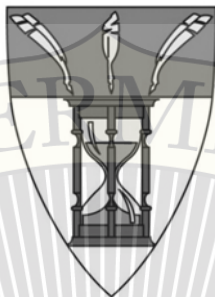


# Les travaux personnels du Lycée Ermesinde Mersch



**Strom**

Thomas Lambert

Classe : 6CLA5  
Tutrice : Tina Schaal  
Semestre : 2

Juillet 2016



**STROM** 

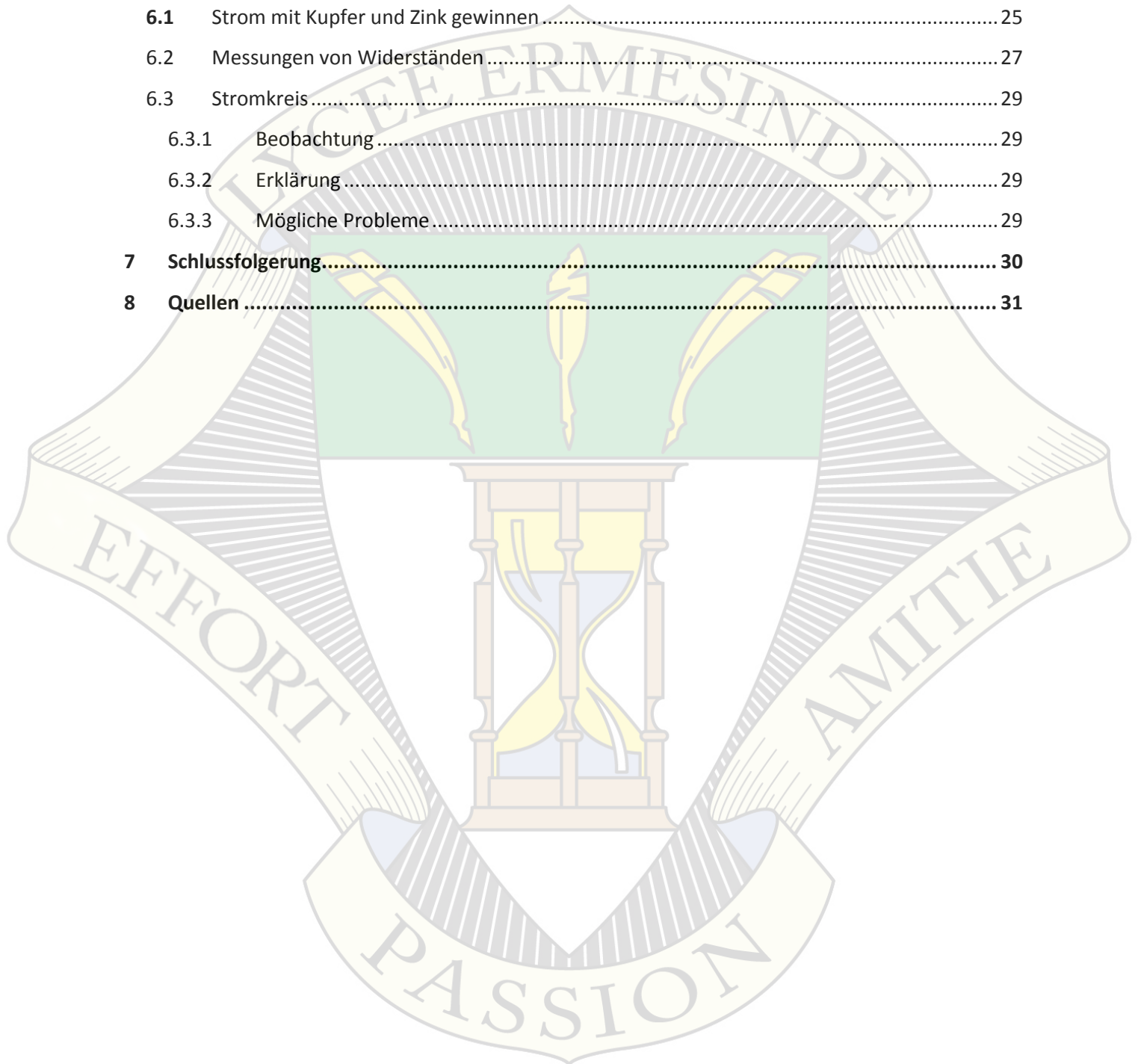




# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Strom</b>	<b>4</b>
1.1	Was ist Strom	4
1.2	Der Unterschied zwischen Strom & Elektrizität	5
1.3	Die Geschichte des Stroms	5
1.3.1	Der Stromkrieg	5
1.4	Stromarten	7
1.4.1	Gleichstrom	7
1.4.2	Wechselstrom	8
1.4.3	Mischstrom	8
1.4.4	Dreiphasenwechselstrom	8
<b>2</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>10</b>
2.1	Sicherheitsschilder	10
2.1.1	Hochspannung	10
2.1.2	Nicht Wiedereinschalten	10
2.2	Sicherheitsmaterial	11
2.2.1	Isolation	11
2.2.2	Information	11
<b>3</b>	<b>Strommessung</b>	<b>12</b>
3.1	Volt	12
	Ampere	12
3.2	Watt	13
3.3	Ohm	13
<b>4</b>	<b>Stromleitung</b>	<b>14</b>
4.1	Stromleitende Materialien	14
4.2	Isolator	14
<b>5</b>	<b>Strommodifizierung</b>	<b>15</b>
5.1	Widerstand	15
5.2	Dioden, Led's und Transistoren	16
5.2.1	Halbleiter und Dotierung	16
5.2.2	p-n-Übergang	18
5.2.3	Diode	20

5.2.4	LED's .....	21
5.2.5	Bipolare Transistoren .....	23
5.3	Transformatoren .....	24
<b>6</b>	<b>Experimente .....</b>	<b>25</b>
6.1	Strom mit Kupfer und Zink gewinnen .....	25
6.2	Messungen von Widerständen .....	27
6.3	Stromkreis .....	29
6.3.1	Beobachtung .....	29
6.3.2	Erklärung .....	29
6.3.3	Mögliche Probleme .....	29
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerung .....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Quellen .....</b>	<b>31</b>



# 1 Strom

## 1.1 Was ist Strom

Ein elektrischer Strom ist wenn Elektronen sich in einem stromleitenden Material wie zum Beispiel in einem Kupferkabel fließen.

Die Elektronen können sich frei um das stromleitende Atom bewegen, aber ein Atom gibt nicht einfach so Elektronen aus; die Elektronen können einfach umgetauscht werden, weil sie alle identisch sind. In einem stromleitenden Material können die Elektronen sich nicht in einer Ecke anhäufen, weil die Elektronen sich gegenseitig wegen ihrer negativen Ladung abstoßen.

Wenn man ein Kabel in Form einer Schleife anschließt könnten die Elektronen sich alle gleichzeitig im Kreis drehen, aber sie werden es nicht tun, weil sie keinen Grund dafür haben sich im Kreis zu bewegen, zweitens wenn sie es tun würden, würde ihre Bewegung sich bremsen, denn sogar das beste stromleitende Material hat einen Widerstand bei einer Zimmertemperatur.

Wenn man eine Stromquelle in die Schleife hinzufügt, wie z.B. eine Batterie werden die Elektronen gefördert sich zu bewegen, sie werden von einer Seite gedrückt und von der anderen Seite angezogen, die Elektronen werden sich alle miteinander in Bewegung setzen und nach und nach in die Richtung der aufnehmenden Quelle wandern. Die Seite wo Elektronen außerhalb des Generators herkommen nennt man den Minuspol (-) und die Seite wo sie außerhalb des Generators hinwandern nennt man den Pluspol (+).

Alle Elektronen wandern dann durch das elektrische Gerät um zum Pluspol zu gelangen. So kommt es dass unser Staubsauger oder unsere Lampe im Haus funktionieren, und dass man sein Handy oder seine Batterie aufladen kann.

Der Strom kommt im reellen Leben von einer produzierenden Stromquelle wie z.B. ein Atomkraftwerk oder ein Windrad, dann wird er dank einer Zentrale in die bestimmte Stromart umgewandelt, normalerweise in Wechselstrom (siehe Kapitel 1.3 Stromarten) an

die Leitung angeschlossen, wandert dann durch eine Leitung bis er in den Dörfern verteilt wird. Nachdem er im Dorf angekommen ist, wird er in den verschiedenen Straßen verteilt, von der Straße geht eine Abzweigung in jedes Haus. Im Haus angekommen, wird er an die verschiedenen Steckdosen verteilt. In der Steckdose wird er vom elektrischen Haushaltsgerät aufgenommen, um dann in den Pluspol wandern zu können. Der Strom wird verbraucht.

Ein Elektron braucht Tage, um von einem Schalter in die Birne zu kommen, im Kupfer bewegen sie sich 1,5 Millionen Meter in einer Sekunde, das heißt um fünf Meter zurückzulegen bräuchten er theoretisch nur ungefähr eine Mikrosekunde, aber im Kabel wandern die Elektrone von einem Atom ans andere, so entsteht eine Kettenreaktion, die sehr lange dauert, der erste Elektron wird von einem neuen ersetzt, der Erste nimmt also den Platz vom Zweiten, der Zweite nimmt den Platz vom Dritten und so weiter, da haben sie sich nur um einen Platz bewegt, man sieht damit, dass es sehr langsam vorangeht. Deswegen braucht ein Elektron ungefähr fünf Tage, um vom Schalter zum Licht zu kommen. Das Licht geht aber schon sofort an, das liegt daran, dass im Kabel schon Elektronen sind, wenn der Schalter ausgeschaltet ist, kommen keine neuen Elektronen dazu, diese Elektronen bleiben aber bei den Atomen, wo sie bislang im Kabel angekommen sind.

