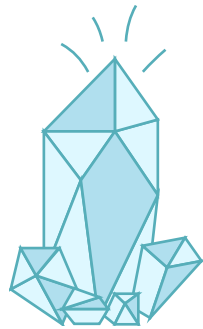


Experimentierbaukasten zum Advent



Biologie
Physik
Chemie

© Entdecker & Erfinder

Texte und Konzeption: Christopher Schlemm

Gestaltung, Illustration und Zeichnung: Ramona von Lienen

Biologie



Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*)

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*) kann eine Höhe von 2-3 m erreichen. Manche Sorten können auch über vier Meter groß werden.

Sie stammt ursprünglich aus Nord- und Mittelamerika und wurde schon vor 2500 v. Chr. landwirtschaftlich kultiviert. 1552 kamen dann die Sonnenblumen nach Europa, wo sie seitdem überall anzutreffen sind.

Nutzen für das Ökosystem

Alle Blütenpflanzen sind eine wichtige Grundlage für Bienen und andere Bestäuber. Von den Sonnenblumenkernen können sich viele Vögel im Herbst ernähren und sollten daher stehen gelassen werden.

Entdeckt ihr das besondere Muster in der Sonnenblume?

Wenn ihr euch die Blüte der Sonnenblume genauer anschaut, seht ihr, dass die Röhrenblüten spiralförmig angeordnet sind. Zählt man die Reihen im Uhrzeigersinn in einer Sonnenblumenblüte ab, sind es 21 Reihen, gegen den Uhrzeigersinn 34 Reihen. Die 21 und 34 sind zwei Reihenglieder der Fibonacci-Zahlenreihe: $1+2=3$, $2+3=5$, $3+5=8$, $5+8=13$, $8+13=21$, $13+21=34$.

Anzucht von Sonnenblumen

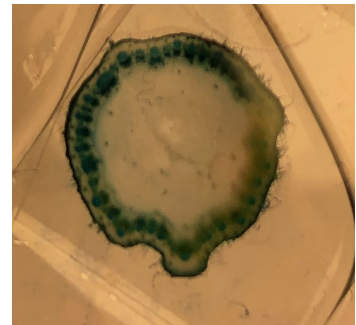
Die Sonnenblume ist eine einjährige Pflanze und nicht winterhart. Sie kann ab März in Töpfen vorgezogen werden, wofür die Samen 3 cm tief im Abstand von ungefähr 1 cm ausgesät werden. Alternativ kann die Keimung auch in einem angefeuchteten Papiertuch oder in Watte in einem Glas stattfinden, wo die Keimung genauer beobachtet werden kann. Wenn die Keimlinge dann die ersten grünen Keimblätter ausbilden, können sie umgetopft werden.

1. Pflanzenbeobachtungen: Erkennt ihr die Haarwurzeln am Sonnenblumen-Keimling?

Wenn ihr genauer hinschaut, dann werdet ihr am Keimling nach ein paar Tagen die vielen feinen Haarwurzeln entdecken. Erst diese feinen Haarwurzeln ermöglichen es dem Keimling, die Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen. Die feine Struktur vergrößert die Oberfläche der Wurzel, wodurch die Nährstoffe noch besser mit dem Wasser aufgenommen werden können.

2. Anfertigen eines angefärbten Querschnitts vom Stängel einer Sonnenblume

Nehmt eine Sonnenblume und schneidet vom Stängel einen dünnen Querschnitt mit einem Messer oder Skalpell ab. Je dünner, umso besser. Legt es zum Anfärben auf einen Teller und gebt mit eurer Pipette 1-2 Tropfen blaue Tinte (Königsblau) in 10 Tropfen Wasser verdünnt hinzu. Anschließend spült ihr die restliche Tinte und den angefärbten Sonnenblumenquerschnitt mit Leitungswasser ab. Wenn ihr euch mit einer Lupe unter hellem Licht den Querschnitt genau anschaut, erkennt ihr am Rand die kreisförmig angeordneten Leitbündel der Sonnenblume. Das ist ein typisches Merkmal für zweikeimblättrige Pflanzen. In der Biologie und Medizin werden häufig Gewebeschnitte angefärbt, um Krankheiten zu erkennen.



Züchten eines monoklinen Einkristalls aus Ammoniummagnesiumsulfat

Verwendete Chemikalie:

Ammoniummagnesiumsulfat-Hexahydrat $(\text{NH}_4)_2 \text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (CAS:20861-69-2) 70g)

Hinweis

Wir sind bei der Konzeption dieses Experimentierkastens darum bemüht gewesen, ungefährliche Verbindungen zu verwenden, die keine Gefahren und keine Belastung für die Umwelt darstellen. Da geringere Mengen im Experimentierset verwendet werden, kann übrig gebliebene Ammoniummagnesiumsulfat-Lösung über die Kanalisation entsorgt werden.

Reinigung

Reinige die verwendeten Gefäße nach dem Experimentieren, wofür du warmes Wasser und Spülmittel verwendest.

