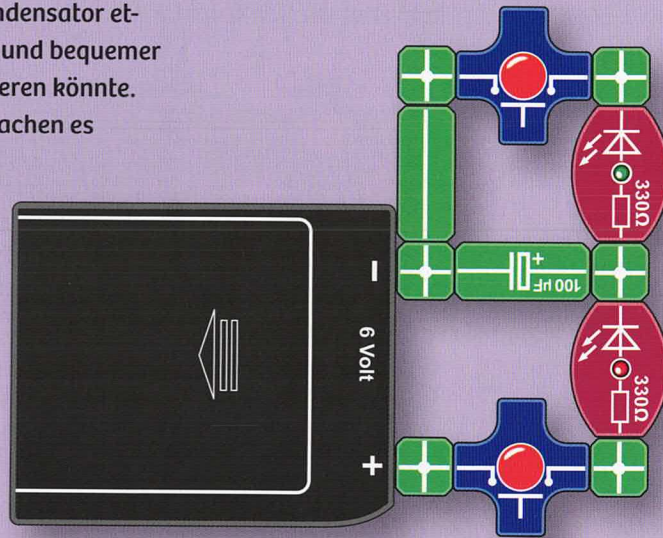
Wiederhole den Versuch mit den anderen Kondensatoren.

WAS PASSIERT?

Der Versuch beweist, dass ein Kondensator Elektrizität speichern kann. Allerdings sammeln nur die Kondensatoren mit 470 μF , 100 μF und 10 μF genügend Elektrizität, um die grüne LED zum Leuchten zu bringen; die anderen haben offenbar nicht genug Speicher.

Auf- und Entladen in rascher Folge

Es wäre doch nett, wenn man den Kondensator etwas rascher und bequemer laden und Leeren könnte. Die Taster machen es möglich.



SO GEHT'S

Drücke abwechselnd die beiden Taster. Dann leuchtet jeweils kurz die rote und dann die grüne LED auf.

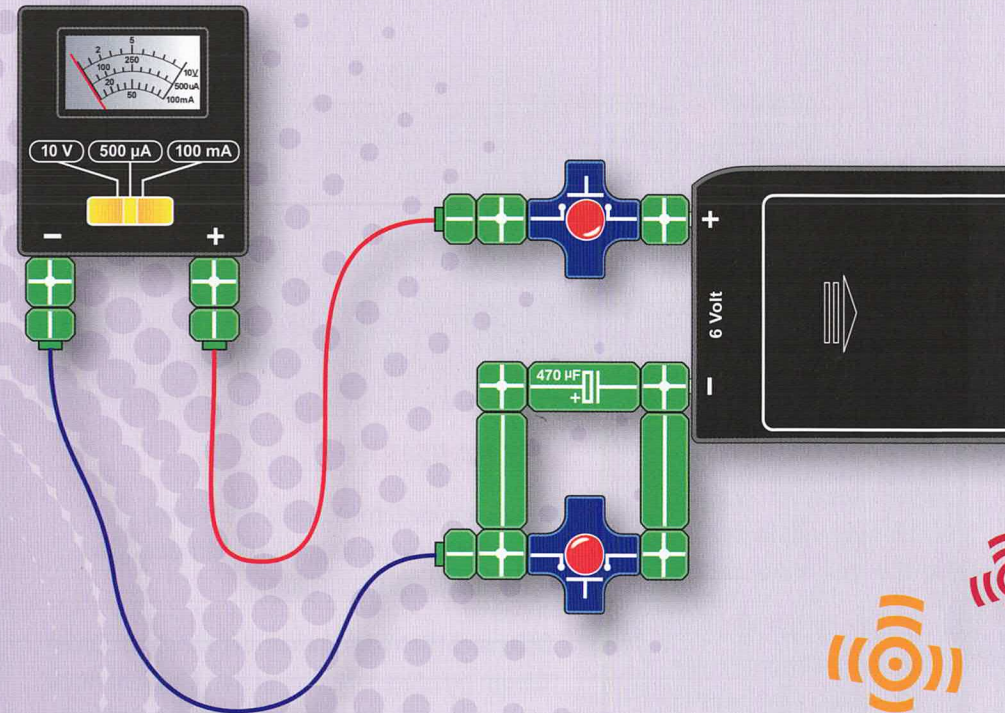
Ersetze den 100-µF-Kondensator durch die 470-µF-Type. Jetzt leuchten die LEDs etwas länger.

WAS PASSIERT ?

Der linke Taster lädt den Kondensator auf, und der hineinfließende Strom lässt die rote LED aufblitzen. Der rechte Taster entlädt ihn, wobei der hinausfließende Strom die grüne LED aufstrahlen lässt. Der 470 µF-Kondensator kann mehr Elektrizität laden, daher leuchten die LEDs länger.

Der Ladestrom wird angezeigt

Wenn beim Laden Strom in den Kondensator fließt, müsste das Messgerät ihn anzeigen.



SO GEHT'S

Das Messgerät muss in Stellung 100 mA stehen. Drücke zunächst den Taster am Kondensator, um ihn zuverlässig zu entladen. Dann drückst du den Taster am Pluspol. Der Zeiger macht einen kurzen Satz und zeigt so den Aufladevorgang an.

WAS PASSIERT ?

Der in den Kondensator fließende Strom lässt den Zeiger kräftig, aber nur kurz ausschlagen, denn die kleine Speicherkapazität ist rasch gefüllt.

VERSUCH 94

Gebremstes Aufladen

Der Aufladevorgang geht so rasch, dass man kaum folgen kann. Mit einem Widerstand lässt sich der Stromfluss bremsen.

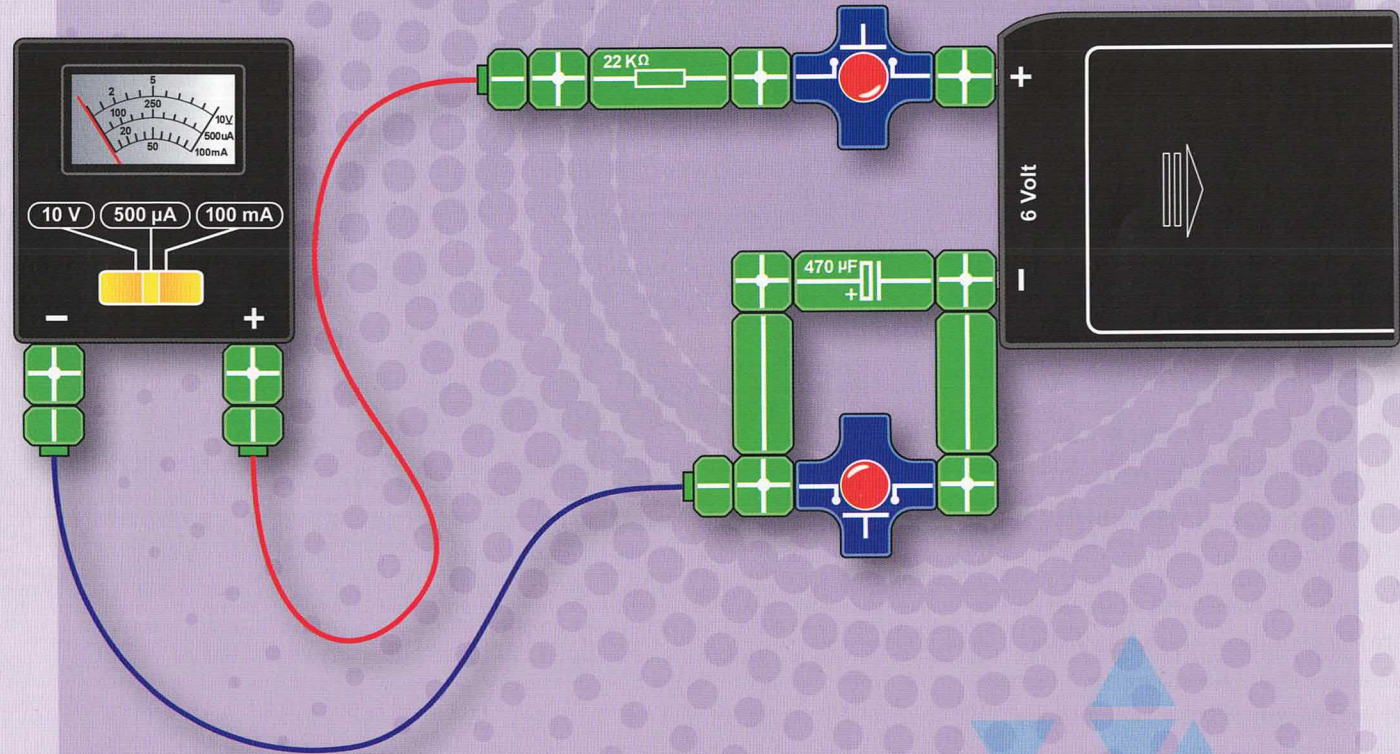


SO GEHT'S

Das Messgerät muss zunächst auf 100 mA stehen.

Entlade zunächst den Kondensator mit dem unteren Taster und drücke dann den Ladetaster.

Wahrscheinlich reagiert das Messgerät nicht, weil der Strom zu gering ist. Schalte es daher auf 500 μA , entlade wieder und drücke erneut den Ladetaster. Nun schlägt der Zeiger aus und geht erst rasch, dann immer langsamer zurück.



WAS PASSIERT?

Kondensatoren laden sich nicht gleichmäßig voll. Zuerst fließt ein starker Strom, der dann bei zunehmender Füllung des Kondensators rasch abnimmt. Das kannst du am Zeiger gut erkennen.

Entladen übers Messgerät

Der Entladestrom lässt sich natürlich ebenfalls messen, am besten gleich gebremst über einen Widerstand.

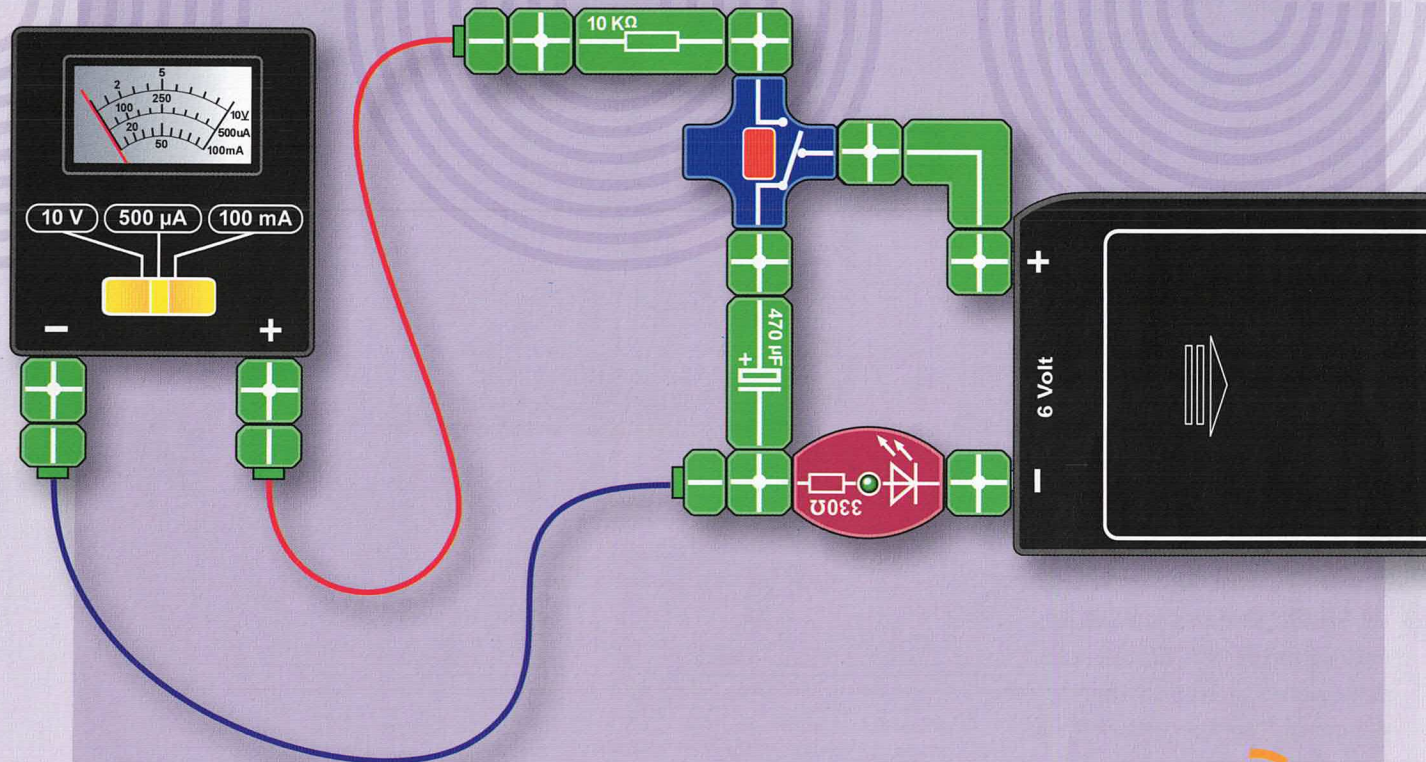
SO GEHT'S

Das Messgerät stellst du auf 100 mA.

Schiebe zunächst den Schalter zum Kondensator hin. War er leer, leuchtet die grüne LED kurz auf und zeigt den Ladestrom.

Dann schiebst du den Umschalter in die andere Position. Jetzt entlädt sich der Kondensator über Widerstand und Messgerät. Vermutlich siehst du kaum einen Ausschlag.

Stelle jetzt das Messgerät auf 500 μA . Jetzt müsste der Zeiger beim Entladen voll ausschlagen und dann langsam zurückgehen.



WAS PASSIERT ?

Auch das Entladen geht zuerst rasch, dann immer langsamer vonstatten. Der Widerstand vermindert den Entladestrom, daher dauert der Entladevorgang insgesamt länger und lässt sich besser verfolgen.

VERSUCH 96

Gleichstrom nein, Sound ja

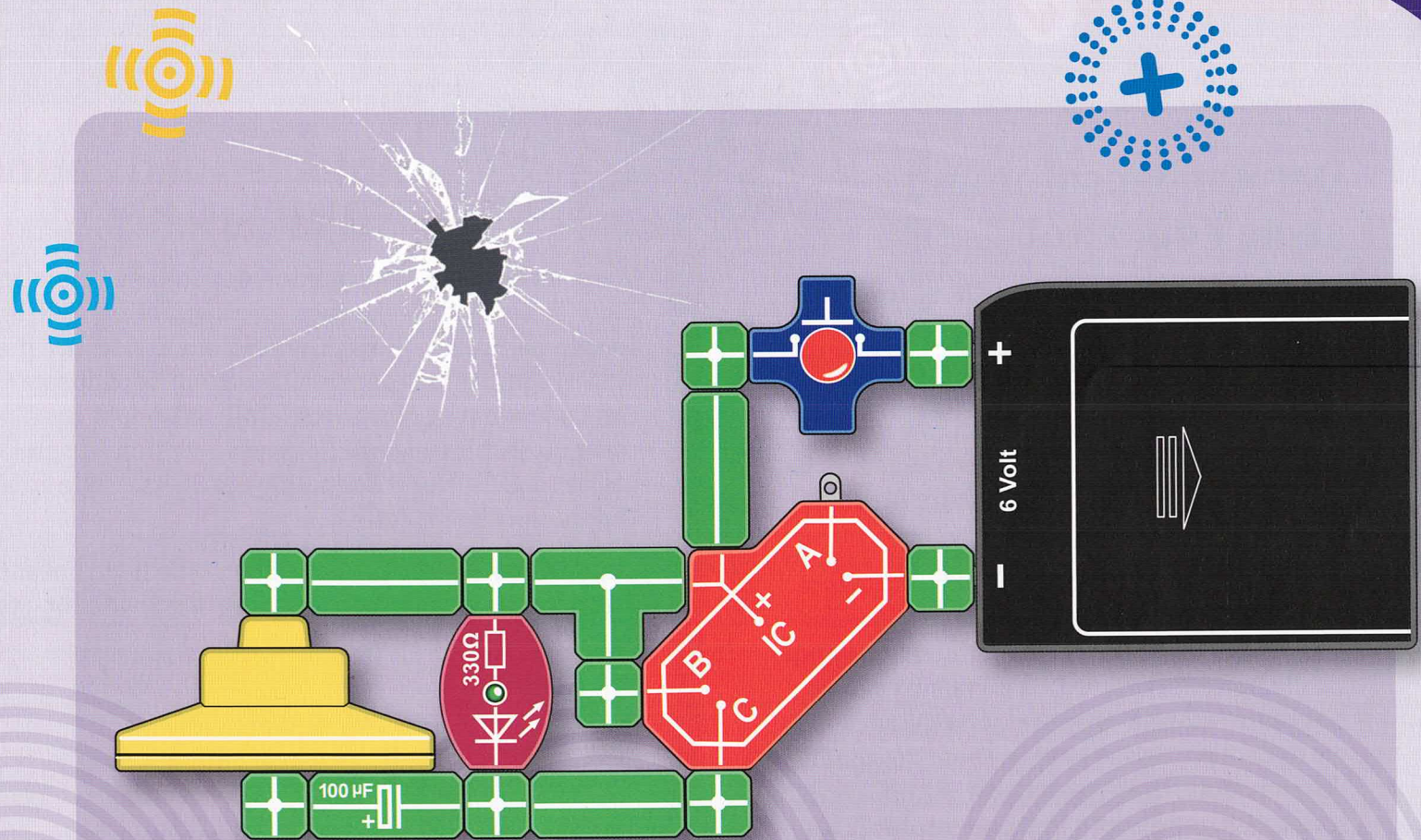
In diesem Versuch lernst du eine der wichtigsten Anwendungen von Kondensatoren in der Elektronik kennen. Als Hilfsmittel nutzt du dafür den Sound-Generator. Und du entdeckst dabei noch einen vierten Sound, den er erzeugen kann.

SO GEHT'S

Drücke den Taster. Die LED blinkt, gleichzeitig gibt der Lautsprecher ein rhythmisches Zirpen von sich.

WAS PASSIERT ?

Obwohl der Lautsprecher über den Kondensator mit der LED verbunden ist, kann er doch arbeiten. Das zeigt, dass ein Kondensator zwar Gleichstrom sperrt, aber rasch wechselnde Stromschwankungen – wie sie im Lautsprecher die Töne erzeugen – durchaus passieren lässt. Man nennt Strom mit raschen Schwankungen **Wechselstrom**.





Der Kondensator und seine Kapazität

Auf den ersten Blick ist gar nicht so leicht zu verstehen, wieso ein Kondensator Elektrizität speichern kann. Diese Bauteile bestehen nämlich nur aus zwei dünnen Metallfolien, isoliert voneinander durch eine hauchdünne Isolationsschicht. Daher auch ihr **Schaltssymbol**: Es zeigt zwei Metallplatten in kleinem Abstand voneinander.

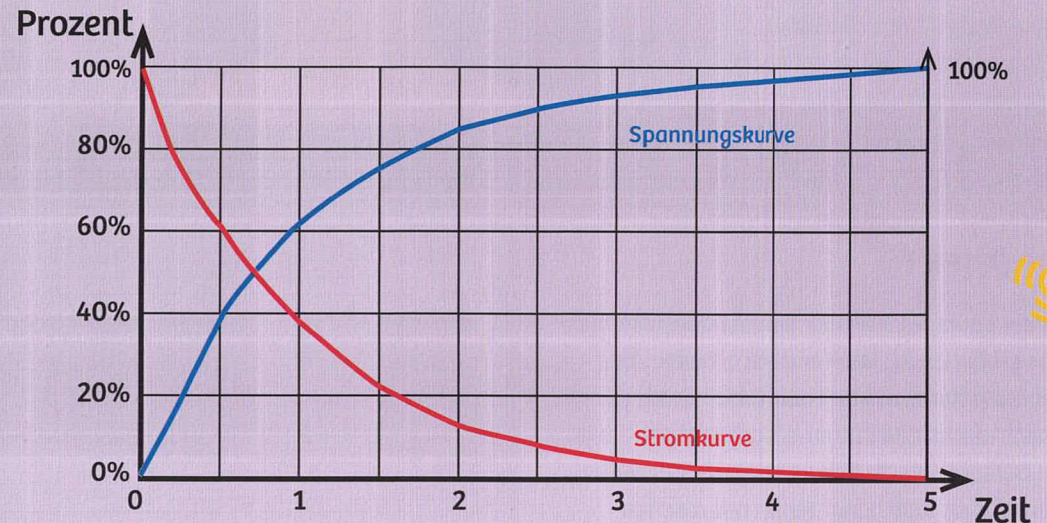
Doch wenn man einen Kondensator mit einer Batterie verbindet, sammeln sich in einer der Folien viele Elektronen, aus der anderen saugt sie die Batterie heraus. Das wirkt sich so aus, dass eine Folie elektrisch negativ geladen ist, die andere elektrisch positiv. Diese gegensätzlichen Ladungen ziehen sich an, sie halten sich sozusagen gegenseitig im Kondensator fest – und das macht seine Speicherfähigkeit aus. Je höher die angelegte Spannung ist, desto mehr Ladung kann ein Kondensator aufnehmen.

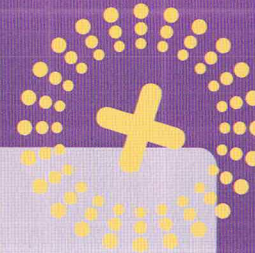


Aufladen und Entladen – zeitlich gesehen

Wenn du einen Kondensator mit der Batterie verbindest, ist er nicht sofort vollgeladen. Zwar strömen die Elektronen sofort in eine der Folien, aber je mehr es dort sind, desto langsamer wird ihr Fluss. Denn da alle Elektronen gleichsinnig (negativ) geladen sind, stoßen sie sich gegenseitig ab. Auf der anderen Folie ist es umgekehrt ebenso. Der Ladestrom ist also zuerst groß und nimmt dann mit zunehmender Ladung immer mehr ab. Dafür steigt die Spannung am Kondensator mit zunehmender Ladung an, bis sie schließlich die Spannung der Stromquelle erreicht. Das siehst du unten im Diagramm abgebildet.

Beim Entladen ist es ähnlich – zuerst fließt ein hoher Entladestrom, dann wird er immer geringer. In gleicher Weise sinkt die Spannung erst rasch, dann immer langsamer.





Wieso ein Kondensator Wechselstrom durchlässt

Für Gleichstrom, das haben deine Versuche gezeigt, ist ein Kondensator undurchlässig. Kein Wunder – die Folien in dem Kondensator sind ja durch eine Isolierschicht getrennt. Wechselstrom aber lässt er durch – wieso?