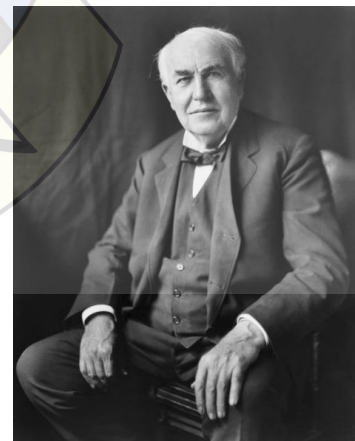
## 1.2 Der Unterschied zwischen Strom & Elektrizität

Elektrizität ist ein Oberbegriff für Strom, der Strom ist eine fließende Ladung. Die Elektrizität befasst sich aber mit jeder Ladung statisch und beweglich.

## 1.3 Die Geschichte des Stroms

### 1.3.1 Der Stromkrieg

Als Thomas Alva Edison noch jung war, war er schlechthörig, konnte in der Schule also nicht gut aufpassen, anfangs teilte er die Post aus, später entschied er sich nach New York zu reisen, da arbeitete er in einem Kommunikationsunternehmen als

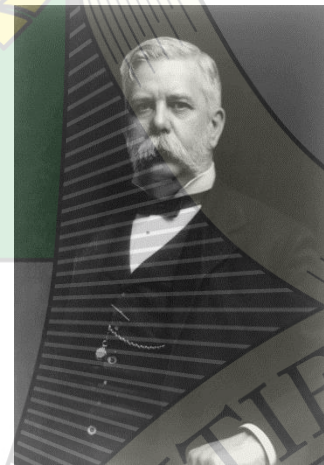


Thomas Alva Edison



Telegrafist, eines Tages ging der Ticker seines Telegrafens kaput, er reparierte ihn und modifizierte ihn, sein Boss gab ihm 10'000 Dollars. Damit öffnete er ein Labor, wo er mit einer ganzen Gruppe forschte. Eines Tages kam die erste Glühbirne heraus, sie war so hell dass sie nicht sehr angenehm zum arbeiten war, zweitens leuchtete sie nicht sehr lange. Er wollte diese verbessern, mit seiner Gruppe fand er heraus, dass Kohle sehr langsam verbrannte. Er erfand eine Glühbirne mit einem gerollten Kohlestab, die mit Strom funktionierte, diese Glühbirne leuchtete dreizehn-ein-halb Stunden am Stück. Nach dieser Erfindung wurde er berühmt, sein nächster Plan war ganz New York mit seinem Gleichstrom und seinen Glühbirnen zu beleuchten. Er erfand Motoren und Generatoren.

In England, gab es einen Jungen namens Georges Westinghouses, er war auch nicht sehr gut in der Schule. Später gründete er eine Fabrik die Weichen und Eisenbahnsignale herstellte. Eines Tages ging er nach Hause, der Zug in dem er sich befand war auf einer einspurigen Bahn, ein anderer Zug kam frontal und beide prallten ineinander, George dachte dass wenn der Lokführer nicht von Wagon zu Wagon gehen müsste um die Bremse zu ziehen wäre das alles nicht passiert, er erfand also die Luftdruckbremse. Eines Tages hörte er von Edisons brillanter Erfindung. Er hatte aber Probleme bei Edisons Erfindung schon längst herausgefunden, Gleichstrom lässt sich nicht sehr weit transportieren. Er kaufte Firmen und produzierte in ihnen Generatoren für seinen Wechselstrom.



George Westinghouse

Thomas Edison lernte Nicola Tesla kennen, dieser wollte für Edison arbeiten, Edison wollte diesen nur bezahlen wenn er etwas erfunden hatte. Tesla erfand Wechselstrom, das reicht nicht für Edison, dieser wollte ihn also nicht bezahlen. Tesla wollte nicht weiter für Thomas Edison arbeiten und ging bei Westinghouse um mit diesem zu arbeiten. Nicola Tesla erfand den Wechselstrom bei George Westinghouse. George Westinghouse patentierte Teslas geniale Idee und zusammen bauten sie Wechselstromgeneratoren um England mit ihrem Wechselstrom zu beleuchten. Wechselstrom war viel leichter herzustellen als Gleichstrom, was zu Georges Westinghouses Vorteil war.

Thomas Edison fing an dem Volk Angst zu machen, er fragte Leute um ihre Haustiere gegen ein wenig Geld zu bekommen und tötete diese mit einer großen Wechselstromladung. Das machte den Menschen Angst, er ließ auch einen zu Tod verurteilten Menschen auf dem elektrischen Stuhl sterben, auch wieder mit Wechselstrom, Edison hatte Westinghouses Wechselstrom zum Terror gemacht. Westinghouse und Tesla ließen noch mehr Wechselstrom Generatoren bauen und fingen an sie an den Niagarafällen zu installieren.

Auch wenn Thomas Edison den Menschen Angst gemacht hatte, gewannen George Westinghouse und Nicola Tesla den Stromkrieg. Thomas Alva Edison blieb nichts anderes übrig als alles zu verkaufen und zuzugeben dass er den Stromkrieg verloren hatte.

## 1.4 Stromarten

Man Unterscheidet drei Hauptstromarten:

- Gleichstrom
- Wechselstrom
- Mischstrom

Drehstrom ist Wechselstrom nur mit drei Phasen.

### 1.4.1 Gleichstrom

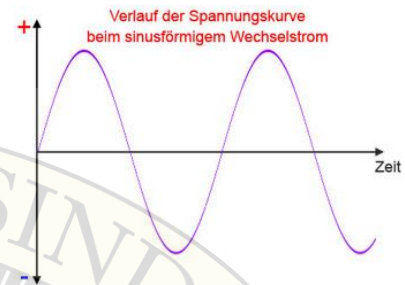
Gleichstrom ist eine Stromart die seine Polung nicht ändert. Man benutzt Gleichstrom für alle elektrische Haushaltsgegenstände, Gleichstrom ist nicht so leicht herzustellen als Wechselstrom. Beim Gleichstrom tritt ein zweites Problem auf: Gleichstrom auf hoher Spannung zu transportieren hat den Vorteil nicht so viel von seiner Spannung zu verlieren, aber das große Problem ist, wenn man Gleichstrom wenn man den Transport mit einem mechanischen Leistungsschalter unterbrechen will und man ihn ausschaltet, dann macht Gleichstrom einen Lichtbogen über den Schalter das heißt er fließt einfach weiter und man sieht einen elektrischen Bogen.



### 1.4.2 Wechselstrom

Wechselstrom ist eine Stromart die ihre Polung (Richtung) in einer bestimmten Zeit ändert.

Wechselstrom ist für Lichter und andere elektrische Gegenstände sehr selten benutzt. Vorteile von Wechselstrom sind aber, dass man Wechselstrom leichter als Gleichstrom transportieren kann, zweitens muss man nur eine Diode (Element wo Strom nur in eine Richtung fließen lässt) einsetzen und schon hat man Gleichstrom für elektrische Maschinen oder Gegenstände anzutreiben.

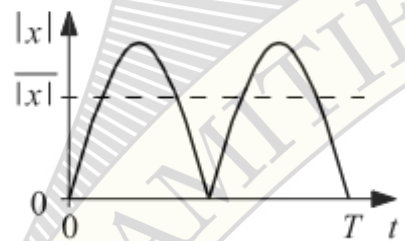


Wechselstrom Spannungsschema (5)

Der Erfinder vom Wechselstrom ist Nicola Tesla, er hatte anfangs für Thomas Edison gearbeitet, aber als Edison nicht von ihm zufrieden war ging dieser zu George Westinghouse und arbeitete für ihn, später ließen sie ihren Wechselstrom patentieren und Wechselstromgeneratoren bei den Niagarafällen aufbauen um dessen Energie in Strom zu verwandeln.

### 1.4.3 Mischstrom

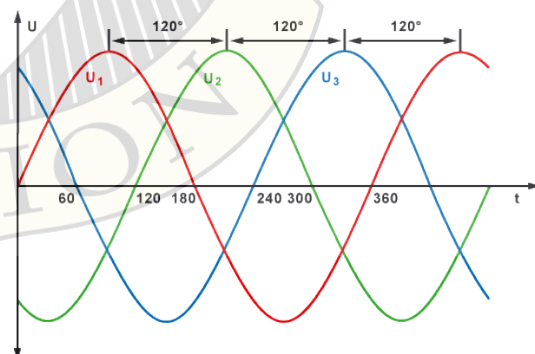
Mischstrom ist eigentlich ein Gleichstrom, beinhaltet aber auch ein bisschen Wechselstrom. Mischstrom wird erstellt wenn man probiert Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln. Man erhält nie einen Gleichstrom wie den Gleichstrom den man mit Generatoren erhält, die Spannung ändert sich immer ein wenig.