Salzkristalle in der Natur bestehen meistens aus vielen Einkristallen. Hierbei spricht man auch von einem polykristallinen Feststoff. Ein Einkristall, auch Monokristall genannt, besteht aus einem einheitlichen Kristallgitter. Besonders schön und eindrucksvoll sehen größere Einkristalle aus, die aus einem kleineren Einkristall als Impfkristall gezüchtet werden können. Sie zeigen die einheitliche Geometrie des Kristallsystems. Allgemein geht man dabei so vor, dass aus einer gesättigten Lösung einzelne kleine Einkristalle auskristallisieren. Einer dieser Kristalle dient dann als Impfkristall und wird an einen Faden gebunden und in die gesättigte Lösung gehängt. Durch langsames Verdunsten der Lösung an der Luft kristallisiert mit der Zeit gelöstes Salz wieder aus, wobei die Ionen sich im Kristallgitter des eingehängten Impfkristalls einfügen und dieser wächst. Um die Bildung von Impfkristallen zu beschleunigen, kann die Lösung am Anfang erhitzt werden. Die Löslichkeit vieler Salzverbindungen steigt mit der Temperatur an, sodass bei höherer Temperatur sich mehr Salz löst und beim Abkühlen dann am Boden auskristallisieren kann.

Materialien für einen Kristallisationsansatz:

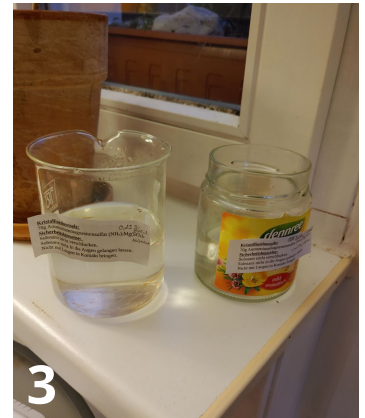
- | | | |
|--|-------------------|------------------------------------|
| • 70g Ammoniummagnesiumsulfat | • Kochtopf | • Bindfaden |
| • 150 ml destilliertes Wasser | • Löffel | • Holzstab (z. B. Schaschlikspieß) |
| • 2 große Gläser (Honig- oder Marmeladenglas), ca 500 ml | • Küchenwaage | • Großer Trichter |
| • Eine Büroklammer | • Permanentmarker | • Kaffeefilter |
| | • Pinzette | |

Durchführung:

Im ersten Schritt wird eine gesättigte Lösung aus Ammoniummagnesiumsulfat vorbereitet.

Da du für den Versuch eine Flüssigkeit erhitzt, sollte ein Erwachsener dabei sein und dir dabei helfen!

- 1** Fülle einen Kochtopf bis ungefähr 2 cm hoch mit Wasser und stelle ihn auf eine Herdplatte.
- 2** Gib 150 ml destilliertes Wasser in das Glas und füge das Salz hinzu. Stelle das Glas in den Topf mit Wasser und erhitze das Wasser bis zum leichten Sieden. Es wird solange umgerührt bis sich das Salz komplett im Wasser gelöst hat.
- 3** Wenn sich das ganze Salz gelöst hat, kannst du die Herdplatte ausstellen und die Lösung abkühlen lassen. Berühre das Glas erst, wenn du dir sicher sein kannst, dass es abgekühlt ist. Klebe das Etikett von der Tüte des Kristallisationssalzes zum Beschriften auf das Glas.
- 4** Es bilden sich nach dem Abkühlen innerhalb von 1 - 5 Stunden Kristalle am Boden des Glases. Sobald diese Kristalle ca 7 - 10 mm in ihrer Länge angewachsen sind, kannst du vorsorglich einzelne Kristalle mit einer Pinzette entnehmen. Ein guter Impfkristall tritt einzeln auf, ist transparent und nicht in einen anderen Kristall gewachsen. Bewahre die Impfkristalle an einem trockenen Ort auf (kleines Glas). So kannst du dir sicher sein, dass du Impfkristalle erhältst, die nicht in andere Kristalle gewachsen sind. Für den Fall, dass keine Kristallisation eintritt, kannst du etwas vom übriggebliebenen Salz als Impfkristalle hinzugeben - ein kleines Korn reicht.



5

Nach 24 Stunden hat sich eine Kristallschicht am Boden gebildet. Die einzelnen Kristalle sind epitaktisch ineinander gewachsen und sind nicht mehr als Impfkristalle geeignet. Als nächstes filtrierst du die überstehende, gesättigte Lösung ab. Hierfür setzt du einen Trichter auf das zweite Glas, welches in den nächsten Schritten der Kristallisationsansatz ist. In den Trichter legst Du einen Kaffeefilter. Nun schüttest du die gesättigte Lösung portionsweise in den Trichter, und zwar so, dass die Kristalle am Boden zurückbleiben. Der Kaffeefilter kann danach im Hausmüll entsorgt werden. Die Kristalle am Boden können nach dem Trocknen in einem beschrifteten Glas für weitere Kristallisationsexperimente aufbewahrt werden .