Stelle dir ein Kaninchengehege mit Stall und Auslauf vor, das von einem Zaun umgeben ist. Die Kaninchen spielen im Gehege, bis draußen ein paar Hunde erscheinen. Sie können wegen des Zauns zwar nicht zu den Kaninchen, aber trotzdem verstecken sich die erschreckten Tiere in ihrem Stall. Laufen die Hunde wieder weg, wagen sich auch die Kaninchen wieder hervor. Kommen nun die Hunde wieder heran, verstecken sich auch die Kaninchen wieder. Obwohl sich also Hunde und Kaninchen gar nicht berühren, wirken sie doch aufeinander ein.

Ähnlich ist es beim Kondensator. Die Rolle des Zauns übernimmt die Isolierschicht, die Hunde und Kaninchen sind die Elektronen. Bei Wechselstrom wechseln die Elektronen ja rasch ihre Richtung. Für einen Wechselstrom, der auf einen Kondensator trifft, bedeutet das: Laufen die Elektronen in Richtung negativ geladene Folie, drängen sie sich dort noch mehr zusammen, und wegen ihrer Ladung drücken sie noch mehr Elektronen aus der anderen Folie hinaus – sie fließen aus deren Anschluss hinaus. Laufen die Elektronen dagegen von der negativen Folie weg, saugen sie aus ihr Elektronen heraus, und damit können wieder mehr Elektronen zurück in die andere Folie strömen.

Die Richtungswechsel der Elektronen in einem Anschluss des Kondensators bewirken also einen gleichartigen Richtungswechsel im anderen Anschluss – also ebenfalls einen Wechselstrom. Von außen erscheint es so, als ob der Strom, wenn auch geschwächt, durch den Kondensator hindurch geht.

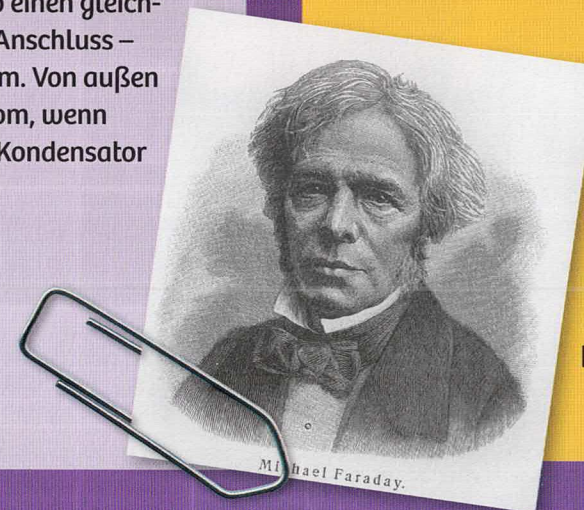


Faraday und das Farad

Die Maßeinheit der Kapazität ist nach Michael Faraday (1791-1867) benannt.

Er hatte sich aus einfachsten Anfängen zu einem der wichtigsten Experimentalphysiker entwickelt und neben zahlreichen chemischen und elektrochemischen Entdeckungen vor allem auch die Zusammenhänge von Elektrizität und Magnetismus erforscht, denen wir so wichtige Dinge wie Lautsprecher, Elektromotor, Transformator und Generator verdanken.

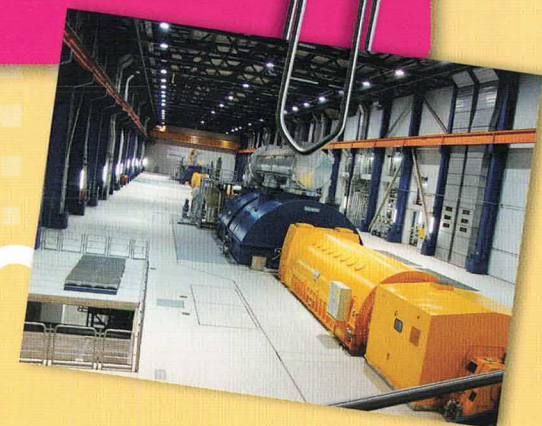
Er führte in seinem Leben über 30 000 Experimente durch und notierte ihre Ergebnisse sorgfältig in seinen Laborbüchern.





Immer im Wechsel

Wechselstrom ist der in der Industrie und im Haushalt am meisten verwendete Strom. Bei ihm fließen die Elektronen nicht wie beim Gleichstrom aus der Batterie gleichmäßig in eine Richtung, sondern ändern mehrmals pro Sekunde ihre Laufrichtung. Das klingt umständlich, hat aber eine ganze Menge Vorteile bei der Erzeugung und der Verteilung des Stroms über große Entfernungen von den Kraftwerken zu den Verbrauchern – also letztlich in jedes Haus.



VERSUCH 97

Wechselndes Licht

Kann man die unterschiedliche Stromrichtung an den Lämpchen sehen?

SO GEHT'S

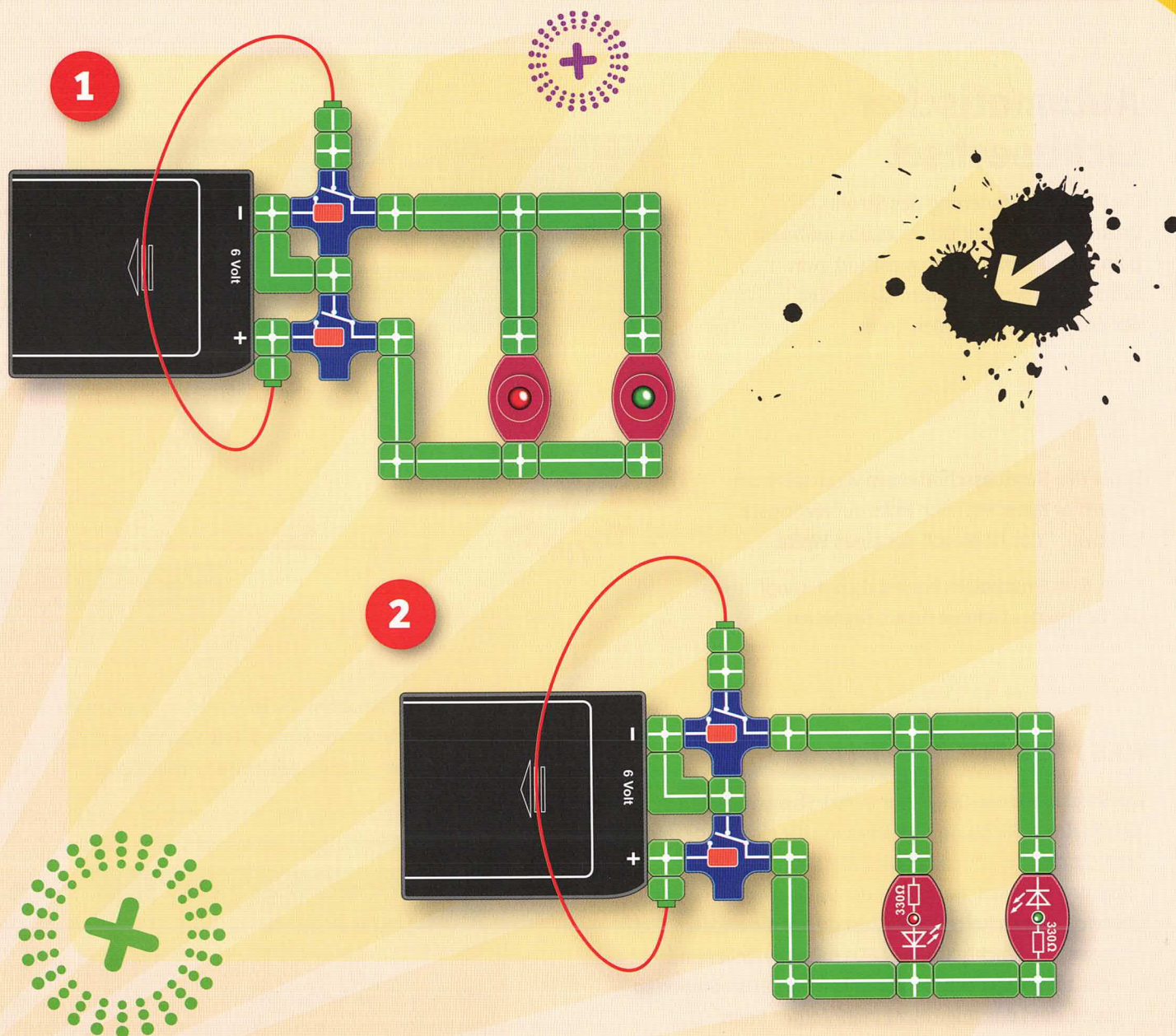
Baue zunächst die Schaltung nach **Bauplan 1** auf und schalte jeweils beide Umschalter nach links und dann beide gleichzeitig nach rechts. Stets leuchten beide Lämpchen, da es dem Strom egal ist, in welcher Richtung er durch den Glühfaden der Lämpchen fließt.

Baue die Schaltung nach **Bauplan 2** um.

Die LEDs senden, wie du in früheren Kapiteln festgestellt hast, nur dann Licht aus, wenn der Strom in einer bestimmten Richtung hindurchfließt. Jetzt leuchtet beim Umschalten mal die eine, mal die andere LED.

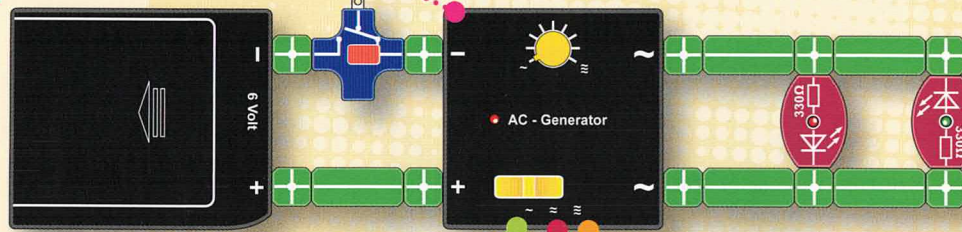
WAS PASSIERT?

Die LEDs lassen als Ventile jeweils nur eine Stromrichtung durch. Also leuchtet jeweils nur eine der LEDs.



Automatischer Lichtwechsel

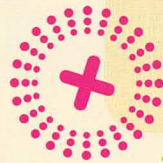
Die Richtungsänderung des Stroms mit Umschaltern ist auf Dauer etwas mühsam. Dein Experimentierkasten enthält zum Glück einen Wechselstrom-Generator, der das für dich besorgen kann.



SO GEHT'S

Stelle den Bereichsschalter am Wechselstrom-Generator zunächst nach links auf niedrigste Frequenz – das ist die mit der einen Welle.

Nach dem Einschalten kannst du am Knopf das Tempo des Lichtwechsels einstellen.



WAS PASSIERT ?

Der Wechselstrom-Generator liefert Strom in regelmäßig wechselnder Richtung. Mal lässt ihn die eine Diode durch, mal die andere – du siehst die LEDs „blinken“. Bei dieser Stellung des Umschalters ist der langsamste Frequenzbereich eingeschaltet. Schaltest du auf die anderen Stellungen um, leuchten beide LEDs mit schwächerem Licht – das täuscht jedoch. Jetzt blinken die LEDs nämlich so rasch, dass das Auge nicht mehr folgen kann.

TIPP!

Die in diesem Versuch genutzte Verbindung der Plus- und Minus-Anschlüsse des Wechselstrom-Generators mit der Batteriebox über den Schalter kannst du für alle nun folgenden Wechselstrom-Versuche beibehalten. Mit dem Schalter kannst du den Wechselstrom-Generator ein- und ausschalten. Den Wechselstrom liefern dann die mit ~ gekennzeichneten Anschlüsse des Wechselstrom-Generators.

SO FUNKTIONIERT DER WECHSELSTROM-GENERATOR

Dein Wechselstrom-Generator ist ein elektronisches Gerät, das aus dem Batteriestrom schwachen Wechselstrom von etwa 5 Volt Spannung erzeugt. Abgreifen kannst du den Wechselstrom an den beiden mit ~ gekennzeichneten Anschlüssen.

Die Frequenz dieses Wechselstroms (also die Zahl der Umschaltungen pro Sekunde) kannst du mit dem Bereichsschalter in drei Stufen wählen.

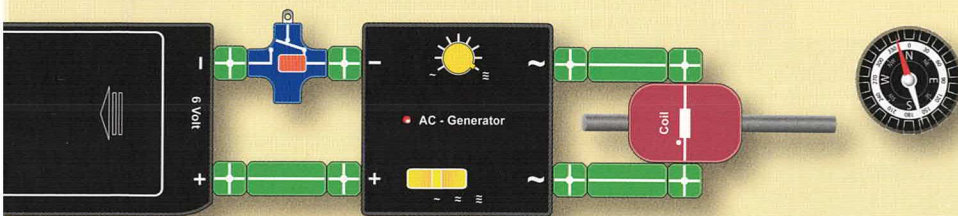
Der mit einer Welle gekennzeichnete Bereich ist für die langsamsten Frequenzen vorgesehen, von etwa 0,3 Hertz (Schwingungen pro Sekunde) bis etwa 8 Hertz. Der mittlere Bereich (zwei Wellen) überdeckt etwa 4 bis 200 Hertz, und der oberste (drei Wellen) liefert Frequenzen von 180 bis ca. 7000 Hertz.

Mit dem Knopf kannst du innerhalb jedes Bereichs die jeweils gewünschte Frequenz einstellen, wobei die Symbole anzeigen, bei welcher Stellung die Frequenz am höchsten bzw. am niedrigsten ist.

VERSUCH 99

Rotierende Nadel

Eine Schaukel schwingt besonders weit, wenn du ihr immer im richtigen Moment einen Schubs gibst. Auf ähnliche Art kann dein Wechselstrom-Generator die Kompassnadel in eine rasche Dauerdrehung versetzen.



SO GEHT'S

Platziere den Kompass 1-2 cm vom Eisenkern entfernt.

Schalte den Wechselstrom-Generator auf den langsamsten Frequenzbereich (Bereichsschalter nach links) und stelle das Drehrad auf die in diesem Bereich höchste Frequenz (nach rechts).

Nun suche am Drehrad verschiedene Einstellungen, bis die Nadel rasch rotiert. Du musst ein bisschen experimentieren, aber wenn die eingestellte Frequenz stimmt, bleibt die Nadel lange Zeit in Rotation.

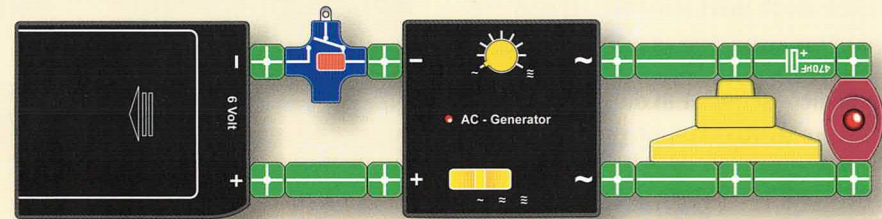
WAS PASSIERT ?

Bei der richtigen Frequenz des Wechselstroms, passend zur Drehgeschwindigkeit der Nadel, bekommt diese bei der Annäherung jedes Mal einen kleinen Zug durch die magnetische Kraft der Spule. So kann sie die Reibung im Lager überwinden und ständig weiterlaufen. Auf ähnliche Weise arbeiten Elektromotoren: Auch hier sind es regelmäßig einwirkende magnetische Kräfte, die eine Art Rotor rhythmisch anziehen und so die Drehung bewirken.

VERSUCH 100

Metronom mit Lichtsignal

Musiker und Musikerinnen nutzen einen Taktgeber, ein Metronom, um beim Musizieren im Takt zu bleiben. Metronome sind Geräte, die über ein Tonsignal eine bestimmte Schlagzahl pro Minute vorgeben, zum Beispiel 60 Schläge pro Minute. Du kannst deinen Wechselstrom-Generator ebenfalls als Metronom nutzen und sogar mit Lichtsignal ausstatten.



SO GEHT'S

Stelle den Wechselstrom-Generator auf den niedrigsten Frequenzbereich und schalte ein.

Am Knopf kannst du die gewünschte Taktfrequenz einstellen. Du hörst sie als Knacken im Lautsprecher und siehst sie als Lichtblitz.

WAS PASSIERT ?

Der Lautsprecher macht wieder die elektrischen Signale des Wechselstrom-Generators hörbar, und das Lämpchen zeigt sie ebenfalls an.

Wechselstrom in Gleichstrom verwandeln

Möchtest du Wechselstrom in Gleichstrom zurückverwandeln? Das ist ganz einfach ...

SO GEHT'S

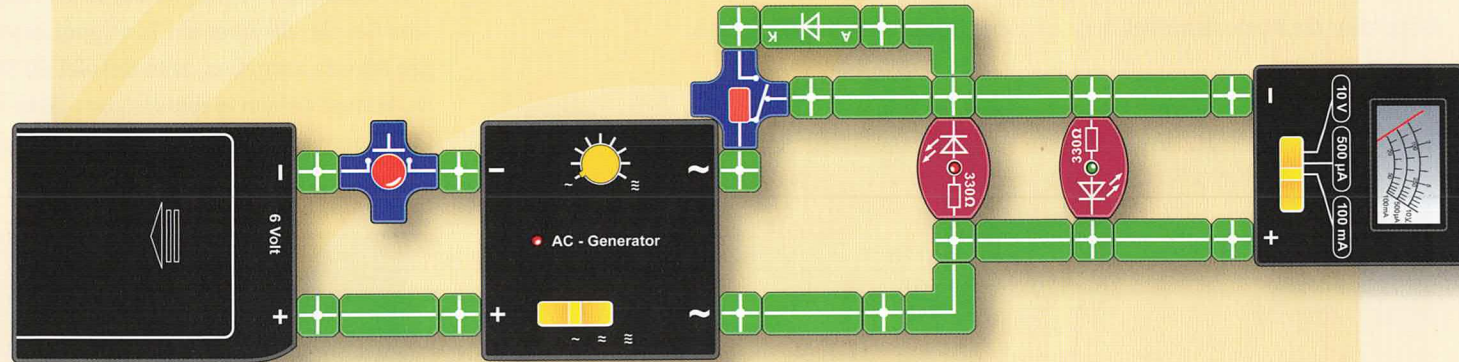
Stelle am Wechselstrom-Generator den Bereichsschalter nach links (eine Welle) und drehe den Knopf bis nahe dem rechten Anschlag.

Stelle den Schiebeschalter in die untere Stellung. Stelle das Messgerät auf 10 Volt.

Drücke kurze Zeit den Taster. Die LEDs werden mit Wechselstrom langsamer Frequenz versorgt und blinken daher abwechselnd. Der Zeiger des Messgeräts schlägt rhythmisch nach rechts aus oder versucht nach links auszuschnagen.

Stelle nun den Schiebeschalter nach oben. Nur noch eine LED blinkt, bei diesem Aufbau die rote. Der Zeiger wechselt zwischen Null und Ausschlag nach rechts.

Baue die Diode aus und setze sie anders herum wieder ein. Bei Tasterdruck blinkt jetzt nur die grüne LED, und der Zeiger versucht nach links auszuschnagen. Um das Messgerät nicht zu beschädigen, solltest du den Taster bei diesem Aufbau nur ganz kurz betätigen.



WAS PASSIERT?

Wechselstrom bedeutet, dass die Stromrichtung rhythmisch wechselt. Daher wird abwechselnd eine der LEDs mit Strom der richtigen Richtung versorgt und leuchtet.

Die Diode aber wirkt als elektrisches Ventil und lässt nur eine der beiden Stromrichtungen passieren. Der Strom fließt also stoßweise, aber immer in der gleichen Fließrichtung, daher blinkt nur eine der LEDs, und der Zeiger schlägt nur in eine Richtung aus.

Setzt du die Diode anders herum ein, wird entsprechend nur die andere LED versorgt.

Der Strom aus der Steckdose...

ist Wechselstrom und zwar von 50 Hertz. Elektronische Geräte aber brauchen Gleichstrom, daher gibt es sogenannte „Netzteile“ einzeln (wie z.B. bei Laptops) oder im Gerät eingebaut, die mit Hilfe von Dioden aus dem Netzwechselstrom Gleichstrom der gewünschten Spannung erzeugen.



Wechselstrom und Gleichstrom

Es ist hilfreich, sich die Spannung eines Stroms im zeitlichen Verlauf anzusehen. Bei **Gleichstrom** aus der Batterie ist das eine gerade Linie, deren Höhe der Spannung entspricht.

Bei **Wechselstrom** schwankt die Spannung rhythmisch zwischen einem positiven und einem negativen Maximalwert, er zeigt also positive (oberhalb der Nulllinie) und negative (unterhalb) Halbwellen. Man nennt so etwas übrigens eine „Sinuswelle“.

Wird Wechselstrom durch eine einzelne Diode geleitet, lässt sie immer nur einen Teil durch – je nach Polung zum Beispiel nur die **positiven Halbwellen**:

Andersherum gepolt, ließe sie nur die **negativen Halbwellen** durch.

Ein **Vierweg-Gleichrichter** aus vier entsprechend geschalteten Dioden lässt alle Halbwellen passieren und macht daraus positive. **Das sieht dann so aus.**

Dadurch kommt also viel mehr der elektrischen Energie durch. Im nächsten Kapitel findest du heraus, wie man diesen Strom noch weiter glätten kann.

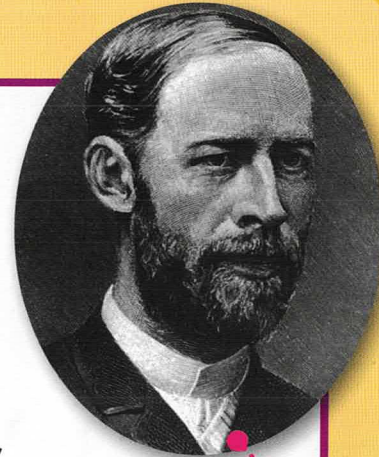
Frequenz

Wie rasch die Umpolung der Stromrichtung mit den Schaltern geschieht, hängt von deiner Fingerfertigkeit ab, aber sehr rasch wird es nicht sein. In der Praxis verwendet man Wechselströme, bei denen dies viel schneller abläuft. Das Maß dafür ist die Frequenz. Sie wird in **Hertz** (abgekürzt „Hz“) angegeben: 1 Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde. Beim Netzwechselstrom, den das Stromnetz in die Steckdosen liefert, vollführen die Elektronen in einer Sekunde 50 Hin- und Herbewegungen, dieser Strom hat also 50 Hertz.