Schema der Spannung beim Mischstrom

### 1.4.4 Dreiphasenwechselstrom

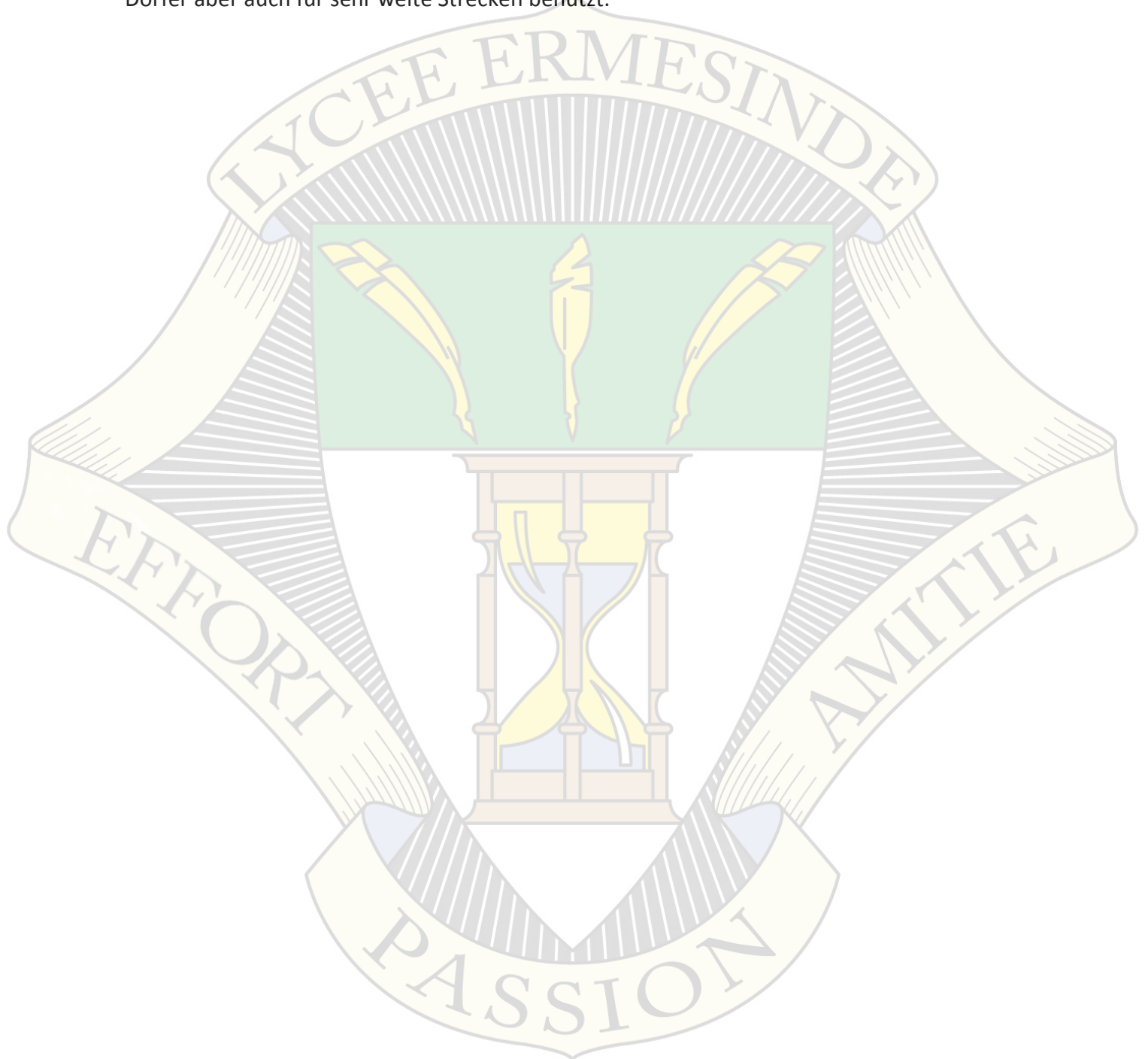
Drehstrom hat sehr viele unterschiedliche Namen, wie z.B. Dreiphasenwechselspannung, Baustrom, Kraftstrom oder noch Starkstrom, sein bekanntester Name ist aber Drehstrom. Drehstrom ist das Gleiche wie Wechselstrom ist aber dreipolig, wenn die erste



Schema der Spannung beim Drehstrom

Wechselspannung ungefähr bei null ist, ist die zweite z.B. ungefähr bei +200 und die dritte bei -200.

Drehstrom wird oft beim Transport vom Strom gebraucht, für die Verteilung an kleine Dörfer aber auch für sehr weite Strecken benutzt.



## 2 Sicherheit

Die Sicherheit ist wichtig wenn man mit Strom arbeitet, ein einfacher Kurzschluss kann zu großen dauerhaften Folgen führen, die schlimmste ist der Tod, man kann schon bei einer 220 Volt Steckdose Probleme wie Muskelreaktionen oder Muskellähmungen oder noch Herzprobleme.

### 2.1 Sicherheitsschilder

#### 2.1.1 Hochspannung

Das wohl bekannteste Warnungsschild vom Strom ist Achtung Hochspannung, das Dreieck bedeutet immer Achtung, auf diesem Schild befindet sich ein Blitz im Dreieck das für Hochspannung steht. Man findet es in Zentralen, bei der Eisenbahn, beim Stromleitungen, bei Baustellen...



Achtung Hochspannung

#### 2.1.2 Nicht Wiedereinschalten

Das Nicht Wiedereinschalten Schild wird benutzt wenn man in einer Anlage wo Hohe Spannung fließt arbeitet, auf diesem Schild sieht man ein Verbot und einen offenen Schalter den man nicht schließen soll, auf dieses Schild soll man besonders achten, denn d.h. dass wenn man es

**Nicht Schalten! Es wird gearbeitet.**



Ort \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_  
Entfernen des Schildes nur durch: \_\_\_\_\_  
Name \_\_\_\_\_

wieder einschaltet hat es schlimme Konsequenzen, wie z.B. das Zerstören des Stromkreises oder noch den Tod oder bestenfalls der Verletzung einer oder mehreren Personen.

**Nicht Wiedereinschalten**

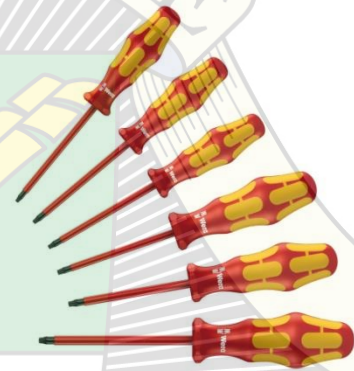


## 2.2 Sicherheitsmaterial

### 2.2.1 Isolation

Wenn man mit Strom arbeitet sollte man besonders darauf achten, dass man keine Stromleitende Materialien benutzt, dass könnte nämlich gefährlich werden wenn man bei hoher Spannung arbeitet. Um z.B. an einer Steckdose zu arbeiten, sollte man isolierte Schraubenzieher benutzen damit kein Kurzschluss passiert.

Wenn man zwei Kabel offene Kabel hat sollte man beide getrennt mit einem isolierenden Material einpacken damit man nicht dummerweise beide aneinander legt und dann ein Kurzschluss passiert.



Isolierte Schraubenzieher

### 2.2.2 Information

Man sollte sich gut informieren bevor man an einem Stromkreis arbeitet, wie z.B. sind es keine alte Kabel, wie viel Spannung läuft im Stromkreis usw.

## 3 Strommessung

### 3.1 Volt

Volt ist eine physikalische Einheit und wird mit einem großen „V“ geschrieben. Volt bestimmt die Spannung. Wenn man das mit Wasser vergleicht ist Strom der Druck. Wenn man Etwas bestimmtes von Punkt A zu Punkt B transportieren will, muss man einen Druck auf die Last ausüben, damit diese sich fortbewegt. In der Elektrizität ist die Last eine Ladung. Je mehr Elektronen auf einem kleinen Platz sind, desto mehr sie sich gegenseitig abstoßen. Dabei entsteht ein höherer Druck, also eine höhere Spannung.

Der Erfinder von Volt ist Alessandro Volta, er war Physiker, der italienische Physiker (1745-1827).

### Ampere

Ampere ist die Stromstärke eines Stromes, also die Quantität an elektrischen Ladungen die in einer Sekunde durch ein bestimmtes Material fließen. Das Symbol ist ein „A“. Der Erfinder vom Ampere ist André-Marie Ampere.

### 3.2 Watt

Watt ist die Einheit der Leistung „P“ eines Verbrauchers (bzw. eines Generators), d.h. die Energiemenge pro Sekunde.

In der Elektrizität die Leistung „P“ ist das Produkt der Spannung „U“ multipliziert mit der Stromstärke „I“:

$$P[W]=U[V]*I[A]$$

Man kann sich die Leistung eines Verbrauchers leicht verstehen:

Volt ist die Spannung, der Druck, Ampere ist die Strommenge, die Menge an Strom, die durch einen bestimmten Punkt fließt, Watt ist also die Leistung, die Energie, die man dafür verbraucht hat.

Die Einheit Watt wurde vom schottischen Physiker James Watt erfunden. Watt hat aber noch andere Bedeutungen, die aber nichts mit Elektrizität zu tun haben.