6

Binde einen deiner Impfkristalle an einen dünnen Faden. Der Bindfaden kann hierfür als Schlaufe gebunden und um den Kristall gezogen werden.

7

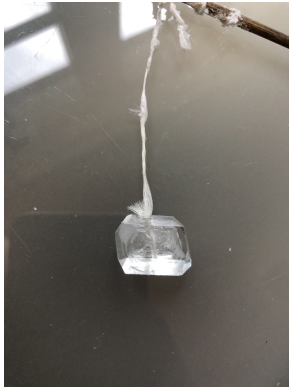
Befestige nun den Bindfaden an dem Holzstab, indem du ihn mehrmals drumherum wickelst und mit einer Büroklammer fixierst. So kannst du gegebenenfalls die Eintauchtiefe des Kristalls in die Lösung nochmal korrigieren, ohne einen Knoten lösen zu müssen. Leg den Steg dann so über den Glasrand, dass der Impfkristall ganz in die gesättigte Lösung eintaucht.



8

Markiere den Füllstand mit einem Permanentmarker.

Tipp zum Züchten von besonders schönen Kristallen:



Mit der Zeit ist der Kristall gewachsen. Jedoch haben sich auch Kristalle am Boden gebildet, die am Besten wieder entfernt werden.

Dafür nimmst du zuerst deinen Kristall heraus. Dieser kann mit etwas kaltem destilliertem Wasser von kleinen Kristallen an der Oberfläche befreit werden. Jedoch sollte der Kristall nicht zu viel gespült werden, weil er sich sonst wieder auflöst. Der Kristall wird auf einem Papiertuch getrocknet.

Die Lösung wird mit destilliertem Wasser wieder bis zur Markierung aufgefüllt und – wie zuvor – im Wasserbad im Topf erhitzt.

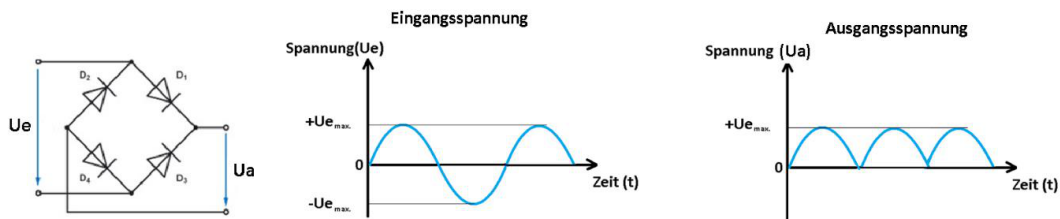
Wichtig: Jetzt muss die Lösung erst einmal wieder auf Raumtemperatur abkühlen, bis du deinen Kristall in die Lösung reinhängen kannst.

1. Halbleiter-Bauteile in der Elektronik: die Leuchtdiode

Die Light-Emitting-Diode (LED), oder auch Leuchtdiode genannt, ist ein Energieumwandler, der elektrische Energie in Lichtenergie umwandelt. Von der Leuchtdiode gibt es grüne, blaue, gelbe, rote, weiße und ultraviolette Ausführungen. Die Leuchtdiode wird aufgrund ihrer Energieeffizienz heutzutage in fast allen Leuchtmitteln verwendet und hat die alte Glühlampe und Leuchtstoffröhren ersetzt. Sicherlich werdet ihr auch bei euch als Zimmerbeleuchtung oder auf dem Schreibtisch eine LED-Lampe zu stehen haben, die an dunklen Abendstunden Licht spendet. Bei den LEDs ist zwischen anorganischen und organischen LEDs zu unterscheiden. Die organischen LEDs, welche aus Halbleiterverbindungen des Kohlenstoffs aufgebaut sind, werden abgekürzt als OLEDs bezeichnet und finden heute Anwendungen in Bildschirmen Tablet- und Smartphone-Displays. Die Leuchtdiode, die wir verwenden, ist eine anorganische Leuchtdiode aus dem Halbleitermaterial Indiumgalliumaluminiumphosphid (InGaAlP).

Wie der Name schon sagt, handelt es sich bei einer Leuchtdiode vom Funktionsprinzip her um eine Diode. Eine Diode weist als elektrisches Bauteil die Eigenschaft auf, elektrischen Strom nur in eine Durchlassrichtung fließen zu lassen. In entgegengesetzter Richtung sperrt die Diode den Stromfluss. Dioden kommen vielseitig zum Einsatz. Eine ihrer Anwendungen findet sich in jedem Netzgerät, wie zum Beispiel im Handy-Ladegerät, eingebaut, um die Wechselspannung aus der Steckdose in eine Gleichspannung zu wandeln (Brückengleichrichter). Auch die Leuchtdiode weist eine Durchlassrichtung und Sperrrichtung auf. Sie muss in Durchlassrichtung wie die Diode mit ihrer Anode (langes Bein) an den Pluspol der Batterie und mit der Kathode (kurzes Bein) an den Negativpol der Batterie angeschlossen werden. Die Diode wird als Pfeilspitze, die in Durchlassrichtung zeigt, und mit einem senkrechten Strich dargestellt. Der senkrechte Strich verdeutlicht, dass in entgegengesetzter Richtung der Stromfluss gesperrt wird.