Auch der Strom, der in Lautsprecher geleitet wird, ist Wechselstrom, und zwar mit der Frequenz des jeweils zu erzeugenden Tons. Für junge Ohren hörbar ist der Bereich zwischen 16 Hz und etwa 20 000 Hz (wobei mit zunehmendem Alter die obere Hörgrenze deutlich abfällt – das heißt, man kann Töne höherer Frequenzen nicht mehr gut hören).

Noch weit höhere Schwingungszahlen hat Wechselstrom, der in **Radiosendern** (Fernsehen, Handy, WLAN) erzeugt und zur Antenne geleitet wird. Hier geht es um Millionen (Megahertz) oder sogar Milliarden (Gigahertz) Schwingungen pro Sekunde.

Vielleicht hast du dich über das „t“ in Hertz gewundert. Die Einheit ist nach dem deutschen Physiker **Heinrich Hertz** (1857-1894) benannt, der 1886 die Radiowellen entdeckte und damit drahtlose Nachrichtenübertragung überhaupt möglich machte.





Die Tricks der Kondensatoren, Spulen und Schwingkreise

Manche Elektronik-Bauteile wie Kondensatoren und Spulen reagieren auf Wechselstrom völlig anders als auf Gleichstrom. Das ermöglicht interessante Experimente, zumal diese Bauteile in zahlreichen Arten von Elektronikgeräten wichtige Aufgaben erfüllen.

VERSUCH 102

Sprung durch die Isolierschicht

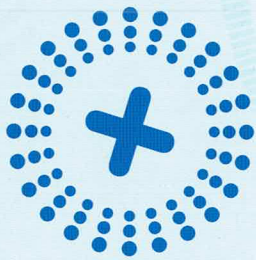
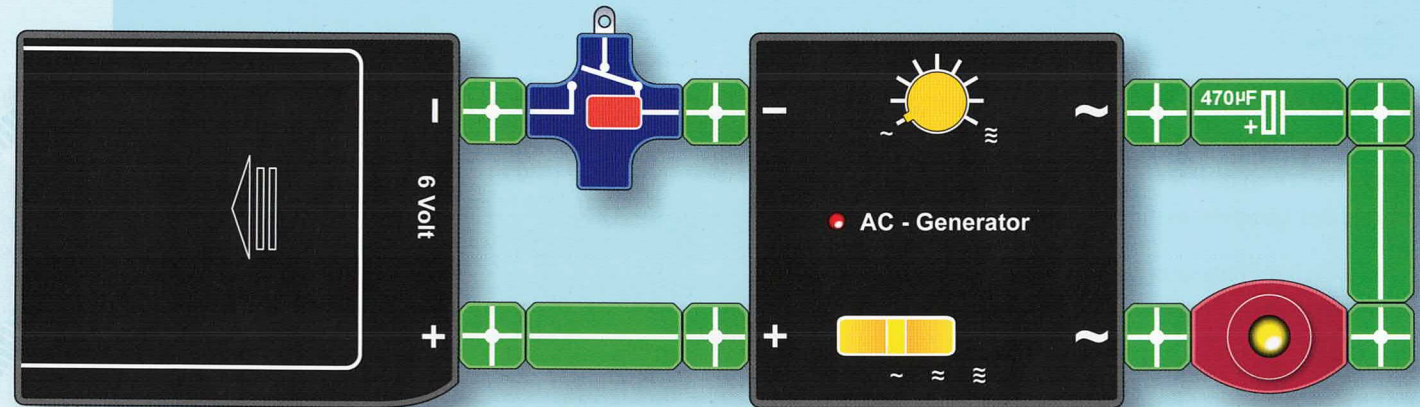
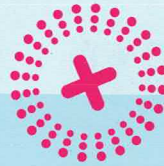
Für Gleichstrom ist ein Kondensator undurchlässig, er lädt sich nur auf. Und wie verhält er sich in einem Stromkreis, der mit Wechselstrom gespeist wird?

SO GEHT'S

Schalte ein und verändere nach dem Einschalten die Frequenz des Wechselstroms. Das Lämpchen leuchtet oder blinkt bei sehr langsamem Wechselstrom.

WAS PASSIERT?

Das Leuchten des Lämpchens zeigt, dass Wechselstrom – anders als Gleichstrom – sehr wohl durch Kondensatoren fließen kann.



Eine Frage der Kapazität

Dein Experimentierkasten enthält Kondensatoren mit unterschiedlichen Werten. Teste, wie sie sich unterscheiden.

SO GEHT'S

Stelle den Schiebeschalter des rechten Umschalters nach rechts und schalte am linken Umschalter ein. Es befindet sich nun nur der $1\ \mu\text{F}$ -Kondensator im Stromkreis des Lämpchens.

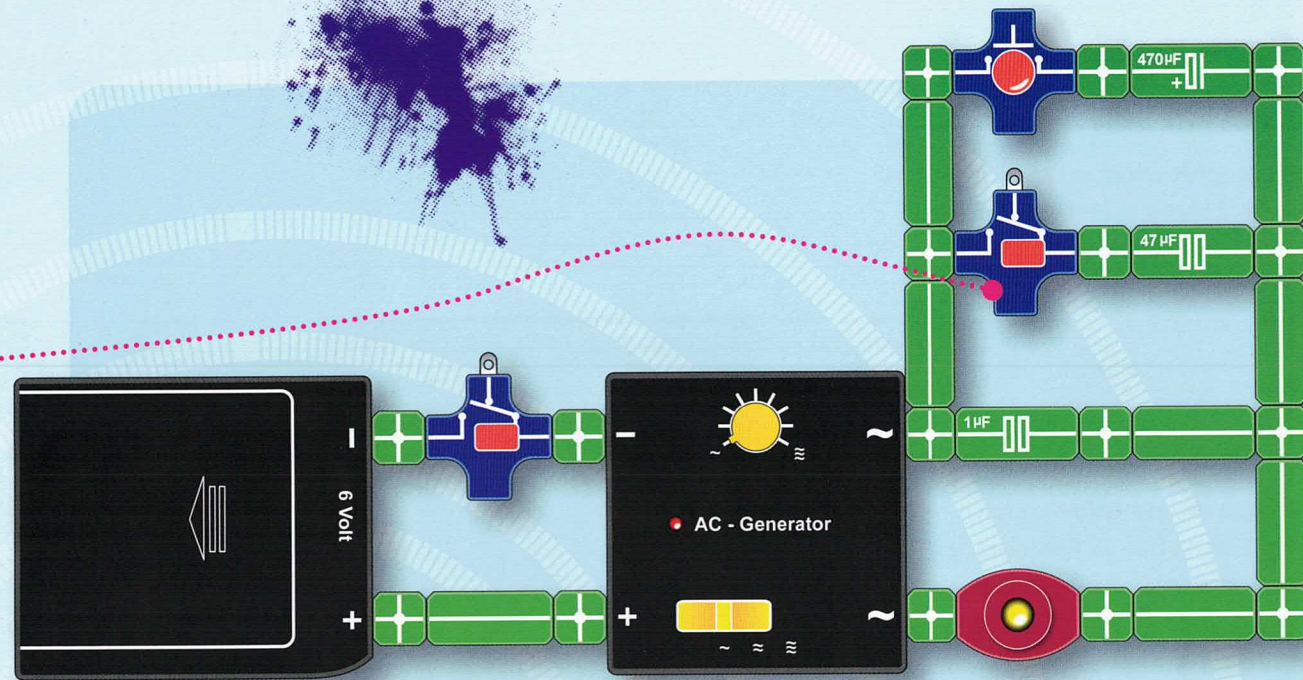
Teste, bei welcher Frequenzeinstellung das Lämpchen gerade noch glimmt.

Verändere die Frequenz des Wechselstrom-Generators so, dass das Lämpchen gerade nicht mehr glimmt, und schiebe den Schiebeschalter des rechten Umschalters nach links.

Jetzt liegt auch der $47\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator im Wechselstromkreis, und das Lämpchen leuchtet.

Stelle wieder die Frequenz ein, bei der es gerade eben nicht mehr glimmt.

Drücke zusätzlich den Taster, so dass der $470\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator eingeschaltet ist, und prüfe wieder das Verhalten des Lämpchens gegenüber Frequenzveränderung.



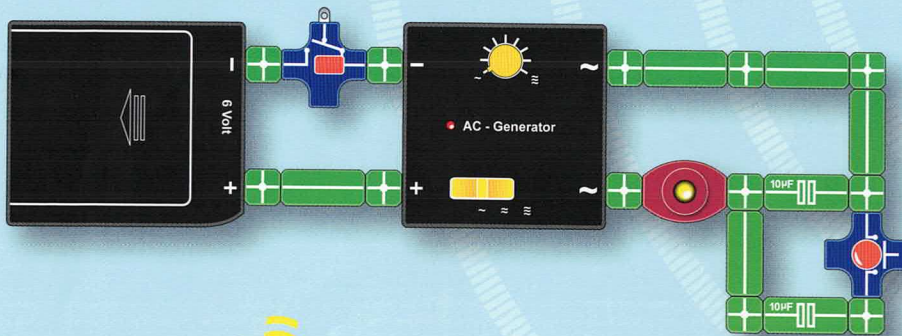
WAS PASSIERT ?

Die Durchlässigkeit eines Kondensators für Wechselstrom ist offenbar stark von dessen Frequenz abhängig. Je höher der Kapazitätswert des Kondensators, desto kleinere Wechselstrom-Frequenzen können ihn noch passieren. Bei $470\ \mu\text{F}$ kommen selbst niedrige Frequenzen noch durch, bei $1\ \mu\text{F}$ dagegen nur recht hohe.

VERSUCH 104

Parallele Platten

Zwei parallel geschaltete Widerstände lassen Strom besser durch als einer. Ob das auch für Kondensatoren gilt?



SO GEHT'S

Schalte ein und stelle eine Frequenz ein, bei der das Lämpchen gerade noch gut sichtbar glimmt.

Drücke dann den Taster. Das Lämpchen wird deutlich heller.

WAS PASSIERT?

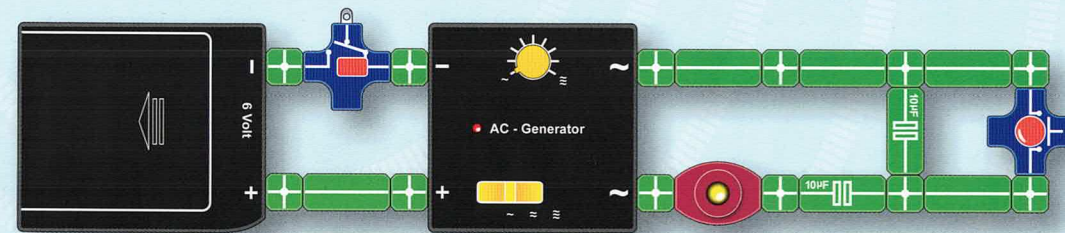
Der Tasterdruck schaltet den zweiten $10\ \mu\text{F}$ -Kondensator parallel zum ersten, und es fließt mehr Strom.

Die Gesamtkapazität verdoppelt sich, denn die einzelnen Kondensatoren addieren ihre Werte. Und bei höherer Kapazität fließt bei gleicher Frequenz mehr Strom.

VERSUCH 105

Kondensatoren im Gänsemarsch

Teste, wie sich in Reihe geschaltete Kondensatoren verhalten.



SO GEHT'S

Wähle nach dem Einschalten eine Frequenz, bei der das Lämpchen gerade noch leuchtet und drücke dann den Taster. Das Lämpchen leuchtet etwas stärker auf.

Stelle eine niedrigere Frequenz ein und drücke den Taster: Das Lämpchen glimmt nicht mehr auf.

WAS PASSIERT?

In Reihe liegende Kondensatoren addieren ihren Gesamt-Wechselstromwiderstand, ähnlich wie das normale Widerstände auch tun.

Die Gesamtkapazität wird kleiner.

Geglätteter Gleichstrom

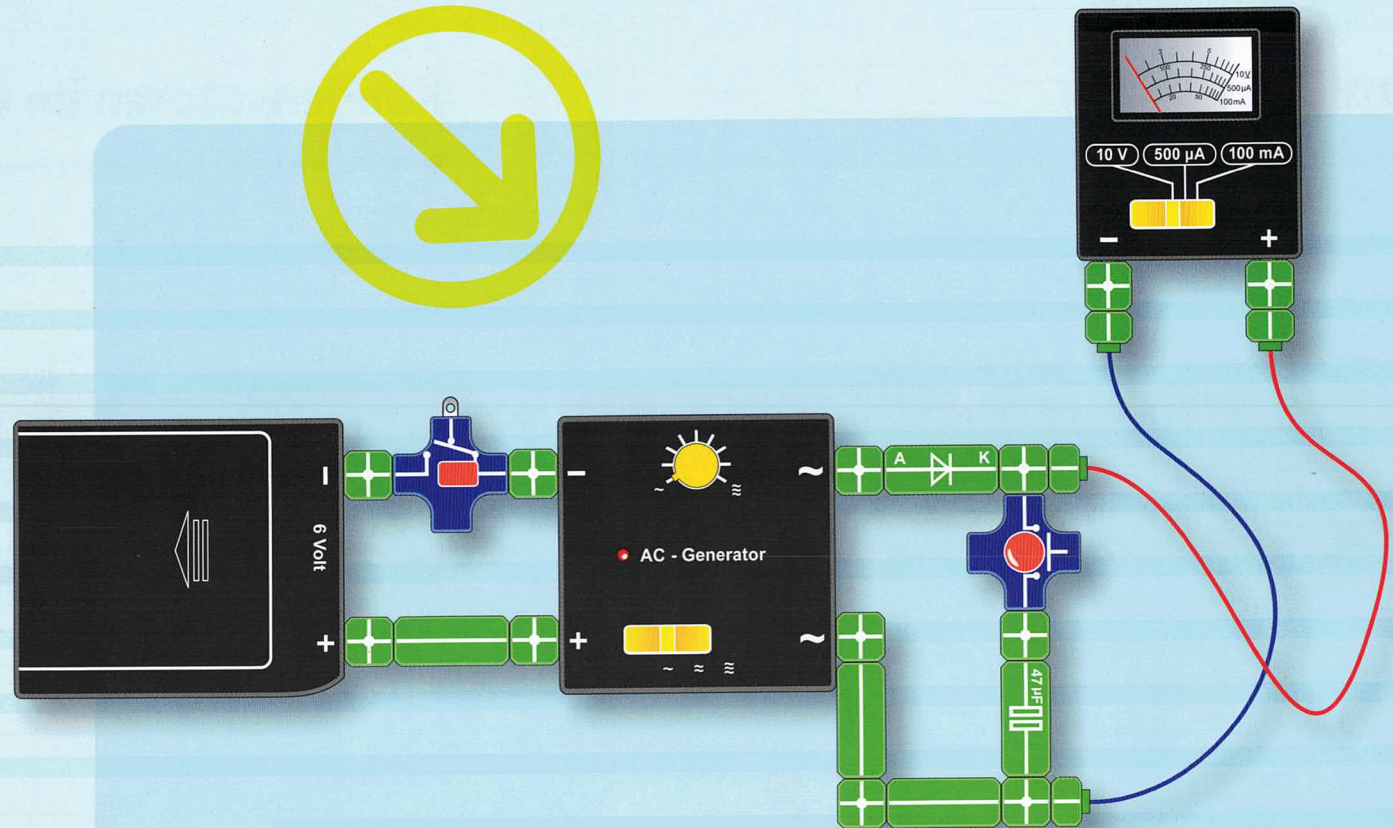
Die Fähigkeit eines Kondensators, Strom zu speichern und abzugeben, macht ihn geeignet zum Glätten von Stromschwankungen.

SO GEHT'S

Schalte das Messgerät auf 10 Volt und stelle den Wechselstrom-Generator auf die zwei Wellen bei niedrigster Frequenz am Radknopf.

Drehe nach dem Einschalten die Frequenz langsam höher. Der Zeiger pendelt hin und her und stellt sich dann zitternd auf einen niedrigen Wert ein.

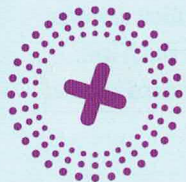
Drücke den Taster. Der Zeiger steht ruhig auf einem deutlich höheren Wert.



WAS PASSIERT?

Die Diode lässt nur jede zweite Halbwelle des Wechselstroms durch, sie macht aus ihm einen zerhackten Gleichstrom, dessen Spannung rhythmisch zwischen Null und einem höchsten Wert schwankt. Der Zeiger kann bei höherer Frequenz diese raschen Schwankungen nicht mitmachen.

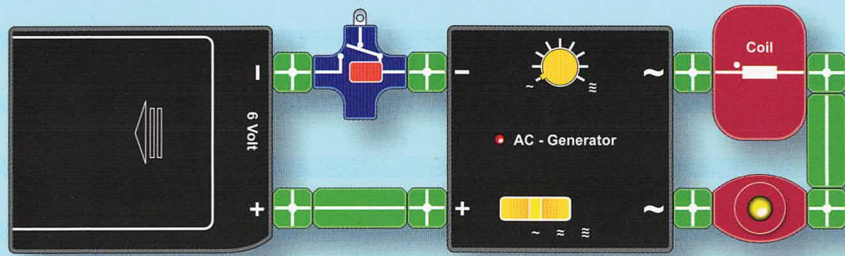
Durch Tasterdruck schaltest du den Kondensator parallel. Er nimmt bei hoher Spannung Strom auf und arbeitet bei niedriger Spannung seinerseits als Stromquelle – er glättet also die Schwankungen.



VERSUCH 107

Schwerer Weg durch die Spulenwindungen

Ein langer aufgewickelter Draht wie deine Spule sollte für Wechselstrom kein allzu großes Hindernis sein – oder? Probiere es aus!



SO GEHT'S

Schalte den Wechselstrom-Generator zunächst auf niedrigste Frequenz. Nach dem Einschalten leuchtet das Lämpchen.

Wähle nun immer höhere Frequenzen. Im Bereich hoher Frequenzen wird das Lämpchen beim Drehen des Knopfs dunkler, bis es nur noch glimmt.

WAS PASSIERT?

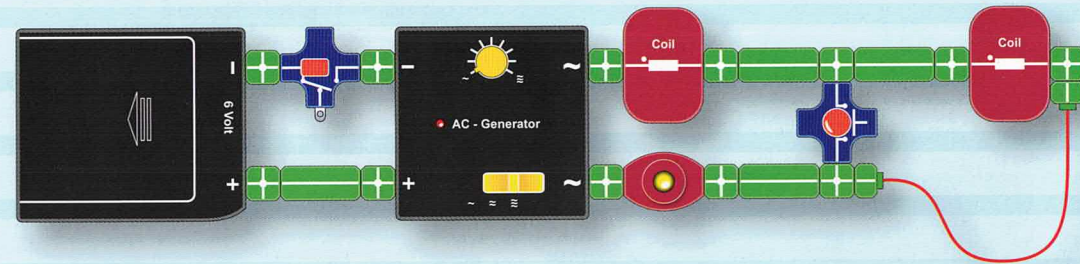
Die Spule stellt für den Gleichstrom nur geringes, für Wechselstrom jedoch ein größeres Hindernis dar. Der Wechselstromwiderstand der Spule erhöht sich zeitgleich mit steigender Frequenz.



VERSUCH 108

Zwei Spulen in Reihe

Die Reihenschaltungen von zwei Widerständen bzw. zwei Kondensatoren hast du schon untersucht. Untersuche nun, wie sich zwei Spulen in Reihe verhalten.



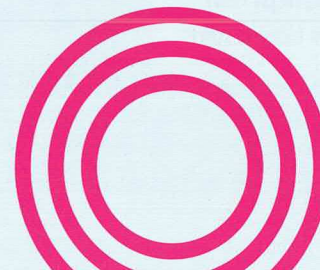
SO GEHT'S

Stelle die Frequenz am Generator so ein, dass das Lämpchen gerade glimmt.

Drücke den Taster, und es wird deutlich heller.

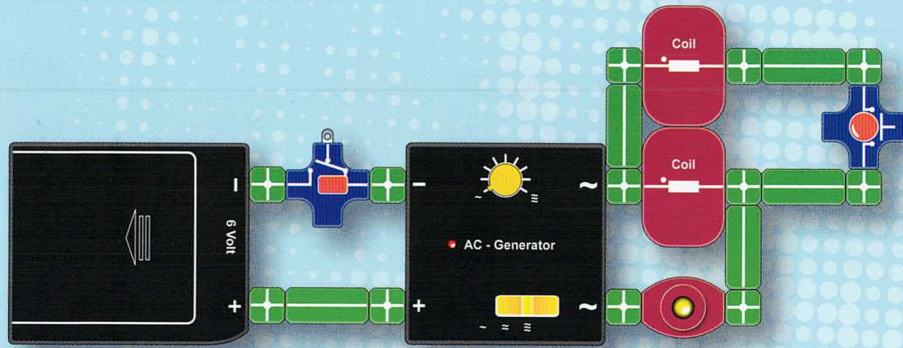
WAS PASSIERT?

Der Tasterdruck überbrückt die zweite Spule. Die Spulen addieren ihre Wechselstromwiderstände, denn mit nur einer Spule brennt das Lämpchen deutlich heller; es fließt also mehr Strom.



Zwei parallele Spulen

Eine Spule, die parallel zu einer zweiten geschaltet ist, sollte dem Strom einen zweiten Weg eröffnen, die Stromstärke also erhöhen. Prüfe nach, ob das stimmt!



SO GEHT'S

Schalte den Aufbau ein und wähle wieder eine Frequenz, bei der das Lämpchen gut sichtbar glimmt.

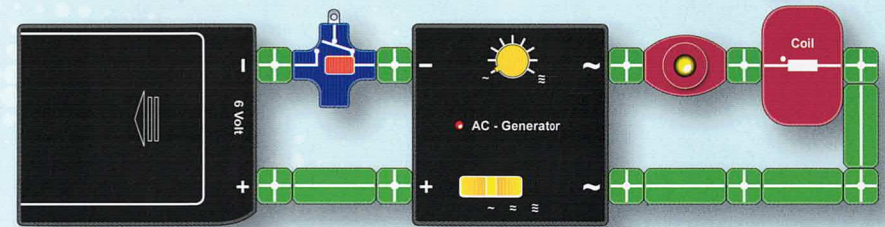
Drücke den Taster – das Lämpchen wird deutlich heller.

WAS PASSIERT?

Der Tasterdruck schaltet die zweite Spule parallel zur ersten. Tatsächlich fließt nun mehr Strom durchs Lämpchen.

Höherer Widerstand durch Eisen

Ist es dem durch die Spule fließenden Strom egal, ob in der Spule ein Eisenkern steckt? Dieser ist ja nicht elektrisch mit ihr verbunden. Teste es aus!



