

Eckhard Heybrock

# Von der Sonne zum Licht der Zukunft

Lukas Experimente

für 7- bis 13-Jährige

Green Photonics \* Band 1:  
Luka und das Licht der Zukunft

  
FASZINATIONLIGHT

EINE INITIATIVE VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

VDI

Technologiezentrum

# Vom der Sonne zum Licht der Zukunft

## Green Photonics, Band 1: Luka und das Licht der Zukunft Lukas Experimente

Lukas Geschichten und Lukas Experimente sind eine Wissensreihe für Kinder. Sie entstand im Rahmen der Bildungskampagne »FaszinationLicht« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Die nicht kommerzielle Nutzung und Vervielfältigung der Inhalte ist ausdrücklich gestattet. Die Experimente stehen im Internet zum Download bereit unter [www.faszinationlicht.de](http://www.faszinationlicht.de).



### Warnung!

Die Versuche werden zum Teil mit sehr kleinen Bauteilen durchgeführt. LEDs und alle elektronischen Bauteile dürfen nur mit den beschriebenen Batterien als Stromquellen betrieben werden. Moderne LEDs können sehr hell sein, so dass man nicht direkt in leuchtende LEDs hineinsehen darf. Kleine Kinder dürfen die Versuche nur unter Aufsicht Erwachsener durchführen.

### Impressum

#### Besonderer Dank:

Wir danken den Kindern der Klasse 4 b der Gemeinschaftsgrundschule am Oemberg in Mühlheim a. d. Ruhr für die Erprobung der LED-Experimente. Wir danken Herrn Dr. Klaus Streubel, Osram Opto Semiconductors in Regensburg, Herrn Dr. Reinhardt Weitzel, Osram in München sowie Herrn Dr. Harald Müller, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik in Freiburg für ihre Mitwirkung und Unterstützung.

**Einband & Illustration:** Daniela Opp

**Einführungsgeschichte:** Kai Rönnau

**Layout:** Bartkowiak GmbH & Co. KG, Michaela Richter

**Fotografien in der Schule:** Heinz Worms, HWFotografie

**Technische Fotografie & Grafik:** Eckhard Heybrock

**Luka:** Luka, das Glühwürmchen, ist eine Erfindung von Eckhard Heybrock

**Idee & Redaktion:** Eckhard Heybrock, VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

**Herausgeber:** VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf,  
Projektträger des BMBF für den Bereich Optische Technologien

ISBN 978-3-00-027434-3

Juni 2009

Durchgeführt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)



# BAND 1 LUKA UND DAS LICHT DER ZUKUNFT

## Darum geht es in diesen Experimenten

»LED, wenn das keine Erfindung mit Zukunft ist?« meint Luka.

»Und was ist daran anders als bei einer Glühlampe?« fragt Lilly. »Dass darin nichts glüht« erklärt Luka, das sehr besondere Glühwürmchen. »In der LED steckt nur so ein künstlicher Kristallkrümel drin. Und der leuchtet schon, wenn nur ganz wenig Strom durch ihn fließt.«

Habt ihr jetzt auch Lust bekommen, in der **LICHTWERKSTATT** zu forschen und mit LEDs zu basteln? Dann seid ihr hier mit dem neuen Experimenteheft genau richtig.

Versucht es doch einfach.

# Inhaltsverzeichnis

Lichtgeschichte(n) \* ES WAR EINMAL ...

	Seite
<b>1</b> Alle Lampen	7
<b>2</b> Alles was leuchtet	11
• Leuchten wie ein Glühwürmchen	11
• Lampentyp 1: elektrische Lampen mit Glühdraht	14
• Lampentyp 2: elektrische Lampen mit Gas und Leuchtstoffen	16
• Eine kleine Lampenkunde	19
• Das Umweltschild für Lampen	20
• Kein Licht leuchtet ewig	21
<b>3</b> Lampentyp 3: die LED	22
• Alles was eine LED hat	22
• Unsere LICHTWERKSTATT	24
• Wir untersuchen eine LED	25
• Was ist ein Leuchtkristall?	27
• In der LED-Fabrik	29
• Der 1. Versuch – Wir schließen eine LED elektrisch an	30
• Zusatzausrüstung für die LICHTWERKSTATT	32
• LEDs mit verschiedenen Leuchtkristallen	33
• Was heißt eigentlich LED?	34
• Die Schnelligkeit der LED	36
• Die LED im Dauertest	37
• Der siebte Unterschied	38
• Die 3 wichtigsten LED-Typen	39
• Das LED-Gespenst	40
• Zusatzexperiment: Rot + Grün + Blau = Weiß	42
• Die weiße LED	44
<b>4</b> Die Entdeckung, Erforschung und Entwicklung der LED	45
• Kinderreporter fragen einen Lichtforscher	46
Green Photonics, Ausblick auf Band 2: Luka und die Kraft der Sonne	48
<b>Anhang</b>	49
• Hinweise für Lehrer: Die richtigen Batterien, der richtige Widerstand für meine LEDs	49
• Materialien – das brauchst du	52

Selbermachen ist besser, das kannst du auch!



Unsere Erde leuchtet durch das künstliche Licht des Menschen.

(Quelle: Basisfoto NASA)

## Vorwort

Der weltweite Energieverbrauch und der Ausstoß des Klimagases Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) haben in den vergangenen Jahren drastisch zugenommen. Unsere Welt benötigt sicher einen wirkungsvollen Klimapakt und ein wachsendes Bewusstsein für unseren Einfluss auf die Umwelt, sie benötigt aber auch Technologien, die den Schutz von Klima und Umwelt ermöglichen. Alleine für Beleuchtungszwecke verbraucht der Mensch fast 1/5 der erzeugten elektrischen Energie. Zum einen liegt es an der hohen Bedeutung des künstlichen Lichtes für jede moderne Gesellschaft, zum anderen aber auch an den viel zu ineffizienten und ungünstig eingesetzten heutigen Lichtquellen. Mit neuen Lampengenerationen lassen sich zukünftig etwa die Hälfte der bisher für Beleuchtung benötigten Energie sowie der entsprechende Anteil  $\text{CO}_2$  einsparen. Es wird höchste Zeit, Licht mit anderen Augen zu sehen. Die richtige Nutzung von effizient erzeugtem Licht ist zu einem Umweltfaktor geworden, so wie die Nutzung umweltgerechter Heizungstechnologie, der Einsatz von Isolationsfenstern oder von Dämmstoffen zur Wärmeisolation. Das neue Licht eröffnet zudem völlig neue Gestaltungs- und Steuerungsmöglichkeiten.

Die Optischen Technologien sind mit den Technologien zur Erzeugung von effizientem Licht, zur effizienten Nutzung der Sonnenenergie oder zur Herstellung von Leichtbaukonstruktionen mit dem Laser direkte Umwelttechnologien: Green Photonics. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat hierzu gemeinsam mit der deutschen Wirtschaft gleich mehrere große Forschungsinitiativen ins Leben gerufen, etwa zur Verbesserung der weißen LED oder zu einer völlig neuen LED-Generation, den organischen LEDs (OLEDs). Dahinter verbirgt sich die Vision einer neuen, umweltgerechten Lichtquelle sowie der kostengünstigen Produktion von großflächigen, flexiblen Lichtquellen. Und mit der OPV-Initiative werden die Grundlagen für eine neue Generation von Solarzellen, der organischen Photovoltaik, geschaffen.



Wer für morgen denkt, denkt immer auch an Bildung. Jede nachhaltige Umwelt- oder HighTech-Strategie muss bei unseren Kindern beginnen. Kindergarten und Grundschule zählen intellektuell zur besten Zeit des Lebens. Ohne starke technisch-naturwissenschaftliche Beiträge in dieser Altersgruppe wird ein Bildungskonzept nicht tragen, wenn die Industrienationen im globalisierten Wettbewerb mit Innovationen bestehen und die Herausforderungen dieses Jahrhunderts beherrscht oder der erreichte Wohlstand gesichert werden sollen. Und hierzu gehören neben kreativ-technischen Einheiten auch HighTech-Einheiten. Die frühe positive Begegnung mit Technik hilft den Kindern, unsere heutige High-Tech-Welt und deren Zusammenhänge zu verstehen und ist für ein bleibendes Interesse sowie für die spätere Berufswahl von entscheidender Bedeutung. Hierzu Beiträge zu leisten, ist das Ziel von Lukas Experimenten, der experimentellen Kinderübersetzung des Forschungsschwerpunktes Optische Technologien.

Die Experimente und Fragestellungen richten sich an Kinder im Alter von 7 bis 13 Jahren und wurden von ihnen erprobt. Eine Begleitung durch Eltern oder Lehrer ist hierzu hilfreich, bisweilen auch notwendig. Das Themenheft zum künstlichen Licht ist aufgrund seiner Bedeutung umfassend dargestellt und soll Anregungen geben. Die einzelnen Themen können jedoch unabhängig und wahlweise behandelt werden.

Das Thema Green Photonics ist in 2 Bänden systematisch aufgearbeitet. Band 2 widmet sich dem Thema Solartechnologie (ab 2010). Der vorliegende Band 1 behandelt das Thema »LED, Licht und Beleuchtung«, erstmals in einem ganzheitlichen Ansatz. Die verschiedenen Methoden der Erzeugung von Licht, seine Funktionalitäten und Verfügbarkeit, Lichtverteilung und seine Umweltaspekte werden gemeinsam betrachtet. Die Fragestellungen werden in einem bunten Mix von Experimenten, geführten Fragen oder Bilderklärungen bewältigt. Die LED bildet dabei den Schwerpunkt, einfach weil sie die neueste Lampengeneration ist und neben den Energiesparlampen zu den wichtigsten Lampentypen der Zukunft gehört – Licht mit anderen Augen sehen.

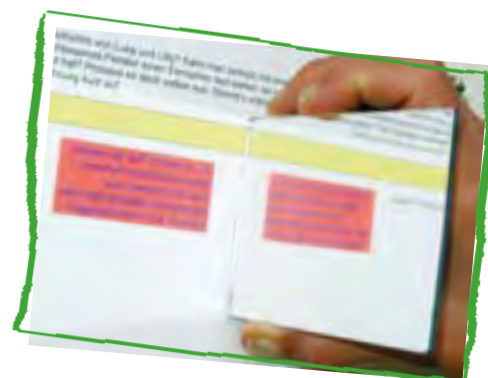
Dr. Eckhard Heybrock  
VDI Technologiezentrum GmbH



### Antwortfelder

Bei einigen Experimenten helfen dir Antwortfelder.  
Die Antworten sind in Spiegelschrift geschrieben.

Willst du sie lesen, musst du einen kleinen Spiegel an die richtige Seite des Textblocks anlegen. Probiere es einfach aus.





## ES WAR EINMAL ...

... eine Zeit, da gab es noch kein künstliches Licht auf der Erde. Am Tag schien die Sonne und nachts der Mond, wenn er denn zu sehen war. Sonst saßen Mensch und Tier im Dunkeln. Doch vor rund 700 000 Jahren änderte sich das.



Wahrscheinlich war es ein Gewitter. Mit einem furchtbarem Krachen war der Blitz in den Baum eingeschlagen. FEUER!

Die struppigen Urmenschen warfen sich auf den Boden, schrieten und jammerten. Noch nie hatten sie so etwas Mächtiges gesehen.

Und doch muss einer den Mut besessen haben, einen brennenden Ast aufzuheben und mitzunehmen. Ein früher Held. Denn der Besitz des Feuers gab seiner Sippe ganz neue Möglichkeiten.

Es taugte nicht nur, um sich daran zu wärmen, um Raubtiere abzuwehren und Fleisch zu braten. Es war auch eine tragbare Licht-

quelle. Von nun an waren die Menschen nicht mehr ans Tageslicht gebunden, wie die Tiere. Sie konnten Höhlen erkunden und sie zur Wohnung nehmen. Sie gruben tiefe Bergstollen und buddelten Salz und Metall-Erze aus der Erde. Und beim Geschichten-erzählen am Lagerfeuer haben sie sicher auch schnell ihre Sprache verbessert. Das heiße Licht wurde zum Schlüssel des Fortschritts.

Tausende Jahre war die offene Flamme die einzige Möglichkeit, Licht zu erzeugen. Zwar verbesserte man die Technik, indem man statt Holz lieber Öl oder Wachs verbrannte. Aber der große Nachteil der Methode blieb: Licht aus Feuer war gefährlich. Immer wieder gingen Häuser in Flammen auf, manchmal sogar ganze Städte. Gab es denn keine ungefährlichere Art, Licht zu machen? Doch, aber die Menschen mussten lange darauf warten.

Um 1820 ratterten sie zwar noch mit der Pferdekutsche durchs Land, aber einige Forscher experimentierten bereits mit elektrischem Strom. Diese seltsame Kraft konnte einen Metallfaden zum Glühen bringen – wie wir heute noch am Toaster sehen. Konnte man daraus nicht auch eine Lichtquelle machen?, fragten sich die



Forscher. Na klar! Wenn sie einen starken Strom durch einen sehr dünnen Draht leiteten, glühte der hell und weiß. Und damit er nicht durchbrannte, sperrten sie

ihn in eine Glasglocke und saugten die Luft darin ab. Die GLÜHLAMPE war erfunden, das erste Licht ohne Flamme. Bis es wirklich die Stuben erleuchtete, dauerte es aber noch fast bis 1900.

Dann erst wurde nämlich auch das Stromnetz aufgebaut.

Rund 100 Jahre blieb die Glühlampe die hellste Idee der Menschheit. In allen Formen und Farben strahlte sie – bis man vor ein paar Jahren anfang, sich um das Klima zu sorgen. Strom zu machen ist nicht nur teuer, sondern belastet oft auch die Umwelt. Und Glühlampen sind wahre Stromfresser. Den größten Teil verheizen sie sinnlos für Wärme, das weiß jeder, der sich beim Rausdrehen schon mal die Finger verbrannt hat. Was für eine Verschwendung!

Dabei hing in Büros, Kaufhäusern und Klassenräumen doch längst eine viel ‚coolere‘ Lösung herum: LEUCHTSTOFFLAMPEN. In diesen Glasröhren glüht kein Draht. Sie sind mit einem Gas gefüllt, das unter Strom zu leuchten beginnt. So erzeugen sie viel Licht und wenig Wärme, sind also sehr sparsam. Nur ihre Form galt lange als unpraktisch. Seit es aber gelungen ist, die Röhren zu kompakten Energiesparlampen zusammenzufalten, braucht eigentlich niemand mehr Glühlampen. In vielen Ländern dürfen die alten Stromfresser deshalb gar nicht mehr verkauft werden. Das Zeitalter der Glühlampe geht zu Ende.

Und wie wird das Licht von morgen aussehen? Lichtforscher sind sich sicher: Die Zukunft gehört den Leuchtdioden, auch LED genannt. In ihnen strahlt ein winziger Kristall, mindestens so sparsam wie die Leuchtstofflampe, aber viel stabiler und schneller einschaltbar. Als rote Kontrolllämpchen in der Musikanlage kennen wir LEDs schon lange, aber jetzt tauchen sie überall und in allen Farben auf: In der Taschenlampe und der Verkehrsampel, im Fahrradrücklicht und im Autoscheinwerfer ...

Und die Lichtforscher versprechen noch mehr: Sie wollen organische Leuchtdioden bauen, die platt und biegsam sind. Diese OLEDs sollen aussehen wie gewöhnliche Folie oder Klebestreifen und dabei erstrahlen wie ein Bildschirm. Es könnte sogar Vorhänge und Wände aus Plastik geben, die auf Knopfdruck in jeder Farbe leuchten.

Unglaublich?  
Ein Traum? Ja, aber einen, den wir sicher noch erleben.





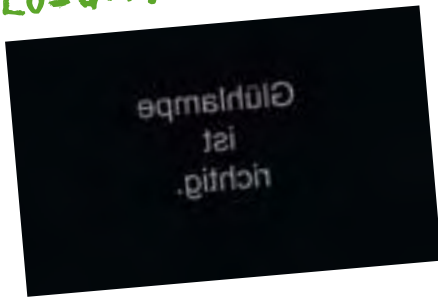
# 1 Alle Lampen

Wie macht man Licht, welche Lichtquellen gibt es, wie sieht das Licht der Zukunft aus und vor allem, wie macht man schönes Licht, helles Licht und umweltgerechtes Licht - in diesem Heft dreht sich alles um das künstliche Licht, das wir jeden Tag nutzen und das uns so vertraut geworden ist. Und trotzdem gibt es hier für uns sehr viel zu erforschen.

Und gleich zu Anfang die **Glüh..... \* Quizfrage 1: Wie heißt es richtig?**

1 – Glühlampe	2 – Glühbirne	3 – Glühluchte
---------------	---------------	----------------

**Lösung:**



\* **Lampen** sind künstliche Lichtquellen – also die »Geräte« zur Lichterzeugung.

\* **Leuchten** sind dagegen »Geräte« zur Halterung der Lampen und dienen der Verteilung des erzeugten Lichtes.

\* **Glühbirne** ist einfach nur so eine Art Spitzname für die uns so vertraute Glühlampe.

Die Begriffe »Lampe« und »Leuchte« werden im alltäglichen Sprachgebrauch von uns oft »falsch« verwendet. So sprechen wir von einer »Schreibtischlampe« oder einer »Taschenlampe«, richtiger wäre »Schreibtischleuchte« und »Taschenleuchte«.



**Du brauchst**

- 1 Taschenlampe

Sicher habt ihr eine Taschenlampe im Haus. Untersuche die Taschenlampe. Aus welchen Bestandteilen ist sie aufgebaut? Auf dem Bild sind die 5 Hauptbestandteile zu erkennen. Versuche jeweils die Aufgabe dieser Bestandteile zu beschreiben. Trage deine Vermutung in die leeren Felder ein:

**Aufgabe: Untersuche eine Taschenlampe**



1. Lampengestell – Aufgabe: .....
2. Schalter – Aufgabe: .....
3. Stromquelle – Aufgabe: .....
4. Glühlampe – Aufgabe: .....
5. Reflektor mit Abdeckglas – Aufgabe: .....

**Lösung:**



## Aufgabe: So viele Lampen

Lauf durch dein ganzes Haus oder deine ganze Wohnung und schreibe auf, wie viele Lampen du in jedem Zimmer zählst. Beim Zählen musst du schon sehr sorgfältig sein. Z. B. gibt es auch Lampen im Kühlschrank oder im Backofen, die man leicht übersieht, oder in der TV-Bedienung, oder in einer einzigen Leuchte können sich gleich mehrere Lampen befinden. Kerzen wollen wir dagegen nicht mitzählen.