Aufgabe:

U_e ist im Schaltbild der Brückengleichrichterschaltung die Eingangsspannung, die eine Wechselspannung darstellt und periodisch ändernde positive und negative Spannungswerte annimmt. Wie verläuft der Stromfluss durch die Brückengleichrichterschaltung, wenn eine Diode nur in Pfeilrichtung von Plus nach Minus den Strom durchlässt. Zeichne den positiven und negativen Pol der abzugreifenden Gleichspannung U_a ein.

Aus dem Datenblatt des Herstellers geht hervor, dass die weiße LED eine Durchlassspannung (forward voltage) von $U=3,0\text{ V}$ hat, bei der sie erst anfängt zu leuchten und daher mit zwei 1,5V AA-Batterien betrieben werden kann. Die Batterien müssen hierfür in Reihe angeschlossen werden, indem der Pluspol der einen Batterie mit dem Negativpol der anderen Batterie verbunden wird. Dadurch addieren sich die Spannungen beider Batterien. Eine geringere Spannung bringt die LED nicht zum Leuchten.

ø 5 mm LED Diode

Item number	1802O024	1802O025	1802O026	1802O027	1802O028
Light Source	Red	Blue	Green	Yellow	Warm White
Lens color	Diffuse	Diffuse	Diffuse	Diffuse	Water clear
Chip material	Gap	InGaAlP	InGaAlP	Gap	InGaAlP
Wavelength / color temperature	620-625nm	460-470nm	568-572nm	587-590nm	2500-2700K
Max. Luminous intensity	800 mcd	2000 mcd	120 mcd	800 mcd	20000 mcd
Viewing angle (typ.)	35°	35°	35°	35°	30°
Forward current (max.)	20 mA	30 mA	20 mA	30 mA	20 mA
Forward voltage (typ.)	2.0 V	3.0 V	3.0 V	2.0 V	3.0 V
Operating temperature	-25°C - 80°C				
Storage temperature	-30°C - 100°C				

Abbildung: Das Datenblatt (datasheet) im Internet gibt genaue Auskunft über die physikalischen Eigenschaften, sowie über die Kennlinie eines elektrischen Bauteils. Wir können den Daten entnehmen, dass die Leuchtdiode vom Typ „Warm white“ bei einer Betriebsspannung von $U=3\text{V}$ betrieben wird. Die maximale Stromstärke (forward current (max.)) beträgt $I=20\text{mA}$

(Bildquelle: <https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/A500/L-7113QBC-D.pdf>, abgerufen am 21.12.2022).

Wie sind Dioden aufgebaut?

Sowohl die einfache Diode als auch die Leuchtdiode sind Halbleiter-Bauelemente, die aus zwei in Kontakt stehenden, dotierten Halbleiterschichten bestehen. Es kommt dadurch zu einem sogenannten p-n-Übergang zwischen dem positiv dotierten und negativ dotierten Halbleiterkristall.

Anders als Metalle leiten Halbleiter nur bedingt den Strom. Ihre elektrische Leitfähigkeit ist bei Raumtemperatur sehr gering und nimmt mit der Temperatur zu. Zu den Halbleitern gehören neben vielen Halbleiterverbindungen, wie zum Beispiel die Kohlenstoffmodifikation Graphen oder andere organische Verbindungen, die in den organischen Light-Emitting-Dioden (OLEDs) verwendet werden, auch die Elemente aus dem Periodensystem, die zwischen den Metallen und Nichtmetallen im Periodensystem stehen. Sie werden Halbmetalle genannt und weisen sowohl Eigenschaften der Metalle als auch Nichtmetalle auf. Die großen Gruppen der Metalle und Nichtmetalle kennen wir aus dem Chemieunterricht.

Aufgabe:

Welche Elemente stellen Nichtmetalle dar? Was ist deren allgemeine Eigenschaft?

Wenn wir in das Periodensystem schauen, sehen wir, dass die Grenze zwischen den Metallen und Nichtmetallen entlang einer Diagonalen zwischen Bor (B) und Astat (At) verläuft. Typische Halbmetalle sind daher die Elemente Bor (B), Silicium (Si), Arsen (As) und Tellur (Te). Die Elemente benachbart zu diesen weisen ebenfalls Halbleitereigenschaften auf, tendieren aber auch dazu, metallischen oder nichtmetallischen Charakter aufzuweisen, je nach ihrer benachbarten Lage zur Gruppe der Metalle oder Nichtmetalle.

Rätsel:



Finde das Lösungswort, indem du die richtigen Elementsymbole einträgst.