SO GEHT'S

Schalte ein und stelle den Wechselstrom-Generator auf eine Frequenz ein, bei der das Lämpchen schon etwas an Leuchtkraft verliert.

Schiebe den Eisenkern in die Spule. Das Lämpchen wird deutlich dunkler; es erlischt meist sogar.

Teste auch einen der Eisenstifte: Es tritt der gleiche Effekt auf – nur etwas schwächer.

WAS PASSIERT?

Der Eisenkern erhöht den Wechselstrom-Widerstand der Spule erheblich.

Das ist kein Wunder: Er verstärkt ja ganz bedeutend die elektromagnetischen Eigenschaften der Spule, ihre sogenannte Induktivität.

VERSUCH 111

Selbstinduktion

Wenn eine Spule mithilfe der Energie des elektrischen Stroms ein Magnetfeld aufbaut und man dann plötzlich den Strom abschaltet – was geschieht dann mit der Energie, die im Magnetfeld steckt?

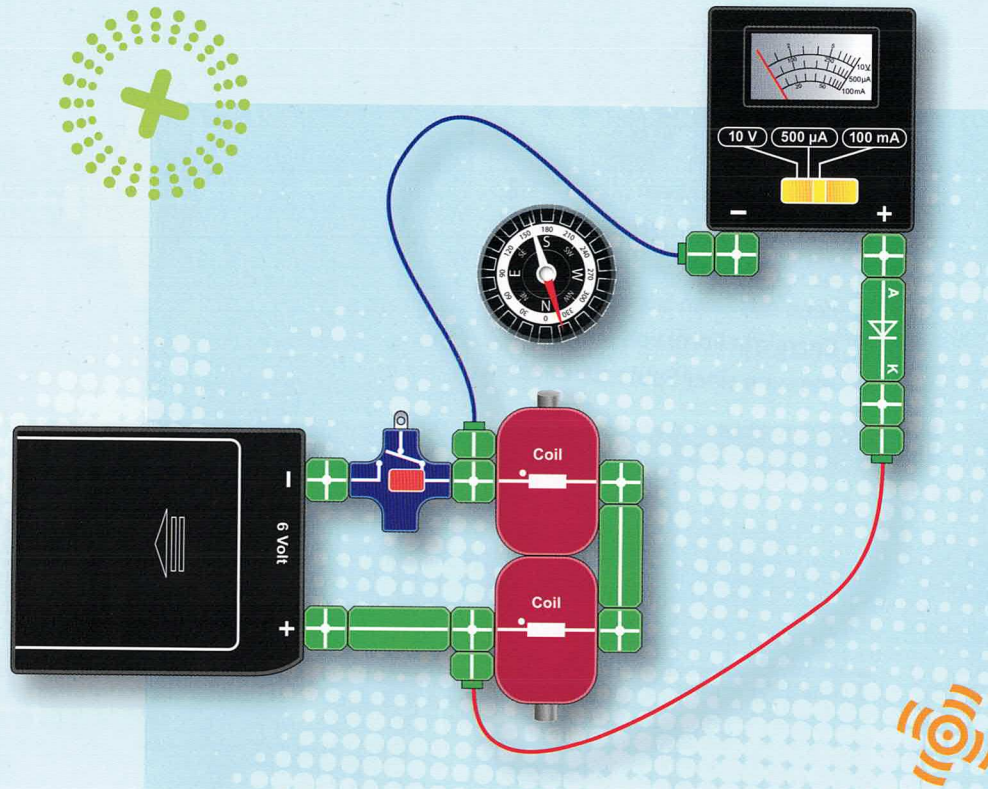
SO GEHT'S

Baue die Spulen richtig herum ein und schiebe den Eisenkern hindurch.

Stelle das Messgerät auf 100 mA und schiebe kurz den Schiebeschalter des Umschalters nach rechts. Wenn der Zeiger kaum ausschlägt, ist das Messgerät richtig angeschlossen. Die Kompassnadel dreht sich mit einem Ende zum Eisenkern.

Stelle das Messgerät jetzt auf 500 μ A und schalte den Umschalter aus: Der Zeiger zuckt kurz nach rechts.

Entferne den Eisenkern heraus und wiederhole den Versuch – jetzt zuckt der Zeiger kaum, aber immer noch erkennbar.



WAS PASSIERT ?

Die beiden in Reihe geschalteten Spulen **addieren ihre Induktivitäten**. Sie bauen dank des Eisenkerns bei Stromfluss ein kräftiges Magnetfeld auf, welches der Kompass anzeigt.

Nach dem Abschalten des Stroms bricht dieses Magnetfeld zusammen und erzeugt dabei im Spulendraht einen elektrischen Strom – einen Induktionsstrom. Er fließt **in Gegenrichtung zum vorherigen Stromfluss**. Man nennt diesen Effekt **Selbstinduktion**.

Die Diode sperrt den normalen Stromfluss durchs Messgerät, lässt aber den Induktionsstrom durch, sodass ihn das Messgerät anzeigt.

WARUM SPULEN WECHSELSTROM SCHLECHT DURCHLASSEN

Die **stromdurchflossene Spule** baut mit einem Teil der Energie des Stroms ein Magnetfeld auf. Je mehr Windungen die Spule hat, desto mehr Energie verbraucht dieses Magnetfeld, und ein Eisenkern erhöht sie nochmals kräftig.

Hört nun der Stromfluss auf, bricht das Magnetfeld zusammen und erzeugt dabei im Draht eine Spannung, die der ursprünglichen Spannung entgegen gerichtet ist. Du hast diese Gegenspannung gemessen.

Fließt nun Wechselstrom durch den Spulendraht, baut sich im Rhythmus der Wechselstrom-Frequenz ständig das Magnetfeld auf und bricht wieder zusammen. Jedes Mal entsteht dabei die Gegenspannung. Mit steigender Wechselstrom-Frequenz hemmt sie den normalen Stromfluss immer stärker. Äußerlich erscheint dies als zunehmender Widerstand der Spule.



Singende Spule

Das Magnetfeld einer Spule wirkt auf einen anderen Magnet. Kann man daher das wechselnde Magnetfeld einer Spule mit einer anderen Spule auffangen?

SO GEHT'S

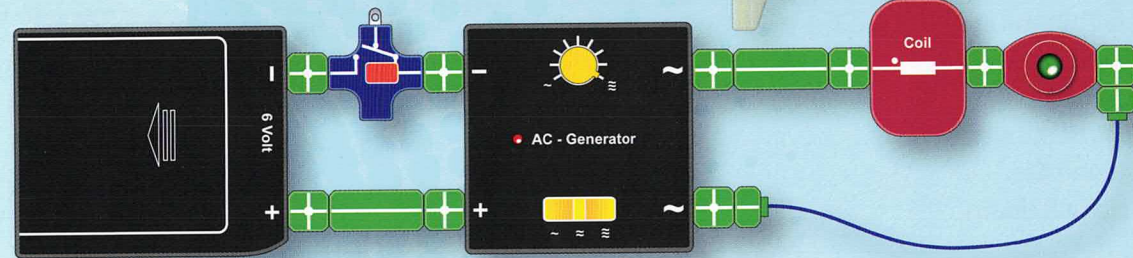
Lege die Spule mit dem Lautsprecher 15 cm vom restlichen Aufbau entfernt.

Wähle am Wechselstrom-Generator eine Frequenz im mittleren oder hohen Bereich und schalte ein. Das Lämpchen leuchtet auf.

Führe die entfernt liegende Spule möglichst nahe an die andere heran. Nun hörst du im Lautsprecher leise den Ton des verwendeten Wechselstroms.

Ausprobieren!

Lege den Eisenkern gleichzeitig in beide Spulen: Der Ton im Lautsprecher wird deutlich lauter, denn das Eisen transportiert Energie in Form von Magnetismus von einer Spule zur anderen.



WAS PASSIERT ?

Der Wechselstrom erzeugt in der ersten Spule ein Magnetfeld, dessen Stärke mit seiner Frequenz rhythmisch schwankt. Dieses wechselnde Magnetfeld erzeugt nun seinerseits in der zweiten Spule einen schwachen Wechselstrom, den der Lautsprecher hörbar macht.

VERSUCH 113

Hochpass

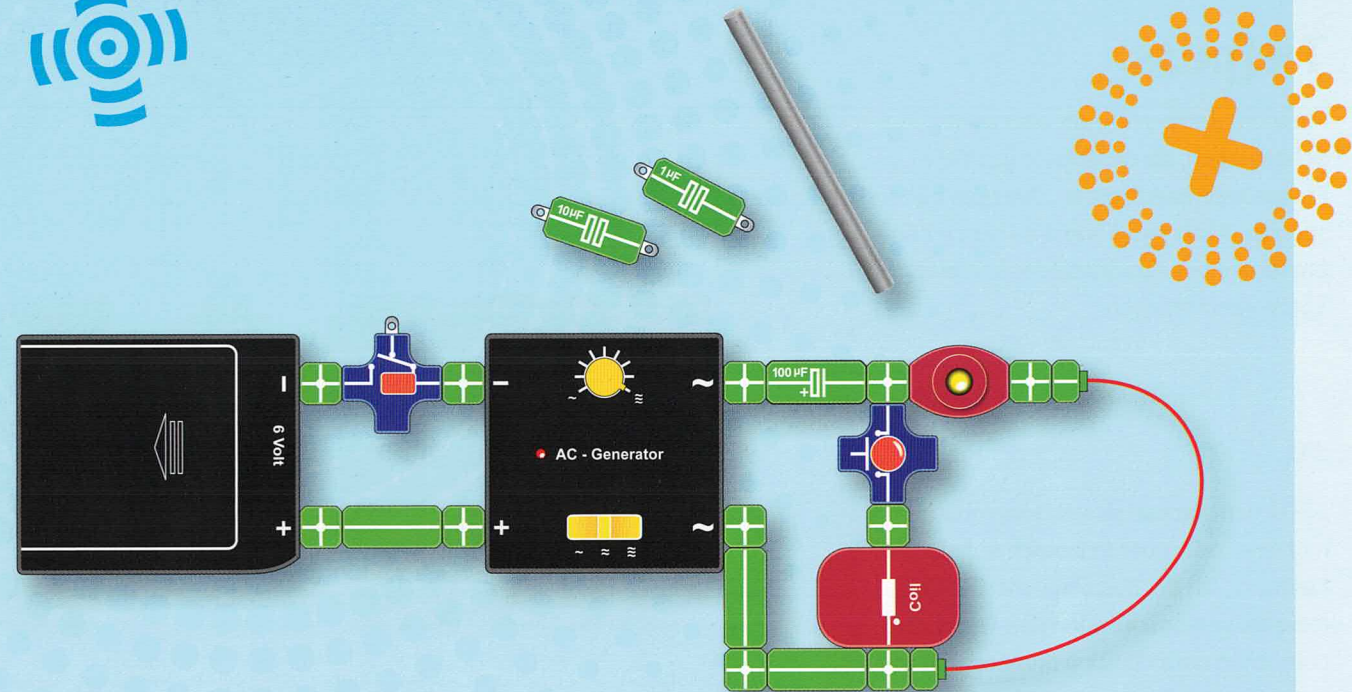
Manchmal braucht man Schaltungen, die besonders gut hohe Frequenzen durch-lassen, tiefere aber sperren. Durch Kombination eines Kondensators und einer Spule kannst du das verwirklichen.

SO GEHT'S

Stelle den Wechselstrom-Generator im mittleren Bereich auf eine Frequenz, bei der das Lämpchen noch sichtbar blinkt und drücke dann den Taster. Das Lämpchen wird deutlich dunkler oder erlischt. Stellst du eine höhere Frequenz ein, leuchtet es wieder heller.

Merke dir die Frequenzeinstellung und setze statt des 100- μF -Kondensators den 10- μF - oder den 1- μF -Kondensator ein. Jetzt leuchtet das Lämpchen erst bei deutlich höheren Frequenzen.

Wähle bei gedrücktem Taster eine Frequenz, bei der das Lämpchen noch glimmt und schiebe dann den Eisenkern in die Spule. Das Licht wird heller.



WAS PASSIERT?

Der Kondensator stellt einen Widerstand für den Wechselstrom dar – je kleiner sein Wert, desto größer bei einer bestimmten Frequenz. Daher lassen größere Kondensatoren auch bei niedrigeren Frequenzen noch genügend Strom für das Lämpchen durch. Die Spule aber ist für niederfrequenten Wechselstrom ein Kurzschluss und nimmt daher dem Lämpchen Strom weg.

Mit steigender Frequenz aber wächst ihr Wechselstromwiderstand. Sie lässt also immer weniger Strom passieren, so dass mehr für das Lämpchen übrig bleibt. Der Eisenkern erhöht zusätzlich den Spulenwiderstand für höhere Frequenzen, daher lässt die Spule dann noch weniger Strom durch, und das Lämpchen brennt heller.



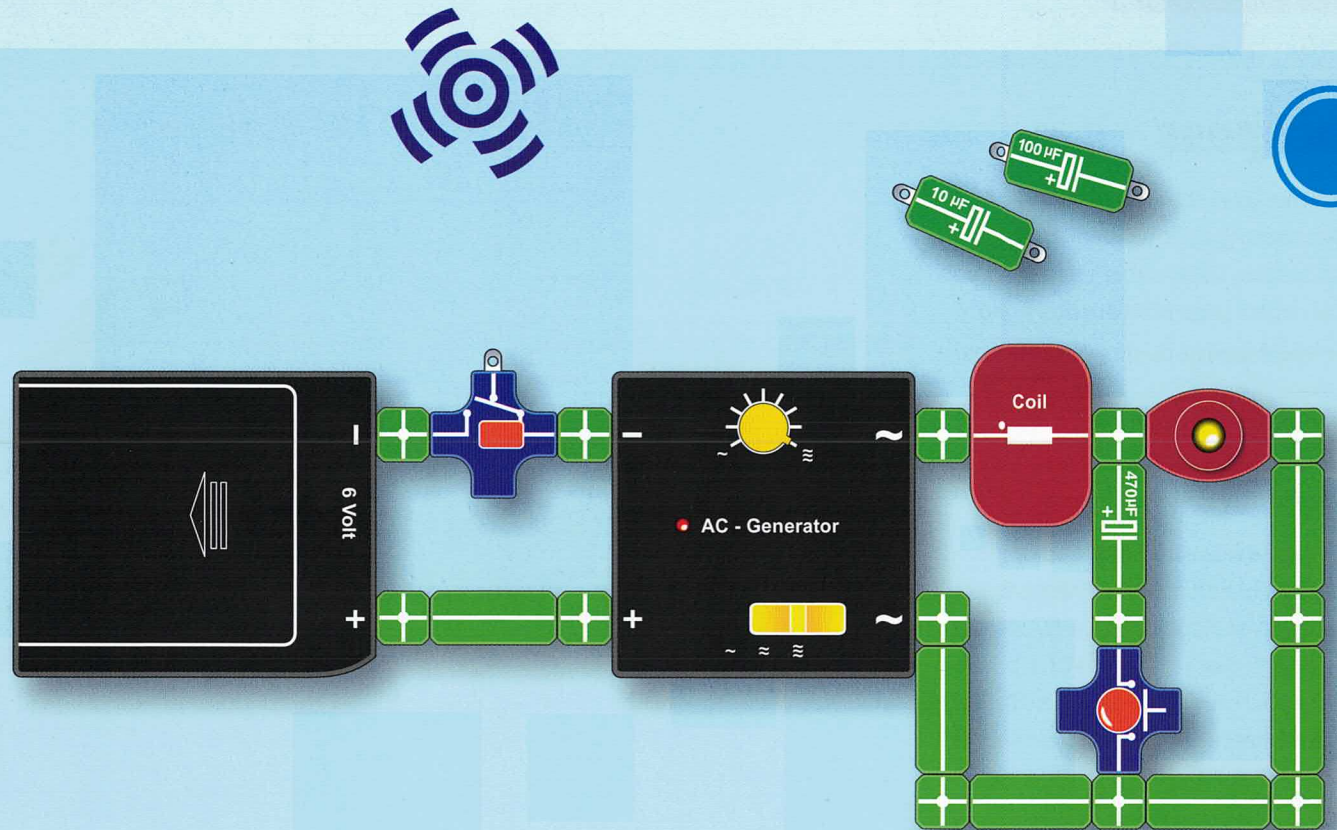
Tiefpass

Manchmal braucht man aber auch Schaltungen, die besonders gut tiefe Frequenzen durchlassen, dagegen höhere sperren. Auch dies kannst du durch Kombination eines Kondensators und einer Spule verwirklichen.

SO GEHT'S

Stelle den Wechselstrom-Generator im mittleren oder oberen Bereich auf eine Frequenz, bei der das Lämpchen noch leuchtet und drücke dann den Taster. Das Lämpchen wird deutlich dunkler oder erlischt. Stellst du nun eine tiefere Frequenz ein, leuchtet es wieder heller.

Merke dir die Frequenzeinstellung und setze statt des 470- μF -Kondensators den 100- μF - oder den 10- μF -Kondensator ein. Jetzt musst du eine deutlich höhere Frequenz einstellen, um das Lämpchen durch Tasterdruck zu verdunkeln.



WAS PASSIERT ?

Die Spule hat einen mit steigender Frequenz zunehmenden Wechselstrom-Widerstand, daher wird das Lämpchen im höchsten Frequenzbereich dunkler.

Vor allem aber lassen die Kondensatoren Wechselstrom gut durch, besonders der 470- μF -Kondensator. Er stellt daher für höherfrequenten Wechselstrom praktisch einen Kurzschluss dar, so dass das Lämpchen bei Tasterdruck kaum noch Strom bekommt.

Die kleineren Kondensatorwerte dagegen wirken sich erst bei höheren Wechselstromfrequenzen als Kurzschluss aus.

VERSUCH 115

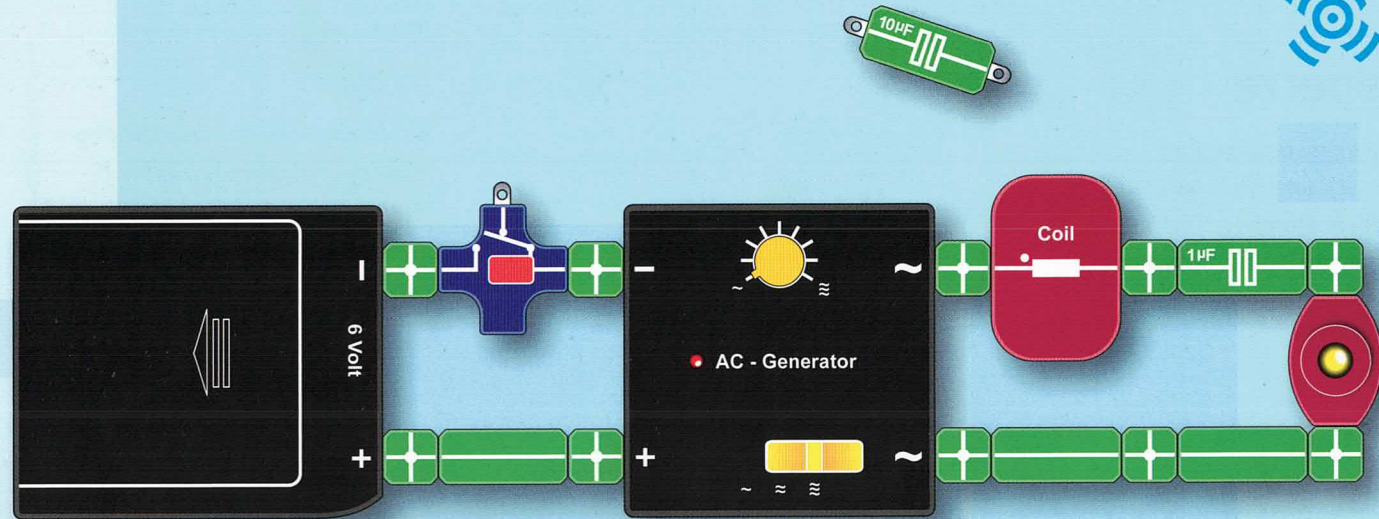
Bandpass

Oft möchte man Wechselstrom mit einem bestimmten Frequenzbereich passieren lassen, tiefere sowie höhere Frequenzen jedoch nicht. Das leistet diese Schaltung.

SO GEHT'S

Schalte den Wechselstrom-Generator auf den oberen Frequenzbereich, drehe langsam (!) am Knopf und beobachte dabei das Lämpchen. An einer bestimmten Stelle leuchtet es plötzlich deutlich heller und beim Weiterdrehen wieder dunkler.

Merke dir die Frequenzeinstellung und wechsele den $1\ \mu\text{F}$ -Kondensator gegen einen $10\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator aus. Suche wieder die Stelle, bei der das Lämpchen am hellsten leuchtet. Sie liegt nun bei einer niedrigeren Frequenz.



WAS PASSIERT?

Mit steigender Frequenz nimmt der Wechselstrom-Widerstand der Spule zu und derjenige des Kondensators ab.

Bei einer bestimmten Frequenz hat der Gesamtwiderstand ein Minimum: Darüber vermindert die Spule, darunter der Kondensator die Stromstärke.

Diese Minimum-Frequenz ist natürlich abhängig von den Werten beider Bauteile.

Ausprobieren!

Schiebe den Eisenkern oder einen der Eisenstifte in die Spule und vergleiche wieder die jeweiligen Frequenzen, bei denen das Lämpchen am hellsten leuchtet. Jetzt liegen sie deutlich niedriger, weil das Eisen die Induktivität der Spule erhöht. Mit $1\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator funktioniert das allerdings nicht, weil die Wechselstrom-Widerstände von Spule plus Kondensator dann nicht genug Strom fürs Lämpchen durchlassen.

Bandsperrre

Möchtest du einen bestimmten Frequenzbereich unterdrücken, zum Beispiel ein störendes Pfeifen, machst du das am besten mit einer sogenannten Bandsperrre.