Ort	Anzahl der Lampen
Wohnzimmer	
Küche	
Esszimmer/Essecke	
Badezimmer	
Mein Zimmer	
Keller	
Garage	
Garten	
<b>Zähle zusammen, insgesamt:</b>	

Vergleiche dein Ergebnis mit anderen Ergebnissen in deiner Klasse. Zähle einmal alle Lampen von allen Mitschülern zusammen. Trage das Ergebnis in das freie Feld ein.

Von der ganzen Klasse werden zu Hause insgesamt



Lampen verwendet !

## Aufgabe: So viele verschiedene Lampen

Bei deinem Rundgang durch dein Haus oder deine Wohnung ist dir bestimmt auch aufgefallen, dass du ganz viele verschiedene Lampen verwendest. Vielleicht könnt ihr ja in eurer Schule so eine Lampensammlung wie auf dem Bild anlegen.

Welche Lampen in der Sammlung kennst du schon? Es gibt diese Lampen in noch viel mehr verschiedenen Formen und Größen. Das Foto zeigt nur eine kleine Auswahl.



Ordne die Zahlen auf dem Foto den Lampenbezeichnungen in der Lampenübersicht **Spalte A** richtig zu. Dies ist nur ein erster Versuch. Versuche dabei die Bezeichnung zu verstehen. Wir werden gleich alle Lampen genau untersuchen.

<b>A</b> <b>Lampenübersicht:</b>	<b>B</b> <b>Welche Energie wird benötigt?</b>	<b>C</b> <b>Was leuchtet in der Lampe?</b>
<input type="checkbox"/> Glühlampe, klares Glas		
<input type="checkbox"/> Halogenlampe mit Reflektor und Stiftsockel		
<input type="checkbox"/> Glühlampe, mattiertes Glas		
<input type="checkbox"/> LEDs		
<input type="checkbox"/> Halogenlampe mit Stiftsockel		
<input type="checkbox"/> Glühlampe für Fahrrad und Taschenlampe		
<input type="checkbox"/> Halogenstab		
<input type="checkbox"/> Glühlampe mit Reflektor		
<input type="checkbox"/> Leuchtstoffröhre		
<input type="checkbox"/> Knicklichter		
<input type="checkbox"/> Energiesparlampe		
<input type="checkbox"/> LEDs mit Reflektor und Einschraubgewinde		
Platz für weitere Lampen, die du kennst		

← Lösung von Seite 9:

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100

**Aufgabe:** Welche Energie benötigen die Lampen?

Untersuche die Lampen auf dem Foto und versuche zu erkennen, welche Energie für die verschiedenen Lampen genutzt wird. Trage deine Vermutungen in die **Lampenübersicht** Spalte **B** ein.

**Ergebnis:**

Wir Menschen benutzen praktisch überall elektrisches Licht. Elektrisches Licht ist für uns Menschen sehr wichtig geworden.

**Merke:**

Alle Lampen brauchen **Energie**. Strom ist hierfür die wichtigste Energieform. Licht ist selbst auch nichts anderes als Energie. Dabei verbraucht jede einzelne Lampe nur wenig Energie. Aber viele Lampen leuchten oftmals mehrere Stunden, jeden Tag. Und durch die vielen Lampen kommt so eine sehr große Menge an Energie für Licht zusammen.  
**Licht ist Umweltfaktor!**  
Deswegen: Licht wieder ausschalten, wenn du es längere Zeit nicht benötigst.

Das Grundprinzip der Lichterzeugung ist immer das gleiche:

Wer Licht machen will, muss bis **2** zählen:

1. Man braucht Energie und
2. man braucht etwas, das leuchtet.

Und um das, was leuchten kann, geht es im nächsten Abschnitt.

# 2 Alles was leuchtet

## Aufgabe: Was leuchtet eigentlich in einer Lampe?

Untersuche nun die Lampen auf dem Foto und versuche zu erkennen, was in den Lampen leuchtet. Wenn du eine Lupe hast, umso besser. Trage deine Vermutungen in die **Lampenübersicht Spalte C** ein.

### Ergebnis:

Es gibt feste, flüssige und gasförmige Lichtquellen, z. B. Glühlampe, LED, Knicklicht, Leuchtstoffröhre, Energiesparlampe.

Dies ist aber nur ein erstes Ergebnis. Wir wollen jetzt die einzelnen Lampentypen genau untersuchen.

### Leuchten wie ein Glühwürmchen

Wir beginnen mit den ungewöhnlichsten Lampen in dieser Sammlung, den »Knicklichtern«. Knicklichter bestehen aus 2 Kunststoffröhrchen, einem äußeren und einem inneren. In den Röhrchen sind 2 unterschiedliche Flüssigkeiten enthalten. In dem Bild erkennst du den Aufbau. Biegt man das Knicklicht, dann zerbricht das innere Röhrchen und beide Flüssigkeiten vermischen sich. Durch einen chemischen Prozess wird Energie frei und in Form von Licht abgegeben.



Es gibt wichtige Beispiele aus der Natur für diese Art der Lichterzeugung, z. B. die Glühwürmchen.



Wenn man sich mit **Luka, dem Glühwürmchen**, und seinen echten Verwandten, also mit echten Glühwürmchen beschäftigt, so erkennt man schnell, dass dies ein besonderes Tierchen ist.

Eigentlich stimmt gar nichts an seinem Namen: Es glüht nicht, genau das Gegenteil ist sogar der Fall. Und es ist auch kein Würmchen, sondern es gehört zu der Familie der Käfer.

Es gibt eine große Vielfalt von Arten. Manche haben Stummelflügel, daher kommt die Bezeichnung Würmchen. Manchmal kann nur das Weibchen leuchten, manchmal nur das Männchen, manchmal auch beide. Glühwürmchen leuchten, um einen Partner anzulocken.

### Wie erzeugen Glühwürmchen ihr Licht, können wir hier etwas von der Natur lernen?

Allen Glühwürmchen ist gemeinsam, sie glühen nicht, sondern sie bleiben kühl, selbst wenn sie leuchten. In speziellen Zellen am Bauchende werden die Körperflüssigkeiten **Luciferin** und **Luciferase** produziert. Verbinden sich beide und auch mit Sauerstoff, so wird in dem Gemisch Energie frei und in Form von Licht abgegeben.

**Besonders ist:** Die meiste freigewordene Energie wird in Licht umgewandelt und nicht in Form von Wärme verschwendet. So wird den Glühwürmchen auf jeden Fall schon einmal nicht zu heiß. Damit das Licht weithin sichtbar ist, wenden die Glühwürmchen noch einen weiteren **Trick** an. Die Lichtzellen sind auf der Rückenseite mit einer hellen Schicht aus Salzkristallen ausgestattet.

## Aufgabe: Leuchten wie die Glühwürmchen »Die Glühwürmchenleuchte«



### Du brauchst

- 1 großen Salatlöffel
- 1 oder 2 Knicklichter (aus dem gutem Spielzeuggeschäft)
- Tesafilm
- 1 Teelöffel Salz
- 1 Becher Wasser
- 1 dunklen Raum



Du kannst dir recht einfach eine »Glühwürmchenleuchte« bauen.

1. Biege das Knicklicht, bis es kräftig leuchtet. Biege es zu einem Kreis zusammen und befestige die Enden mit einem Stück Tesafilm. Am besten, ihr macht das zu zweit. Du kannst natürlich auch 2 Knicklichter nehmen. Dann wird es heller.
2. Ein Suppenlöffel stellt den Rücken des Glühwürmchens dar. Befeuchte den Suppenlöffel, indem du ihn kurz in ein Glas Wasser tauchst. Streue Salz in die feuchte Innenfläche und lege das Knicklicht in den Löffel.

so leuchten die Glühwürmchen!

### Hinweis für Lehrer:

Knicklichter sind zwar zum Biegen gedacht. Du darfst sie jedoch nicht zu stark biegen. Sonst zerbricht auch das äußere Plastikröhrchen und die Flüssigkeiten fließen aus. Auch wenn gute Leuchtstäbe mit dem Attribut »non-toxic« (ungiftig) versehen sind, sollte jeder Kontakt mit den Flüssigkeiten auf Haut, in Augen oder Mund vermieden werden. **Das Experiment sollte daher unter Aufsicht durchgeführt werden und ist für Kinder unter 8 Jahren ungeeignet.**

## Aufgabe: Welche Aufgabe haben der Löffel und die Salzschiicht?

Vergleiche dabei mit dem Aufbau einer Taschenlampe. Schreibe deine Vermutung kurz auf.




---



---



---

Lösung von Seite 12:

Hohlspiegel oder Reflektor.  
Heute nennen wir so etwas  
Aufgabe, das Licht zu verteilen.  
Löffel und Salzschicht haben hier die



**Aufgabe:** Warum machen wir zuhause nicht Licht wie die Glühwürmchen, mit zwei Flüssigkeiten?

Schreibe deine Vermutung kurz auf.



Handwriting practice area with horizontal dotted lines.

Lösungsvorschlag:

Energieformen.  
wieder Strom. Man braucht also mehrere  
auszuschalten. Die Pumpen bräuchten aber auch  
Knicklichter gar nicht schnell an- oder  
die Flüssigkeiten recht lange, man kann die  
Pumpe an- oder ausschalten. Außerdem leuchten  
das Licht an- oder ausschalten. Müsste man eine  
Jeder Lampe in deiner Wohnung legen. Will man  
will man so viele Leitungen und Pumpstationen zu  
transportieren, an der Licht gebracht wird. Wie  
Flüssigkeiten kann man nur schwer an jede Stelle



Das ist alles viel zu kompliziert. Daher wird diese Art der Lichterzeugung nur für Spezialanwendungen genutzt, z. B. bei Lampen für Taucher.

**Ergebnis:**

Du siehst an diesem Beispiel, die »einfachste« Art Licht zu machen und Licht überall zur Verfügung zu stellen, ist Licht aus Strom.

**Hinweis für Lehrer:**

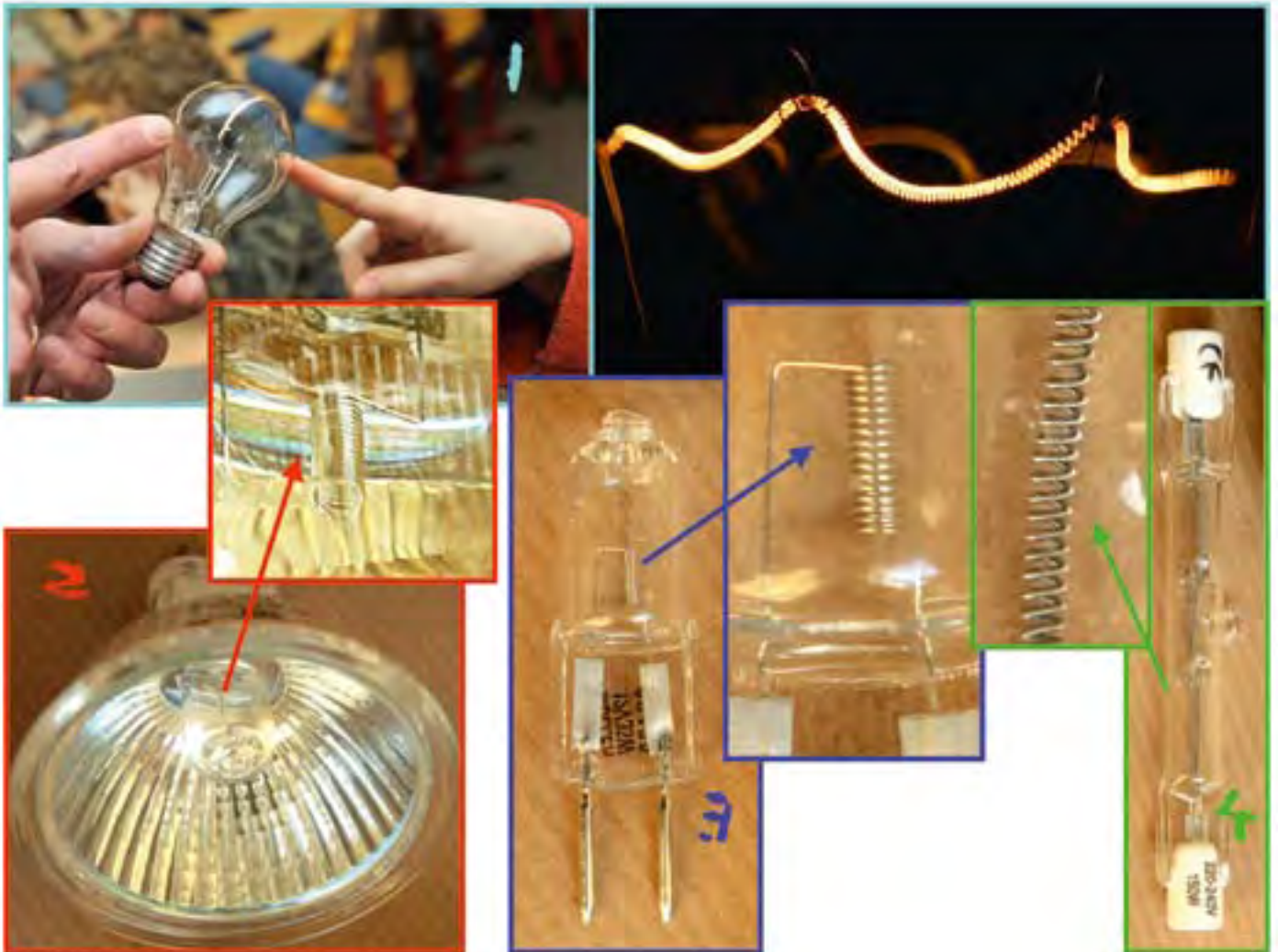
Dieses Ergebnis ist wichtig. Eine Erfindung führt nur dann zu einer Innovation, wenn alle Komponenten einer Wertschöpfungskette verfügbar sind. Dies war die große Leistung von Thomas A. Edison. Edison hat nicht die Glühlampe erfunden, er hat sie markttauglich gemacht, da er erstmals alle Komponenten zusammenfügte: stabilere Glühfäden, normierte Lampenfassung, Stromnetz, Vakuumpumpe usw.



Im Folgenden wollen wir daher nur noch elektrische Lampen untersuchen.

# Lampentyp 1: elektrische Lampen mit Glühdraht

Die einfachste Art mit elektrischem Strom Licht zu machen, ist die Verwendung eines Glühfadens.



Glühlampen \* Quizfrage 2: Wie heiß wird der Glühfaden einer Glühlampe?

1 – 500 °C

2 – 600 °C

3 – 1000 °C

4 – 1200 °C

5 – 2500 °C

6 – 3000 °C

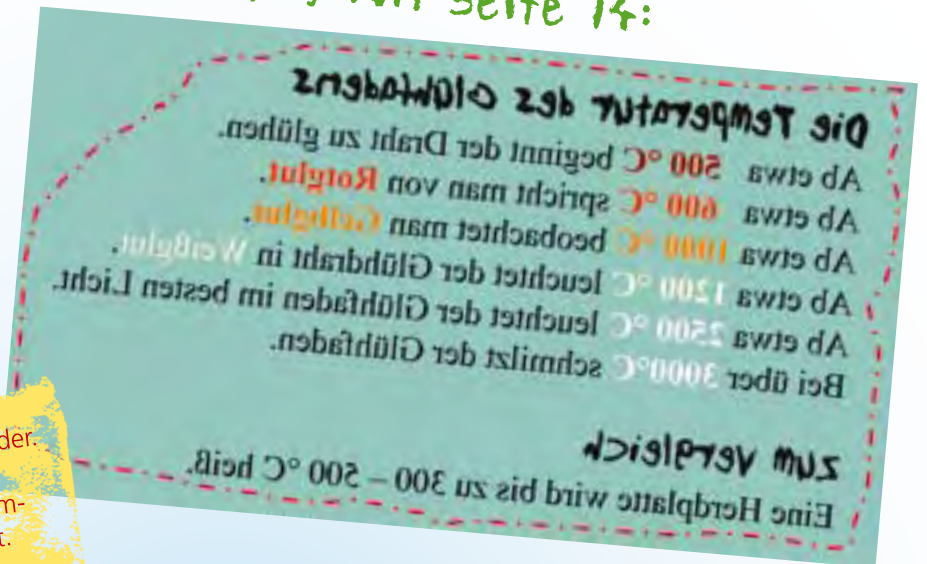
Keine Angst, die Glühlampe selbst beginnt nicht zu glühen. Das Gas schützt die Lampe vor der gewaltigen Hitze des Glühfadens. Aber du verstehst anhand dieser extremen Temperaturen, dass eine Glühlampe sehr viel Energie verschwendet.

In Glühlampen wird nur ein sehr kleiner Teil der elektrischen Energie in Lichtenergie umgewandelt. Fast die gesamte Energie geht als Wärme verloren.

Eigentlich müsste eine Glühlampe »leuchtender Ofen« heißen.



## Lösung von Seite 14:




### Merke:

Glühlampen sind Energieverschwender. Deswegen werden die Glühlampen auch langsam abgeschafft. Neue umweltgerechte Lampen stehen bereit.

### Hinweis für Lehrer:

#### Die EU-Richtlinie zum Ausstieg von der Glühlampe



Ende 2008 hat die EU aus Umweltschutzgründen einen schrittweisen Ausstieg von der Glühlampe beschlossen. Dieser Ausstieg sieht vor, dass es nach dem 01. September 2009 keine matten Glühlampen, ausgenommen Energieklasse A, und keine Glühlampen von mehr als 80 Watt im Handel mehr zu kaufen gibt. Jahr für Jahr werden dann mehr Lampen auch mit niedrigeren Leistungen aus den Regalen der Geschäfte verschwinden. Bis 2012 werden alle Glühlampen von mehr als 7 Watt aus dem Verkauf genommen. Weiterhin verfügbar sein werden jedoch Spezialglühlampen für besondere Anwendungen (z. B. für Backöfen etc.).

### Glühlampen \* Quizfrage 3:

Die älteste funktionierende Glühlampe der Welt ist eine alte Kohlefadenlampe in der Feuerwehrwache in Livermore, einer Stadt südlich von San Franzisko. Sie leuchtet dort seit 1901. Stimmt's?

### Lösung:

Ja, aber dies ist die absolute Ausnahme. Glühlampen leuchten normalerweise nur etwa 1.000 Stunden.