1. Element 2. Element 3. Element 4. Element 5. Element 6. Element

1. Nichtmetall, das teilweise auch halbmimetallische Eigenschaften aufweist, und die Ordnungszahl 15 hat.
2. Nichtmetall, das die kleinste Ordnungszahl im Periodensystem aufweist. Es ist das häufigste Element im Universum.
3. Ein Übergangsmetall mit der mittleren Atommasse $m_A=88,9u$.
4. Typisches Halbmetall, das vielseitig in Dioden, Transistoren und Solarzellen als p-n-Übergänge Verwendung findet.
5. Ein Metall aus der Gruppe der Alkalimetalle, das in Pottasche enthalten ist und dessen Flammenfärbung violett ist.

Experiment: Wir bringen eine LED zum Leuchten

Was benötigst du:

- 2x 1,5 V Batterien (Typ: AA- oder AAA- Batterien)
- etwas Aluminiumfolie
- eine LED



Gleichspannungsquelle, deren Pole am Gehäuse mit einem Plus gekennzeichnet sind. Die glatte Seite stellt den Minuspol dar weist eine Ausbuchtung auf.

Bildquelle: Die AA- und AAA-Batterien

(https://en.wikipedia.org/wiki/AA_battery#/media/File:6_most_common_battery_types-1.jpg, abgerufen am 21.12.2022).

Vorexperiment: 1,5V reichen für unsere LED nicht aus!

Um zu testen, ob eine LED schon mit einer Batterie betrieben werden kann, verbinden wir mit einem Aluminiumfolienstreifen (die Länge beträgt ungefähr 12 cm und die Breite 3,5 cm) den negativen Pol der Batterie mit der Kathode der LED (kurzes Bein) und die Anode (langes Bein) mit dem positiven Pol der Batterie (siehe Abbildung).

Achte darauf, dass das obere Ende des Aluminiumstreifens nicht den Pluspol berührt, denn sonst kommt es zu einem Kurzschluss!

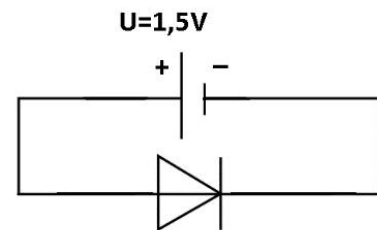


Abbildung: Der experimentelle Aufbau zum Vorversuch.

Beobachtung: Egal wie herum wir die LED an die Batterie anschließen, die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Deutung (Auswertung): Die Spannung der Batterie liegt unter der Durchlassspannung der LED von $U=3V$, mit der sie betrieben wird. Es fließt kein elektrischer Strom durch die LED.

Experiment: Wir schalten zwei Batterien in Reihe

Um die Leuchtdiode leuchten zu lassen, schalten wir nun zwei Batterien gleichen Typs in Reihe. Dafür muss der negative Pol der einen Batterie mit dem positiven Pol der anderen Batterie verbunden werden. An den beiden freien Anschlüssen der beiden Batterien (Plus und Minus) liegt nun eine doppelt so hohe Spannung an.

1. Wir nehmen uns ein Stück Aluminiumfolie, das groß genug ist, um zwei Batterien an ihren Enden zu umwickeln und als Standfuß zu dienen, wie im Foto zu sehen ist. Die Leuchtdiode wird nun mit der Kathode an den negativen Pol der einen Batterie und mit der Anode an den positiven Pol der anderen Batterie angeschlossen.
2. Nun kehren wir die Polung um. Die Kathode der Leuchtdiode wird an den positiven Pol und die Anode an den negativen Pol angeschlossen.

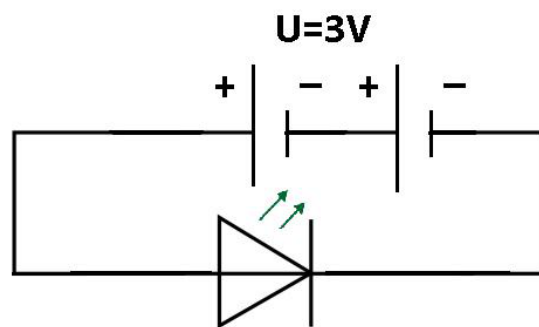


Abbildung: Experimenteller Aufbau und Schaltplan zum einfachen Stromkreis einer Leuchtdiode.

Beobachtung: Die Leuchtdiode leuchtet nur, wenn die Kathode an den negativen Pol und die Anode an den positiven Pol angeschlossen wird. In der anderen Richtung sperrt sie den Stromfluss.

Deutung: Die Leuchtdiode zeigt die gleiche Eigenschaft wie eine Diode, nämlich nur in eine Richtung für den Stromfluss durchlässig zu sein. Dies beruht auf ihrem Aufbau als p-n- Halbleiter, wo der positive Pol an die positiv dotierte Halbleiterschicht und der negative Pol der Batterie an die negativ dotierte Halbleiterschicht angeschlossen werden muss.