### 3.3 Ohm

George Simon Ohm hat den Widerstand im Strom entdeckt, sein Gesetz heißt „ohmsches Gesetz“ und zeigt den Widerstand eines Materials. Seine Formel lautet:

$$U[V]=R[\Omega]*I[A]$$

U=Spannung (in Volt)

R= Widerstand (in Ohm)

I= Stromstärke (in Ampere)



## 4 Stromleitung

### 4.1 Stromleitende Materialien

Ein Material ist Stromleitend wenn die Elektronen sich in diesem frei bewegen können. Die meisten Metalle sind Stromleitend, man kann herausfinden ob ein Material stromleitend ist indem man Strom durchfließen lässt und mit einem Voltmeter misst ob die Ladung durchfließt.

### 4.2 Isolator

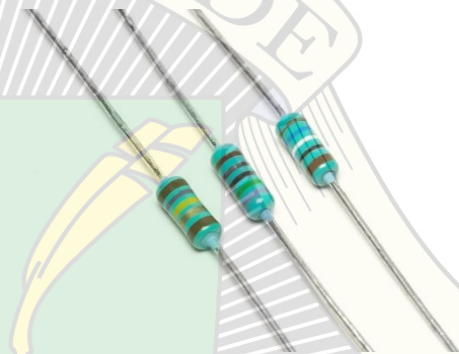
Isolatoren werden benutzt um ein spannungsführendes Material von einem nicht Spannungsführenden Material zu trennen. Isolatoren findet man z.B. bei einer Eisenbahnoberleitung, bei Hochspannungsleitungen oder in Leiterplatten um die kleinen Kupferplatten voneinander zu trennen. Damit ein Material als Isolator benutzt werden kann muss es einen Widerstand von mindestens  $10^{10} \Omega$  haben, damit kein Strom durch fließt.

Die meist verwendeten Widerstände sind Ebonit, Kunststoff, Keramik usw.

# 5 Strommodifizierung

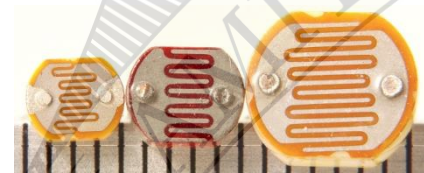
## 5.1 Widerstand

Widerstände sind elektrische Bauelemente die einen Stromfluss abbremzen können, eine elektrische Spannung teilen können und um elektrische Energie in Wärme umzuwandeln. Sie basieren auf dem ohmschen Widerstand. Man findet viele verschiedene Widerstände. Für kleine Stromflüsse werden meistens zylindrische keramische Widerstände benutzt. Für größere Stromflüsse werden eher Hochleistungs-Widerstände benutzt. Widerstände unterscheiden sich in der Genauigkeit um einen Stromfluss auf einen präzisen Wert zu begrenzen, aber sie unterscheiden sich auch in Temperaturstabilität, denn Widerstände wandeln elektrische Energie in Wärmeenergie um. Die benutzten Materialien entscheiden über die Genauigkeit und Temperaturstabilität.



Kleine Keramikwiderstände

Schichtwiderstände bestehen aus Metall-, Metalloxid-, Cermet-, Kohleschichten oder noch Fotowiderstände die aus Cadmiumsulfidschichten bestehen.



Fotowiderstände

Unter Folienwiderstände findet man massive und planare Widerstände wie z.B. Shunt-Widerstände oder Bremswiderstände. Sie können für eine kurze Zeit hoch belastbar sein.

Massewiderstände sind Widerstände wo der Strom durch eine nicht gut leitende Masse fließt. Es gibt Kohle-Massewiderstände, Kohlekeramik-Massewiderstände, Metallkeramik-Massewiderstände. Kaltleiter (PTC Widerstand) und Heißleiter (NTC Widerstand) sind Temperaturabhängige Widerstände und ein Varistor ist ein Spannungsabhängiger Massewiderstand.

Drahtwiderstände bestehen aus einem Keramikkörper, einem temperaturresistenten Plastikkörper, sie werden von einem Draht umwickelt. Sie können Temperatur bis zu 800°C überstehen und haben sehr hohe Verlustleistungen.

Potentiometer sind Widerstände, die man manuell durch drehen oder schieben verändern kann. Man findet sie in elektronischen Geräten wie z.B. in einem Radio, um die Lautstärke zu verändern oder bei einer Lampe, um die Helligkeit zu modifizieren.



Potentiometer

## 5.2 Dioden, Led's und Transistoren

Die Dioden werden benutzt, um den elektrischen Stromfluss nur in eine Richtung durchzulassen. Led's werden für den gleichen Zweck benutzt, doch diese emittieren Licht, wenn der Strom in die richtige Richtung fließt.

Transistoren lassen den Strom nur durchfließen, wenn Strom bzw. kein Strom in die Basis eingespeist wird.

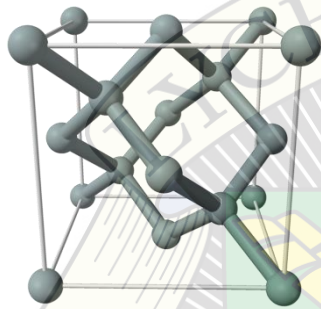
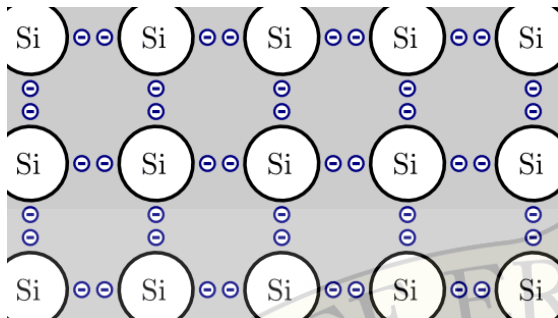
### 5.2.1 Halbleiter und Dotierung

Um gut verstehen zu können, wie Dioden funktionieren, muss man verstehen, was ein Halbleiter ist und wie er funktioniert.

Einer der häufigsten Fälle ist ein monokristallines Halbleitersilizium. Da das Silizium 4 Elektronen auf seiner Valenzschicht hat, will es die 4 Elektronen mit 4 anderen Siliziumatomen teilen, um 4 kovalente Bindungen zu machen. Das ergibt ein Siliziumkristall.

13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA
5 B Bore 10.811	6 C Carbone 12.0107	7 N Azote 14.00674	8 O Oxygène 15.9994
13 Al Aluminium 26.981538	14 Si Silicium 28.0855	15 P Phosphore 30.973761	16 S Soufre 32.065
31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsenic 74.92160	34 Se Sélénium 78.96
49 In Indium 114.818	50 Sn Étain 118.710	51 Sb Antimoine 121.760	52 Te Tellure 127.60
81 Tl Thallium	82 Pb Plomb	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium

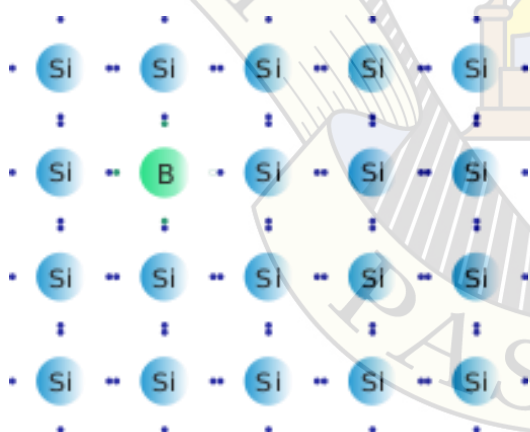




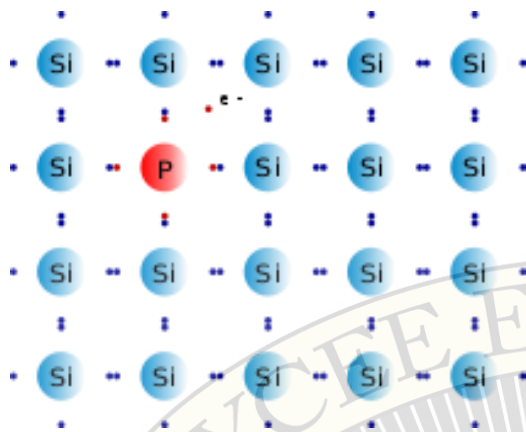
Fall der Photovoltaik). Weil man eine bestimmte Energie braucht, wird Silizium als Halbleiter bezeichnet, was ganz anders ist als ein Kupferkabel, das den Strom bei sehr geringer Spannung schon durchfließen lässt.

13	14	15	16
IIIA	IVA	VA	VIA
5 <b>B</b> Bore 10.811	6 <b>C</b> Carbone 12.0107	7 <b>N</b> Azote 14.00674	8 <b>O</b> Oxygène 15.9994
13 <b>Al</b> Aluminium 26.981538	14 <b>Si</b> Silicium 28.0855	15 <b>P</b> Phosphore 30.973761	16 <b>S</b> Soufre 32.066
31 <b>Ga</b> Gallium 69.723	32 <b>Ge</b> Germanium 72.64	33 <b>As</b> Arsenic 74.9216	34 <b>Se</b> Sélénium 78.96

In einem Siliziumkristall kann man manche Siliziumatome durch andere Atome ersetzen, wie z.B. ein Phosphoreatom das 5 Elektronen in seiner Valenzschicht beinhaltet oder wie ein Bohr Atom das nur 3 Elektronen in seiner Valenzschicht beinhaltet.