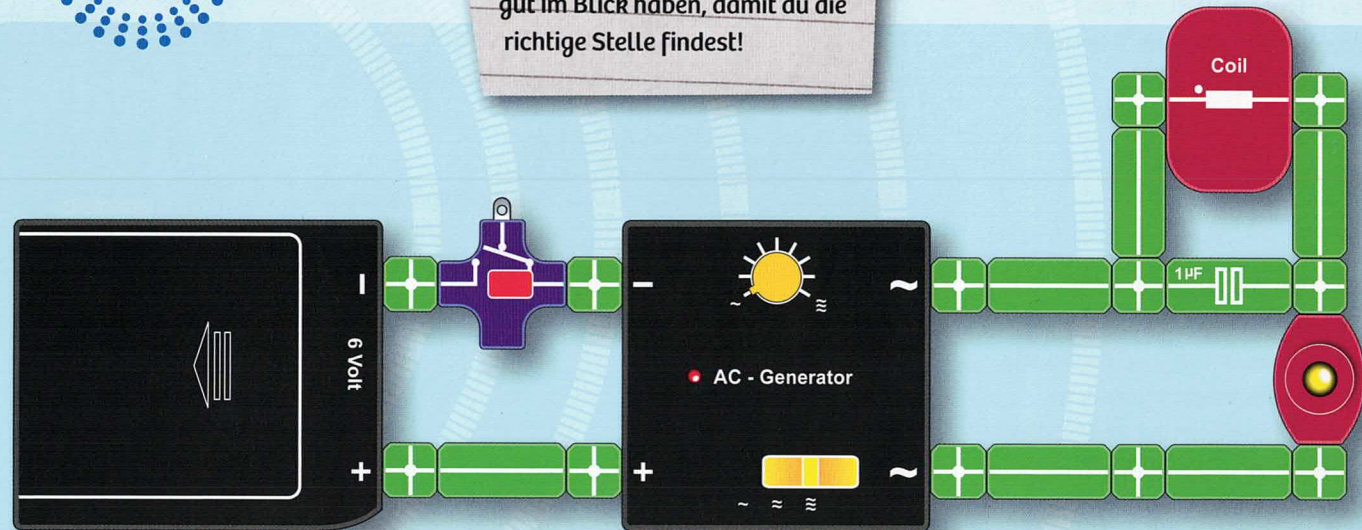
SO GEHT'S

Schalte den Wechselstrom-Generator auf den oberen Frequenzbereich, drehe langsam (!) am Regler und beobachte dabei aufmerksam das Lämpchen. An einer bestimmten Stelle leuchtet es plötzlich deutlich dunkler und beim Weiterdrehen wieder heller.

Merke dir wieder die Frequenzeinstellung und wechsele den $1\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator gegen einen von $10\ \mu\text{F}$ aus. Suche erneut die Stelle, bei der das Lämpchen am wenigsten leuchtet. Sie liegt nun bei einer niedrigeren Frequenz.

TIPP!

Bei diesem Versuch **musst du langsam und mit sehr viel Gefühl (!) drehen** und dabei das Lämpchen gut im Blick haben, damit du die richtige Stelle findest!



WAS PASSIERT?

Anders als beim Bandpass sind hier Spule und Kondensator als Kurzschluss geschaltet. Mit zunehmender Frequenz nimmt der Widerstand der Spule zu, der des Kondensators dagegen ab.

Bei einer bestimmten Frequenz haben beide ihr Minimum erreicht und schließen daher den größten Teil des zum Lämpchen fließenden Stroms kurz, so dass es dunkler leuchtet.

VERSUCH 117

Schwingen wie bei der Schaukel

Schalte Spule und Kondensator in einen Wechselstromkreis. Es können erstaunliche Erscheinungen auftreten.

SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf 500 μA . Schiebe die zweite Spule auf den Eisenkern der ersten, aber lass dabei etwa 1 cm Abstand zwischen den Spulen.

Schalte den Wechselstrom-Generator auf hohe Frequenz.

Suche die Frequenz, bei der das Lämpchen am dunkelsten ist und beobachte dabei den Zeiger des Messgeräts. Wenn das Lämpchen am dunkelsten ist, ist der Zeigerausschlag am größten.

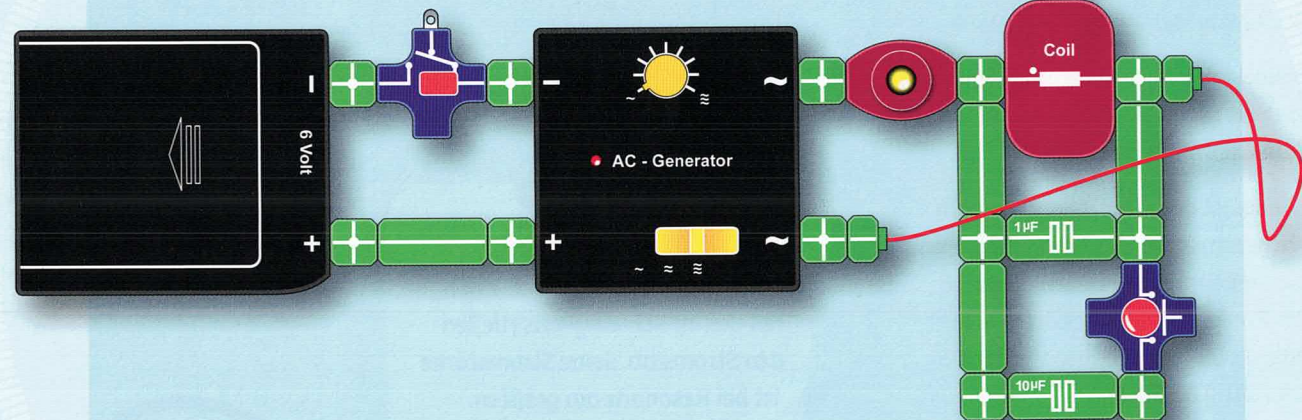
Drücke den Taster und suche wieder die Frequenz, bei der das Lämpchen am dunkelsten ist. Sie liegt bei einer tieferen Frequenz, aber wieder hat der Zeiger an dieser Stelle seinen größten Ausschlag.

WAS PASSIERT?

Der Versuch zeigt, dass bei minimaler Helligkeit des Lämpchens das Magnetfeld der Spule am stärksten ist. Also muss auch der Spulenstrom dann seinen höchsten Wert erreichen.

Der Grund ist, dass diese Kombination aus Spule und Kondensator dann in Resonanz gerät: In ihr schwingt ein starker Strom zwischen Kondensator und Spule hin und her, und der Wechselstrom-Generator braucht nur noch die Verluste auszugleichen – daher ist der Strom durchs Lämpchen nun besonders klein. Man nennt solch eine Schaltung daher **Schwingkreis**.

Im zweiten Teil des Versuchs schaltest du statt 1 μF sogar 10 μF parallel zur Spule. Du siehst den gleichen Effekt, nur bei niedrigerer Schwingungsfrequenz. Die Resonanzfrequenz des Schwingkreises hängt bei gleichen Spuleneigenschaften vom Kondensatorwert ab.



Scharfe Resonanz

Du kannst natürlich das Messgerät mitsamt Diode auch direkt anschließen. Allerdings musst du dann einen 5,6-k Ω -Widerstand in Reihe schalten, sonst ist die Stromstärke zu hoch.



SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf 500 μ A.

Schalte den Wechselstrom-Generator ein und suche im oberen Bereich nach dem Resonanzpunkt.

Wieder ist der Zeigerausschlag am höchsten, wenn das Lämpchen am wenigsten leuchtet. Allerdings ist der Punkt auch viel schärfer – du musst also den Frequenzregler feinfühlig bedienen.

WAS PASSIERT ?

Das Messgerät zeigt einen Teil des im Schwingkreis fließenden Stroms ab. Seine Stromstärke ist bei Resonanz am größten.

Resonanz in Reihe

Außer dem Parallel-Schwingkreis gibt es auch einen Reihenschwingkreis.



SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf 10 V.

Schalte den Wechselstrom-Generator ein und suche im oberen Bereich die Frequenz, bei der das Lämpchen am hellsten brennt. Der Zeiger geht auf etwa 0,5 Volt zurück.

WAS PASSIERT ?

Am Resonanzpunkt eines Reihenschwingkreises ist dessen Widerstand am kleinsten, deshalb brennt das Lämpchen am hellsten.

Denn hier heben sich dank der Resonanz die Wechselstrom-Widerstände von Spule und Kondensator auf, nur der rein ohmsche Widerstandsteil bleibt übrig – also etwa der Gleichstromwiderstand der Spule, der bei 12 bis 14 Ohm liegt.

Das bedeutet aber auch, dass die an der Spule-Kondensator-Kombination abfallende Spannung am geringsten ist. Deshalb hat der Zeiger des Messgeräts hier den geringsten Ausschlag.

VERSUCH 120

Spulen im Doppelpack

Teste aus, ob es möglich ist, einen Schwingkreis mit zwei Spulen zu bauen.

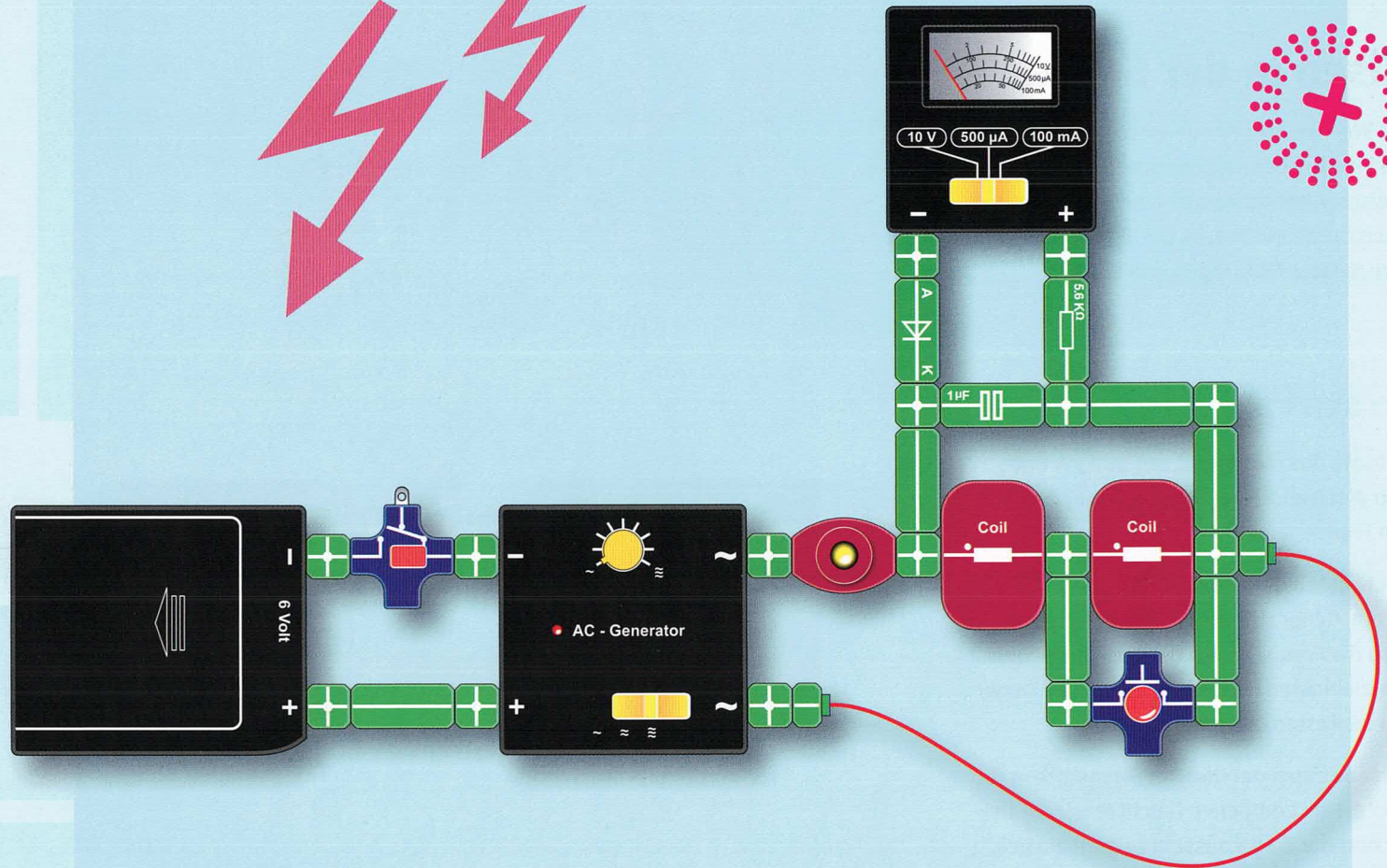
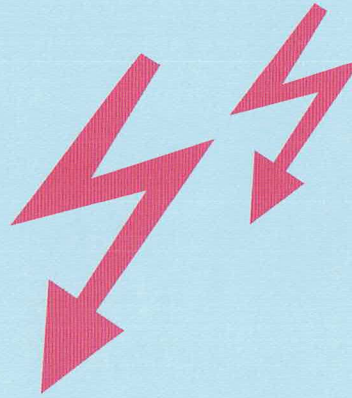
SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf 500 μ A.

Schalte den Wechselstrom-Generator ein und suche wieder im obersten Bereich die Frequenz, bei der das Lämpchen am dunkelsten und der Zeigerausschlag am größten ist.

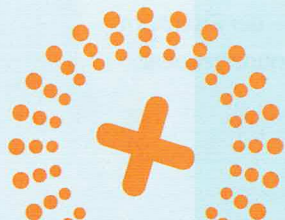
Drücke den Taster und halte ihn gedrückt. Das Lämpchen wird heller, der Zeiger geht zurück.

Erhöhe am Wechselstrom-Generator die Frequenz um einen kleinen Betrag. Erst jetzt erreichst du wieder den Resonanzbereich.



WAS PASSIERT?

Die in Reihe geschalteten Spulen haben etwa die doppelte Induktivität einer einzelnen. Durch Druck auf den Taster schaltest du eine Spule kurz, daher sinkt die Induktivität, und die Resonanzfrequenz des Schwingkreises erhöht sich.



Eisen in der Spule

Ein Wechsel des Kondensatorwerts verändert die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises. Aber du kannst einen Schwingkreis auch durch Verändern der Spule beeinflussen: mittels Einbringen von Eisen.

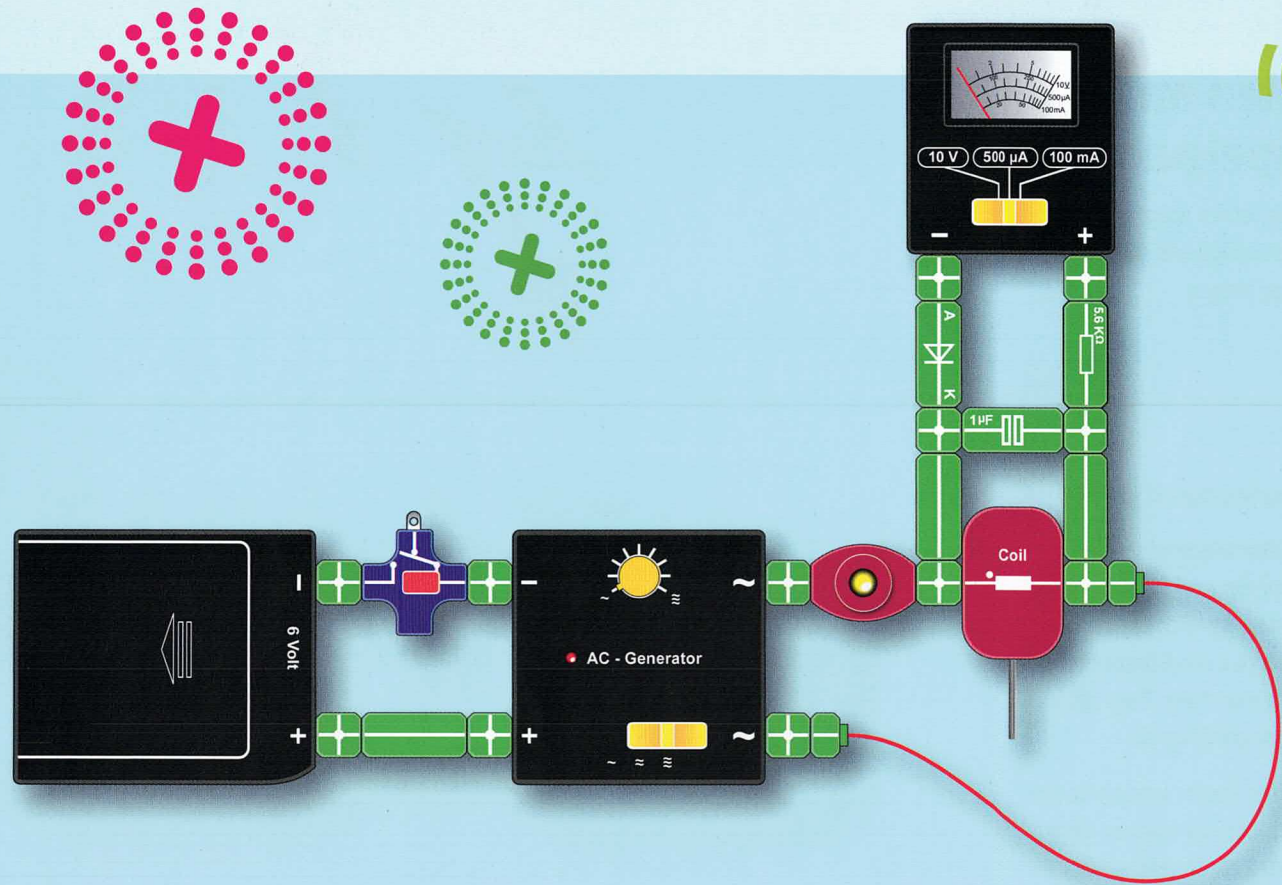
SO GEHT'S

Schalte das Messgerät auf 500 μA und den Wechselstrom-Generator auf den oberen Frequenzbereich.

Suche nach dem Einschalten am Wechselstrom-Generator die Resonanzfrequenz, also die Frequenz, bei der das Lämpchen am wenigsten hell glimmt bzw. der Zeiger am weitesten ausschlägt.

Schiebe einen der dünnen Eisenstifte in die Spule. Das Lämpchen leuchtet wieder heller und der Zeigerausschlag geht zurück. Suche wieder die Frequenz mit dem höchsten Zeigerausschlag. Sie liegt niedriger.

Teste verschiedene Eisenteile in der Spule. Jedes Mal ist die Resonanzfrequenz anders.



WAS PASSIERT ?

Das Eisen verändert stark die Induktivität der Spule – der Eisenkern etwa verzehnfacht sie. Entsprechend sinkt die Resonanzfrequenz.

VERSUCH 122

Meine Güte!

Du kannst einen Schwingkreis mit einer bestimmten Resonanzfrequenz aus Spulen und Kondensatoren unterschiedlicher Werte bauen – etwa einen kleinen Kondensator mit einer großen Spule kombinieren oder umgekehrt. Dennoch haben die jeweils entstehenden Schwingkreise ein unterschiedliches Verhalten.

SO GEHT'S

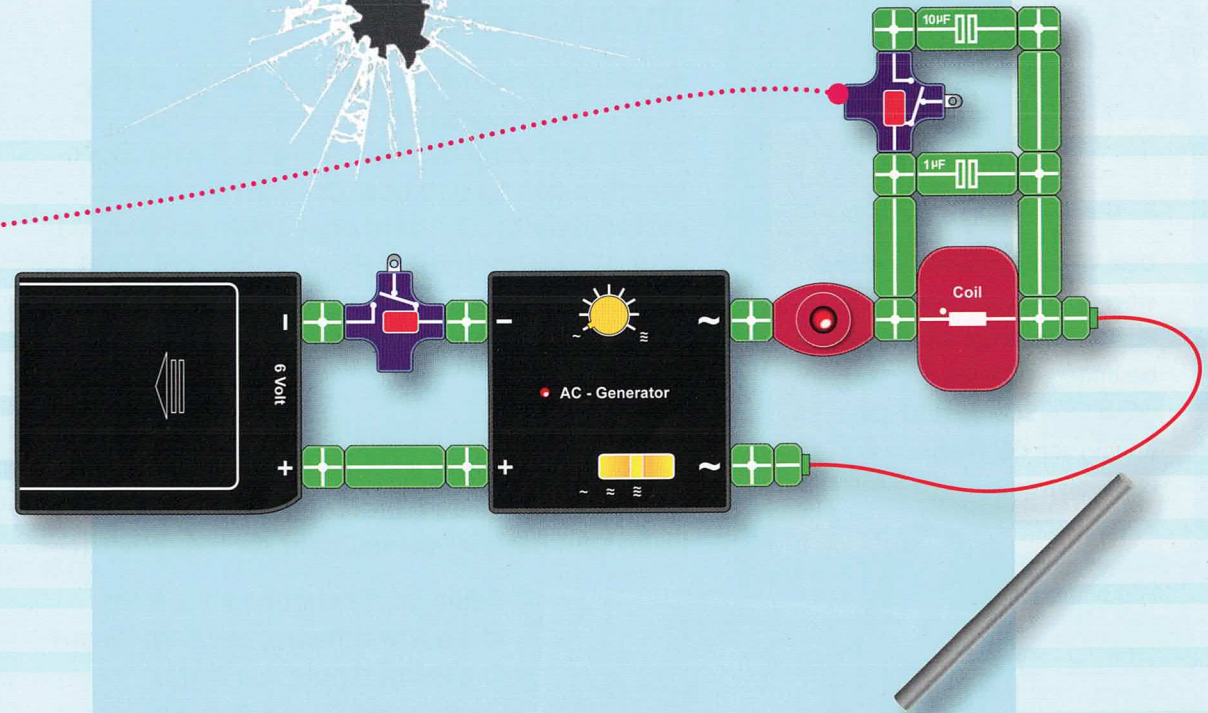
Schalte den oben sitzenden Umschalter aus – sein Schiebeschalter zeigt Richtung Spule.

Stelle den Wechselstrom-Generator auf den höchsten Frequenzbereich und suche die Stelle, bei der das Lämpchen am dunkelsten ist. Du musst den Knopf wieder feinfühlig einstellen.

Schalte den Umschalter ein und suche wieder die Resonanzstelle. Sie liegt bei einer etwas niedrigeren Frequenz, denn nun befinden sich insgesamt $11\ \mu\text{F}$ im Schwingkreis. Der Resonanzbereich ist viel weniger deutlich – du musst mehrfach hin und her drehen, um die dunkelste Stelle zu finden.

Schiebe nun den Eisenkern in die Spule und suche wieder die Resonanzstelle. Sie liegt bei einer noch etwas tieferen Frequenz; du musst dazu eventuell in den mittleren Bereich schalten. Nun ist sie wieder viel schärfer.

Schalte den Umschalter wieder aus und suche den Resonanzbereich – jetzt mit nur noch $1\ \mu\text{F}$, aber mit Eisenkern. Du findest ihn im oberen Bereich, aber er ist nun auch weniger scharf als beim ersten Mal.



WAS PASSIERT?

Man nennt die Eigenschaft, die du hier untersucht hast, die Güte eines Schwingkreises. Sie ist am höchsten, wenn Spule und Kondensator optimal aufeinander abgestimmt sind und es zudem möglichst wenig ohmsche Widerstände gibt.