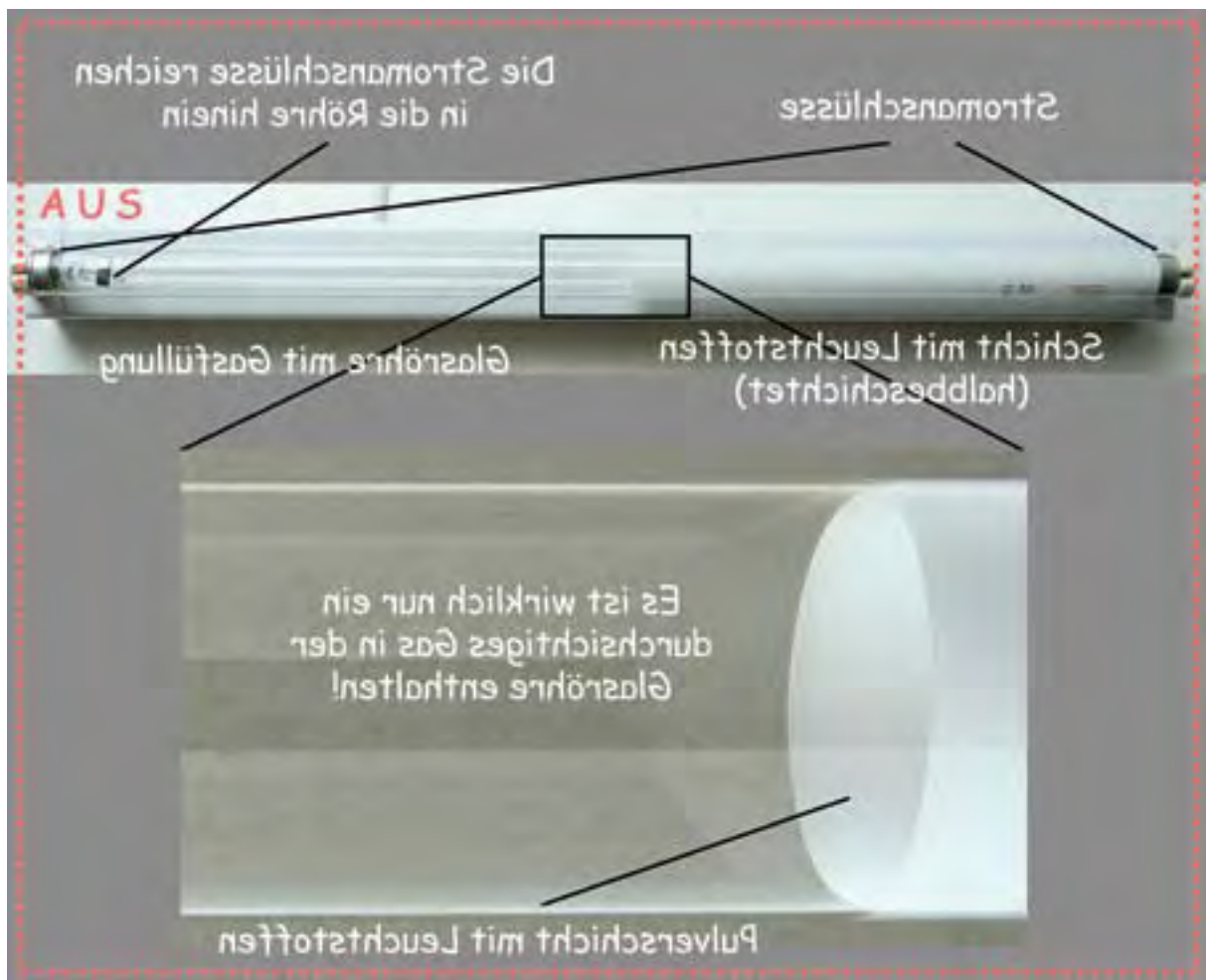
## Lampentyp z:

# elektrische Lampen mit Gas und Leuchtstoffen

Zu diesem Lampentyp gehören alle Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen.  
Wir wollen zunächst die Leuchtstoffröhre untersuchen.

## Aufgabe: Aufbau einer Leuchtstofflampe

Wir haben uns extra eine Spezialanfertigung einer Leuchtstofflampe zusammensetzen lassen.  
Die Röhre dieser Spezialanfertigung besteht bis zur Hälfte aus klarem Glas. Deswegen kannst du auf dem Foto in die Lampe hineinschauen.



Versuche zu beschreiben, was du alles in der Leuchtstoffröhre

erkennst und **ergänze den Lückentext:**

Die Röhre ist an beiden ..... mit einem ..... versehen.

Die ..... reichen bis in die Gasfüllung hinein.

Die Röhre ist mit einem speziellen ..... gefüllt und luftdicht abgeschlossen.

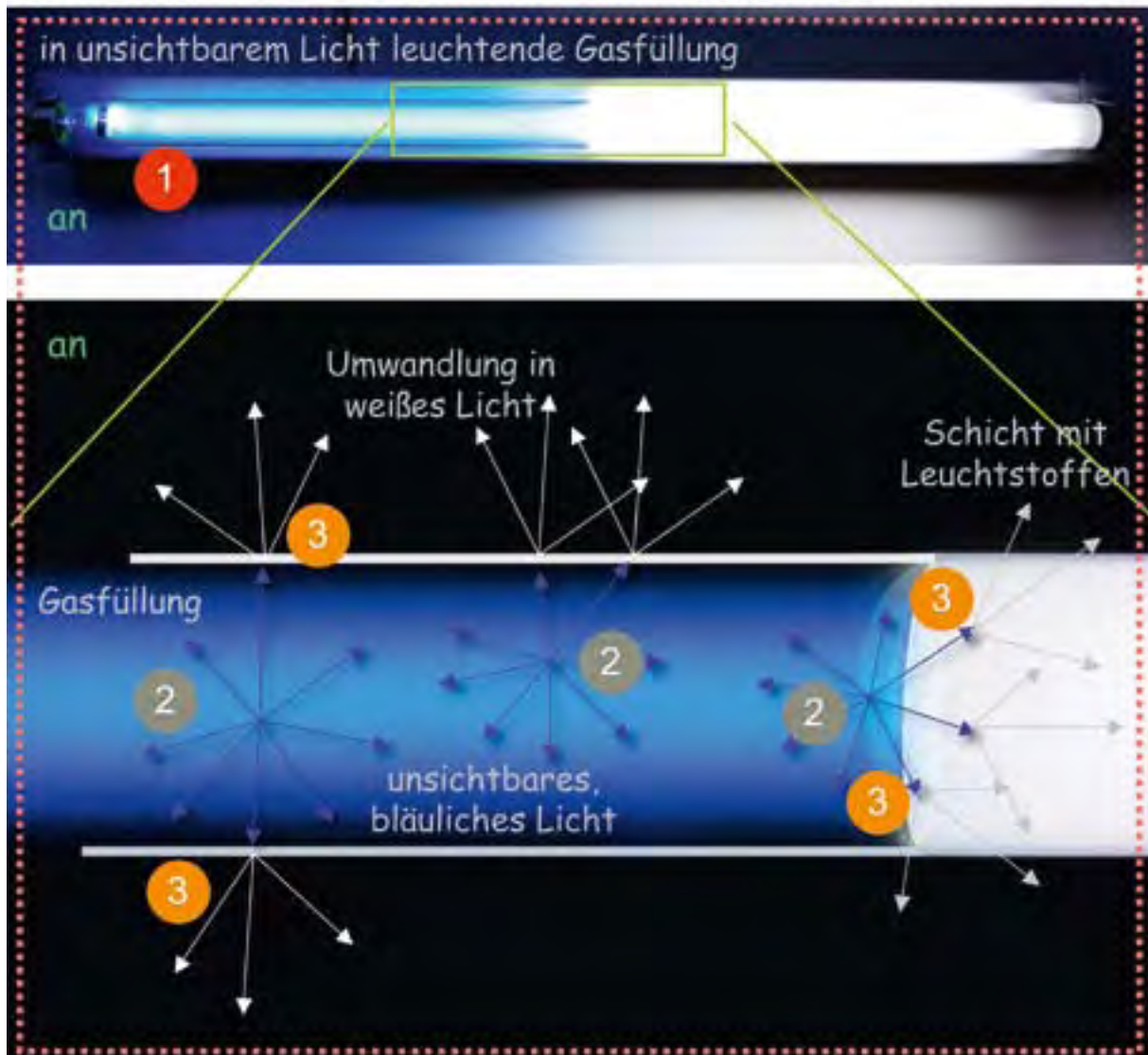
Die Röhre ist von innen mit einer ..... ummantelt.

## Wie funktioniert eine Leuchtstofflampe ?

Wie man mit einer solchen Konstruktion Licht machen kann, zeigt dir das Leuchtstofflampen-Poster.

# Leuchtstofflampen \* Poster

so funktioniert eine Leuchtstofflampe!



- 1 Strom kann durch diese spezielle Gasmischung fließen.
- 2 Dabei fängt das Gas an zu leuchten, praktisch wie ein andauernder Blitz. Aber in diesem speziellen Gas leuchtet der Blitz in einer unsichtbaren, bläulichen Farbe. Man nennt diese Farbe Ultraviolett. Nur ein kleiner Teil des blauen Lichts ist für uns Menschen sichtbar.
- 3 Dieses unsichtbare, bläuliche Licht im Innern der Röhre trifft nun auf die Leuchtstoffschicht. Die Leuchtstoffe wandeln das unsichtbare, bläuliche Licht in sichtbares, weißes Licht um.

### Hinweis für Lehrer:

In der Leuchtstoffschicht wirken verschiedene Leuchtstoffe zusammen. Sie erzeugen aus dem UV-Licht verschiedene Farbbanden, die für unser Auge den weißen Farbeindruck entstehen lassen.

## Die Energiesparlampe

Energiesparlampen sind Leuchtstofflampen. Nur sind sie sehr verkleinert. Man hat dies erreicht durch »Aufwickeln« der langen Glasröhre.



**Links** siehst du auf dem Foto eine Energiesparlampe in Kompaktauform. Neueste Energiesparlampen wie auf dem Bild **rechts** gibt es allen Weißtönen, Helligkeitsklassen und Formen. Energiesparlampen können daher heute schon in sehr vielen Bereichen eingesetzt werden. Man muss oftmals sehr genau hinsehen, um heute überhaupt noch zu erkennen, dass es sich um eine solche moderne Lampe handelt. Unter dem Glas ist jedoch die Röhrenstruktur zu erkennen.

### Merke:

Energiesparlampen verbrauchen etwa 8-mal weniger Energie und halten etwa 8-mal länger als die heutigen Glühlampen. Energiesparlampen sind Umweltschutz. Umweltschutz ist hier sofort möglich. Hier kann jeder sofort Energie sparen.



Auch zur Straßenbeleuchtung benutzt man verschiedene Formen der Leuchtstofflampen. Hier ist vor allem wichtig, dass diese Lampen möglichst wenig Energie verbrauchen.

An Straßen und Plätzen, an denen weißes Licht nicht so wichtig ist, verwendet man daher sogar elektrische Lampen mit einer besonderen Gasfüllung: Natriumdampf.

Natriumdampf leuchtet in sehr hellem, gelblichen Licht. Hier benötigt man also keine Leuchtstoffe mehr. Diese Lampen verbrauchen noch weniger Energie.

Hinzu kommt, dass unser Auge gelbes Licht viel besser sehen kann. So spart man doppelt Energie.

Auch das bunte Licht der **Reklameschilder** stammt oftmals aus Leuchtstoffröhren. Bei ihnen wird das Glas kunstvoll gebogen und zusätzlich noch farbig eingefärbt.



## Eine kleine Lampenkunde

Wir werden in diesem Heft die **3** wichtigsten Lampentypen für elektrisches Licht kennen lernen.

### 1. Lampen mit glühendem Draht

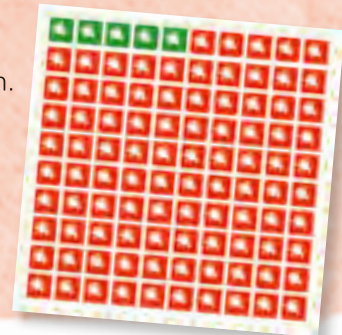
In herkömmlichen Lampen bringt Strom einen Draht zum Glühen. Dies ist der erste und heute verbreitetste Lampentyp. Nach diesem Prinzip funktionieren:

**Glühlampen:** Dabei wird nur ein sehr kleiner Teil der elektrischen Energie in Licht umgewandelt. Der große Rest geht als Wärme verloren.

**Halogenlampen:** Sie sind eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Glühlampen. Dem Füllgas wird das Spezialgas Halogen beigegeben. Die Lampen werden heißer und damit auch heller. Die Lichtausbeute ist jedoch nur leicht höher als bei normalen Glühlampen. Wissenschaftlich nennt man diese Lampen **Incandeszenzlampen**.

#### Technische Daten:

Leuchtdauer: ca. 1.000 Stunden  $\approx$  42 Tage Licht  
 Lichterzeugung aus Strom: ca. 5 %  
 (siehe Bild: 5 Teile Licht, 95 Teile Energieverlust)



### 2. Leuchtstofflampen

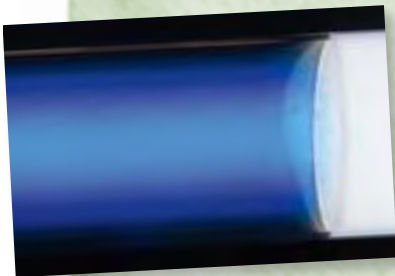
Leuchtstoffröhren bestehen aus einem Glasrohr, das mit einem Gas gefüllt ist und auf der Innenseite mit einer Leuchtstoffschicht belegt ist. Unsichtbares Licht entsteht in dem Gas und wird in der Leuchtstoffschicht in weißes Licht umgewandelt.

Zu diesem Typ gehören auch die **Energiesparlampen:** Bei diesen modernen Leuchtstofflampen wurde die Röhre verkleinert und aufgewickelt. Sie lassen sich z.B. in Fassungen für Glühlampen schrauben.

Wissenschaftlich nennt man diese Lampen **Fluoreszenzlampen**. Sie sind heute der wichtigste Lampentyp überhaupt.

#### Technische Daten:

Leuchtdauer: ca. 8.000 Stunden  $\approx$  330 Tage Licht  
 Lichterzeugung aus Strom: bis 40 %  
 (siehe Bild: 40 Teile Licht, 60 Teile Energieverlust)



### 3. Leuchtdiode (LED)



Die LEDs wollen wir in den folgenden Experimenten erst genau kennen lernen. Sie sind ganz neue Lichtquellen. In ihnen leuchtet ein kleiner Kristall. Sie gelten als eine Lampe für das Licht der Zukunft, weil sie heute am meisten Licht aus der Energie erzeugen. Wissenschaftlich nennt man diese Lampen **Lumineszenzlampen**.

#### Technische Daten:

Leuchtdauer: ca. 20.000 Stunden  $\approx$  830 Tage Licht  
 Lichterzeugung aus Strom:  
 heute 40 %, zukünftig 60 %  
 (siehe Bild: 60 Teile Licht,  
 40 Teile Energieverlust)



### Das Umweltschild für Lampen

Sicherlich kennt ihr das Umweltschild schon von der Waschmaschine oder dem Kühlschrank. Es zeigt an, wie umweltverträglich die Maschinen arbeiten oder ob sie zuviel Strom verbrauchen.

Lampen verbrauchen unterschiedlich viel Strom: Es gibt Energiesparlampen und wahre Stromfresser. Wir verbrauchen heute viel mehr Strom für Beleuchtung als nötig wäre.



Daher kennzeichnet man heute in ganz Europa auch jede Lampe auf der Lampenverpackung mit dem gleichen Umweltschild zur Einordnung der Umweltverträglichkeit.

**Aufgabe:** Versuche die Lampentypen aus deinem Haus in das **Umweltschild** einzuordnen. Bewerte das Ergebnis.

### Tipp:

Du kannst dazu auch einmal eine Lampenabteilung in einem großen Kaufhaus oder Baumarkt besuchen. Hier findest du alle Lampenarten mit Verpackung und Beschreibung.

## Aufgabe: Warum brauchen wir überhaupt so viele unterschiedliche Lampenarten?

Warum verwenden wir jetzt nicht nur noch Energiesparlampen?  
Schreibe deine Vermutung kurz auf.

.....

.....

.....

.....

.....

## Lösungsvorschlag:

### Kein Licht leuchtet ewig

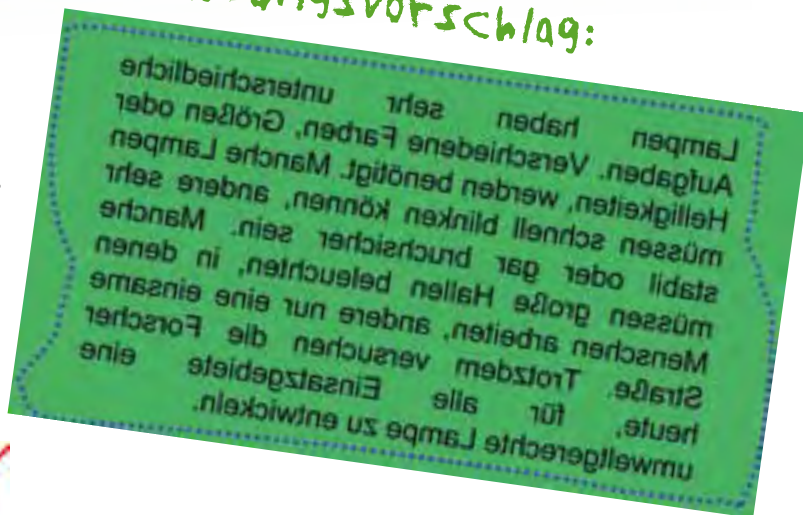
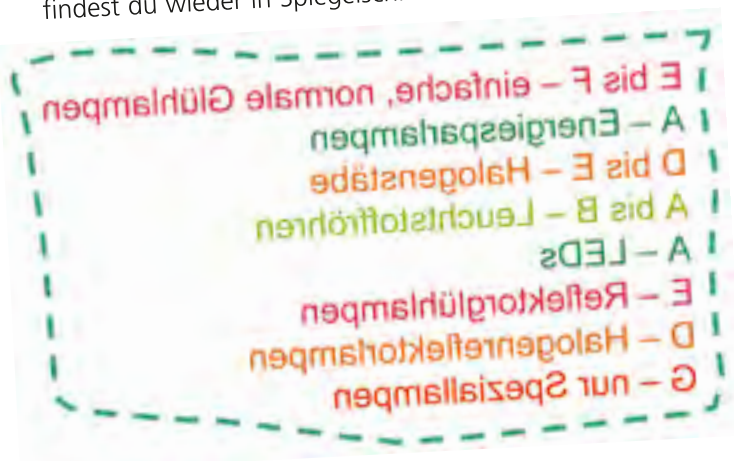
Moderne Lampen halten heute sehr lange, oft viele Jahre. Wohin aber mit den alten Lampen?