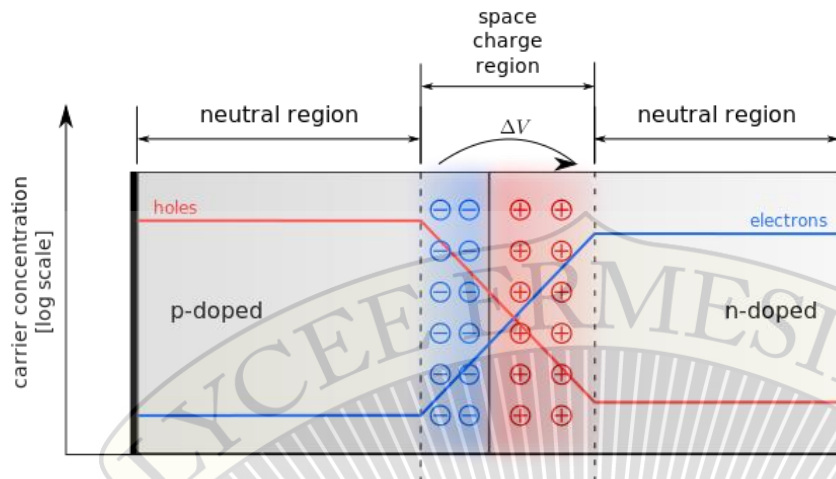
Das Kristall das ein Boreatom beinhaltet hat ein Loch ohne Elektron, ein der 4 Siliziumatomen um dieses, dem fehlt ein Elektron, wenn ein Elektron sich in der Nähe dieses Kristalles befindet, wird es von diesem Atom angezogen, es zieht Elektrone an, ist also momentan p-Dotiert (positiv, da ihm momentan ein Elektron fehlt).



Das Kristall das ein Phosphoreatom beinhaltet hat ein Elektron zu viel. Dieses Elektron wird nicht in einer Kovalenz Bindung benutzt, es ist frei und kreist um das Phosphoreatom, doch es wird immer wieder von diesem angezogen, da das Phosphoreatom genau so viele Elektrone wie Protone hat. wenn ein Atom dieses Elektron braucht und nahe genug dran ist, würde es vom anderen angezogen werden, momentan ist das Atom negativ geladen, da es ein Elektron zu viel hat, bietet es dieses Elektrone an, ist also n-Dotiert (negativ, da es ein unverbundenes Elektron hat).

### 5.2.2 p-n-Übergang

Wenn man jetzt ein p-dotiertes Siliziumkristall gegen ein n-dotiertes Siliziumkristall legt, werden die nicht verbundene Phosphore Elektrone hinüber in das Loch des Bohratomes springen, der Siliziumkristall mit den Phosphoreatomen lädt sich positiv auf, da es ein Proton zu viel hat und der Siliziumkristall mit den Boreatomen lädt sich negativ auf, da es jetzt mehr Elektrone als Protone besitzt, es entsteht ein elektrisches Feld (Spannung). Die unverbundene Phosphore Elektrone springen immer weiter zu den Boreatomen denen ein Elektron fehlt, bis dass das elektrische Feld zu stark wird, dass keine unverbunden Phosphore Elektrone von den Bohratomen mehr angezogen werden können. Die Zone um den p-n Übergang erscheint wie elektrisch geladen und wird dadurch „Raumladungszone“ genannt. Nebenan, hindert sie weitere freie Elektronen durch sie zu kommen wir sie auch noch „Sperrschicht“.



Was passiert wenn man ein elektrisches Feld an diesen p-n Übergang hinzufügt, d.h. wenn man eine Spannung an beide Ende eines p-n Überganges anwendet?

Wenn man den Pluspol an die n-Dotierte Seite anschließt und den Minuspol an die p-Dotierte Seite anschließt passiert folgendes:

- die n-Dotierte Zone beinhaltet Phosphore Atome mit nicht angeschlossenen Elektronen, diese werden vom Pluspol angezogen. Sie werden sich zu diesem Pluspol bewegen. Und werden mehr positiv-geladene Phosphoreatome hinterlassen.
- Die p-Dotierte Zone beinhaltet Bore Atome, d.h. Siliziumatome akzeptieren Elektrone um kovalente Bindungen aufzustellen. Diese Zone ist am Minuspol verbunden, die Elektrone bringt. Diese Elektronen werden von den Löchern in den kovalenten Bindungen festgenommen und deswegen, die negative Ladung erhöhen.
- Das elektrische Feld der Sperrschicht wird verstärkt und die Ausdehnung der Raumladungszone wird vergrößert. Aus diesem Grund nennt man dass dieser p-n Übergang in „Sperrrichtung“ angeschlossen ist.

Wenn man den Minuspol an die n-Dotierte Seite anschließt und den Pluspol an die p-Dotierte Seite anschließt passiert folgendes:

- Der Minuspol drückt Elektrone in die n-Dotierte Zone, insbesondere in die positiv geladene Zone, die dadurch reduziert wird.

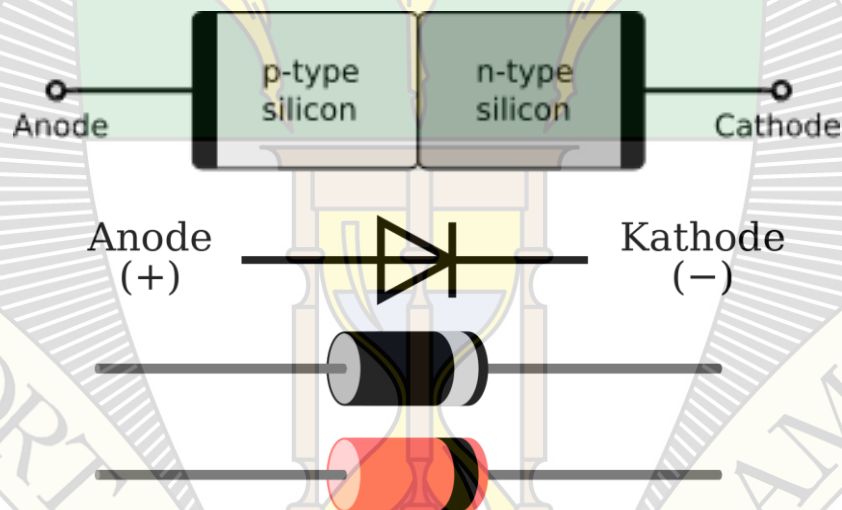


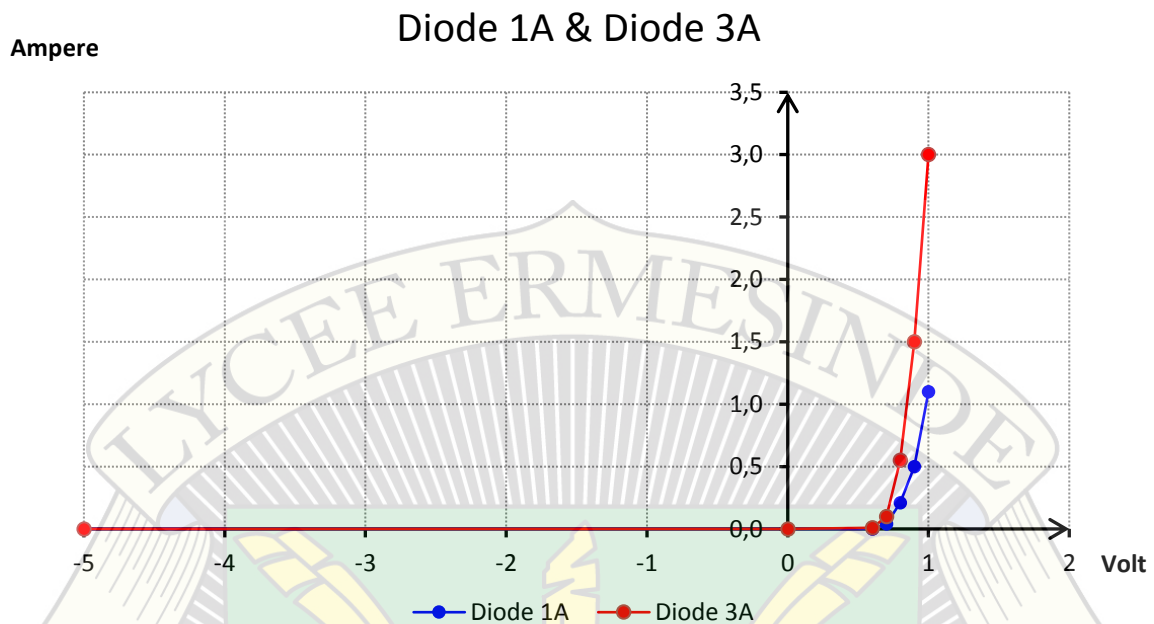
- Der Pluspol zieht Elektronen aus der p-Dotierten Zone, insbesondere aus der negativ geladenen Zone, die dadurch reduziert wird
- Die Raumladungszone wird reduziert und das elektrische Feld in der Sperrschicht wird verringert bzw. neutralisiert. Es ermöglicht einen Ladungstransport durch den ganzen Kristall, der Strom fließt ohne großen Widerstand hindurch.

### 5.2.3 Diode

P-n Übergänge leiten den Strom leicht in eine Richtung, aber nicht in die andere. Es ist die typisch gewünschte Funktion für eine Diode.

Früher gab es anders gebaute Dioden (Spitzendiode, Röhrendiode...) Jetzt sind die meisten Dioden mittels eines p-n Überganges gebaut.