In diesem Fall passt der $1\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator besser zur leeren Spule, der $10\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator besser zur Spule mit Eisenkern, die ja auch knapp die zehnfache Induktivität besitzt.





Impedanz

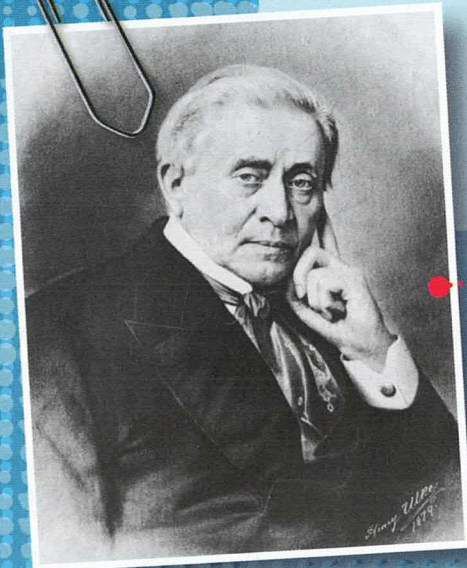
Dem Wechselstromwiderstand einer Spule oder eines Kondensators hat man einen besonderen Namen gegeben: **Impedanz**. Sein Wert ist abhängig von der Frequenz des Wechselstroms.

Induktivität

Kondensatoren beschreibt man, wie du weißt, mittels ihrer Kapazität, gemessen in Farad. Es gibt eine vergleichbare Angabe, die die Eigenschaften von Spulen oder Drähten beschreibt: die Induktivität. Sie wird angegeben in **Henry (H)** bzw. Millihenry (mH). 1 Henry entspricht 1000 mH. Die Einheit ist benannt nach dem **US-amerikanischen Physiker Joseph Henry (1797-1878)**.

Die Induktivität einer Spule steigt mit der Zahl der Windungen und ist zudem abhängig von der Spulenform und dem Material in der Spule – Eisen zum Beispiel vervielfacht die Induktivität.

Deine Spulen haben ohne Kern etwa 4 Millihenry, mit Kern 26 mH. Die Primärspule des Trafos weist etwa 30 mH auf, die Sekundärspule sogar rund 400 mH.



Was im Schwingkreis geschieht

Weißt du noch, wie **Schaukeln** am besten funktioniert? Am höchsten schwingt sie, wenn du ihr immer im richtigen Augenblick, also wenn sie gerade anfängt von dir weg zu schwingen, noch einen kleinen Anstoß gibst.

Physiker nennen dieses Phänomen **Resonanz**. Im Alltag triffst du dieses Phänomen relativ häufig an: Auch Wellen in der Badewanne oder in der Teetasse werden rasch immer höher, wenn man immer im richtigen Moment einen kleinen Anstoß gibt. Ähnlich ist es bei elektrischen Schwingkreisen.

Stelle dir vor, du schließt einen **Parallelschwingkreis** zunächst ganz kurz an die Batterie an. Sie lädt den Kondensator auf, und zwar eine Folie positiv, die andere negativ. Nach dem Abschalten der Batterie entlädt sich der Kondensator natürlich durch die Spule. Dabei baut der Strom darin ein Magnetfeld auf. Ist der Kondensator entladen, bricht dieses Magnetfeld zusammen und der dabei entstehende Strom lädt den Kondensator wieder auf, nur umgekehrt. Dieser Vorgang wiederholt sich blitzschnell mehrfach, aber nicht lange – die Wärmeverluste vernichten rasch die elektrische Energie.



Die Zeit, die dieser Vorgang braucht, bestimmt die Resonanzfrequenz des Schwingkreises – wie oft pro Sekunde sich der Kondensator lädt und entlädt.

Würdest du aber nun jeweils im richtigen Augenblick den Kondensator aus der Batterie wieder ganz vollladen, also die Verluste ausgleichen, könnte das Spiel immer weitergehen. Genau das geschieht, wenn der zugeführte Wechselstrom exakt die richtige Frequenz hat, nämlich die Resonanzfrequenz des Schwingkreises. Dann ist der Strom im Kreis am höchsten, während die zugeführte Energie, die ja dann nur die Wärmeverluste ausgleichen muss, am geringsten ist. Das hast du in Versuch 117 gesehen.

Natürlich läuft der Vorgang am besten, wenn der Kondensator gerade so viel Energie speichert, wie das Magnetfeld der Spule aufnehmen und abgeben kann – andernfalls ginge jeweils Energie verloren. Daher ist die nötige Energiezufuhr am geringsten – also die Güte des Schwingkreises am höchsten – wenn dieses Verhältnis stimmt. Das hat dir Versuch 122 deutlich gezeigt. Bei hoher Güte baut sich im Kreis eine besonders hohe Spannung auf, aber die Resonanzfrequenz muss dann auch ganz exakt eingestellt werden.

Radio und Handys dank Schwingkreisen

Die gesamte Funktechnik fußt im Wesentlichen auf Schwingkreisen. Funksender bestehen im Grunde aus einem von einem passenden Wechselstromgenerator gespeisten Schwingkreis, der auf besonders hohe Frequenzen ausgelegt ist (bis etwa 1600 kHz für Mittelwelle, um 100 MHz für UKW-Rundfunk, um die 10 GHz für Handys, WLAN und TV-Satelliten) – sowie Verstärkerstufen. Empfänger nutzen Schwingkreise, um eine ganz bestimmte Frequenz (also einen bestimmten Sender) zu empfangen.

Grundlage dafür ist die Eigenschaft von Wechselströmen hoher Frequenz: Bei ihnen können sich die Schwingungen in Form von **elektromagnetischen Wellen** (Radiowellen) ablösen und im Raum ausbreiten – bei genügender Stärke Millionen von Kilometern weit. Für die jeweilige Sendefrequenz dimensionierte Antennen unterstützen diesen Vorgang.

Treffen die Wellen auf einen Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz der Frequenz der Senderwelle entspricht, regen sie ihn zum Schwingen an – und so kann nach millionenfacher Verstärkung im Radio oder Funkempfänger der Inhalt der Sendung hör- oder sichtbar gemacht werden. Auch hier hilft eine gute Antenne, die schwache Energie der Wellen aufzufangen.





Zeitschalter, Blinker und Alarmgeber

Zeitgeber und Schwingungserzeuger (Oszillatoren) werden in zahllosen Elektronikgeräten vom Spielzeug bis hin zur Raumfahrt gebraucht. Kein Wunder daher, dass ein dafür besonders geeigneter und vielseitig anwendbarer integrierter Schaltkreis (IC) zum meistverkauften IC wurde. Von diesem „555“ genannten Schaltkreis ist auch in deinem Experimentierkasten ein Exemplar vorhanden und macht spannende Versuche möglich. Eieruhren, Quiztimer, Treppenlichtschaltung oder Metronom – solche Schaltungen baust du in diesem Kapitel.

tacktack

tacktack

tacktack

tacktack

tacktack

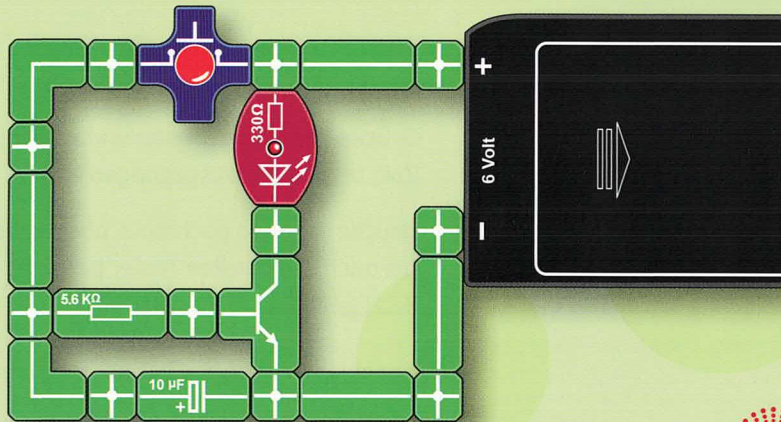
tacktack

VERSUCH 123



Kondensator-gesteuerter Transistor

Ein Transistor lässt sich bekanntlich schon mit kleinen Spannungen und Strömen öffnen und schließen. Ob auch die winzige Elektrizitätsmenge in einem Kondensator dafür ausreicht?



SO GEHT'S

Drücke nach dem Zusammenbau kurz den Taster.

Die LED leuchtet auf, wird dann dunkler und glimmt nach etwa 10 Sekunden nur noch.

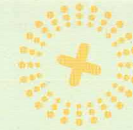
WAS PASSIERT?

Ein Druck auf den Taster lädt den Kondensator voll. Dadurch liegt die Basis auf Plus-Potential, der Transistor leitet und die LED leuchtet.

Während sich der Kondensator langsam über den 5,6-kΩ-Widerstand und den Transistor entlädt, sinkt die Basisspannung, und die LED wird dunkler.

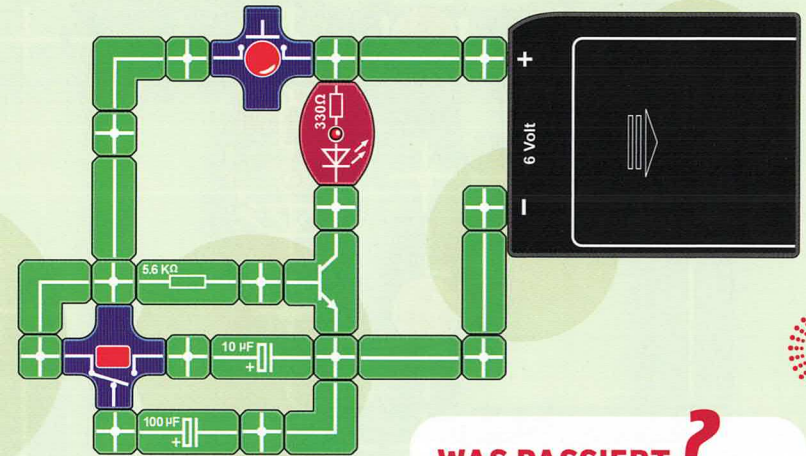


VERSUCH 124



Auf die Größe kommt es an

Ob die Kapazität des Kondensators den Zeitablauf beeinflusst?



SO GEHT'S

Entlade vor dem Aufbauen der Schaltung die Kondensatoren, indem du sie mit einem Kabel für einen Moment kurzschließt.

Schalte nach Aufbau den Umschalterknopf nach rechts – jetzt ist der 10-μF-Kondensator eingeschaltet.

Drücke nun den Taster und schätze die Zeit, bis die LED nur noch glimmt.

Schiebe nun den Umschalterknopf nach links, um den 100-μF-Kondensator einzuschalten und drücke erneut den Taster. Jetzt leuchtet die LED viel länger.

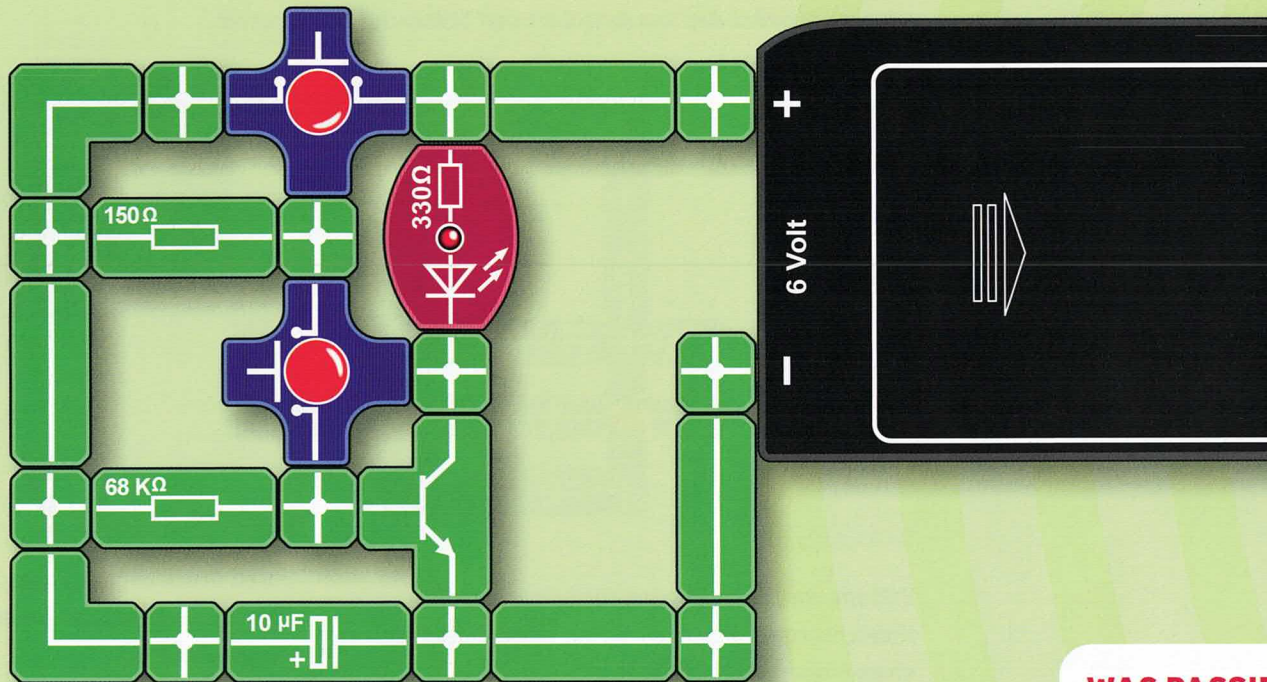
Baust du den 470-μF-Kondensator statt des 100-μF-Kondensators ein, erhöht das die Leuchtdauer der LED noch erheblich.

WAS PASSIERT?

Durch Druck auf den Taster lädst du zunächst den jeweils eingeschalteten Kondensator voll. Er entlädt sich über den 5,6-kΩ-Widerstand und den Transistor. Die dabei geöffnete C-E-Strecke lässt die LED leuchten.

Je größer der Kondensatorwert, desto länger dauert das Entladen, und desto länger leuchtet die LED.





Langsame und schnelle Entladung

Ob die Größe von Kondensator und Widerstand den Zeitablauf beeinflusst?

SO GEHT'S

Drücke den oberen Taster und schätze die Zeit, bis die LED ausgegangen ist.

Drücke ihn dann nochmals, aber halte dabei auch den zweiten Taster gedrückt. Jetzt geht die LED rascher aus.

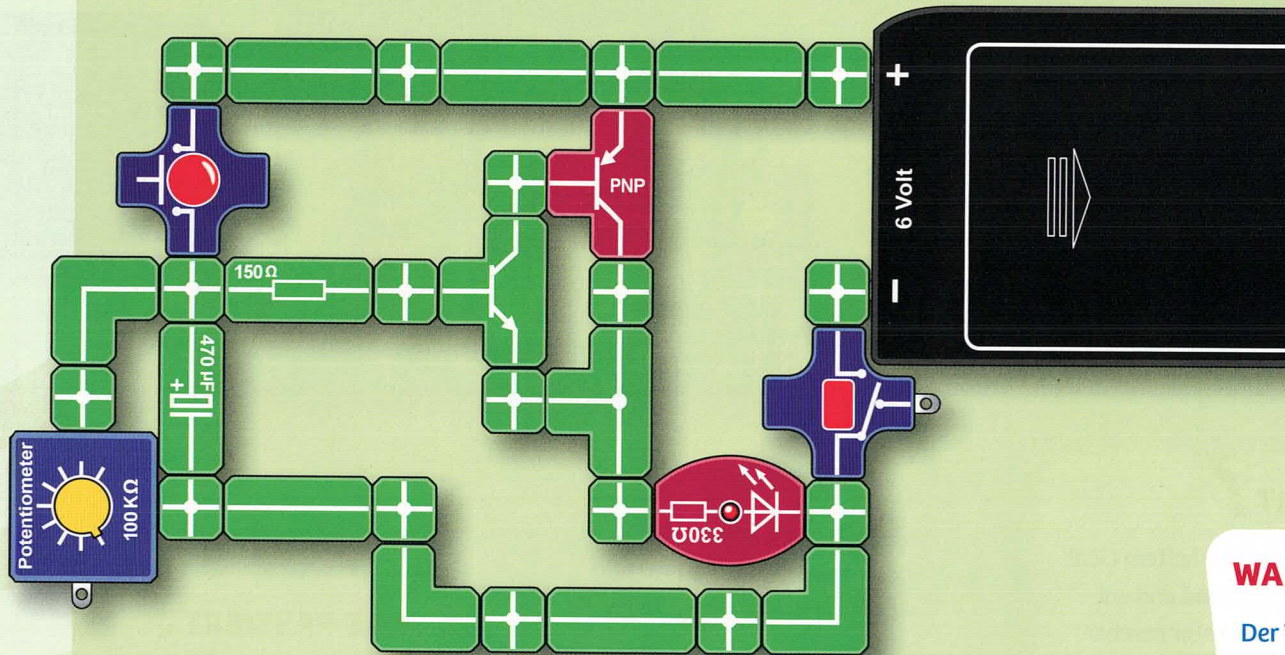
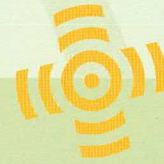
WAS PASSIERT ?

Der Kondensator entlädt sich über den Basis-Widerstand und über die B-E-Strecke des Transistors. Im ersten Fall fließt dabei wegen des großen 68-k Ω -Widerstands ein nur geringer Entladestrom.

Der Druck auf den unteren Taster schließt den 150- Ω -Widerstand parallel, sodass der Entladewiderstand viel kleiner wird, der Entladestrom umso höher und die Entladezeit sehr kurz.

Wiederhole diesen Versuch mit Widerständen und Kondensatoren verschiedener Größen und vergleiche, wie lange die LED jeweils leuchtet.

VERSUCH 126



Einstellbarer Zeitschalter

Manchmal möchte man eine Schaltung, die einem erlaubt, eine bestimmte Zeitspanne für etwas einzustellen. Dazu eignet sich das Poti.

SO GEHT'S

Schalte deinen Zeitschalter ein.

Drücke den Taster. Die LED leuchtet auf und erlischt nach einiger Zeit.

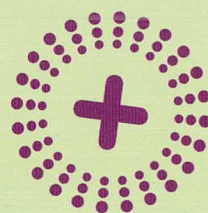
Diese Zeitspanne kannst du mit dem Poti einstellen.



WAS PASSIERT ?

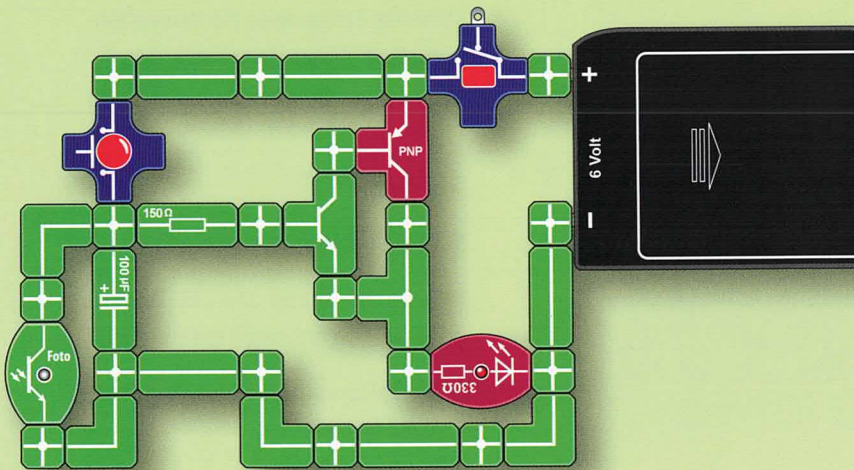
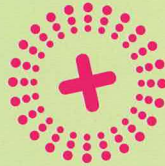
Der Tastendruck lädt den Kondensator, der sich dann langsam entlädt.

Wegen der großen Empfindlichkeit der Schaltung dauert es lange, bis die Transistoren umschalten. Über das Poti fließt der Entladestrom rascher ab.



Belichtungssteuerung

Moderne Kameras können automatisch die richtige Belichtungszeit wählen – je heller es ist, desto kürzer. So arbeitet auch diese Schaltung. Hier verwendest du den NPN- und dem PNP-Transistor gemeinsam.



SO GEHT'S

Drücke den Taster. Je nach der Umgebungshelligkeit leuchtet die LED längere oder kürzere Zeit: Wenn mehr Licht auf den Fototransistor fällt, geht sie rascher aus.

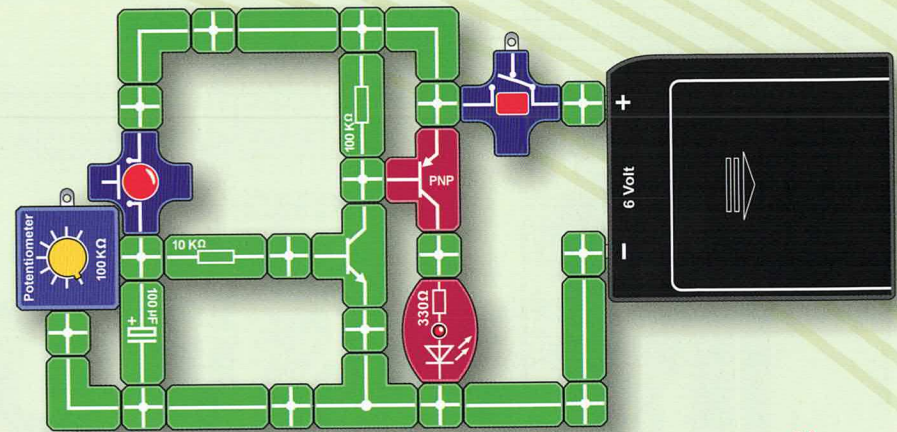
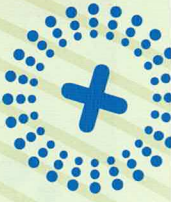
WAS PASSIERT?

Der Fototransistor hat bei hellem Licht einen kleineren Widerstand und entlädt daher den Kondensator rascher.

Diese Schaltung arbeitet natürlich im Sekundenbereich. Mit einem kleineren Kondensator könnte sie aber auch Zeiten von einigen hundertstel Sekunden schalten, wie sie in Kameras gebraucht werden.

Zeitverzögerte Reaktion

Lüfter auf z.B. Toiletten sollen nach dem Lichtausschalten noch eine Zeitlang weiterlaufen. Sie können mit der folgenden Schaltung gesteuert werden.



SO GEHT'S

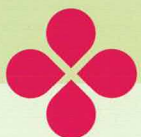
Schalte an und drücke den Taster. Die LED leuchtet auf und bleibt einige Zeit an.

Wie lange, kannst du mit dem Poti regeln.