**Glüh- und Halogenlampen** bestehen aus Glas und Metall. Sie kommen in den **Hausmüll**.

**Leuchtstofflampen**, zu denen ja auch die Energiesparlampe gehört, enthalten geringe Mengen an Quecksilber und recyclingfähigem Leuchtstoff. Quecksilber ist ein sehr giftiges Schwermetall und darf nicht in die Umwelt gelangen.



Eine **Lösung für Seite 20** findest du wieder in Spiegelschrift:



Diese Lampen dürfen daher nicht zerbrechen und nicht in die normale Mülltonne gegeben werden. Sie sind Sondermüll und werden z. B. bei einem **Wertstoffhof** oder bei der Schadstoffsammelstelle in deiner Stadt fachgerecht entsorgt. Hier werden das Glas, Metall, der Leuchtstoff und das Quecksilber recycelt. Und auch viele Händler nehmen alte Energiesparlampen zurück.

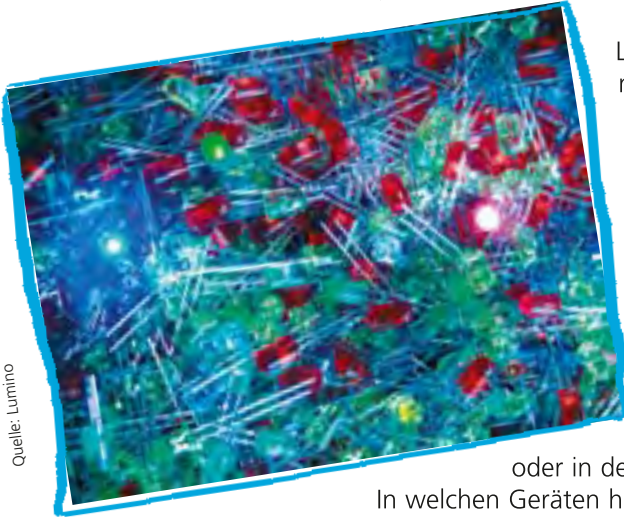
Jetzt ist es richtiger Umweltschutz.

Für **LEDs** gibt es noch keine solche Regelung. Größere **elektrische Schaltungen mit LEDs** werden ebenfalls im Wertstoffhof abgegeben und dort wieder recycelt.

# 3 Lampentyp 3: die LED

Und jetzt kommen wir zu dem neuesten Lampentyp, der LED.

Alles was eine LED hat



Quelle: Lumino

LEDs finden heute immer mehr neue Einsatzgebiete. **Früher**, als die ersten LEDs nur schwach rot leuchten konnten, fand man sie nur in modernen Armbanduhren oder als kleine Kontrollleuchten.



**Heute** sind LEDs in vielen sehr unterschiedlichen Produkten zu finden und nahezu täglich kommen neue Anwendungen hinzu.

Wo verwendest du zu Hause oder in deiner Umgebung schon LEDs?  
In welchen Geräten hast du LEDs schon kennen gelernt?



Das Foto soll dir nur eine kleine Hilfe sein. Du kennst bestimmt viel mehr Geräte. Straßenlaternen mit LEDs sind dagegen noch sehr selten. Das Foto zeigt dir die ersten LED-Straßenlampen in Deutschland. Sie wurden erst im Dezember 2007 in Düsseldorf in Betrieb genommen.



## Aufgabe: Wo hast du schon LEDs kennen gelernt?

Trage die LED-Produkte in die Tabelle ein. Schreibe hier auch dazu, in welcher Farbe die LEDs leuchten und welche Aufgabe sie dabei haben. 2 Beispiele sind schon eingetragen.

Produkt mit LEDs	Farbe des LED-Lichtes	Aufgabe der LED
TV-Fernbedienung	Infrarot (unsichtbar)	Signale geben
LED-Flummi	blau	in einem Spielzeug blinken



### Tipps:

Wie der Trick mit der TV-Fernbedienung funktioniert, kannst du im Heft Luka II auf Seite 8 nachsehen. Dann verstehst du auch, was die Schüler auf dem Foto gerade sehen können.



### Aufgabe: Eigenschaften von LEDs

LEDs sind schon eine besondere Lichtquelle. Versuche die Eigenschaften von LEDs, die du in der Tabelle zusammengetragen hast, einmal zusammenzufassen. Schreibe kurz auf:

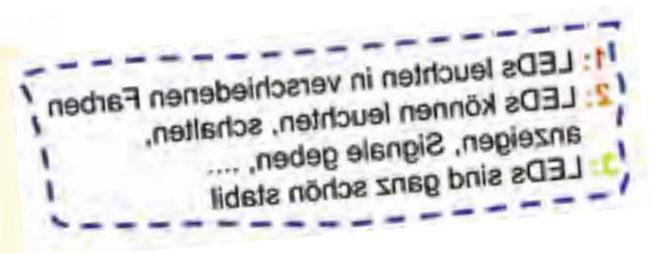
Ergebnisse deiner Übersicht:



.....

.....

.....



Und das wichtigste Ergebnis, das kommt erst noch!

# unsere LICHTWERKSTATT

Bevor es ans Experimentieren geht, richten wir uns erst unsere Lichtwerkstatt ein. Hier werden nun alle Komponenten bereitgelegt.



## Du brauchst

- steckbare Reihenklemmen (mindestens 2 Stecker und 2 Steck»dosen«, am besten je 10 Stück)
- einfache LEDs (3 LEDs in den Farben rot, grün, gelb)
- helle LEDs (4 LEDs in den Farben rot, grün, blau, und weiß (Achtung: helle LEDs sind meistens klar und durchsichtig, egal in welcher Farbe sie leuchten))
- Widerstände (47 Ohm, mindestens 1 Stück, am besten 3 Stück)
- 1 kleinen Schraubenzieher (Schlitzform)
- Batterien (1,5 Volt, Mignon AA, mindestens 2 Stück, am besten 6 Stück)
- Batteriehalter (für 2 Mignon-Batterien, mindestens 1 Stück, am besten 3 Stück)
- Anschlusskabel (für den Batteriehalter, mindestens 1 Stück, am besten 3 Stück)
- 3 Nägel mit flachem, schmalen Kopf (Durchmesser 2 mm, Länge 40 mm)
- Verlängerungskabel (nur als Luxusausstattung, jeweils ca. 40 cm schwarzes und rotes Kupferkabel, Querschnitt: 1 mm<sup>2</sup>)
- 1 Tastschalter (nur als Luxusausstattung, 1 Stück)

Versuche alle beschriebenen Komponenten auf dem Foto zu entdecken. Im Anhang findest du ein genaues Bestellverzeichnis.



## Hinweis für Lehrer:

Der dargestellte Experimentiersatz ist möglichst einfach (kein Löten, keine Akkus, möglichst nur eine Batterieart, nur eine Widerstandsgröße, etc.) und möglichst preiswert gehalten. Er funktioniert immer. Wir haben dabei versucht, dass möglichst viele Experimente mit immer den gleichen Elementen durchgeführt werden können. Die dargestellte Lichtwerkstatt ist sehr gut ausgestattet. Es genügt zur Durchführung der Experimente schon eine viel kleinere Zusammenstellung, wie auf dem beistehenden Foto und durch die Mindestangabe gekennzeichnet: Die kleinste **LICHTWERKSTATT**.

Auch wurden nur »sehr einfache« LEDs verwendet, die sogenannten radialen LEDs. Aber selbst diese einfachen LEDs gibt es in vielen unterschiedlichen Bauformen, so dass u. U. Abweichungen zu den Fotos entstehen können. Das physikalische Prinzip und der technische Grundaufbau sind jedoch immer gleich.

Auch die Batterien sind nicht von allen Herstellern gleich. 1,5 V Mignon Zellen haben in der Regel eine Spannung von 1,6 V, Akkus dagegen nur 1,2 V. Diese »geringfügigen« Unterschiede können jedoch für den Betrieb von LEDs teilweise sehr große Unterschiede bedeuten. Im Anhang sind daher verschiedene Batterie-LED-Kombinationen vorgeschlagen und durchgerechnet.

In den Experimenten verabreden wir, dass der **+ Pol** immer mit **rotem** Kabel und der **- Pol** immer mit **schwarzem** Kabel angeschlossen wird.



## Wir untersuchen eine LED

LEDs sind sehr kleine Bauteile, viel kleiner als eine Glühlampe. Einige Bestandteile der LED kann man mit bloßem Auge sehr gut erkennen. Einige Teile sind jedoch so klein, dass du eine gute Lupe benötigst.



- Du brauchst**
- 1 LED mit durchsichtiger Plastikcappe
  - 1 Lupe (Vergrößerungsglas)

**Aufgabe:** Untersuche die LED und schreibe kurz auf, was du alles erkennen kannst.

.....

.....

.....

.....

**Aufgabe:** Vergleiche nun mit dem LED-Poster. Die Bilder wurden mit einer extra starken Lupe gemacht. Hast du das alles so gesehen? Außerdem ist hier eine Zeichnung zu sehen, wie die Lichtstrahlen die LED verlassen. Beschrifte das Poster auf den eingezeichneten Linien.

# LED Poster

so sieht eine LED unter einer "super" lupe aus!

**Siehst du die Stelle für den Leuchtkristall?**

Die Kappe schützt den Kristall und die feinen Drähte und hält alles zusammen.

Die Kappe ist oben wie eine Linse geformt. Damit wird das Licht aus dem Leuchtkristall besser verteilt.

Im Hohlspiegel liegt der Leuchtkristall. Er ist mit 2 Drähten an den + Pol und den - Pol angeschlossen.

In manchen Bauformen wird nur der Draht zum + Pol benötigt. Dann ist der Kristall direkt auf den - Pol geklebt.

kurzes Beinchen

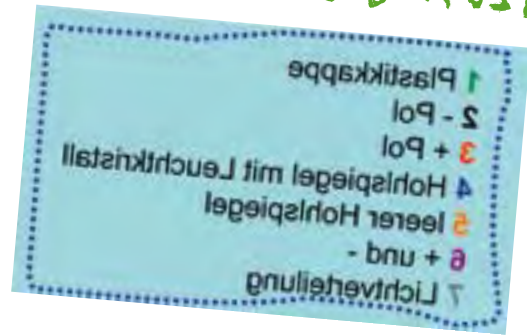
langes Beinchen

Erkennst du, wie der Hohlspiegel und die Plastikhaube das Licht aus dem Kristall nach vorne verteilen?

## Merkregel:

Weil das Pluszeichen einen Strich mehr hat als das Minuszeichen, ist auch der + Pol etwas länger. Das längere Beinchen ist der + Pol, das kürzere Beinchen ist der - Pol.

## Lösung zum LED-Poster:



## Was ist ein Leuchtkristall?

Dass viele Materialien und Stoffe leuchten können, habt ihr ja schon gesehen. Kristalle sind euch auch schon häufig begegnet. Ihr kennt Kristalle z. B. als Zucker oder Salz oder Schmucksteine wie die roten Rubine oder die klaren Diamanten. Ein Leuchtkristall in einer LED ist ein Kristall, den es in der Natur so nicht gibt. Es ist ein künstlich hergestellter Kristall.



Das Ursprungsmaterial, aus dem die LEDs hergestellt werden, ist ein grauer, harter, schwerer, glänzender Kristall. In dem Bild untersuchen Schulkinder einen solchen Kristall.

Dieser Kristall wird in sehr dünne Scheiben gesägt. Die Scheiben werden dann mit 2 unterschiedlich elektrisch geladenen Materialien weiterbehandelt.

Hierzu können wir einen Versuch machen.

### Du brauchst

- 1 Stück Würfelzucker
- schwarze und rote Farbe aus deinem Farbtuschkasten
- 1 Pinsel, Wasser

Die rote und die schwarze Tusche sollen die beiden elektrisch geladenen Materialien darstellen. Das Stück Würfelzucker soll ein Stückchen aus dem Grundkristall sein. Halte nun einen mit roter Farbe getränkten Pinsel an die eine Seite des Würfelzuckers, dann einen mit schwarzer Farbe getränkten Pinsel an die andere Seite.



Der Zucker hat die Farben aufgesogen. Du kannst ihn jetzt natürlich nicht mehr essen!

Was beobachtest du? Schreibe kurz auf.

.....

.....

.....

Wenn es für den Zuckerkristall nicht zuviel Flüssigkeit war, dann entstehen auf diese Art und Weise 2 unterschiedliche Kristallhälften. Da es sich bei den Zusatzmaterialien in Wirklichkeit um 2 unterschiedlich elektrisch geladene Materialien handelt, entsteht so ein neuer Kristall mit zwei elektrischen Polen. Legt man hier Strom an, dann würde der echte Leuchtkristall genau an der Grenzschicht, an der sich diese beiden Pole berühren, leuchten.



In Wirklichkeit sind die LED-Schichten sehr dünn. Je nachdem, was man hier für Kristalle und Materialien verwendet hat, leuchten die LEDs in einer bestimmten Farbe.

**Zum Schluss:** Wenn die Schichten fertig aufgebracht sind, wird die gesamte Kristallscheibe in sehr viele, sehr kleine LED-Kristalle geteilt. Der LED-Kristall ist fertig.

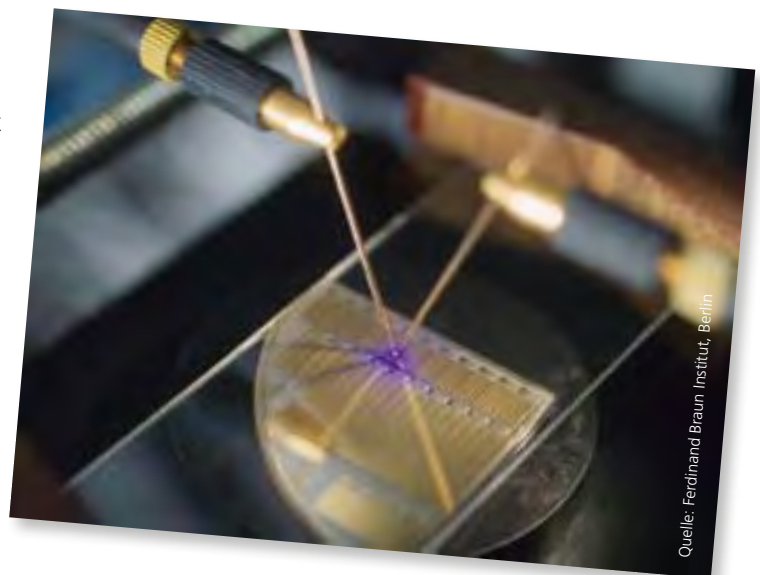
### Merke:

- \* Ein LED-Kristall ist ein künstlicher, sehr kleiner Kristall.
- \* Er besteht aus mindestens 2 dünnen Schichten (1) mit 2 unterschiedlich elektrisch geladenen Materialien.
- \* Die Schichten sind auf einen Grundkristall (3) aufgebracht.
- \* Der Kristall leuchtet an der Grenzschicht (2), sobald man Strom (4) an die beiden Schichten anlegt.
- \* Das in der Grenzschicht entstehende Licht durchdringt die LED-Schichten (1). Der Kristall leuchtet.

Das Foto zeigt dir fertige LED-Kristalle. Ein Kristall wird gerade getestet. Er leuchtet blau auf, sobald er mit 2 Stromkontakten berührt wird.

### Warum sind die Kristalle so klein?

Diese Frage ist gar nicht einfach zu beantworten. Strom kann nicht sehr gut durch den LED-Kristall fließen. So ein Kristall ist einfach kein guter Stromleiter. Damit der Strom nur kurze Wege fließen muss und der Kristall gleichmäßig leuchtet, macht man die Kristalle nur sehr klein.

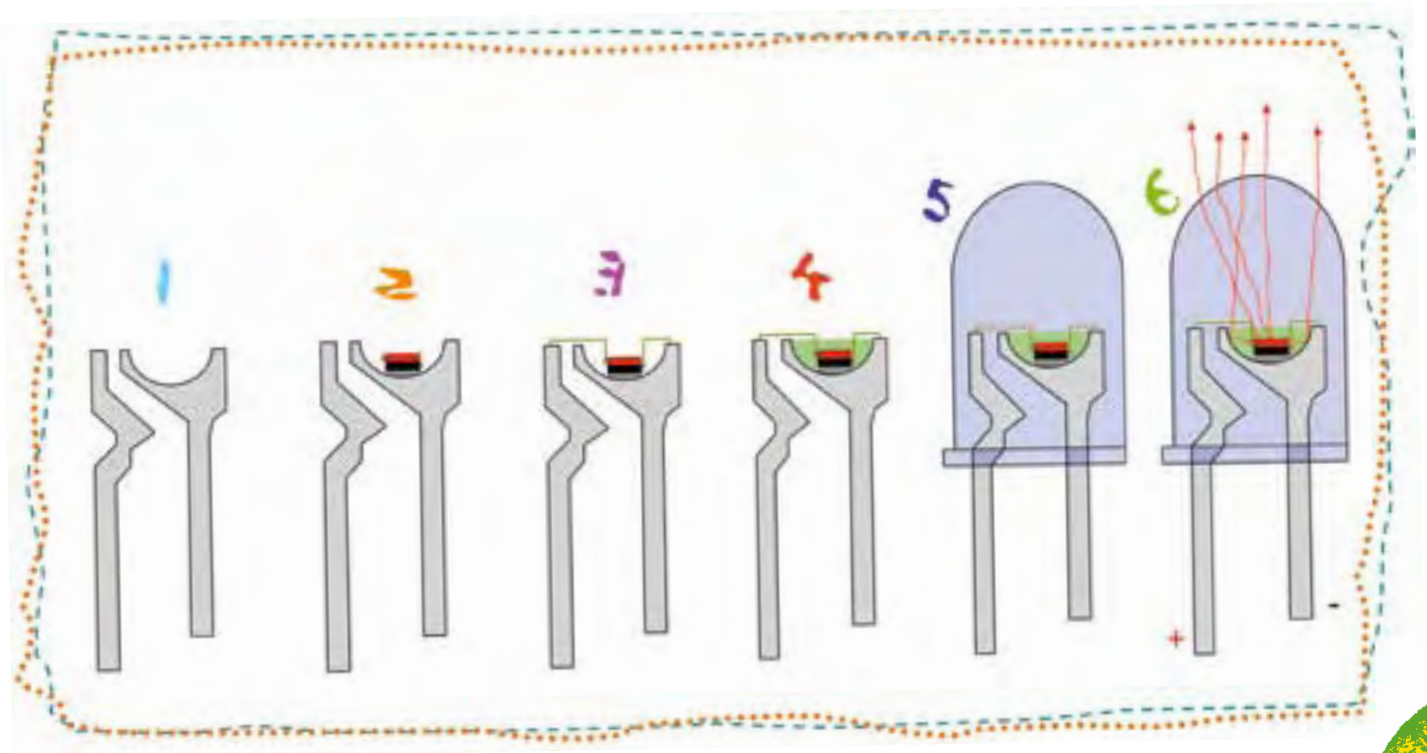


Quelle: Ferdinand Braun Institut, Berlin

## In der LED-Fabrik

Wie du dir bestimmt vorstellen kannst, kann man eine LED nicht von Hand herstellen. Die meisten Teile sind zu klein dafür. Hier müssen uns in der LED-Fabrik Maschinen helfen.