Wichtig: Wir sollten bei unserem Experiment darauf achten, dass wir die LED nicht zu lange an die beiden Batterien anschließen, da voll aufgeladene Batterien auch eine etwas höhere Spannung haben können (siehe untere Erklärung zum elektrischen Stromfluss durch die LED)..

Strombegrenzung durch einen Widerstand

Anders als bei anderen Leuchtmitteln ist auch darauf zu achten, dass die benötigte Stromstärke, in unserem Fall (Forward current) $I=20\text{mA}$, nicht überschritten wird. Dies wäre dann der Fall, wenn wir eine geringfügig höhere Betriebsspannung als $U=3\text{V}$ anschließen würden. Hiergegen muss dann unbedingt ein elektrischer Widerstand vor die Leuchtdiode eingebaut werden, welcher den elektrischen Strom begrenzt. Die Leuchtdiode würde sich sonst wie in einer Glühlampe weiter erwärmen und leitfähiger werden, sodass dann ein noch höherer Strom durchfließen könnte.

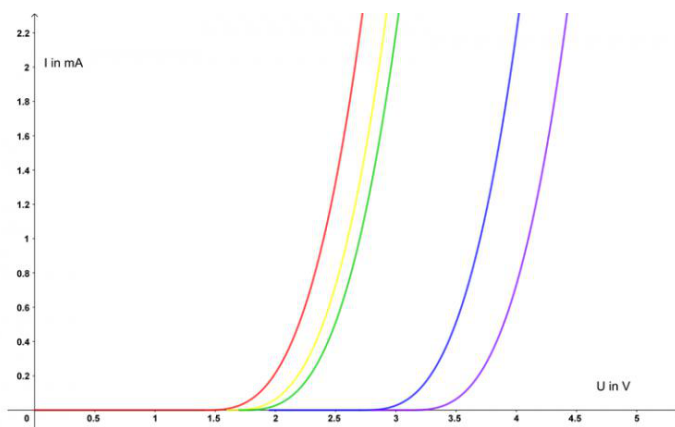


Abbildung: Die Spannungs-Stromstärke-Kennlinien von unterschiedlich farbigen Leuchtdioden
(Bildquelle: <https://www.ulfkonrad.de/physik/9-10/elekt2/led>, abgerufen am 20.12.2022).

Werden bei verschiedenen Spannungen U die gemessenen Stromstärken I im Koordinatensystem aufgetragen, erhält man die sogenannte Spannungs-Stromstärke-Kennlinie ($f(U)=I$) als Graph (siehe obere Abbildung). Für unsere weiße Leuchtdiode, die der blauen Linie entspricht, ist zu erkennen, dass erst ab einer Durchlassspannung $U=3\text{V}$ ein Strom fließt. Bei einer weiteren nur geringen Spannungserhöhung nimmt die Stromstärke exponentiell zu und kann zur Zerstörung der LED führen.

Die Spule als induktiver Spannungswandler

Wie wir gesehen haben, benötigt die LED eine Spannung von $U=3V$. Eine halb so große Spannung reicht nicht aus, um die LED leuchten zu lassen. Es gibt aber eine Möglichkeit, wie wir trotzdem für einen Augenblick die LED zum Leuchten bringen können, nämlich mit Hilfe einer Spule. Eine Spule ist ein wichtiges elektrisches Bauteil, das vom Aufbau her sehr einfach ist und trotzdem besondere physikalische Eigenschaften aufweist. Ohne die Spule wäre unsere gesamte moderne Elektronik undenkbar: keine Telekommunikation, keine geregelte Netzspannung und kein elektrischer Motor in E-Autos.

Elektrische Ströme sind bewegte Ladungen, und zwar Elektronen durch einen elektrischen Leiter. Bewegte Ladungen erzeugen ein magnetisches Feld, um den stromdurchflossenen Leiter. Das kann man sehr gut mit einem Kompass zeigen, der sich zu einem stromdurchflossenen Leiter hin ausrichtet. Je größer der elektrische Strom ist, umso stärker ist das Magnetfeld. Dies zeigt sich durch ein stärker wirkendes Drehmoment auf die Kompassnadel. Die Stromstärke I ist die Größe in der Physik für die bewegten Ladungen durch einen Leiter pro Zeiteinheit.

Die Spule stellt einen gewickelten elektrischen Leiter dar. Hierbei überlagern sich die einzelnen Felder der stromdurchflossenen Windungen. Das resultierende Feld entspricht dem Feld eines Stabmagneten mit einem Nord und einem Südpol. Die Stärke des magnetischen Feldes einer Spule steigt proportional mit der Stromstärke I und der Zahl der Windungen n an.

Bringt man eine Kompassnadel in die Nähe einer Spule, so wird die Kompassnadel in Richtung des magnetischen Feldes der Spule zeigen.