Wenn die Diode in Sperrrichtung angeschlossen ist, fließt überhaupt kein Strom. Ich konnte aber nur bis -15V Strom einspeisen, die Dioden halten aber bis -75 V respektiv bis -1000 V.

Wenn man die Kathode an den Minuspol und die Anode an den Pluspol anschließt fängt der Strom an bei 0,6 Volt durchzufließen, die Raumladungszone wurde genug neutralisiert um die ersten Elektrone durchzulassen. Bei ungefähr 1 Volt erreichen diese beide Dioden ihre Höchstbelastbarkeit. Wir haben die Messungen ohne Widerstand durchgeführt, wenn man aber einen Widerstand in Serie an die Diode anschließt, kann man die Spannung höher setzen ohne die „Ampere Grenze“ zu überschreiten.

Es ist interessant, dass die Diode unter 0,6 Volt keinen Strom durchfließen lässt, und erst dann anfängt den Strom auf exponentielle Art durchfließen lässt.

### 5.2.4 LED's

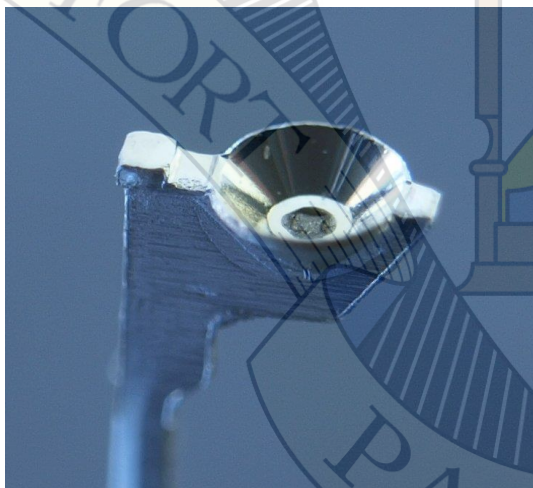
Die LED, „Light-Emitting Diode“ auf Englisch oder „Licht emittierende Diode“ auf Deutsch ist eine Diode. Ihre einzige zusätzliche Funktion, ist dass sie Licht emittiert wenn der Strom durchfließt. Sie funktioniert nach dem p-n Übergang. Je nachdem welches Material man benutzt, erhält man verschiedene Farben.

In der LED findet man wie in einer normalen Diode, die Kathode (-) und die Anode (+). Auf dem Bild 1 ist die Kathode rechts und die Anode links. Oben auf der Kathode befindet sich ein Reflektor. In diesem Reflektor treffen die beiden Halbleiterkristalle die man braucht um einen p-n Übergang herzustellen. Der negativ geladene Halbleiterkristall ist in Kontakt mit der Kathode (flache Seite/kürzerer Draht). Der positiv geladene Halbleiterkristall ist mit einem kleinen Draht an der Anode befestigt, die Anode auf Bild 1 ist das Plättchen auf der linken Seite. Die beiden Halbleiterkristalle sind durch eine Schicht negativ und positiv geladene Schicht miteinander verbunden. Wenn man den Pluspol an das längere Kabel, also die Anode und den Minuspol an das kürzere Kabel, also die Kathode anschließt wird die Raumladungszone neutralisiert und Licht wird freigesetzt. Der Reflektor richtet das Licht nach oben. Wenn man es aber anders herum anschließt, wird die Raumladungszone größer und der Strom fließt nicht durch. Kein Licht wird dabei freigesetzt.



Bild 1

Eine Led, auf der rechten Seite ist die Kathode und auf der linken Seite ist die Anode.



Der an der Kathode angeschlossene Reflektor. In der Mitte befinden sich beide Halbleiterkristalle (n-Dotiert nach unten und p-Dotiert nach oben). Das Kabel, das zur Anode führt wurde hier jedoch weggenommen.

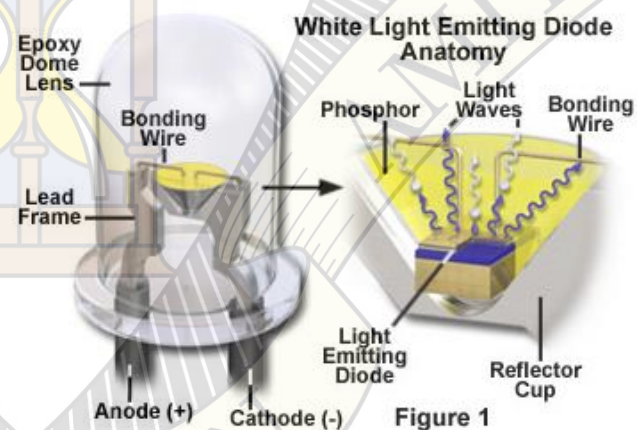


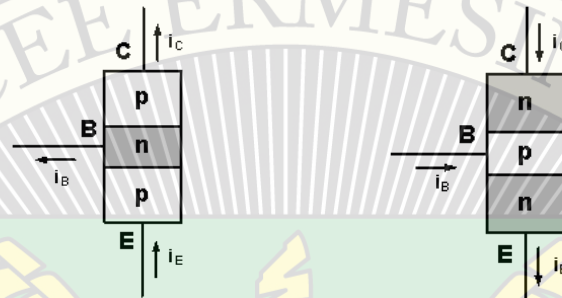
Figure 1

Eine LED schematisch dargestellt. Von der Anode geht ein Kabel ins p-Dotierte Halbleiterkristall, der Strom wird gezwungen durch dieses Kabel zu fließen, da Anode und Kathode sonst voneinander isoliert sind (Epoxidharz).

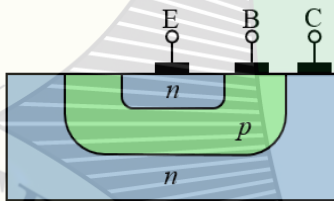


## 5.2.5 Bipolare Transistoren

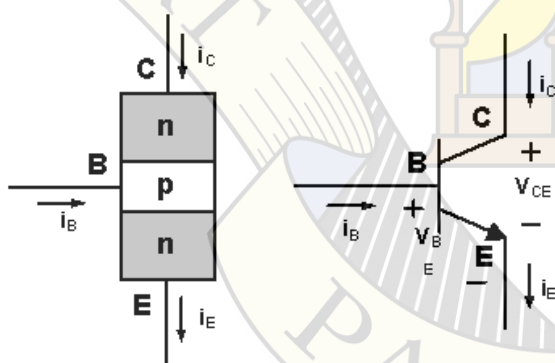
Bipolare Transistoren bestehen aus einem doppelten p-n Übergang, entweder PNP oder NPN.



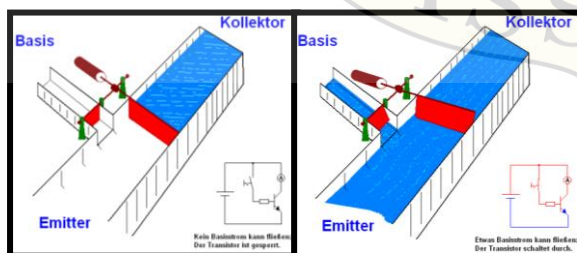
Diese Bilder von Transistoren sind eher schematisch, in der Realität sehen sie eher so aus:



Die Funktionsweise eines Transistors ist sehr komplex und überschreitet die Grenzen dieser Arbeit, ich werde deswegen nur die Verwendung des NPN-Transistors erklären.



In einem NPN Transistor gibt es drei Ausgänge, den Kollektor (C), da wird der Strom eingespeist. Den Emmitter (E), der Stromausgang und die Basis (B), die den Stromfluss reguliert. Mit ihnen kann man einen größeren Stromfluss durch einen Kleinen regulieren. Man kann die Basis ungefähr wie einen Schalter sehen, der Strom fließt nur wenn der Schalter an ist.



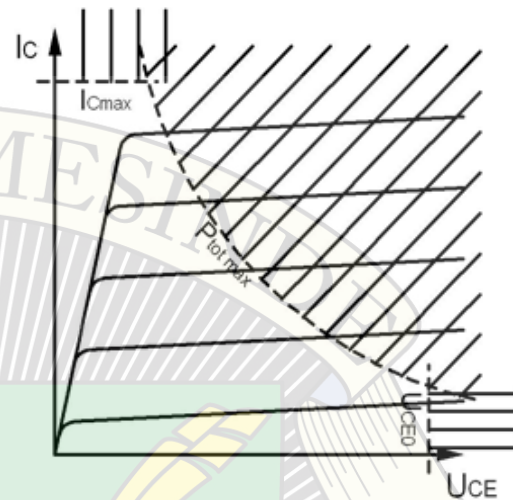
Wenn kein Basisstrom vorhanden ist, ist der Transistor wie ein offener Schalter d.h. kein Strom fließt vom Kollektor aus fließt kein Strom ( $I_C$ ) zum den Emmitter, sogar für große Spannungen ( $U_{CE}$ ).

Bei großen Spannungen  $U_{CE}$  ist  $I_C$  proportional zu  $I_B$ . Der Stromverstärkungsfaktor lautet:  $B = \frac{I_C}{I_B}$

Wenn  $U_{CE}$  zu schwach ist gibt es keinen Stromverstärkungsfaktor, sondern  $I_C$  ist proportional zu  $U_{CE}$ .

Natürlich haben Transistoren auch Grenzen.

Wenn man diese überschreitet, geht das innere des Transistors kaputt und der Strom fließt einfach durch.