**Aufgabe:** Auf dem Bild erkennst du die **Herstellung einer LED** in 6 Schritten. Beschreibe kurz, was die Maschinen bei jedem Schritt tun müssen.



**1. Schritt:** Eine Maschine nimmt die beiden Kontaktbeinchen, den längeren + Pol und den kürzeren - Pol mit dem kleinen Hohlspiegel und hält sie fest.

**2. Schritt:** Eine Maschine

.....

.....

**3. Schritt:** Eine Maschine

.....

.....

**4. Schritt:** Eine Maschine

.....

.....

**5. Schritt:** Eine Maschine

.....

.....

**6. Schritt:** Eine Maschine testet die fertige LED, Strom fließt hindurch, die LED leuchtet. Die Maschine misst auch, wie hell die LED leuchtet und sortiert alle LEDs nach ihrer Helligkeit. Nur gute LEDs werden dann verkauft oder in Geräte eingebaut.

✪ Fertig ✪

Das machen die Maschinen jeden Tag, von morgens bis abends. Eine LED herzustellen dauert dabei nur wenige Sekunden. Kannst du dir vorstellen, wie viele LEDs es inzwischen auf der ganzen Welt gibt? Diese Zahl ist einfach zu groß, es gibt inzwischen unzählig viele LEDs auf der Welt.

## Lösungsvorschlag:

- zu 2.: ... legt den Leuchtkristall in den Hohlspiegel.
- zu 3.: ... verbindet mit einem dünnen Draht den einen Kontakt auf dem Leuchtkristall mit dem + Pol. Dann verbindet die Maschine mit einem weiteren dünnen Draht den anderen Kontakt auf dem Leuchtkristall mit dem - Pol.
- zu 4.: ... füllt den Hohlspiegel mit einem Tropfen Kit auf. Jetzt ist der Kristall fest auf dem Hohlspiegel eingeschlossen.
- zu 5.: ... presst nun eine Form mit weichem Kunststoff über das Ganze. Nur die beiden Beinchen vom + Pol und - Pol gucken heraus. Der Kunststoff wird schnell hart. So entsteht die Plastikkappe.

## Experiment:

Der 1. Versuch \* Wir schließen eine LED elektrisch an



### Du brauchst

- 1 rote LED
- Batteriehalter, 2 Batterien, Batterieanschlusskabel
- 47 Ohm Widerstand, 1 Nagel
- 3 Stecker, 3 Steckdosen



Jetzt geht es endlich los. Am besten du legst dir die einzelnen Bauteile genauso hin, wie auf den folgenden Fotos abgebildet.

### 1. Schritt: LED in einen Stecker einbauen.

Schraube das lange Beinchen, den + Pol, in den oberen Kontakt.

Schraube das kürzere Beinchen, den – Pol, in den unteren Kontakt.

Prüfe, ob die LED fest eingeschraubt ist. Biege die LED vorsichtig nach oben.



### 2. Schritt:

Einen **Widerstand (Strombegrenzer)** zwischen einen **Stecker** und eine **Steckdose** einbauen.

Du brauchst den Widerstand, um die LED vor zuviel Strom aus der Batterie zu schützen. Ein Widerstand leitet den Strom nur schlecht. So sorgt er dafür, dass nicht zuviel Strom in die LED fließen kann.

Biege den Widerstand an den Enden um, so dass er etwa gleich lang ist wie der Nagel.

Schraube nun den Nagel zwischen Stecker und Steckdose.

Schraube nun den Widerstand zwischen Stecker und Steckdose.

### Tipp:

Am besten macht man das Einschrauben zu zweit.

Zum besseren Anfassen steckt man einen leeren Stecker oder eine leere Steckdose vor den jeweiligen Stecker. Dies ist in der Bildmitte gezeigt. So sitzen die Bauteile sicher richtig.

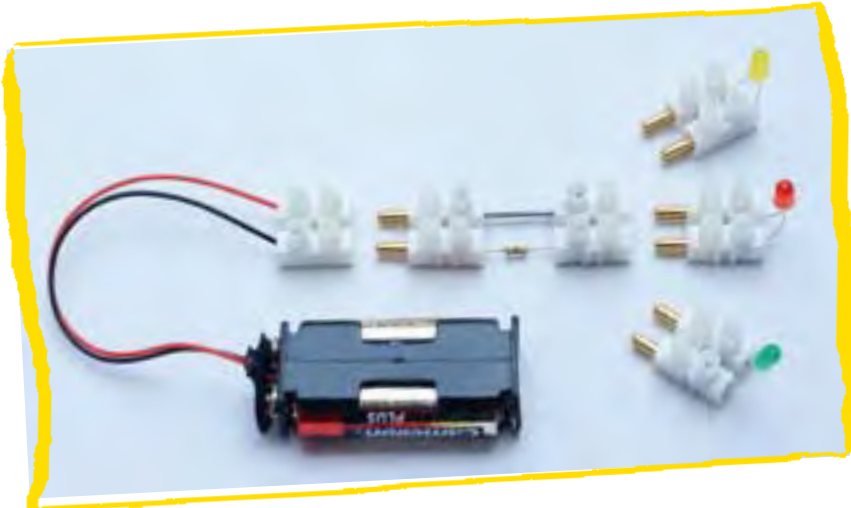
### Hinweis für Lehrer:

Es ist zwar egal, ob der Widerstand in den oberen Kontakt oder in den unteren Kontakt geschraubt wird, wir wollen ihn aber in den unteren Kontakt einbauen, also an den Minuspol. Der Nagel stabilisiert die Schaltung einfach nur, so dass der dünne Widerstand nicht so schnell verbiegt. Der Strom kann einfach durch den Nagel fließen.

### 3. Schritt: Alles zusammenstecken und mit der Batterie verbinden.

Schraube eine Steckdose an die Batterieklemme. Hier ist es wichtig, dass der rote Draht, der + Pol der Batterie, in den oberen Kontakt geschraubt wird. Der schwarze Draht, der - Pol der Batterie, soll an den unteren Kontakt geschraubt werden.

Stecke alles zusammen und verbinde mit der Batterie.



Dies ist die Grundschialtung einer LED mit schützendem Widerstand. Wenn alles richtig geworden ist, dann sollte es jetzt leuchten!

#### Achtung:

Schließe die LED nicht direkt an die Batterie an. Sie wird ohne Widerstand zerstört oder verliert erheblich an Leuchtkraft und Leuchtdauer.

## Zusatzausrüstung für die LICHTWERKSTATT

### 1. Verlängerungsschnur, Schalter, Doppelsteckdose

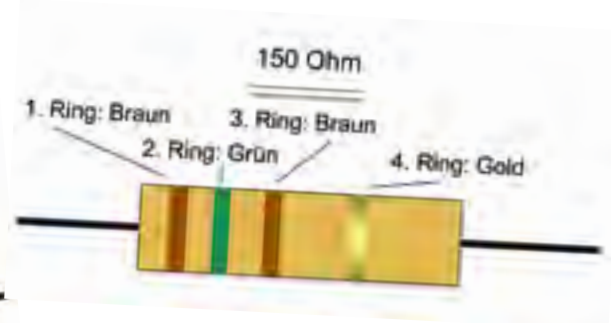
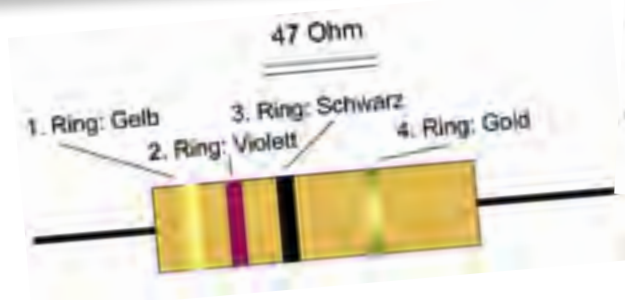
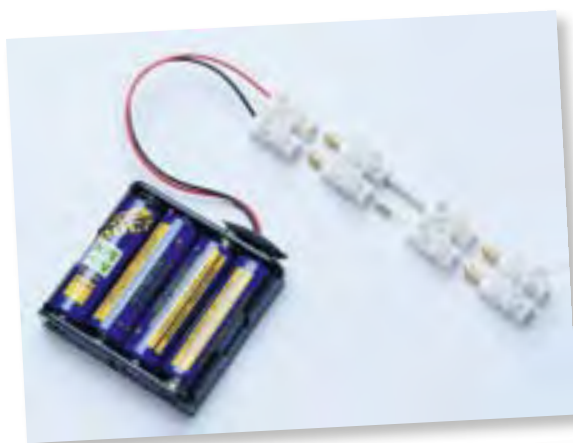
Du kannst deine Lichtwerkstatt noch beliebig ausbauen, je nachdem wieviel du experimentieren möchtest. Hier siehst du eine Verlängerungsschnur, einen Schalter und eine Doppelsteckdose.

Für unser System der Lichtwerkstatt ist es dabei wichtig, dass das rote Kabel immer an den + Pol angeschlossen wird, also an den oberen Kontakt, so wie es das Bild zeigt.



### 2. Zusatzausrüstung für Akku-Betrieb

Wenn du lieber Akkus, also wiederaufladbare Batterien, verwenden möchtest, musst du wissen, dass Akkus in der Mignongröße nur etwa 1,2 V haben. Damit alle LEDs mit nur einer Energieversorgung betrieben werden können, solltest du 4 Akkus verwenden. Als Widerstand brauchst du dann 150 Ohm. Alles andere bleibt wie gehabt.



## Hinweis für Lehrer:

Widerstände werden durch ein System von 4 Farbringen gekennzeichnet. Der letzte Ring ist meistens Gold oder Silber. Er ist für unsere Versuche unwichtig. Wenn du den Widerstand so in die Hand nimmst, dass dieser goldene oder silberne Ring auf der rechten Seite liegt, dann müssen die übrigen Farbringe für die beiden verwendeten Widerstände von 47 Ohm und 150 Ohm die Farbfolge wie auf den Bildern dargestellt haben.

## Experiment:

### LEDs mit verschiedenen Leuchtkristallen

Du kannst jetzt auch LEDs verschiedener Farben und verschiedener Helligkeiten in verschiedene Stecker einschrauben und in dieser Grundschialtung anschließen. Die helleren LEDs erkennst du meistens an der klaren Plastikcappe.

### Du brauchst

- verschieden farbige LEDs
- verschieden helle LEDs, jeweils eingebaut in Stecker
- LED-Grundschialtung



Und dies ist eine wirklich perfekte Schaltung!



## Tipp:

Man kann dem Leuchtkristall nicht ansehen, für welche Farbe er hergestellt wurde. Damit du dir bei den klaren LEDs einfacher merken kannst, in welcher Farbe sie leuchten, kannst du dir auf den Boden des Steckers einen kleinen farbigen Aufkleber anbringen.

## Merke:

Leuchtkristalle gibt es für verschiedene Farben. Im Wesentlichen sind dies Infrarot (unsichtbar), Rot, Gelb, Grün, Blau. Für weißes Licht gibt es keinen eigenen Leuchtkristall. Das erfährst du später. Dass es Leuchtkristalle für verschiedene Farben gibt, ist jedoch ein großer und wichtiger Unterschied zur Glühlampe. Die Glühlampe kann immer nur weißlich leuchten, es gibt z. B. keinen grünen Glühfaden. Die Kappe der LED färbt das Licht nicht, sondern ist nur in der gleichen Farbe gehalten.

## Was heißt eigentlich LED?

**L** Das »L« ist ganz einfach. Das »L« heißt in englischer Sprache »Light«, also im Deutschen »Licht«.

**E** Das »E« ist fast ganz einfach. »E« kommt von »emittieren«. Das kommt aus dem Lateinischen und bedeutet »aussenden«. Also bis hierhin heißt »LE« »Licht aussenden«.

**D** Aber was heißt das »D«? »D« heißt »Diode«. Aber was ist eine Diode?

Das Wort »Diode« kommt aus dem griechischen: »di« bedeutet »zwei« oder »doppelt«; »hodos« bedeutet »Weg«. Das bedeutet, dass eine Diode für den Strom über 2 sehr unterschiedliche Wege verfügt.

**Eine LED ist also eine »Licht Emittierende Diode«.**

Und was das bedeutet, kannst du ganz einfach ausprobieren.

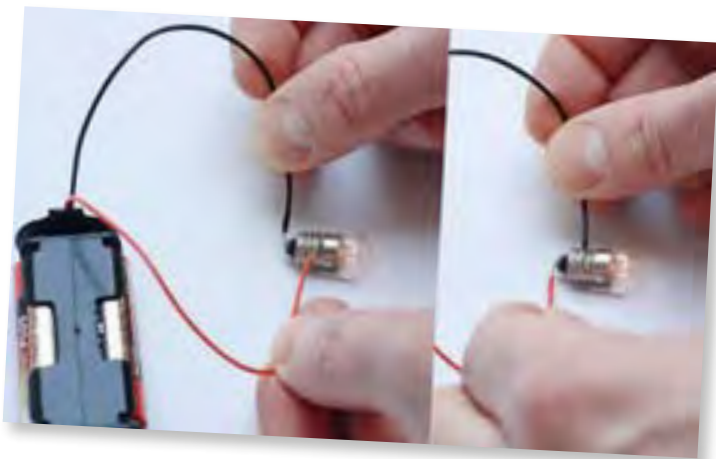


### Du brauchst

- 1 LED-Grundschialtung
- 1 Glühlampe aus einer Taschenlampe
- 1 Batterieanschlusskabel ohne Steckdose

### Experiment:

Nimm eine Glühlampe aus einer Taschenlampe und schließe sie an eine Batterie an. Im Foto wurde hierzu einfach die Batterie aus der Lichtwerkstatt genommen. Wenn du mit den Anschlussdrähten die Kontakte der Glühlampe berührst, leuchtet sie auf. Nun vertausche die beiden Anschlüsse.



Was beobachtest du? Schreibe kurz auf.



.....

.....

.....

.....

Wiederhole den Versuch mit einer LED. Lege dir dazu die Grundschialtung der LED bereit und stecke alle Bestandteile zusammen. Die LED leuchtet. Dann drehe den LED-Stecker andersherum, also kopfüber in den Stecker.



Was beobachtest du? Schreibe kurz auf.



.....

.....

.....

.....

## Lösung:

Eine Diode ist ein elektrisches Bauteil, durch das der Strom nur in einer Richtung fließen kann. Dies ist vergleichbar mit einer Einbahnstrasse oder mit einem Ventil in einem Fahrradschlauch. Durch das Ventil kann die Luft nur in den Schlauch gelangen, aber nicht wieder zurück.

In einer Richtung kann der Strom durch die LED fließen und die LED leuchtet. Man nennt dies die **Durchlassrichtung** der Diode. In der anderen Richtung kann der Strom nicht durch die LED fließen. Der Strom wird gesperrt. Man nennt dies die **Sperrrichtung**.

**Aufgabe:** Dies ist ein großer **Unterschied zur Glühlampe**. Hier gibt es keine bevorzugte Stromrichtung. Kannst du diesen Unterschied erklären?

Schreibe deine Vermutung kurz auf.



## Lösung:

Ein Glühlampe besteht über seine ganze Länge nur aus einem Materialtyp. Ein Leuchtkristall besteht dagegen aus verschiedenen Kristallarten mit einem + Pol und einem - Pol. Und die müssen richtig herum angeschlossen werden.

## Das Zeichen einer Leuchtdiode

Jedes elektrische Bauteil hat ein bestimmtes Zeichen. Das Bild der LED ist auf dem Bild in rot gezeichnet. In diesem Symbol sind

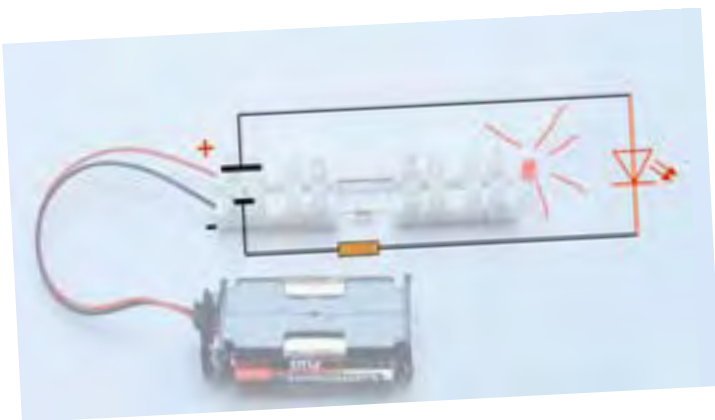
- ☀ die **Stromrichtung**,
- ☀ ein **Sperrbalken**
- ☀ und das **Aussenden von Licht**

angedeutet. Am besten, du zeichnest das Zeichen für eine LED einmal nach.



## Hinweis für Lehrer:

Die Festlegung der Durchlass- und Sperrrichtung und das technische Symbol der LED basieren auf der technischen Stromrichtung. Nach der technischen Stromrichtung fließt der Strom vom Plus zum Minuspol. Diese Stromrichtung wurde zu einer Zeit festgelegt, als man noch nicht wusste, dass Strom ein Fluss von Elektronen ist und der fließt in umgekehrter Richtung, also vom Minus zum Pluspol. Dies ist die physikalische Stromrichtung. Kinder kennen Elektronen als Ladungsträger noch nicht. Daher gehen die Experimente von der technischen Stromrichtung aus.



So sieht dann der ganze gezeichnete Stromkreis für die Grundschaltung einer LED aus: Der Strom fließt aus der Batterie, durch die LED, durch den Widerstand und wieder zurück in die Batterie.

## Experiment:

### Die Schnelligkeit der LED

Es gibt noch weitere Unterschiede zwischen LED und Glühlampe.

Schließe hierzu den Schalter zwischen die LED-Grundschialtung, so wie du es auf dem Foto auf Seite 33 sehen kannst.