WAS PASSIERT?

Der bei Tasterdruck vollgeladene Kondensator steuert die Darlingtonschaltung aus NPN- und PNP-Transistor in die Leitfähigkeit, bis er sich über das Poti weit genug entladen hat.

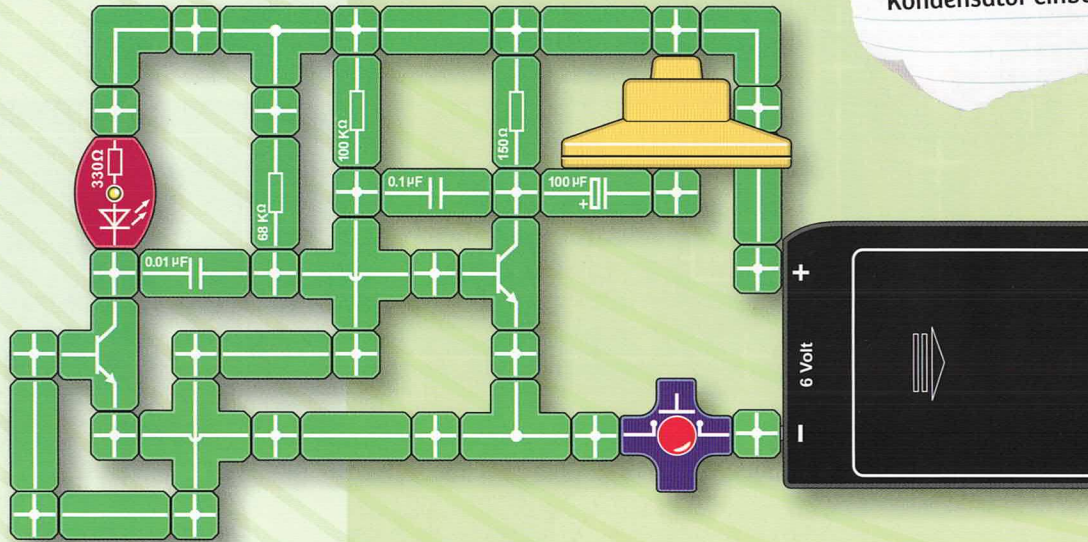


VERSUCH 129



Morsegeber

Früher mussten Schiffsfunker morsen können, und auch heute noch gibt es Menschen, die das Funken als Hobby betreiben. Denn mit Morse-signalen kann man auf Kurzwelle selbst mit kleinsten Sendeleistungen große Entfernungen überbrücken. Mit dem Taster kannst auch du Morsen üben.

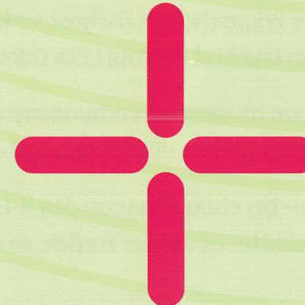


SO GEHT'S

Drückst du die Taste, ertönt ein Ton und die gelbe LED leuchtet auf. So kannst du die Morsesignale gleichzeitig optisch und akustisch wahrnehmen.

WAS PASSIERT?

Die Transistoren öffnen und schließen wieder abwechselnd, und die LED bzw. der über einen Kondensator angeschlossene Lautsprecher geben das wieder. Der Taster schaltet die Anlage ein und aus.



Ausprobieren!

Wechsele den 68-kΩ-Widerstand gegen den 22-kΩ-, den 10-kΩ- oder den 5,6-kΩ-Widerstand aus. Wie verändert sich der Ton? Du kannst auch statt des 100-kΩ-Widerstands andere Werte einsetzen und das Ergebnis testen. Und wie hört es sich an, wenn du statt des 0,01-µF-Kondensators den 1-µF- oder gar den 10-µF-Kondensator einbaust?

Schnell gemorst

Als es noch kein Telefon und schon gar kein Internet gab, hat man Nachrichten per Morsecode übertragen. Das ist ein Code aus kurzen und langen Stromstößen, den der Erfinder des ersten Schreibtelegraphen **Samuel Morse (1791-1872)** entwickelte.

Anfangs morste man die Meldungen durch Telegraphenleitungen oder über Lichtsignale, später auch per Funk. Berühmt ist der Hilferuf in Morseschrift, das SOS (- - - - -).

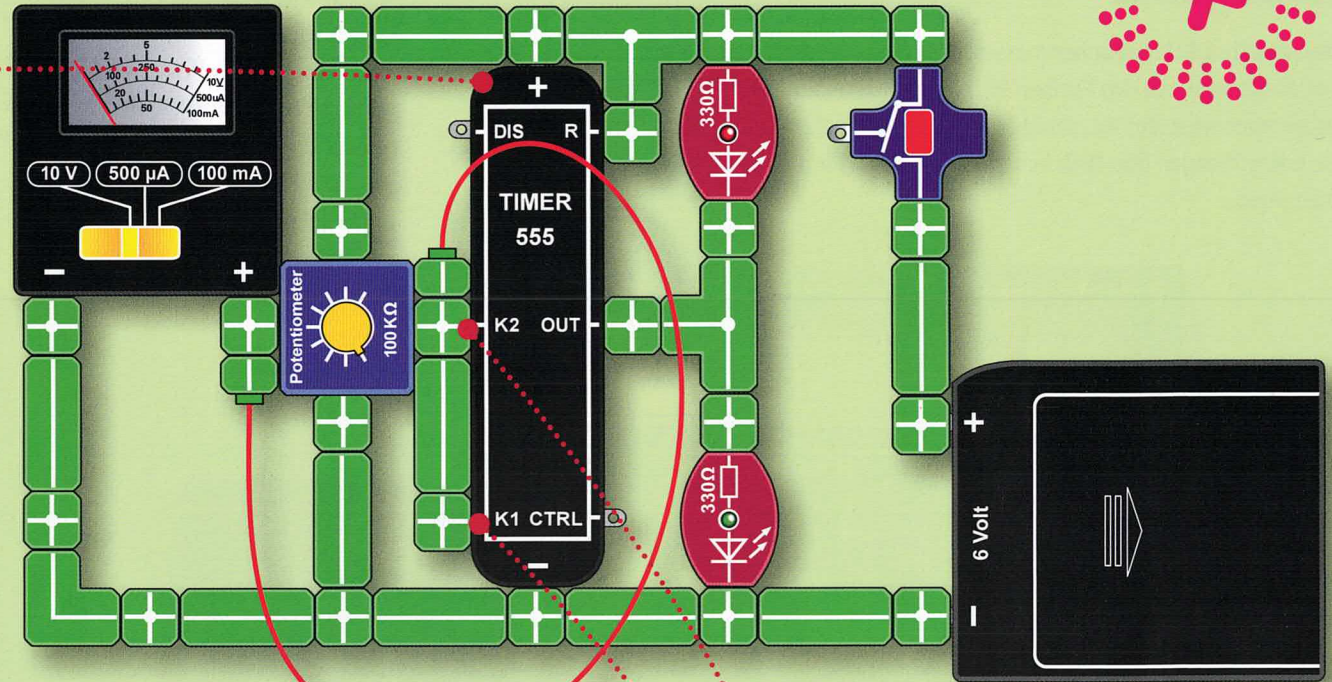
A	· · ·	O	· · · ·	Ä	· · · · ·
B	· · · ·	P	· · · · ·	Ö	· · · · ·
C	· · · · ·	Q	· · · · ·	Ü	· · · · ·
D	· · · ·	R	· · · ·	1	· · · · ·
E	· · ·	S	· · · ·	2	· · · · ·
F	· · · · ·	T	· · · ·	3	· · · · ·
G	· · · ·	U	· · · ·	4	· · · · ·
H	· · · · ·	V	· · · · ·	5	· · · · ·
I	· · ·	W	· · · ·	6	· · · · ·
J	· · · · ·	X	· · · · ·	7	· · · · ·
K	· · · ·	Y	· · · · ·	8	· · · · ·
L	· · · · ·	Z	· · · · ·	9	· · · · ·
M	· · ·			0	· · · · ·
N	· · ·				

Wechsel zwischen Rot und Grün

Mit dem **555** lassen sich schöne Zeitschalter und andere Geräte sehr einfach aufbauen. Ein einfacher Versuch macht dich näher mit den Fähigkeiten dieses vielseitigen Bauteils bekannt.

SO GEHT'S

Stelle das Messgerät auf 10 Volt. Beim Einschalten leuchtet die rote oder die grüne LED. Drehe am Poti. Durch Hin- und Herdrehen kannst du entweder die rote oder die grüne LED aufleuchten lassen.



WAS PASSIERT?

Im **555** steckt ein Flip-Flop. Das ist eine Schaltung, die man zwischen zwei stabilen Schaltzuständen hin und her schalten kann – eine Art elektronischer Wippschalter. Du hast sie in Versuch 73 schon kennen gelernt. Der Ausgang ist dann entweder negativ – dann leuchtet die rote LED. Oder positiv – dann leuchtet die grüne LED.

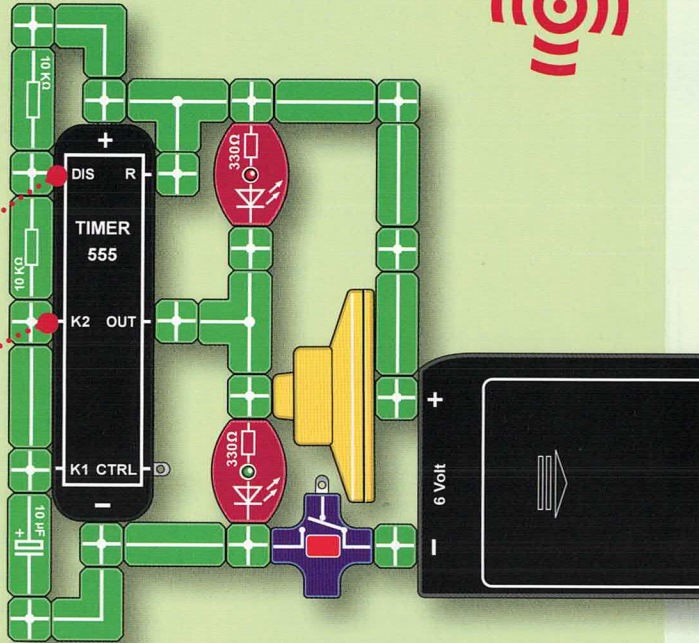
Umgeschaltet wird der Flipflop, indem man an die (hier verbundenen) **Eingänge K1 und K2** höhere oder niedrigere Spannung anlegt, in diesem Fall mit dem als Spannungsteiler verwendeten Poti.

Allerdings gibt es zwei Umschaltunkte – bei etwa 4 Volt an den K-Eingängen schaltet das Flipflop die rote LED ein, aber erst bei etwa 2 Volt schaltet es wieder zurück, so dass die grüne LED leuchtet.

VERSUCH 131

Wechselblinker mit Geräusch

Statt den Flipflop mit dem Poti zu steuern, kannst du ihn auch sich selbst schalten lassen.



SO GEHT'S

Die beiden LEDs blinken in raschem Wechsel, und im Lautsprecher hörst du ein regelmäßiges Knacken.

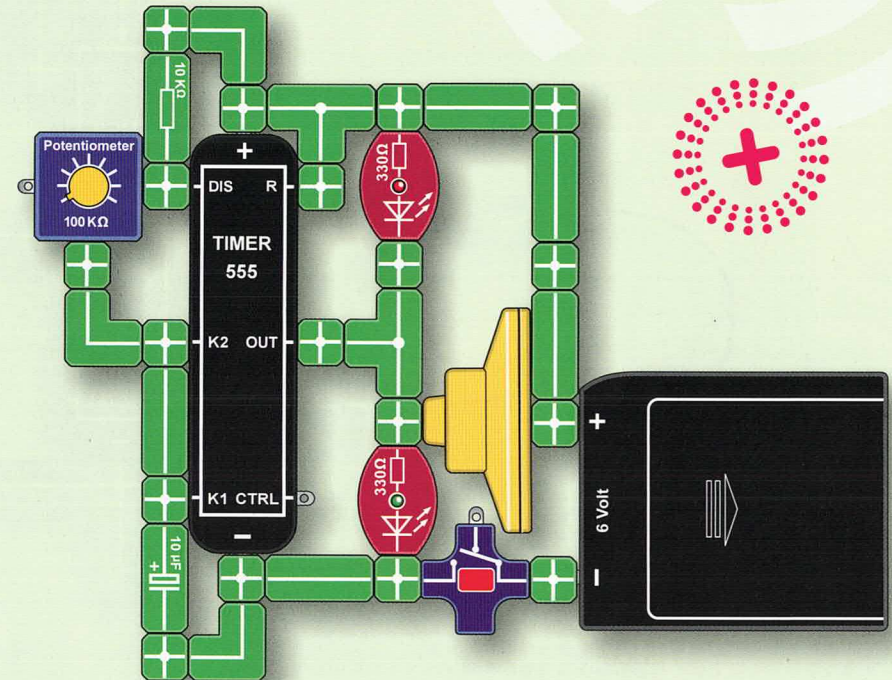
WAS PASSIERT?

Die beiden Eingänge werden abwechselnd angesteuert, wobei der Widerstand zwischen DIS und K2 und der Kondensator die Frequenz bestimmen. Ähnliche Wechselblinker nutzt man zum Beispiel an Baustellen oder Bahnübergängen als Warnsignale.

VERSUCH 132

Regelbarer Blinker

Wenn die Frequenz durch Widerstand und Kondensator bestimmt ist, sollte sie leicht zu verändern sein.



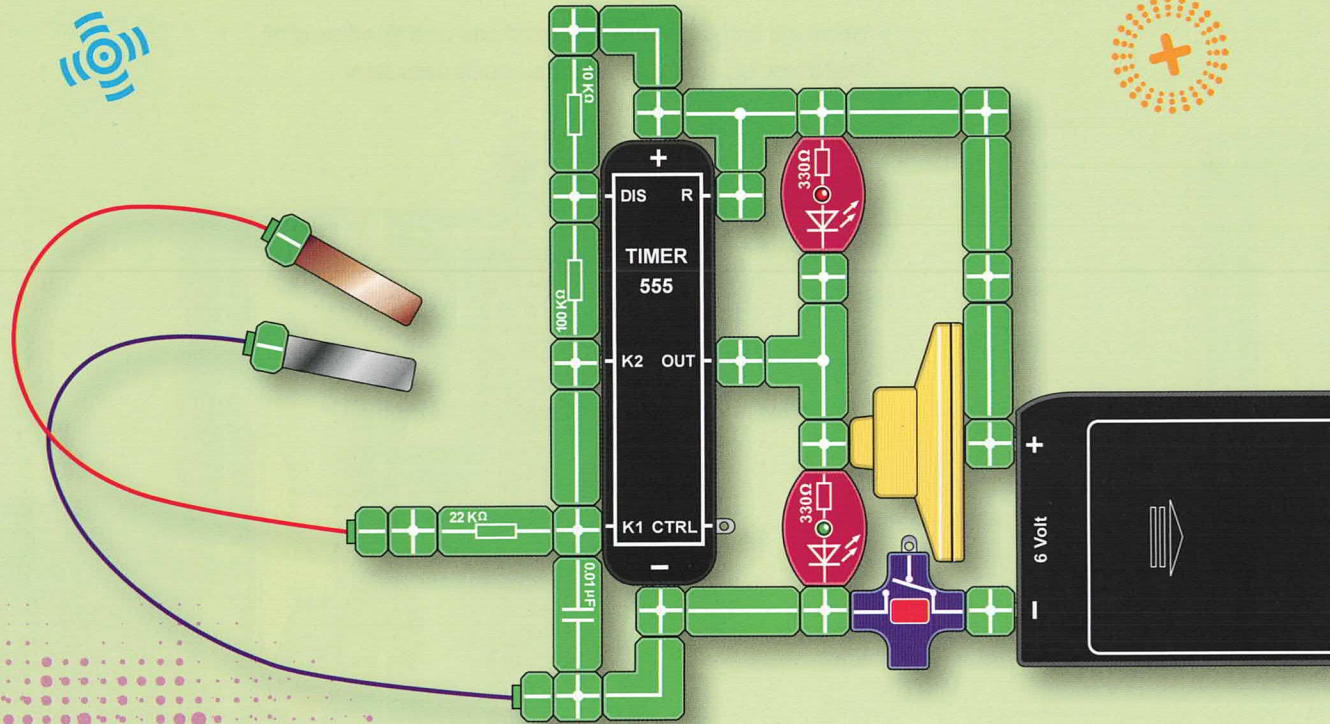
SO GEHT'S

Durch Drehen am Poti kannst du die Blinkfrequenz in weiten Grenzen verändern.

Wechsele den 10-µF-Kondensator gegen den 100-µF-Kondensator aus: Jetzt blinkt es noch weit langsamer.

WAS PASSIERT?

Die Veränderung des Widerstands wirkt sich deutlich auf die Blinkfrequenz aus.



Wasserstands- wächter

Die Schaltung aus den vorigen Versuchen eignet sich optimal für eine Anlage zum Überwachen des Wasserstands.

SO GEHT'S

Bei Einschalten leuchten zunächst beide LEDs, und der Lautsprecher gibt einen Piepton von sich. Verbinde beide Metallstreifen durch Aufeinanderlegen oder durch Eintauchen in einen Becher mit Wasser: Der Lautsprecher verstummt, und es leuchtet nur die grüne LED – sie zeigt Alarmbereitschaft an.

Verbindet das Wasser die Metallstreifen nicht mehr oder löst du sie voneinander, leuchten wieder beide LEDs und der Lautsprecher gibt Alarm.

WAS PASSIERT

Der Eingang des 555 ist außerordentlich empfindlich. Schon der geringe Strom, der durch Metallstreifen und Wasser fließt, beeinflusst sie.

Eine solche Schaltung kann zum Beispiel Alarm geben, wenn der Wasserstand im Automotor sinkt oder auch wenn eine Alarmleitung unterbrochen wird.

VERSUCH 134

Warnung vor zu hohem Wasserstand

Manchmal soll Alarm ausgelöst werden, wenn ein Kontakt geschlossen wird. Dies kann die folgende Schaltung.

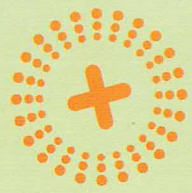
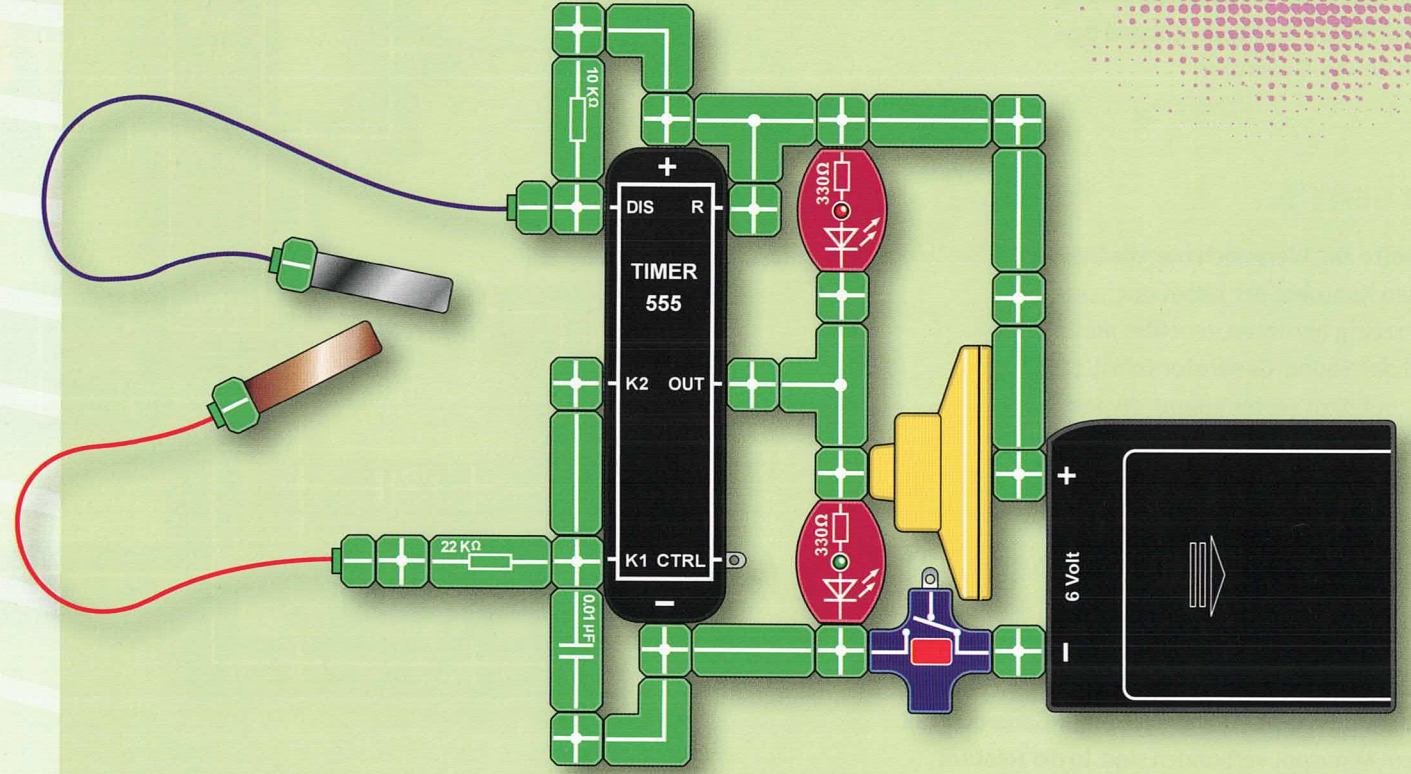
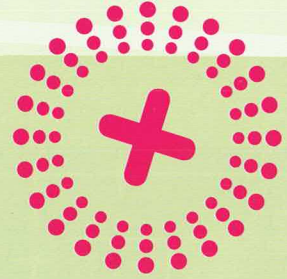
SO GEHT'S

Bei Einschalten leuchtet zunächst nur die grüne LED und zeigt Bereitschaft an. Der Lautsprecher ist stumm.

Verbinde beide Metallstreifen durch Aufeinanderlegen oder durch Eintauchen in einen Becher mit Wasser. Jetzt leuchtet auch die rote LED auf und der Lautsprecher gibt Alarm.

WAS PASSIERT ?

Diese Schaltung eignet sich als Überlaufwarner – sie meldet, wenn der Wasserstand zu hoch ansteigt oder auch wenn sich beispielsweise in einem Keller Wasser sammelt.