## 5.3 Transformatoren

Ein Transformator wird benutzt um die Spannung eines elektrischen Stroms zu ändern. Wenn es keine Transformatoren gäbe und man sein Handy aufladen möchte, dann würde dieses sofort kaputt sein, denn ein Handy braucht maximal 5 Volt um aufgeladen zu werden. Ein Transformator besteht aus zwei Spulen, die durch einen Eisenkern miteinander verbunden sind. Der Strom fließt in die erste Spule hinein und wird durch den Eisenkern an die zweite Spule an der anderen Seite weitergeleitet. Die Spannung kann man mit der Anzahl der Windungen ändern.

## 6 Experimente

### 6.1 Strom mit Kupfer und Zink gewinnen

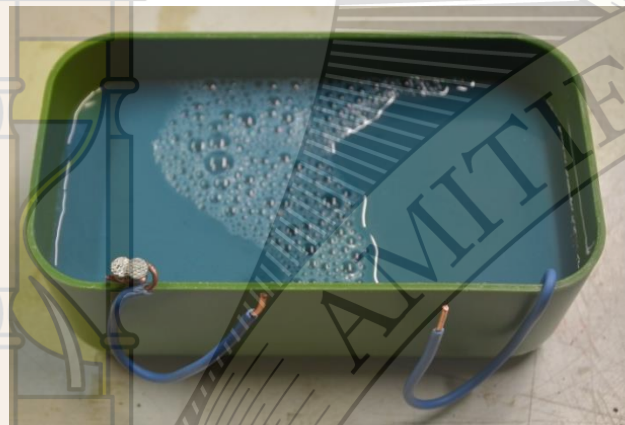
Es ist möglich eine Batterie mit einem Kupferkabel und gezinkten Nägel Strom herzustellen.

1. Auf einer Seite muss man ein Kabel wo aus Kupfer besteht in einen Behälter befestigen.

Auf der anderen Seite werden zwei (die Anzahl ist nicht wichtig) gezinkte Nägel miteinander verbunden und an ein zweites Kabel angeschlossen, dann muss man diese im Behälter befestigen.

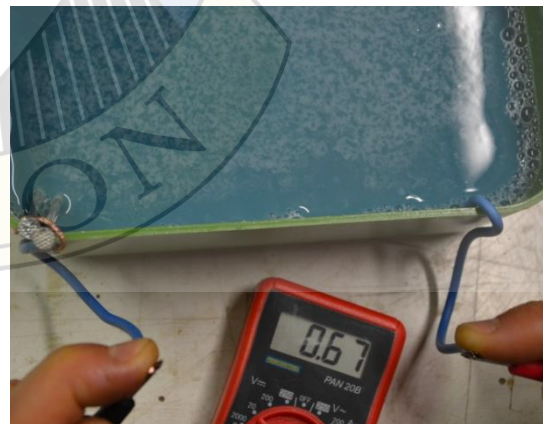


Nebenan muss man ein Produkt finden wo nicht all zu wenig Kupfersulfat enthält finden und es hinein tun, es ist wichtig dass das Produkt sich mit Wasser vermischen kann. Ich habe ein Pflanzenprodukt genommen wo hauptsächlich aus Kupfersulfat besteht genommen.



2. Danach muss man den Behälter mit Wasser füllen, die beide Kabelenden noch nicht miteinander verbinden. Es entsteht eine blaue Flüssigkeit, weil das Pulver eine blaue Farbe hat.

3. Schlussendlich muss man beide Kabelenden mit einem Voltmeter verbinden, ich bekam eine Spannung von 0,67 Volt Gleichstrom.





Das funktioniert so:

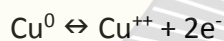
Beide Elektroden sind mit einem gelöstem Salz im Wasser, in diesem Fall ist es Kupfersulfat.

An der Oberfläche jeder Elektrode möchte jedes Atom sich oxydieren, d.h. Elektronen ausgeben und positiv werden, z.B.  $\text{Me}^0 \rightarrow \text{Me}^{++} + 2\text{e}^-$ . Jedes Metall kann sich nur oxydieren wenn die ausgegebene Elektronen vom anderen verbraucht werden.

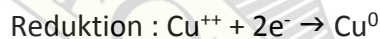
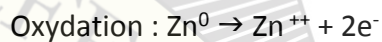
Man kann die Oxydationsreaktion auch umkehren indem man die Oxyden zu metallischen Metallen reduziert, z.B.  $\text{Me}^{++} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Me}^0$ .

Da diese Reaktion umkehrbar ist, wird die Redox-Reaktion genannt, d.h. Reduktions-Oxydations-Reaktion, z.B.  $\text{Me}^0 \leftrightarrow \text{Me}^{++} + 2\text{e}^-$

In unserer Kupfer-Zink Batterie gibt es beide folgende Redox-Reaktionen :



Wenn an beide Elektroden mit einem Leiter verbindet gibt es einen Stärkekampf wo der Zink gewinnt d.h. Zink oxydiert sich und zwingt das Kupfer sich zu reduzieren:

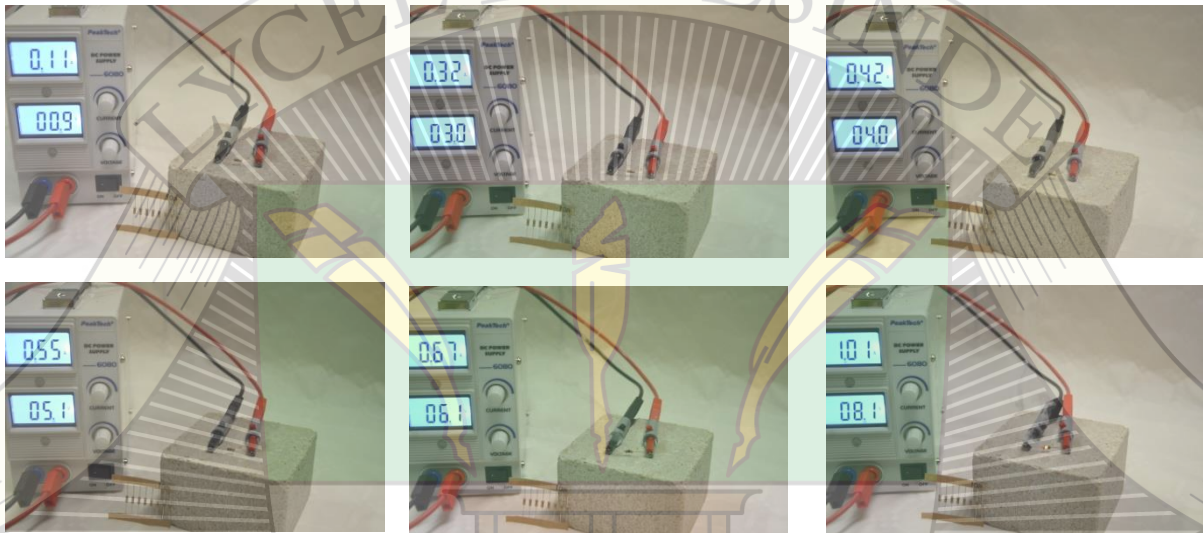


Wenn man beide Elektroden mit einem Schalter trennt kann man eine Spannung messen. Der Minuspol ist das Zink und der Pluspol ist das Kupfer.

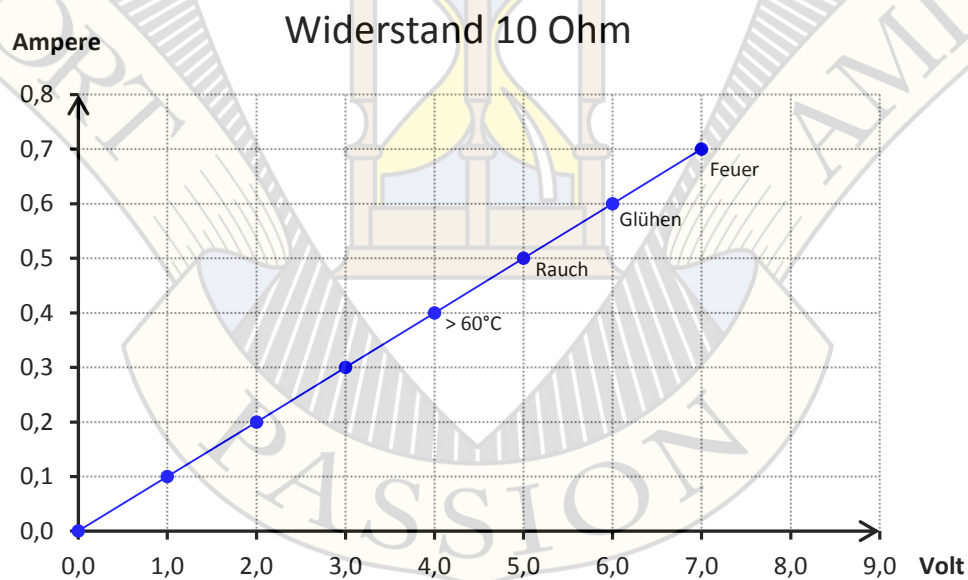
Man muss das Salz vom schwächsten Metall nutzen sonst passiert keine Reaktion.

## 6.2 Messungen von Widerständen

Ich habe einen Widerstand von 10 Ohm genommen und habe die Stromstärke (in Ampere) abhängig von der Gleichstromspannung (in Volt) gemessen.