#### Du brauchst

- 1 Taschenlampe mit Glühlampe
- 1 LED-Grundschialtung mit Tastschalter

### so führst du den Versuch durch:

Die Taschenlampe hat einen An- und Ausschalter. Die meisten Taschenlampen haben zusätzlich auch einen Tastschalter für schnelles Blinken. Schalte mit dem Tastschalter die Taschenlampe schnell an und aus. Beobachte dabei die Glühlampe.

Mache den gleichen Versuch mit der LED-Schialtung. Drücke dabei den Tastschalter nicht ganz durch. Beobachte die LED.

Schreibe kurz deine Beobachtungen auf:



.....

.....

.....

.....

.....

An diesem unterschiedlichen Verhalten erkennst du die beiden sehr unterschiedlichen Arten der Lichterzeugung: In der Glühlampe geschieht dies über den Umweg der Erhitzung. **Erhitzung und Abkühlung sind aber immer langsame Vorgänge.** In dem LED-Kristall findet dagegen ein anderer, viel schnellerer, kalter Lichtprozess statt.

#### Frage 1:

Warum gibt es keine TV-Fernbedienung mit einer Glühlampe? Schreibe deine Vermutung kurz auf.

.....

.....

#### Frage 2:

Warum sind LEDs als Bremslichter in Autos besser als Glühlampen? Schreibe deine Vermutung kurz auf.

.....

.....

Lösung:



Die LED erreicht viel schneller als die Glühlampe ihre höchste Helligkeit und ist auch viel schneller wieder ganz aus. Die LED ist sofort an und sofort wieder aus. Die Glühlampe fängt langsam an zu glühen, erreicht ihre höchste Helligkeit und geht auch langsam wieder aus.

Lösungen:

1. Eine Glühlampe kann nicht schnell genug blinken und daher nicht die komplizierten Lichtsignale der Fernbedienung senden.

2. Die LEDs im Bremslicht leuchten schneller auf, die LEDs warnen also auch früher. Hierdurch können andere Autofahrer schneller reagieren, z.B. früher bremsen und dadurch einen Unfall verhindern.

## Experiment:

### Die LED im Dauertest

Und jetzt das Wichtigste: Wie lange leuchtet wohl eure selbst gebastelte LED-Taschenlampe mit einem einzigen Satz Batterien oder Akkus?



#### Du brauchst

- 2 Akkus
- LED-Grundschialtung mit roter LED

Am besten du nimmst für diesen Versuch 2 vollgeladene Akkus und eine rote LED.



### Mache den LED-Dauertest!

Trage in die Tabelle ein, welche Batterien oder Akkus und welche LED du benutzt hast. Trage auch die Uhrzeiten ein, wann du die LED eingeschaltet hast und wann sie nur noch schwach leuchtet. Trage auch ein, wie lange die LED insgesamt geleuchtet hat.

Batterie/Akku	LED	Tag/Uhrzeit: an	Tag/Uhrzeit: schwaches Leuchten	Leuchtdauer insgesamt

Sicherlich hat die LED viel länger geleuchtet, als du das von deiner Taschenlampe gewohnt bist. Den Grund hierfür zeigt dir Ina Aidam (9 Jahre) aus Freiburg.

Ina hat sich hierzu mit einer Wärmebildkamera fotografieren lassen. Bei einer Wärmebildkamera wird ein Bild nicht in den echten Farben abgebildet, sondern warme Stellen werden durch rote Farben gekennzeichnet, kühle Stellen dagegen durch blaue Farben. Je röter oder blauer ein Teil des Bildes ist, umso wärmer oder kälter war der abfotografierte Gegenstand. Dies kannst du deutlich an dem Gesicht und den Haaren von Ina erkennen.

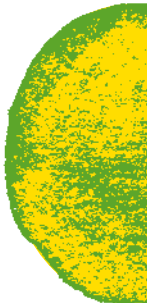


### Ergänze:

In der einen Hand hält Ina eine LED-Taschenlampe, in der anderen eine Taschenlampe mit einer Glühlampe.

In der Hand mit der Armbanduhr hält Ina .....

Auf diesen Fotos siehst du sehr deutlich, dass LEDs nicht so warm werden wie Glühlampen. Wärme ist verschwendete Energie, auf jeden Fall, wenn man Licht machen will.



## LEDs sind also sehr energiesparzaam, LEDs sind Umweltlampen.

Dies ist natürlich sehr wichtig für Lampen. Dies ist aber auch sehr praktisch, z. B. für die Beleuchtung von Bildschirmen wie in deinem Handy oder Laptop. Mit einer energiesparsaamen Hintergrundbeleuchtung hält der Akku viel länger, weil der Bildschirm weniger Strom verbraucht! In einigen Jahren werden die LEDs die energiesparsaamste Lichtquelle überhaupt sein.



### Hinweis für Lehrer:

Man kann die Leuchtdauer einer LED bei Verwendung von Batterien oder Akkus einfach abschätzen. Eine Stromquelle mit einem Ladungszustand von 2100 mAh (die Angabe befindet sich auf der Batterie) ergibt bei einer LED, die mit einer typischen Stromstärke von  $0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$  betrieben wird, eine Leuchtdauer von ca. 100 Stunden.

### Der siebte Unterschied

Damit hast du bisher insgesamt 6 wichtige Unterschiede zwischen LED und Glühlampe kennen gelernt. Schreibe Sie noch einmal kurz auf.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

### Lösungsvorschlag:

- 1: LEDs sind viel sparsamer an Energie.
- 2: LEDs haben eine Durchlass- und eine Sperrrichtung.
- 3: LEDs leuchten viel schneller auf als eine Glühlampe.
- 4: LED-Leuchtkristalle gibt es in allen Farben.
- 5: LEDs sind stabiler und halten viel länger.
- 6: Leuchtkristalle sind nur so groß wie ein Staubkorn.



Es gibt noch einen weiteren, wichtigen Unterschied zur Glühlampe, den siebten Unterschied.

Das Foto zeigt dir die typische Lichtverteilung einer hell leuchtenden LED.

**Aufgabe:** Versuche dieses Bild mit einer LED-Grundschialtung selbst nachzustellen.



Beschreibe kurz die typische Lichtverteilung einer LED:



.....

.....

.....

.....

### Ergebnis:

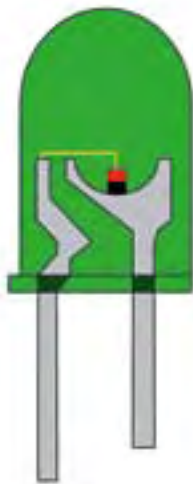
Bei einer Glühlampe leuchtet der Glühfaden in alle Richtungen. Ebenso leuchten die Leuchtstoffe bei einer Leuchtstoffröhre, deren Leuchtstoffe über eine noch größere Fläche verteilt sind, in alle Richtungen.

Bei einer LED leuchtet dagegen ein punktförmiger Kristall in einem Hohlspiegel. Er leuchtet fast nur nach vorne heraus.

Für viele Anwendungen ist dies besonders gut, z. B. in Auto-Scheinwerfern oder Taschenlampen. Aber es gibt auch Anwendungen wie z. B. eine Schreibtischlampe, bei denen man sich sehr genau überlegen muss, wie man die LEDs anordnet, damit der gesamte Schreibtisch gleich gut erhellt wird.

### Die 3 wichtigsten LED-Typen

LEDs gibt es in verschiedenen Größen und in den verschiedensten Bauformen, je nachdem was für die eine oder andere Anwendung gerade praktisch ist. Die wichtigsten Typen sind in den folgenden Bildern dargestellt:



**Links:** Der einfachste Aufbau: Runder («radialer») Aufbau mit einfacher Verdrahtung des Leuchtkristalls. Der Kristall ist mit einem Pol direkt an den Hohlspiegel angeschlossen.

**Häufigste Anwendung:** einfache farbige LEDs

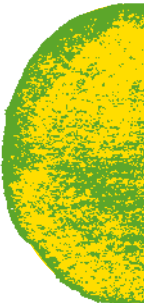
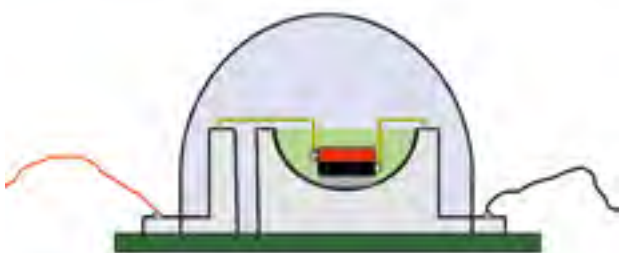
**Rechts:** Runder Aufbau mit zweifacher Verdrahtung des Leuchtkristalls. Der Kristall ist mit einem Tropfen Leuchtstoffkit in den Hohlspiegel eingeklebt.

**Häufigste Anwendung:** sehr helle, weiße und farbige LEDs

**Links unten:** Flacher Aufbau auf einer Elektronikplatine, hier mit zweifacher Verdrahtung des Leuchtkristalls. Auch können hier gleich mehrere Leuchtkristalle in dem Hohlspiegel eingeklebt sein.

**Häufigste Anwendung:** sehr helle, weiße und farbige LEDs zum platzsparenden, flachen Einbau in elektronischen Geräten, z. B. als Hintergrundbeleuchtung in flachen Bildschirmen.

Fachbezeichnung: Surface Mounted Device (SMD)



## Das LED\*Gespenst

### Du brauchst



- 1 LED-Grundschialtung mit heller LED
- Verlängerungskabel (wenn vorhanden)
- Schalter (wenn vorhanden)
- Kleber, Schere, schwarzer Stift
- 1 Bogen weißes Papier

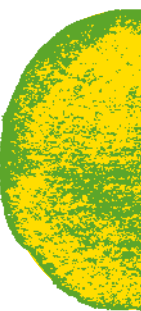
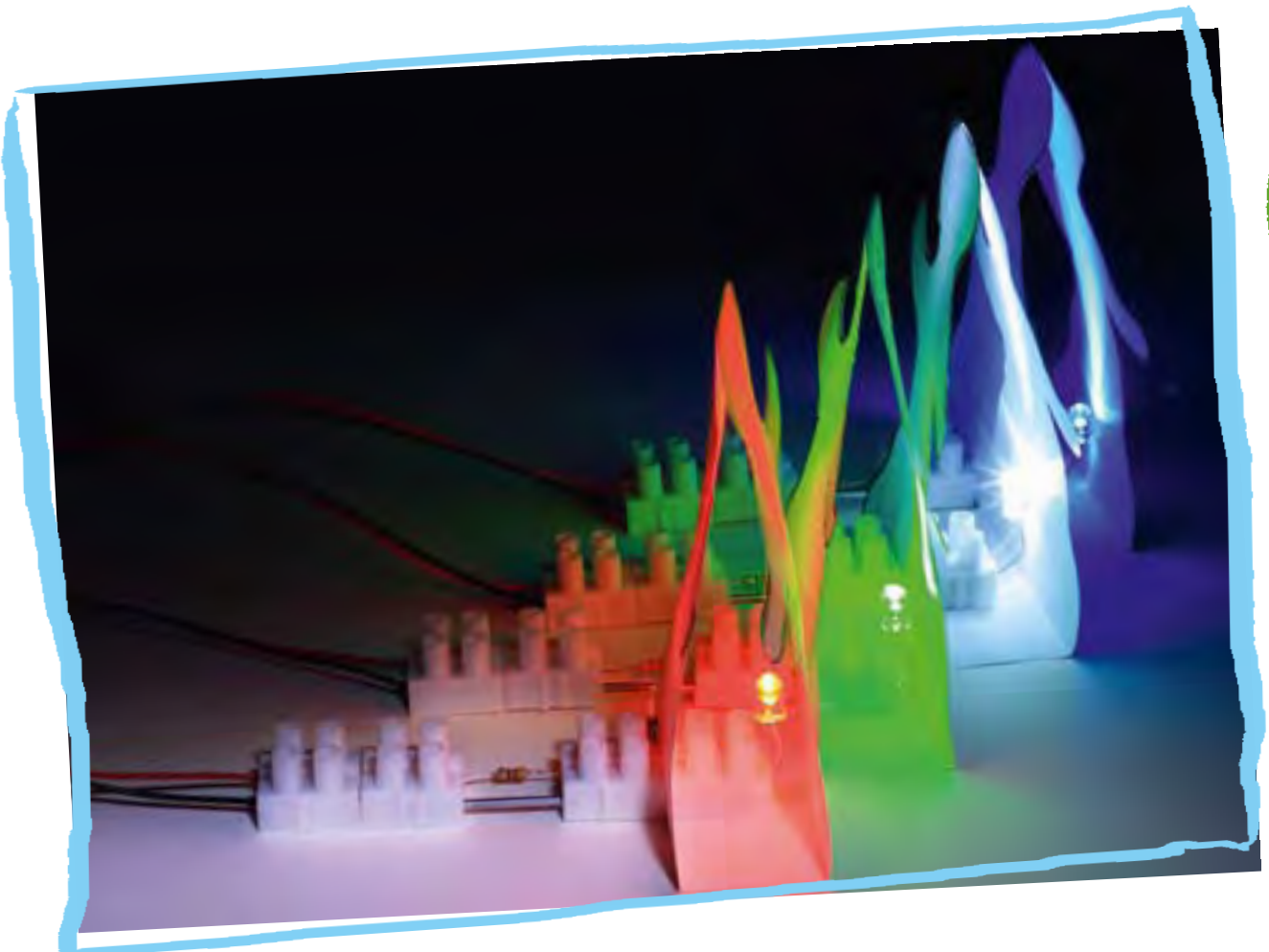
Du kannst dir ganz einfach eine kleine Nachtbeleuchtung bauen, das LED\*Gespenst.

1. Lege ein weißes Stück Papier über die Figur. Zeichne das Gespenst mit einem dicken schwarzen Stift nach. Male auch die beiden kleinen roten Kreise ein.
2. Schneide das Gespenst aus.
3. Durchbohre das Gespenst bei den roten Punkten mit einem spitzen Gegenstand. Hier sollen später die Kontakte von dem LED-Stecker durchpassen.
4. Falte das Gespenst an den eingezeichneten grünen Faltneten am Boden und an der Falzkante oben auf dem Kopf.
5. Klebe das Gespenst zusammen, indem du die Falzfahne auf den Hinterkopf klebst.
6. Führe den LED-Stecker von der Seite in das Gespenst ein. Du kannst auch den Stecker mit einem doppelseitigen Klebeband am Boden des Gespenstes festkleben. Die LED muss dabei nach oben gebogen sein.
7. Schließe von außen die restliche LED-Grundschialtung an. Sofern du hast, kannst du hier auch das Verlängerungskabel und einen Schalter anschließen.

✪ Fertig ✪



Bevor du anfängst, sieh dir die Fotos genau an, dann verstehst du die Bauanleitung leichter. Du kannst dabei jede Farbe für die LED verwenden, die dir Spaß macht. Mit deinen Freunden oder in der Klasse kannst du so eine ganze Gespenstervelt zusammenbauen.



## Zusatzexperiment für Fortgeschrittene

Rot + Grün + Blau = Weiß



### Du brauchst

- 3 einzelne Grundschaltungen mit hellen LEDs in den Farben Rot, Grün und Blau
- 1 Papprohr, z. B. von einem Fotoposter oder Ähnliches
- 1 Lupe
- einen dunklen Raum

Licht ist etwas ganz Besonderes. Durch Mischen von farbigem Licht kann man Licht in jeder beliebigen Farbe erzeugen. Das Mischen von Farben kennst du bestimmt vom Malen mit dem Tuschkasten. Mischst du zwei Farben zusammen, so entsteht eine neue Farbe: Aus Blau und Gelb mischt du als Beispiel ein Grün.

Mischst du alle Farben durcheinander, so entsteht Schwarz. Farbiges Licht mischt sich jedoch ganz anders als Farben aus dem Tuschkasten, das ist etwas ganz anderes. Man kann durch Mischen von Licht sogar weißes Licht erzeugen. Das kannst du in diesem Experiment ausprobieren.

### Hinweis:

Ein Geheimnis dieses Versuches liegt in der Länge des Papprohres. Die Länge sollte gleich lang oder etwas kürzer sein als die Brennweite der Linse. Hier muss man unter Umständen die Länge des Rohres Stück für Stück kürzen. In unserem Versuch haben wir eine Lupe mit einer Brennweite von ca. 25 cm genommen. Das Papprohr haben wir auf 25 cm gekürzt. Wie man die Brennweite einer Lupe bestimmt, wird im Heft Luka II auf Seite 32 beschrieben. Das Papprohr sollte einen Durchmesser von ca. 8 cm haben. Dann lässt es sich am einfachsten in dem Versuchsaufbau verwenden. Die Lupe sollte auf das Papprohr passen.



### 1. Schritt:

Lege die 3 fertig angeschlossenen hellen LEDs sternförmig auf eine feste Unterlage. Am besten du bindest die 3 LEDs mit einem dünnen Faden vorsichtig zusammen. Dann bleiben sie schön auf einem Punkt zusammen. Das ist wichtig für den Versuch. Schalte alle LEDs ein, indem du einfach die Batterieanschlüsse anschließt.

### 2. Schritt:

Stelle das Papprohr auf die LED-Anordnung. Mit etwas Glück kannst du das Papprohr bequem auf den Steckdosen der Widerstände einklemmen und das Rohr steht ziemlich stabil.

### 3. Schritt:

Lege die Lupe oben auf das Papprohr.

### 4. Schritt:

Halte ein weißes Stück Papier in einiger Entfernung schräg über das Papprohr. Wenn sich alle 3 Farben richtig überlagern, dann müsstest du in der Mitte weißes Licht sehen. Was beobachtest du noch?

Beschreibe kurz deine Beobachtungen.

.....

.....

.....

.....

## 5. Schritt:

Schalte nun immer nur 2 Farben ein und die dritte LED jeweils aus. Du brauchst hierfür jeweils nur bei einer LED die Steckverbindung zu trennen.

Welche Mischfarben entstehen aus

✳️ rotem und grünem Licht: .....

✳️ rotem und blauem Licht: .....

✳️ blauem und grünem Licht: .....

Wenn alles geklappt hat, dann müsstest du diese Farben-Bilder sehen können:



### Merke:

Aus Licht in nur 3 Farben, nämlich **Rot**, **Grün** und **Blau**, lässt sich Licht in allen anderen Farben mischen. Sogar weißes Licht kann man so erzeugen.

### Tipp:

Vergleiche doch noch einmal mit dem Experiment zum Farbbildschirm im zweiten Experimenteheft von Luka auf Seite 14. Dort wurde gezeigt, dass die Bildpunkte eines Farbbildschirms immer aus 3 Lichtpunkten in den Farben Rot, Grün, Blau bestehen. Hiermit lassen sich alle Farben und auch weiß für unser Auge mischen.