Induktion

Wenn ein Magnet (Stabmagnet) in die Nähe einer Spule gebracht wird, kann an den Kontakten der Spule eine Spannung gemessen werden und zwar nur solange, wie der Magnet bewegt wird. Dieser Vorgang wird als elektromagnetische Induktion bezeichnet. Die induzierte Spannung U_{ind} erzeugt nach dem ohmschen Gesetz im Stromkreis einen Strom der Stärke $I = U_{\text{ind}}/R$ (R ist der elektrische Widerstand im Stromkreis). Auf diesem Prinzip beruht die Funktionsweise eines Generators, der im Elektrizitätswerk mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt. Magneten sind auf einer Achse montiert und bewegen sich an Spulen vorbei, in denen eine Spannung induziert wird. Ebenso kann der Vorgang auch umgekehrt werden, indem eine Spannung an die Spule angelegt wird, wodurch ein Stromfluss durch den Leiter der Spule auftritt. Dadurch wird ein Magnetfeld in der Spule aufgebaut, was eine magnetische Kraftwirkung zwischen der Spule und den Magneten bewirkt.

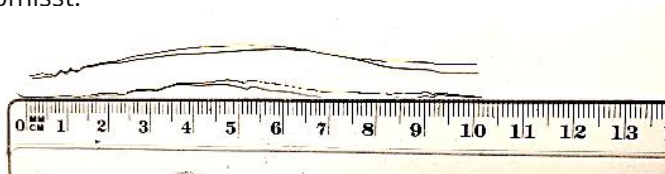
Wir betrachten nun den Fall, dass zwei Spulen nebeneinander liegen und an zwei getrennten Stromkreisen angeschlossen sind. Wird die Stromstärke an einer der beiden Spulen geändert, so

verändert sich die Stärke des magnetischen Feldes dieser Spule. Die Feldlinien dieses Magnetfeldes durchsetzen auch die andere Spule. Die Änderung des Magnetfeldes in dieser Spule wird wie beim bewegten Permanentmagneten eine Spannung induzieren, die an den Enden der Spule gemessen werden kann. Je dichter die Spulen zusammenliegen, um so größer werden die induzierten Spannungen werden. Man spricht von einer induktiven Kopplung.

Eine Spannung wird auch in der einzelnen Spule induziert, wenn sich der Stromfluss durch die Spule ändert. Dieser Vorgang wird als Selbstinduktion bezeichnet. Die induzierte Spannung ist so gerichtet, dass sie der Änderung des Stroms entgegenwirkt. Um die Leuchtdiode bei einer niedrigeren Spannung zu betreiben, nutzen wir die Selbstinduktion einer Spule, die beim plötzlichen Unterbrechen des Stromkreises eine viel höhere Spannung induziert.

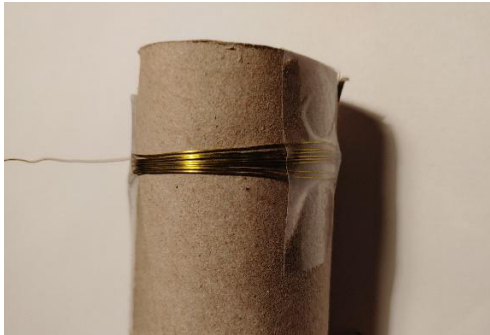
Was benötigst du:

- 1x 1,5 V Batterien (Typ: AA- oder A AA- Batterien)
 - Lineal
 - 0,2 mm Spulendraht (beigefügt)
 - Eine Schere
 - Eine Kerze
 - Eine LED
 - Papprolle (leere Küchenrolle oder ähnliches)
 - Tesafilm
1. Wickle als erstes den Spulendraht ab. Die beiden Enden sind um die große Schlaufe gewickelt und müssen zunächst gelöst werden. Achte darauf, dass du den Draht nicht verknotest.
 2. Schneide vom Draht zwei Drähte mit der Länge $l=10\text{cm}$ ab, wofür du mit dem Lineal den Draht abmisst.



3. Als nächstes werden an den Enden der drei Drähte (2x 10 cm und 1x circa 120cm) die isolierende Lackschicht auf einer Länge von ungefähr 2 cm mit einer Kerzenflamme entfernt. Bitte atme nicht die Dämpfe ein und Sorge für gute Belüftung im Raum. Wem dies zu unangenehm ist, kann auch mit einer Schere die Enden von der Lackschicht befreien. Achte dabei darauf, dass am Ende der metallische Draht zum Vorschein kommt.

4. Nun wird mit dem längeren Draht eine Spule um die Papprolle gewickelt. Von der Papprolle sollten 5 cm als freie Kontakte abstehen. Das eine Ende des Drahtes wird zunächst mit einem Streifen Tesafilm an der Papprolle befestigt und dann- wie auf dem Bild dargestellt- um die Papprolle gewickelt. Am Ende werden mit weiteren Tesafilmstreifen zunächst die beiden Enden und dazwischen die Spule befestigt.