Alarm mit Sound und Abstelltaste

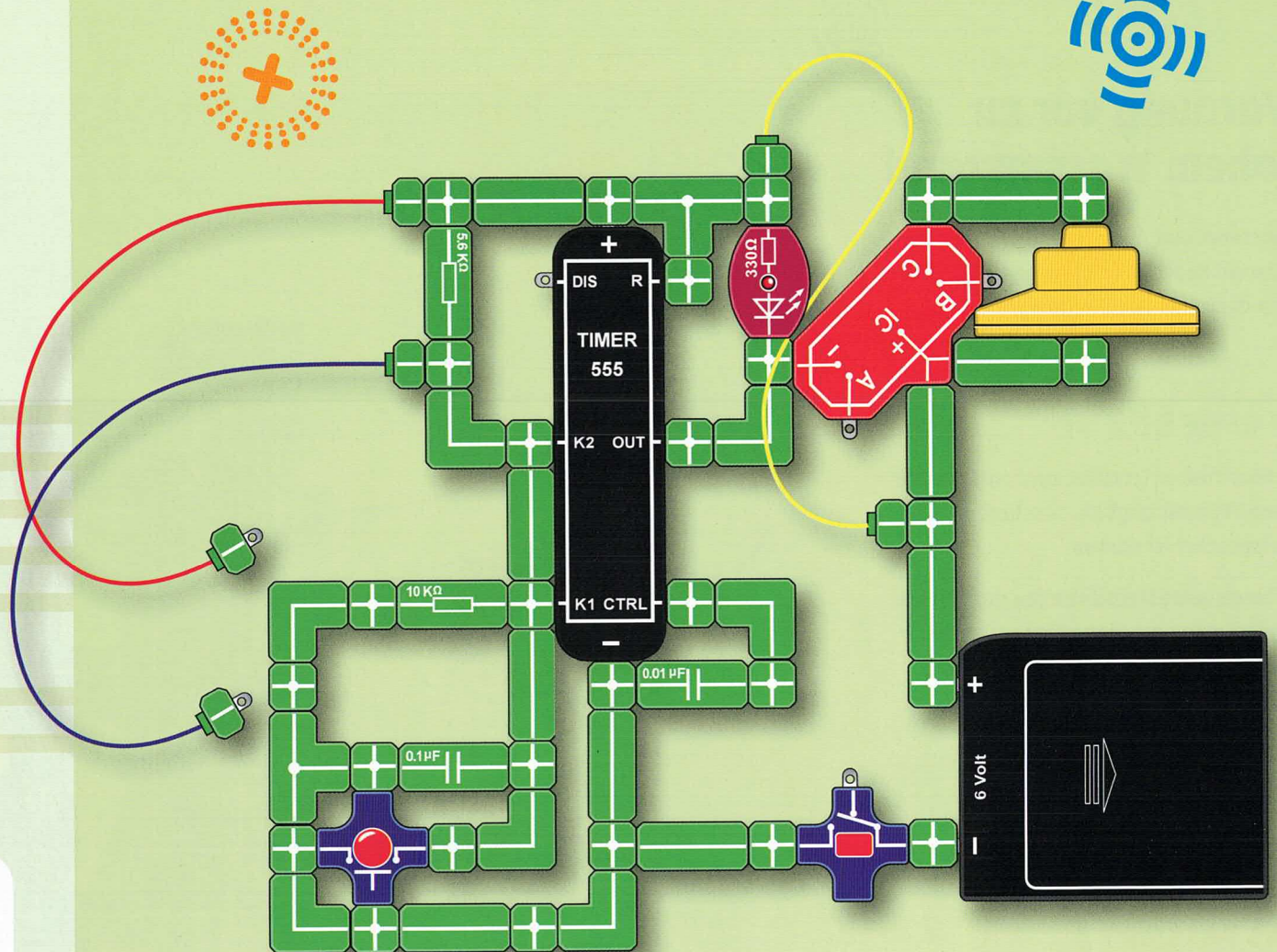
Eine Alarmanlage, die bei Auslösen lautstarken Alarm schlägt und ihn auch beibehält bis zur Entwarnung? Kein Problem mit dem 555 und deinem Sound-Generator.

SO GEHT'S

Schalte ein. Wenn sich nun die beiden freien Kontakte der Kabel auch nur kurzzeitig berühren, leuchtet die LED und der Sound-Generator schrillt los. Nur mit dem Taster kannst du den Alarm abstellen.

WAS PASSIERT?

Der kurze Kontakt der Kabel schaltet den Flipflop um, so dass die LED und der Sound-Generator mit dem Minuspol verbunden sind. In der Realität könnte ein Alarmkontakt an Tür oder Fenster diesen Kontakt herstellen.



VERSUCH 136

Musik per Hand

Nicht nur mit dem Poti kannst du deine Töne verändern – sogar mit deinen Händen klappt dies.

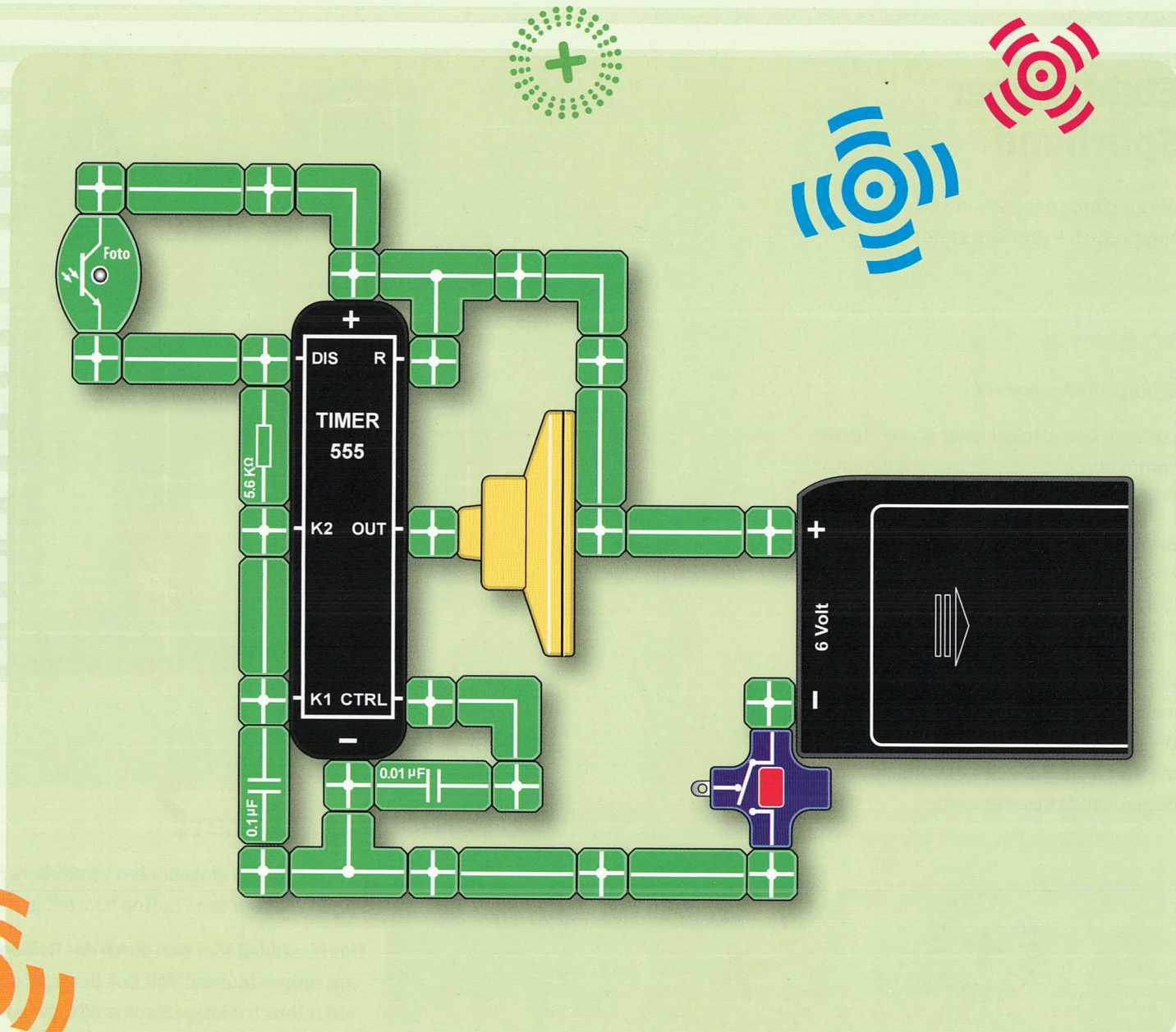
SO GEHT'S

Nach dem Einschalten gibt der Lautsprecher einen bestimmten Ton von sich, abhängig von der Umgebungshelligkeit. Durch mehr oder weniger starkes Abschatten des Fototransistors kannst du ihn in weiten Grenzen verändern.

Ersetze den 5,6-k Ω -Widerstand durch den 10-k Ω -Widerstand. Jetzt sind die Töne tiefer.

WAS PASSIERT ?

Statt des Potis verändert nun der wechselnde Widerstand des Fototransistors die Frequenz.



Elektrischer Spürhund

Die Eingänge des 555 sind sehr empfindlich – probiere es aus!

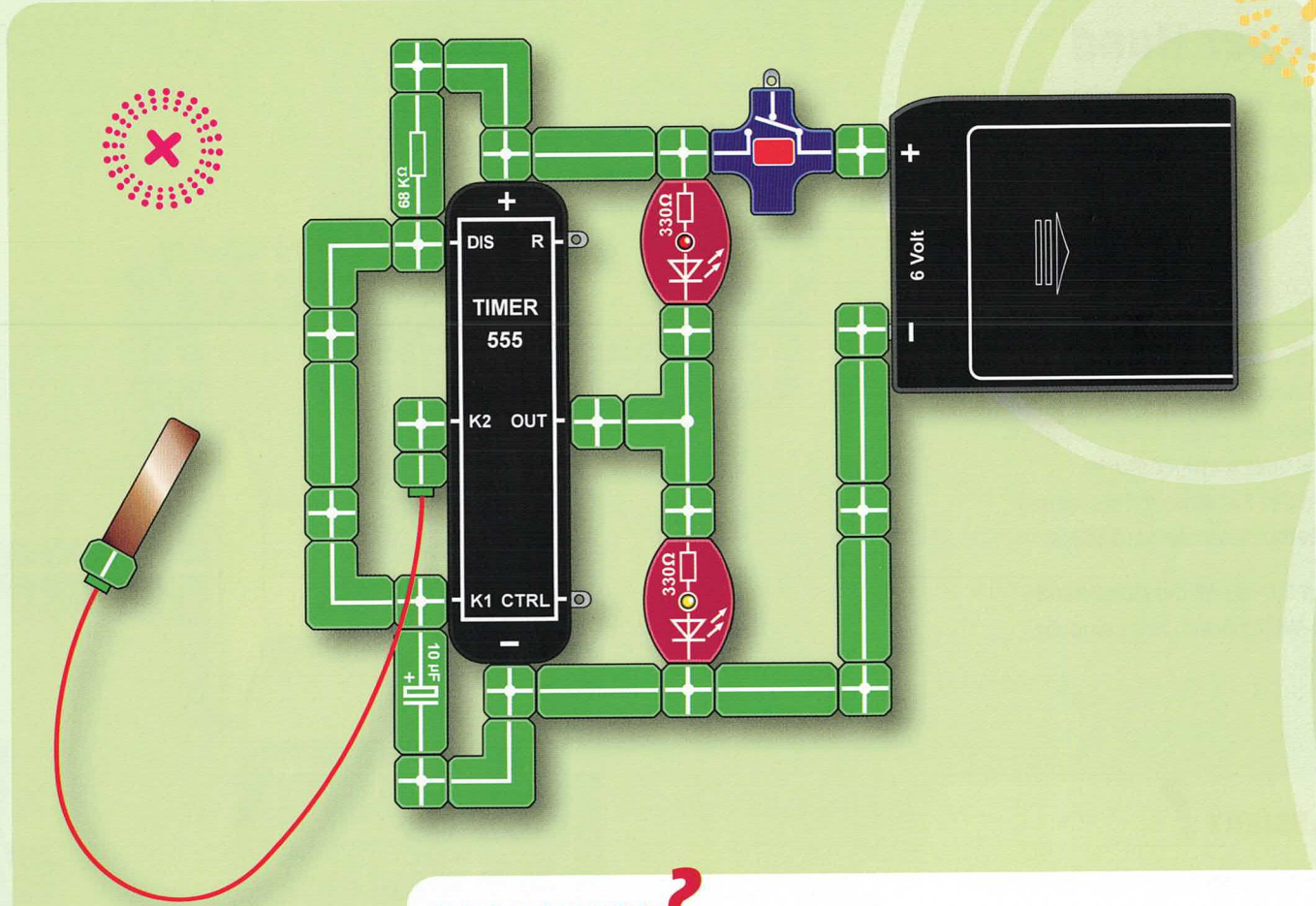
SO GEHT'S

Schalte die Anlage ein.

Lade ein Geo-Dreieck oder einen Plastik-kamm durch kurzes Reiben mit einem Stück Stoff elektrisch auf.

Bringe es jetzt nur auf 10 bis 15 cm an das Metallblech heran. Die Beleuchtung wechselt und die andere LED leuchtet kurz auf.

Wackle mit dem Plastikteil, und du kannst mehrfach hin- und herschalten, wobei die Umschaltung eher durch die Bewegung als durch die Nähe des geschwenkten Gegenstands bewirkt wird.

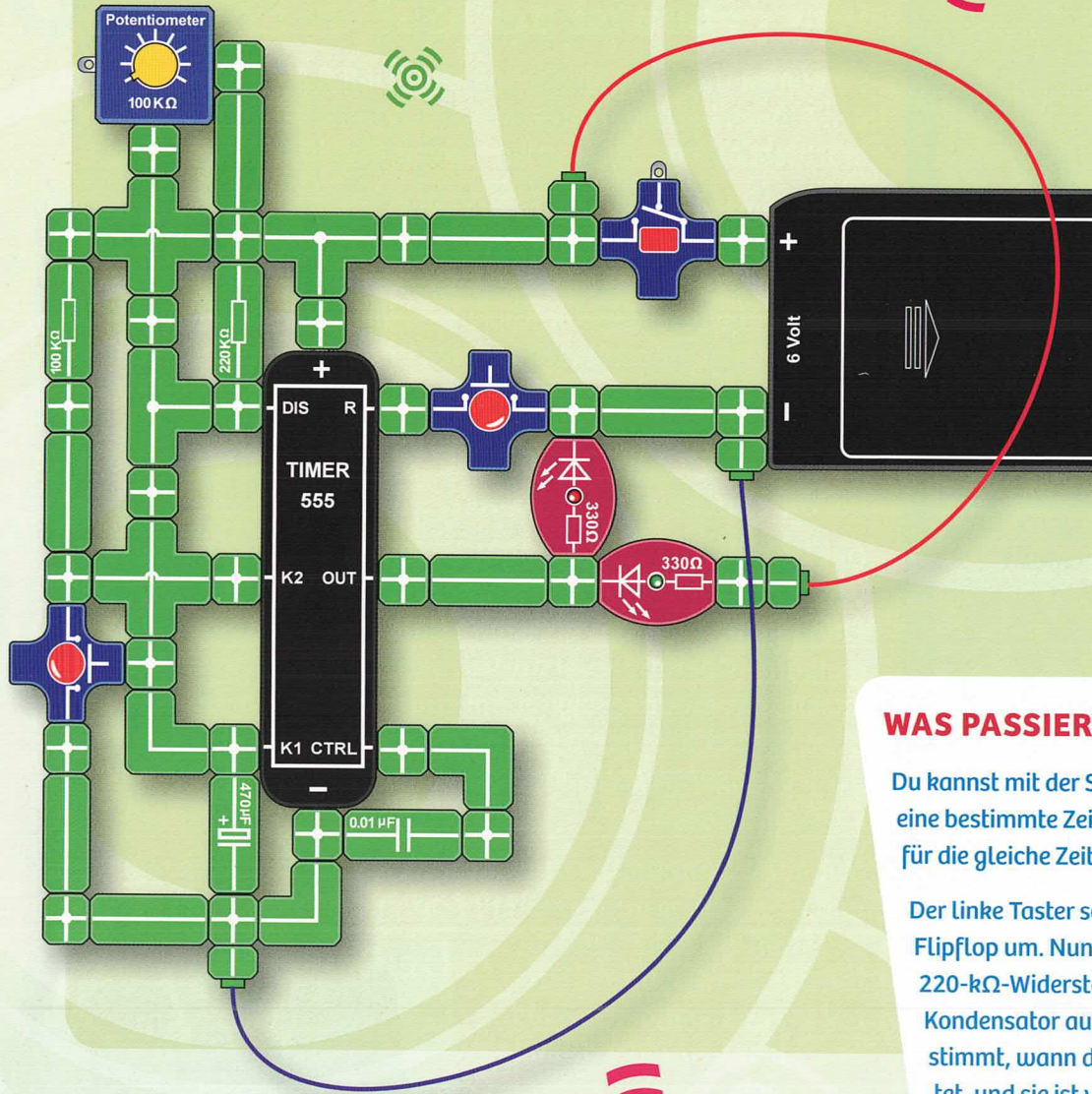


WAS PASSIERT?

Dank des im 555 eingebauten Verstärkers reichen schon **geringe Spannungsimpulse** am Eingang K2, um den Flipflop kurzzeitig umzuschalten.

Das Plastikteil **lädt sich durch das Reiben auf** eine (in diesem Fall ungefährliche) Spannung von einigen tausend Volt auf. Bewegst du es in der Nähe der Schaltung, erzeugt es im Metallblech winzige Stromstöße, die zum Umschalten des Ausgangs bereits ausreichen.

VERSUCH 138



TIPP!

Mit dem rechten Taster kannst du den Zeitablauf jederzeit stoppen; er setzt den Flipflop auf den Ausgangszustand zurück.

Zeitgeber für Quizspiele

Mit dem 555 lassen sich sogenannte monostabile Multivibratoren herstellen, die nach einer bestimmten Zeit die LED ein- oder ausschalten.

SO GEHT'S

Nach dem Einschalten leuchtet nur die grüne LED.

Drücke den linken Taster, um die Zeituhr zu starten: Die rote LED leuchtet für eine bestimmte Zeit auf, dann erlischt sie automatisch wieder und die grüne LED geht wieder an.

Du kannst diese Zeit mit dem Poti variieren.

Für längere Zeiten von bis etwa 55 Sekunden ersetze den I-Verbinder rechts am Poti durch den 68-kΩ-Widerstand.

WAS PASSIERT?

Du kannst mit der Schaltung die rote LED für eine bestimmte Zeit ein- und die grüne LED für die gleiche Zeit ausschalten.

Der linke Taster schaltet zunächst den Flipflop um. Nun lädt sich über den 220-kΩ-Widerstand der 470-µF-Kondensator auf. Seine Ladezeit bestimmt, wann der Flipflop zurückschaltet, und sie ist von der Kapazität und von der Größe der Widerstände abhängig.





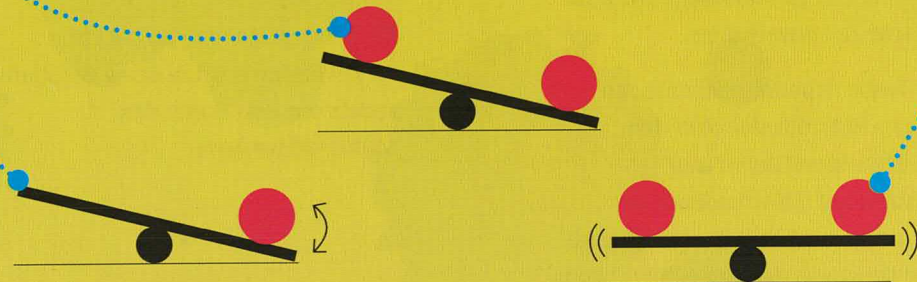
Drei Arten von Multivibratoren ...

... hast du in den Versuchen dieses Kapitels gebaut.

Monostabile Multivibratoren besitzen nur einen stabilen Zustand. Kippt man sie aus ihm hinaus, fallen sie nach bestimmter Zeit zurück. Zu dieser Gruppe zählen also etwa die Quizuhr und der Treppenlichtschalter.

Bistabile Multivibratoren haben zwei stabile Zustände, die sie einnehmen können. Sie verharren darin so lange, bis sie durch einen äußeren Impuls – etwa durch Tasterdruck – in den anderen gekippt werden.

Astabile Multivibratoren besitzen gar keinen stabilen Zustand, sondern wechseln ständig zwischen zwei Zuständen, wobei die Frequenz dieses Wechsels von Tagen oder Stunden bis zu vielen Milliarden Mal pro Sekunde reichen kann – je nach Art der Bauteile. Zu ihnen gehören die Blinker und Tonerzeuger, aber auch Rundfunk- und Fernseher und Radargeräte erzeugen mit ähnlichen Schaltungen die Radiofrequenzen. In Quarzuhren dienen solche elektronischen Schwingschaltungen als Zeitgeber.



Was genau ist der 555?

Du kannst die Schaltungen mit dem TIMER 555 natürlich nach den Plänen aufbauen und sie werden funktionieren. Vielleicht möchtest du aber etwas mehr über dieses IC wissen.

Im Gehäuse des 555 (es ist viel kleiner als das Gehäuse in deinem Elektroniklabor) verbirgt sich ein Chip mit 23 Transistoren und zahlreichen anderen Bauteilen. Sie bilden mehrere Baugruppen. Die wichtigste ist der Flipflop, also eine Art elektronischer Kippschalter, den man mit elektrischen Impulsen von einem stabilen Zustand in den anderen hin und her schalten kann. Über den Anschluss R kann man ihn aber in die Ausgangsstellung zurückzwingen. Der Ausgang ist digital – das bedeutet, er hat entweder die volle Spannung oder 0 Volt.

Das Ausgangssignal des Flipflops wird über einen kleinen Verstärker an den Ausgangsanschluss OUT gegeben. Auch am Eingang des Flipflops arbeiten zwei Verstärker, und zwar sogenannte Operationsverstärker. Sie sind so geschaltet, dass sie jeweils das Eingangssignal mit zwei festen Spannungen vergleichen, die der 555 intern selbst erzeugt. Eine Spannung von $\frac{2}{3}$ der jeweiligen Versorgungsspannung kann man am Anschluss CTRL abnehmen.

Nur unter bestimmten Umständen, die man über die Eingänge K1 und K2 regelt, schaltet der Flipflop. Zudem steuert der Ausgang des Flipflops einen Transistor, der den Anschluss DIS auf Wunsch mit dem Minusanschluss verbindet. Damit kann man etwa einen Kondensator rasch entladen.