### Hinweis für Lehrer:

Es gibt 2 Arten von Farbmischung:

1. In der einen Art werden alle Farben zu **schwarz** überlagert. Das machen z.B. die Farben aus deinem Tuschkasten, wenn du sie alle auf einem Blatt Papier mischen würdest. **Hier kann niemals weiß entstehen. Man nennt diese Art der Farbmischung, die echte Farben erzeugen, die subtraktive Farbmischung.**

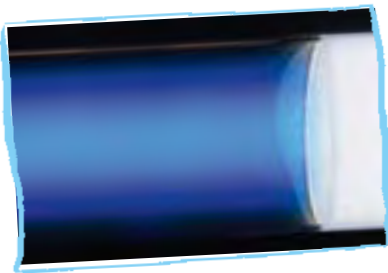
2. In der anderen Art werden alle Farben zu **weiß** überlagert. Das macht z.B. unser Auge beim Sehen. Im weißen Licht sind alle Farben des Regenbogens enthalten. Aus farbigem Licht lässt sich also weißes Licht erzeugen. Für unser Auge genügt schon Licht in den drei Farben Rot, Grün und Blau, um weißes Licht zu sehen. **Man nennt diese Art der Farbmischung, die unser Auge mit farbigem Licht macht, die additive Farbmischung.**



Quelle: Osram OptoSemiconductors

Und auch in der LED wird diese Farbmischung genutzt. Das Foto zeigt einen LED-Aufbau mit 3 LED-Kristallen in den Farben RGB. Die Farben können einzeln an- und ausgeschaltet werden, daher die vielen Kontakte. Insgesamt kann man mit so einem LED-Aufbau durch Mischung frei nach Wunsch alle beliebigen Farben erzeugen. Das Bild ist auch ein Beispiel für eine LED in SMD-Aufbautechnik.

## Die weiße LED



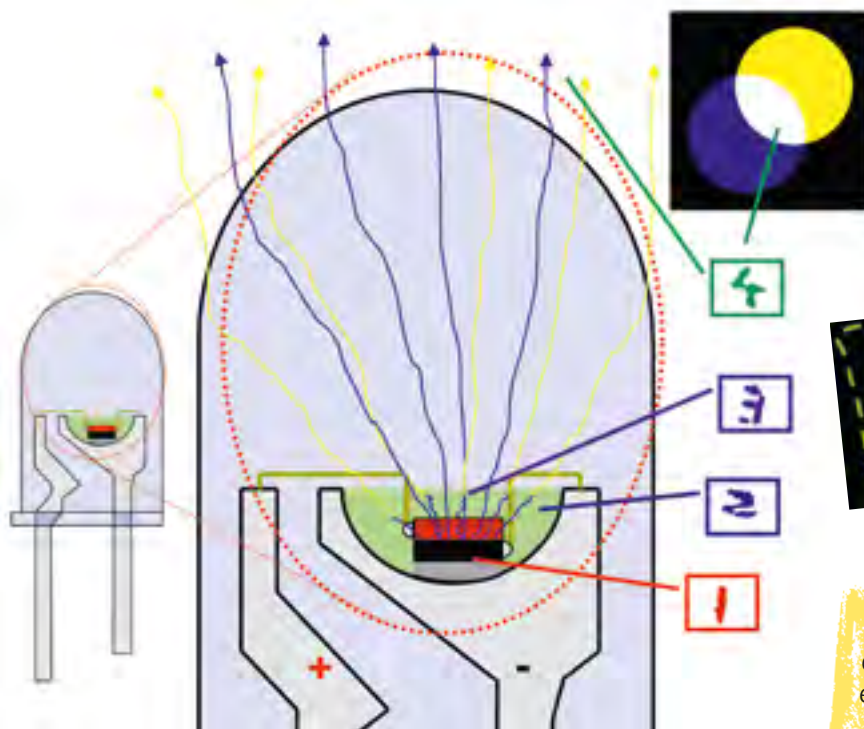
Wie du gesehen hast, lässt sich mit den 3 Farben RGB sogar weißes Licht erzeugen. Aber man benötigt dazu 3 Leuchtkristalle oder 3 LEDs.

Will man nur weißes Licht erzeugen, dann kann man sich einen viel einfacheren Weg bei der Leuchtstofflampe abgucken: Blaues Licht und ein Leuchtstoff. Und wirklich, so funktionieren heute weiße LEDs.



### Aufgabe: Schau dir das Prinzipbild einer weißen LED genau an und ergänze den Lückentext

- 1 In der weißen LED wird ein Leuchtkristall für ..... Licht verwendet.
- 2 Der Leuchtkristall ist mit einem Tropfen ..... bedeckt.
- 3 Der Kristall leuchtet in blauem Licht. Durch den Leuchtstoff wird ein ..... des blauen Lichtes in ..... Licht umgewandelt.
- 4 Durch Mischung von ..... und ..... Licht entsteht ..... Licht.



Lösung:

weißes  
blauem  
gelbem  
gelbes  
Leuchtstoff  
blauem

Merke:

Weißes LEDs sind blaue LEDs, dessen blaues Licht durch einen Leuchtstoff teilweise in gelbes Licht umgewandelt wird. Gelbes und blaues Licht mischen sich zusammen zu weißem Licht.

Dies ist für dich jetzt gar nichts Neues mehr. Denn du hast ja schon gesehen, dass gelbes Licht aus rotem und grünem Licht entsteht. Also insgesamt mischen sich bei einer weißen LED wieder Rot, Grün und Blau zu Weiß.

# 4 Die Entdeckung, Erforschung und Entwicklung der LED

Alles muss erst einmal erfunden oder entdeckt werden!

Alles muss immer weiterentwickelt und verbessert werden, bis es richtig funktioniert!

1. In England beobachtete **Henry Joseph Round** (geboren: 1881, England, gestorben: 1966) bereits 1907 erstmals das Phänomen der Lichterzeugung mit einem Kristall. Es war ein Zufall, denn eigentlich wollte der Radio-Ingenieur Round Radiowellen untersuchen. Die allererste **Entdeckung zur LED** feierte also schon den 100sten Geburtstag!

2. Aber Rounds Beobachtung wurde zunächst nicht weiter beachtet, da sich die Forscher in dieser Zeit mehr für Radiowellen interessierten. Mit weiteren Forschungsarbeiten kam dann aber die LED-Entwicklung voll in Gang. 1962 war es soweit: Die erste richtig funktionierende rote LED wurde von dem Elektronik-Ingenieur **Nick Holonyak** (geboren: 1928) in den USA vorgestellt. Die allererste **Entwicklung zur LED** feiert also schon fast den 50sten Geburtstag!

3. Die Entwicklung ging nun rasend schnell: neue Farben, immer bessere und hellere LEDs. In Japan gelang 1993 dem Physiker und Elektroingenieur **Shuji Nakamura** (geboren: 1954) der Durchbruch mit blauen LEDs. Mit Leuchtstoffen machte er damit zugleich auch den Weg frei für die weiße LED. Die blaue und die **weiße LED** sind also noch keine 20 Jahre alt. Shuji Nakamura wurde 2006 der »Millenium Technology Prize« verliehen.

4. Seit 1999 gelang es dem Forscherteam von **Klaus Streubel** (geboren: 1958) durch Verbesserungen des Kristalls, der Optiken und Gehäuse viel hellere LEDs herzustellen. Erst vor kurzem hat das Forscherteam einen neuen Helligkeitsweltrekord für die weiße LED aufgestellt. Belohnt wurde die LED-Forschung durch den Deutschen Zukunftspreis 2007, den Dr. Klaus Streubel und sein Team aus den Händen von Bundespräsident Horst Köhler erhielten. **Helle weiße LEDs** für Auto-Scheinwerfer, Gebäude- oder Strassenbeleuchtung gibt es also erst seit kurzem.



v.l.n.r.: Dr. Andreas Bräuer (Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, Jena), Dr. Stefan Illek (Osram Opto Semiconductors), Bundespräsident Horst Köhler, Dr. Klaus Streubel (Osram Opto Semiconductors)  
Quelle: Siemens-Pressebild

## Kinderreporter fragen einen Lichtforscher

Die Schüler der Klasse 4b der Gemeinschaftsgrundschule am Oemberg in Mülheim an der Ruhr interviewten per Tonbandaufnahme einen der führenden Lichtforscher, Dr. Klaus Streubel von Osram Opto Semiconductors in Regensburg. 30 Fragen kamen da schnell zusammen. Hier ist das Interview.

### Klasse 4b: 1. Was wollten Sie früher mal werden? Wie sind Sie Forscher geworden?

In welcher Stadt sind Sie geboren? Auf welcher Schule waren Sie früher? Was war früher ihr Lieblingsfach?

*Dr. Streubel:* Geboren wurde ich in Filderstadt, südlich von Stuttgart. Nach der Grundschule war ich auf dem Friedrich-List Gymnasium in Asperg. Asperg ist eine kleine Stadt im Norden von Stuttgart. Mathematik und Physik haben mir schon sehr viel Spaß gemacht. Andere Lieblingsfächer waren für mich aber auch Kunst und Sport. Das sind alles Fächer, in denen man nicht so viel auswendig lernen muss.

Haben Sie früher schon gedacht, dass Sie Forscher werden? Was muss man studieren?

*Als ich noch in der Schule war, konnte ich mir das Berufsleben noch gar nicht so richtig vorstellen. Später im Studium habe ich mir schon vorgenommen, dass ich mal irgendwo in der Entwicklung arbeiten möchte. Man muss nicht unbedingt studieren, um Forscher zu werden. Aber man sollte sich auf alle Fälle für die Natur und die Technik interessieren. Ich selbst habe Physik studiert und mich dabei schon von Anfang an sehr viel mit Licht beschäftigt.*



In welcher Stadt haben Sie studiert?

Wie sind Sie zum Forschen gekommen?

*Ich habe an der Technischen Hochschule in Stuttgart studiert. Nach dem Studium habe ich eine Arbeitsstelle in einem Forschungsinstitut in Schweden angenommen. Wie der Name schon sagt, ist man in einem solchen Institut hauptsächlich damit beschäftigt, neue Dinge zu entwickeln.*

Seid wann interessierst du dich für LEDs?

*Die meiste Zeit meines Berufslebens habe ich mich eigentlich mit kleinen Lasern beschäftigt. Für LEDs habe ich mich erst später, so ab Mitte der neunziger Jahre interessiert.*

### 2. Wie funktioniert LED-Forschung?

Wie sind Sie darauf gekommen, eine LED zu bauen?

*Angefangen habe ich mit Laserdioden, die unsichtbares Licht erzeugen, mit dem man zum Beispiel Telefongespräche durch Glasfasern übertragen kann. Später habe ich mich auf ganz kleine Laserdioden konzentriert, die so klein sind, dass man sie nur im Mikroskop sehen kann. Als ich dann von Forschern in Amerika gelesen habe, dass diese kleinen Laser, wenn man sie etwas umbaut, auch wie eine LED funktionieren können, wollte ich das auch ausprobieren. Und weil ich endlich mal das Licht aus meinen Lasern und LEDs sehen wollte, habe ich meine ersten LEDs für rotes Licht gebaut.*

Wie lange haben Sie dafür gebraucht?

*Das hat gar nicht so lange gedauert, denn eine LED ist erstmal viel leichter herzustellen, als ein Laser. Von der Idee zur ersten LED hat es nur einige Wochen gedauert.*

Was war deine erste Erfindung?

*Meine ersten Erfindungen habe ich wahrscheinlich aus Lego-Steinen gebaut. Die erste Erfindung in meinem Berufsleben war ein kleiner Mikrolaser für unsichtbares, infra-rotes Licht.*

Ist das schwer, eine LED zu bauen?

*Eigentlich nicht, wenn man die richtigen Maschinen dafür hat. Als Privatperson kann man sich eine solche Ausrüstung nicht mehr leisten, aber Firmen wie OSRAM haben alles, was man zum Herstellen von LEDs benötigt.*

Forschst du eigentlich alleine oder in einem Team?

*Forschung geht in einem Team immer viel besser. An unserer Erfindung für den Zukunftspreis war ein großes Team beteiligt. Und noch viel mehr Menschen waren damit beschäftigt, aus der Idee ein richtiges Produkt zu machen, das man herstellen und verkaufen kann.*

Ist es schwer, solche Sachen zu erfinden?

*Eigentlich nicht. Man muss als Team von Entwicklern viele Ideen haben und wenigstens einige davon ausprobieren können. Aus manchen Ideen wird nichts, aber ab und zu ist eine richtig gute Idee dabei, aus der man was Erfolgreiches machen kann.*

*Wenn man sich mit der Entwicklung von LEDs beschäftigt, hat man ein klares Ziel: man muss immer noch bessere LEDs erfinden, als es schon gibt. Aus dem Grund sind LEDs in den letzten Jahren immer heller und effizienter geworden. Es gibt viele andere Forscher auf der Welt, die auch neue und bessere hellere LEDs erfinden wollen. Und weil jeder der Erste sein möchte, ist das ein richtiger Wettkampf, so was wie eine LED-Olympiade.*



Was ist das Wichtige an der LED?

*Das Wichtigste an einer LED ist fast immer, dass sie besonders hell und effizient ist. Effizient bedeutet, dass sie wenig Strom zur Erzeugung von Licht verbraucht. Unser Team hat einen Trick gefunden, mit dem man verhindern kann, dass Licht im Inneren der LED verloren geht. Wir haben es geschafft, einen Spiegel in die LED einzubauen, der alles Licht im Inneren nach oben reflektiert. Dadurch kommt mehr Licht aus der LED heraus.*

### **3. Wie war das mit dem Zukunftspreis des Bundespräsidenten 2007?**

Was war der Preis?

*Der Preis ist ein richtig schweres Gebilde aus Metall und blauem Glas, den uns der Bundespräsident im Fernsehen überreicht hat. Jetzt steht er in einer Vitrine bei uns in der Firma. Außerdem haben wir viel Geld bekommen, mit dem wir geholfen haben, einen Betriebskindergarten zu bauen.*

Haben Sie schon mehrere Preise bekommen?

*Als Forscherteam haben wir in einem Jahr den OSRAM Innovationspreis gewonnen. Außerdem habe ich für meine ersten LEDs den Preis einer amerikanischen Technikzeitschrift bekommen.*

Sind Sie berühmt?

*Nachdem wir als Team den Zukunftspreis gewonnen hatten, waren wir in Deutschland schon ein bisschen berühmt. Natürlich nicht so berühmt wie Schauspieler oder Politiker, aber für Forscherverhältnisse schon ganz beachtlich. Inzwischen gibt es einen neuen Gewinner des Preises, und wir sind wieder ganz normale Leute geworden.*

### **4. Macht es Ihnen Spaß, Forscher zu sein?**

*Auf jeden Fall!*

Haben Sie noch bestimmte Sachen vor, die Sie vielleicht in Zukunft machen wollen?

*Etwas Konkretes habe ich mir für die Zukunft nicht vorgenommen, aber ich würde mir wünschen, dass ich immer wieder mal was Neues machen kann.*



Wie viele Erfindungen haben Sie schon gemacht?

Mit welcher Erfindung waren Sie am meisten zufrieden?

*Das kommt darauf an, was man als eine Erfindung zählen möchte. Ideen habe ich sicher schon viele gehabt, aber aus den meisten ist nie was geworden. Wenn man nur Erfindungen zählt, aus denen später ein richtiges, verkaufbares Produkt geworden ist, dann sind das schon viel weniger. Solche Erfindungen macht man auch nicht mehr alleine, sondern zusammen mit anderen in einem Team. Am meisten Spaß hat mir die Erfindung eines Lasers gemacht, der Luftspalte zum Reflektieren von Licht verwendet. Das ist so ein komisches Bauelement, bei dem niemand erwartet hat, dass das funktionieren könnte. Der Laser hat wirklich funktioniert, aber dann wollte ihn doch niemand herstellen.*

Mit welcher Erfindung waren Sie am erfolgreichsten? Gibt es eine Forschung, die Ihnen gar nicht gefallen hat?

*Ganz klar, mit der Erfindung, für die wir den Zukunftspreis des Bundespräsidenten bekommen haben. So weit ich mich erinnern kann, habe ich bis jetzt nur an Dingen gearbeitet, die mir auch gefallen haben. Hoffentlich bleibt es so.*

Was verdient so ein Forscher?

*Ein Forscher oder Entwickler in der Industrie verdient ungefähr soviel wie ein Ingenieur, also eigentlich ganz gut. Vor allem, wenn man bedenkt, dass wir für das, was wir ohnehin gerne machen, auch noch bezahlt werden.*

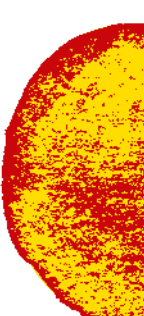
### **5. Wie leben Sie privat?**

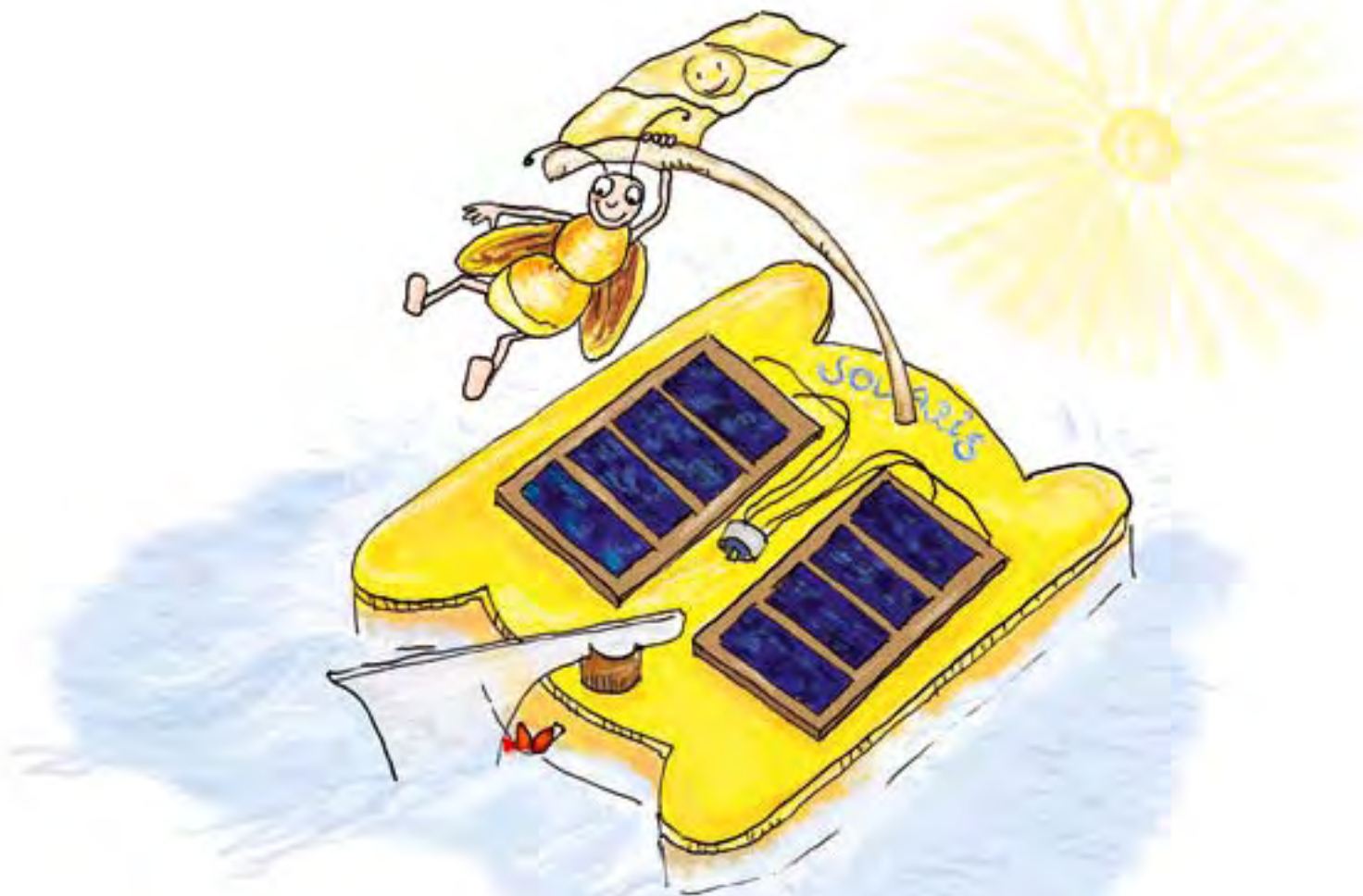
Haben Sie eine große Familie?