5. An die beiden freien Enden der Spule werden nun die Anschlüsse der Leuchtdiode angeschlossen. Es ist egal in welcher Richtung. Hierfür werden die Anschlüsse der Leuchtdiode vorsichtig auseinandergespreizt und der Draht darumgewickelt (siehe untere Abbildung zum Versuchsaufbau).
6. An die Anode und Kathode der Leuchtdiode werden nun die beiden zuvor vorbereiteten Drähte als Kabel angeschlossen.
7. An die freien Anschlüsse der Drähte wird die Batterie angeschlossen und kurzzeitig der Kontakt zur Batterie wiederholt unterbrochen.
8. Die Polung der Batterie wird umgekehrt und wiederholt der Kontakt zur Batterie unterbrochen.

Eine Spule als induktiver Spannungswandler

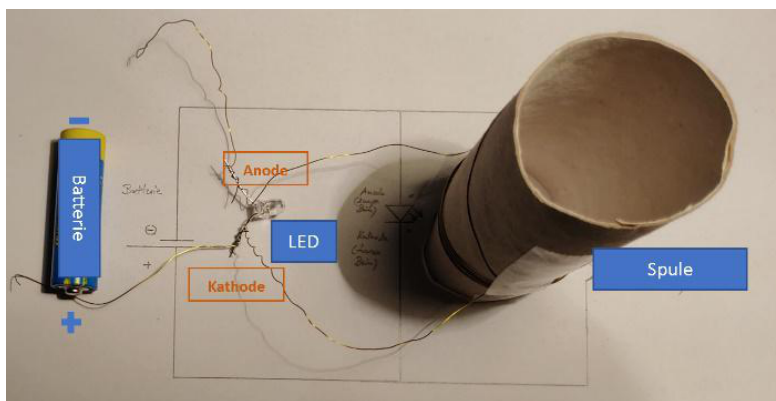
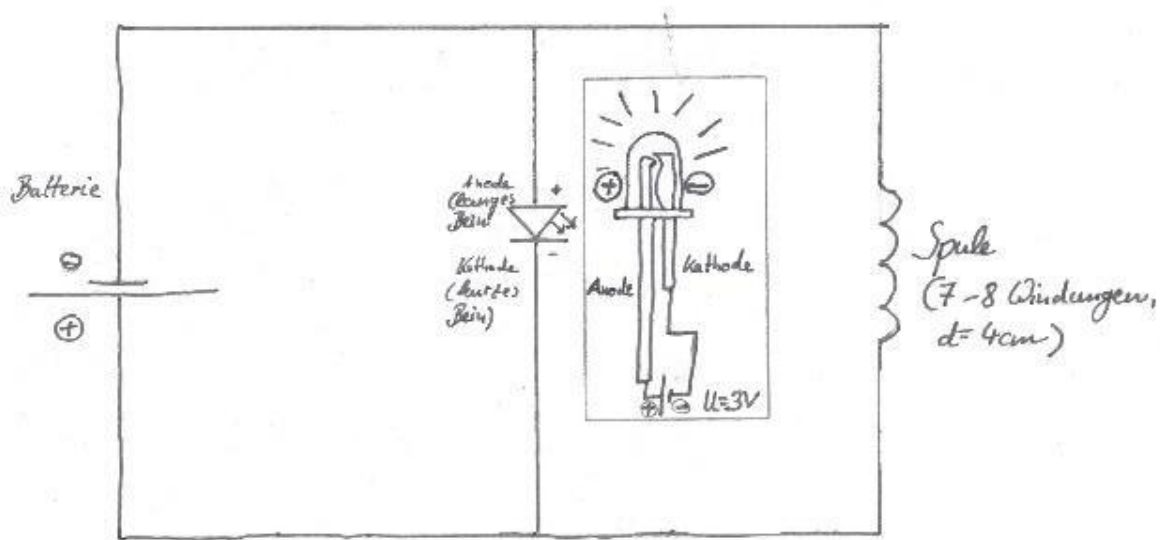


Abbildung: Der Versuchsaufbau zur Selbstinduktion einer Spule.

Beobachtung: Wenn die Batterie mit ihrem Minuspol an der Anode und mit dem Pluspol an der Kathode der Leuchtdiode angeschlossen wird, dann leuchtet die Leuchtdiode kurzzeitig nach Unterbrechung des Stromkreises auf. Wird die Batterie andersherum, also in Durchlassrichtung der Leuchtdiode angeschlossen, dann leuchtet sie nicht auf.

Deutung: Wie wir in vorherigen Experimenten schon zeigen konnten, leuchtet die Leuchtdiode nur dann auf, wenn der positive Pol der Spannungsquelle an der Anode und der negative Pol an der Kathode angeschlossen ist. Die Batterie ist genau umgekehrt angeschlossen. Der Stromfluss durch die Spule erzeugt ein Magnetfeld. Wird der Stromfluss unterbrochen, ändert sich schlagartig der Stromfluss und damit das Magnetfeld in der Spule. Dadurch wird eine Spannung induziert, die dem Stromfluss entgegengerichtet ist, sodass nun der Stromkreis umgekehrt ist und in Durchlassrichtung von der Leuchtdiode fließt. Die induzierte Spannung kann ein Vielfaches der Ausgangsspannung betragen.