*Meine Familie ist mittelgroß. Ich habe eine Frau und zwei Kinder.*

Was ist ihre Lieblingsmusik? Was ist ihr Hobby? Forschen Sie im Privatleben auch?

*Jazz gefällt mir sehr gut, vor allem, wenn Gitarren dabei sind. Meine Hobbys ändern sich immer wieder. Im Moment gehört Fotografieren, Segeln und Motorrad fahren dazu. Forschen tue ich vielleicht nicht, aber ich probiere schon vieles aus.*





# BAND 2 **Luka und die Kraft der Sonne**

Green Photonics,

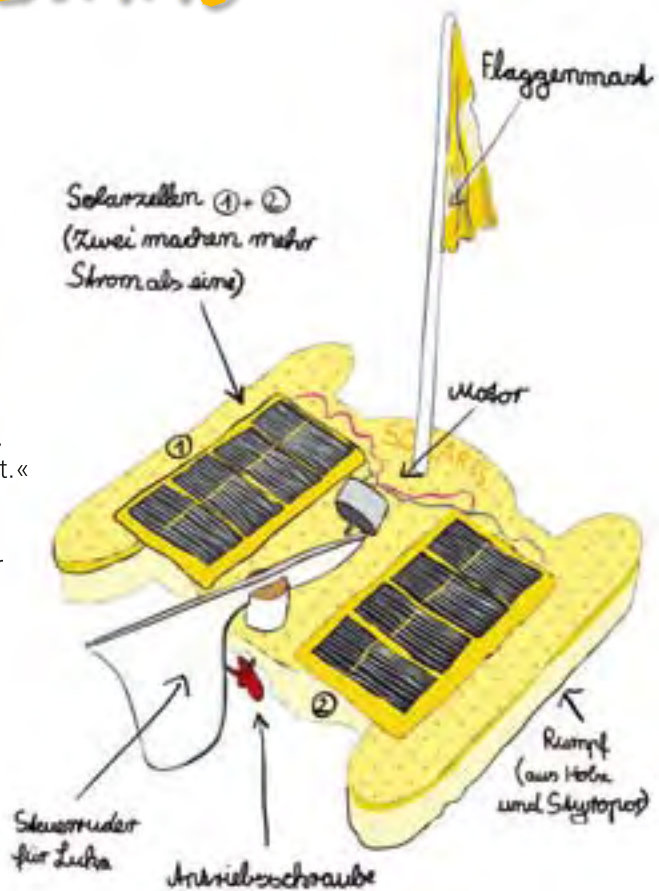
Ausblick auf Band 3:

## Luka und die Kraft der Sonne

»Solarzellen, das sind Segel für die Sonne. Aber nicht, um den Wind einzufangen.« erklärt Luka.  
 »Mit so was kann man aus Licht Strom machen. Solarzellen gelten als Energiequellen der Zukunft.«

Am besten ihr probiert es selbst aus und bastelt in Band 2 die Solaris, ein Schiff, angetrieben nur durch das Licht der Sonne.

Band 2 erscheint in 2010.



## Anhang

### Hinweise für Lehrer:

#### Die richtigen Batterien, der richtige Widerstand für meine LEDs

Wie du gesehen hast, wird durch die Kristalle und die Zusatzmaterialien, mit denen die Kristalle versetzt werden, bestimmt, in welcher Farbe die LEDs leuchten. Aus diesem Grund brauchen LEDs für verschiedene Farben auch verschiedene Spannungen  $U_{LED}$ . Der benötigte Strom  $I$  ist für alle im Heft verwendeten LEDs gleich. Er sollte  $20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$  betragen. Zuviel Strom zerstört den Kristall.

In der Tabelle sind typische Werte für Strom und Betriebsspannungen der LEDs zusammengestellt.

Diodenfarbe	Strom $I$	Spannung $U_{LED}$
Rot	0,02 A = 20 mA	2 V
Grün	"	2,1 V
Gelb	"	2,2 V
Blau	"	3,2 V
Weiß	"	3,2 V

Wie groß muss nun der Widerstand  $R$  bei einer gewählten Versorgungsspannung  $U_{Bat}$  für eine gewählte LED mit seiner Betriebsspannung  $U_{LED}$  sein?

Dieser berechnet sich nach dem **Ohm'schen Gesetz**. Wichtig hierbei ist das Einhalten der Einheiten Ohm ( $\Omega$ ), Ampere (A) und Volt (V).

Es gilt:

$$R [\Omega] = \frac{U [V]}{I [A]}$$
$$\Rightarrow R [\Omega] = \frac{U_{Bat} [V] - U_{LED} [V]}{I_{LED} [A]}$$
$$\Rightarrow R_{LED, Bat} [\Omega] = \frac{U_{Bat} [V] - U_{LED} [V]}{0,02 [A]}$$

#### Allgemein gilt:

Der Widerstand sollte gleich oder etwas höher sein als der berechnete Wert. Im Sinne eines einfachen kleinen Sortiments unterschreiten wir manchmal den berechneten Wert geringfügig. Je passender der Widerstand gewählt wird, desto effizienter kann die LED leuchten.

## Beispielberechnungen:

Beispiel 1:

2 Mignonzellen (AA)  $\Rightarrow U_{\text{Bat}} = 3,2\text{V}$

$$R_{\text{red; 1,2V}} = \frac{3,2\text{V} - 2,0\text{V}}{0,02\text{A}} = \frac{1,2\text{V}}{0,02\text{A}} = \underline{\underline{60\ \Omega}}$$

$$R_{\text{weiss; 3,2V}} = \frac{3,2\text{V} - 3,2\text{V}}{0,02\text{A}} = \frac{0\text{V}}{0,02\text{A}} = \underline{\underline{0\ \Omega}}$$

$$R_{\text{blau; 3,2V}} = \frac{3,2\text{V} - 2,4\text{V}}{0,02\text{A}} = \underline{\underline{55\ \Omega}}$$

Alle LEDs in diesem Heft lassen sich mit einem Widerstand von 47 Ohm mit 2 Mignonzellen gut betreiben.

Beispiel 2:

2 Akkus (AA)  $\Rightarrow U_{\text{Bat}} = 2,4\text{V}$

$$R_{\text{rot; 2,4V}} = \frac{2,4\text{V} - 2,4\text{V}}{0,02\text{A}} = \frac{0,0\text{V}}{0,02\text{A}} = 25\ \Omega$$

$$R_{\text{blau; 2,4V}} = \frac{2,4\text{V} - 3,2\text{V}}{0,02\text{A}} \Rightarrow \text{Nicht möglich}$$

Im Falle von 2 Akkus und der somit etwas geringeren Spannung können nur rote, gelbe oder grüne LEDs betrieben werden. Für blaue und weiße LEDs reicht die Spannung nicht aus. Die Batteriespannung muss größer sein als die Betriebsspannung der LED.

Beispiel 3:

4 Akkus (AA)  $\Rightarrow U_{\text{Bat}} = 4,8\text{V}$  bis  $5,2\text{V}$

$$R_{\text{rot; 5,2V}} = \frac{5,2\text{V} - 2,0\text{V}}{0,02\text{A}} = 160\ \Omega$$

$$R_{\text{blau; 5,2V}} = \frac{5,2\text{V} - 3,2\text{V}}{0,02\text{A}} = 100\ \Omega$$

Im Falle von 4 Akkus ist ein Widerstand von 150 Ohm für alle LEDs passend.

Beispiel 4:

1 9V-Blockbatterie  $\Rightarrow U_{\text{Bat}} = 9\text{V}$

$$R_{\text{rot; 9V}} = \frac{9\text{V} - 2\text{V}}{0,02\text{A}} = 350\ \Omega$$

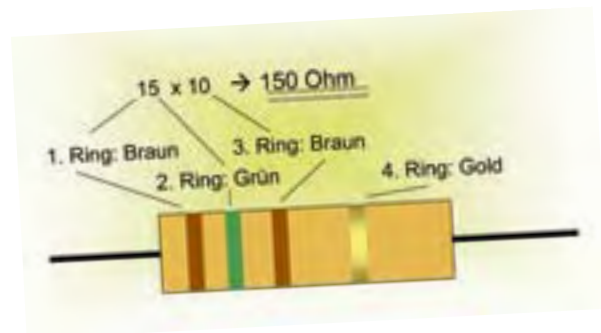
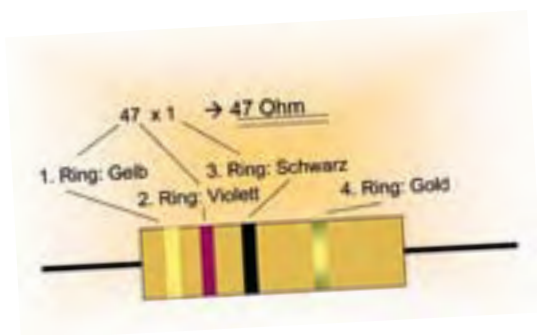
In diesem Beispiel wird am Widerstand zuviel Energie in Form von Wärme verschwendet. Besser wäre hier die Verwendung einer Batterie mit geringerer Spannung.

## Die Bezeichnung der Widerstände

Widerstände gibt es in verschiedenen Bauformen. Sie haben alle die gleiche Markierung in Form von farbigen Ringen. Dabei geben die ersten beiden Ringe die ersten beiden Stellen des Widerstandswertes an, der dritte einen Multiplikator und der vierte die Fehlertoleranz.

Normalerweise ist der vierte Ring etwas abgesetzt von den anderen oder die Ringe liegen nicht genau mittig, sondern etwas mehr zu einer Seite ausgerichtet. Das richtige Ablesen sollte jedoch meistens kein Problem sein, da Standard-Widerstände meistens 5 – 10 % Toleranz haben, und damit einen goldenen oder silbernen Ring vorweisen. Solche Ringe können aber nicht an erster oder zweiter Stelle stehen!

Farbe	1. Ring	2. Ring	3. Ring	4. Ring
Silber			0,01	10 %
Gold			0,1	5 %
Schwarz	0	0	1	
Braun	1	1	10	1 %
Rot	2	2	100	2 %
Orange	3	3	1k	
Gelb	4	4	10k	
Grün	5	5	100k	0,5 %
Blau	6	6	1M	0,25 %
Violett	7	7	10M	0,1 %
Grau	8	8	100M	
Weiß	9	9	1000M	
Kein Ring				20 %



Mit einem Messgerät (Multimeter) lässt sich die Spannung leicht messen. Messgerät hierzu im Gleichspannungsfeld auf die passende Größenangabe schalten.



Auch der Widerstand lässt sich mit dem Messgerät leicht bestimmen. Messgerät hierzu im Widerstandmessmodus auf die passende Größenangabe schalten.



## Materialien – das brauchst du

Alle hier verwendeten Materialien sind in jedem guten Elektronik-Fachmarkt, teilweise sogar in einem guten Baumarkt zu erhalten.

### Bestellliste für unsere LICHTWERKSTATT

(hier aufgesetzt für Conrad Elektronik Märkte)

#### LEDs

- 5 mm radial **rot**, mit gefärbter Kappe Best.-Nr. 184543
- 5 mm radial **grün**, mit gefärbter Kappe Best.-Nr. 184705
- 5 mm radial **gelb**, mit gefärbter Kappe Best.-Nr. 184900

Diese einfachen LEDs gibt es auch als preiswerte Zusammenstellung von ca. 30 Stück, entweder unifarben oder als Mix.

- 5 mm radial **rot**, hell, mit klarer Kappe z. B. Best.-Nr. 185016
- 5 mm radial **grün**, hell mit klarer Kappe
- 5 mm radial **blau**, hell mit klarer Kappe
- 5 mm radial **weiß**, hell mit klarer Kappe

#### Widerstände

- 47 Ohm Best.-Nr. 403091
- 150 Ohm Best.-Nr. 403156
- 470 Ohm Best.-Nr. 403210

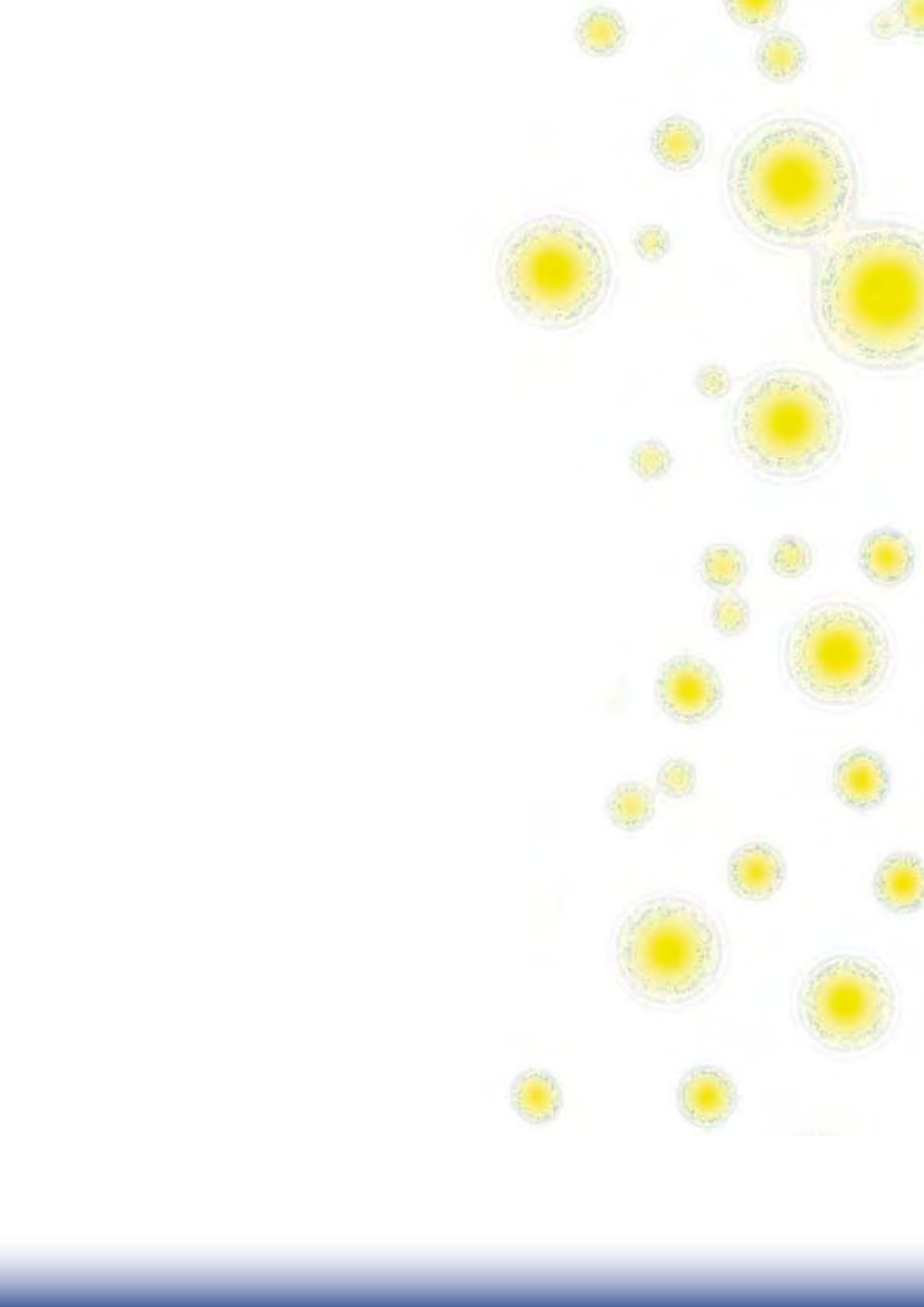
- Reihensteckklemmen
- Batteriehalter für 2 Mignon-Zellen
- passendes Anschlusskabel (Batterieclip)
- Mignon Zellen
- Kupferkabel (Litze), jeweils ca. 50 cm mit schwarzer und roter Isolation, Querschnitt: 1 mm<sup>2</sup>
- Tastschalter (Druckknopfschalter, schraubbar)



Die Vielfalt der LEDs ist sehr groß. Alle LEDs sind in verschiedenen Abstrahlwinkeln von z. B. 8, 20 oder 30 Grad sowie in verschiedenen Helligkeiten und Größen erhältlich.

Wichtig für den direkten Einsatz der LEDs in den dargestellten Experimenten ist hier lediglich die zu Grunde gelegte Stromstärke von 20 mA.

❄ Angaben ohne Gewähr ❄



[www.faszinationlicht.de](http://www.faszinationlicht.de)



ISBN 978-3-00-027434-3