Die Messwerte sind in der folgenden Grafik aufgestellt worden:



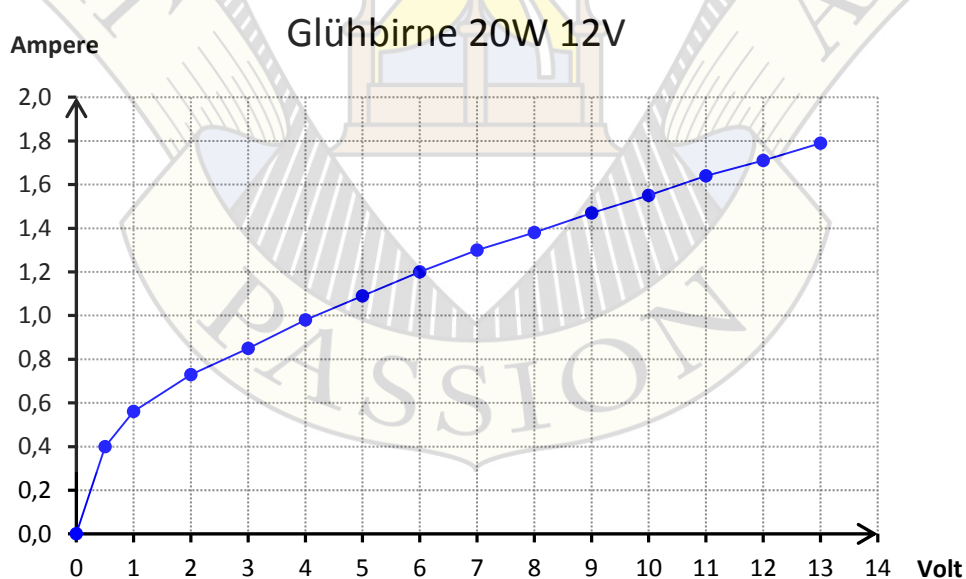
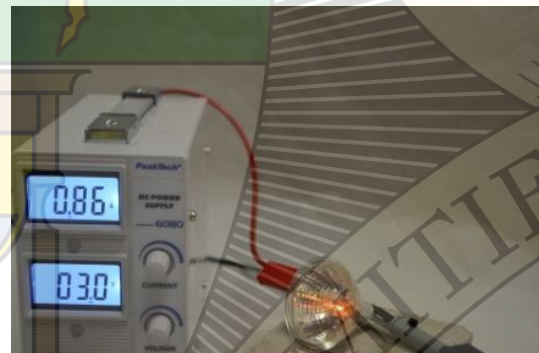
Man kann Folgendes feststellen:

- Die Stromstärke wächst linear -> dieser Widerstand ist also ein ohmscher Widerstand
- Die Temperatur ist schnell gestiegen:
  - 4 Volt =  $>60^{\circ}\text{C}$
  - 5 Volt = Rauch
  - 6 Volt = Glühen
  - 7 Volt = Feuer

Bemerkung: Bei 7 V sind 0,7 A

  - gemessen, d.h. es werden 4,9 W als thermische Leistung in diesem kleinen Widerstand zerstreut, das erklärt seine Fusion.

Ein anderer üblicher Widerstand ist eine Glühbirne. Wir haben das gleiche Experiment mit einer Glühbirne geführt um zu schauen ob die Glühbirne auch ein ohmscher Widerstand ist, das war bei der Glühbirne aber nicht der Fall.





## 6.3 Stromkreis

In diesem Experiment wird eine LED durch Fingerkontakt angeschaltet.

### 6.3.1 Beobachtung

Wenn man mit seinem Finger, die beiden Kabel berührt (Sens), geht die LED an, wenn man fester drückt leuchtet sie heller, wenn man leichter drückt leuchtet sie weniger.

### 6.3.2 Erklärung

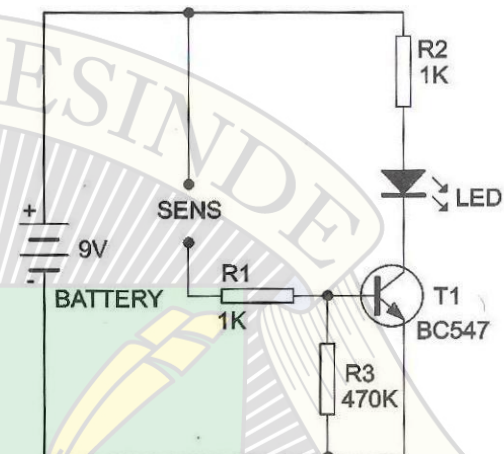
Der Strom fließt von der Batterie zum Kabelende Sens, da kann er nicht weiter. Der zweite Weg führt über den Widerstand R2 weiter zur LED, da kann er auch nicht durch, der Transistor lässt den Strom nicht vom Kollektor zum Emitter, da kein Strom in die Basis eingespeist wird.

Wenn man mit seinem Finger die beiden Kabelende an „Sens“ berührt, fließt der Strom durch den Finger (fließt besser wenn die Hände feuchter sind), durch R1 und wird in die Basis eingespeist. Der Strom von der LED kann dank dem in die Basis eingespeister Strom passieren und geht fließt weiter bis zum Minuspol der Batterie. Den Widerstand R3 kann man auch abnehmen, er dient nur dazu, den Transistor bei einem zu hohen Stromfluss zu sichern.

Man kann dieses Experiment auch mit beiden Händen oder mit mehreren Menschen machen, der Strom fließt dann durch den oder die Körper. Wenn es nicht funktioniert, hat man entweder etwas falsch gebaut, oder man hat zu trockene Hände.

### 6.3.3 Mögliche Probleme

- Achtung auf die Polarität der LED, langes Kabel = Anode (+)
- Richtigen Transistor nehmen, NPN (BC547)
- Batterie Richtig anschließen



## 7 Schlussfolgerung

Ich habe mir dieses Thema für meine persönliche Arbeit ausgewählt, da ich später etwas in der Elektromechanik- oder Mechanikingenieur werden will. Ich wollte wissen ob Elektrizität auch etwas ist was mir gefällt. Ich denke, ich werde Elektromechanik studieren, denn Elektrizität ist meiner Meinung nach die Energie der Zukunft, man kann sie nämlich mit vielen verschiedenen Möglichkeiten herstellen, manche werden nicht so dauerhaft, wie z.B. Atomkraft, doch andere werden meiner Meinung nach sehr lange benutzt, wie z.B. Photovoltaik oder Windräder. Ich war auch sehr neugierig und wollte mich erkunden. Ich habe sehr vieles gelernt.

Anfangs hätte ich nie gedacht etwas zu verstehen, das ich nicht sehe, doch jetzt, mag ich dieses Abstrakte. Mit Experimenten habe ich auch vieles gelernt und sie haben auch die Theorie bewiesen. Mit Strom muss man vorsichtig umgehen, doch wenn man überlegen und rechnen kann, kann nichts passieren. Mir gefällt das, dass dieses Thema gleichzeitig etwas mit Physik und Mathematik zu tun hat. Auch wenn ich später noch meine Orientation ändere, werden mir meine Basiskenntnisse in Strom und Elektrizität sehr hilfreich sein.

## 8 Quellen

1. [http://www.mundt.de/\\_we\\_thumbs\\_/2271\\_5\\_foto\\_strom-logo.jpg](http://www.mundt.de/_we_thumbs_/2271_5_foto_strom-logo.jpg)
2. [http://www.wissenschaft.de/documents/11459/13036/704px\\_high\\_voltage\\_warning\\_svg/5f80728d-275e-40bd-ac62-894eadabec05?imageThumbnail=4](http://www.wissenschaft.de/documents/11459/13036/704px_high_voltage_warning_svg/5f80728d-275e-40bd-ac62-894eadabec05?imageThumbnail=4)
3. <http://www.hamburg.de/contentblob/3740266/data/b-strommast.jpg>
4. [http://lokster.deutschebahn.com/uploads/tx\\_templavoila/A\\_Strom\\_1\\_Bedeschinski.jpg](http://lokster.deutschebahn.com/uploads/tx_templavoila/A_Strom_1_Bedeschinski.jpg)
5. [http://www.sps-lehrgang.de/typo3temp/fl\\_realurl\\_image/verlauf-der-spannungskurve-beim-wechselstrom-cs0.jpg](http://www.sps-lehrgang.de/typo3temp/fl_realurl_image/verlauf-der-spannungskurve-beim-wechselstrom-cs0.jpg)
6. <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/1006061.htm>
7. <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/1008151.htm>
8. <https://de.wikipedia.org/wiki/Wechselstrom>
9. <http://www.dw.com/de/leistungselektronik-revolutioniert-die-stromnetze/a-17424474>
10. [https://de.wikipedia.org/wiki/Batterie\\_\(Elektrotechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Batterie_(Elektrotechnik))
11. [http://www.medienwerkstatt-online.de/lws\\_wissen/vorlagen/showcard.php?id=107](http://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/vorlagen/showcard.php?id=107)
12. <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/diagramm/10060611.gif>
13. <https://de.wikipedia.org/wiki/Dreiphasenwechselstrom>
14. <https://de.wikipedia.org/wiki/Mischstrom>
15. <https://de.wikipedia.org/wiki/Mischstrom#/media/File:Gleichrichtwert-Sinus.svg>
16. <https://www.brewes.de/bilder/produkt/popup/warnschilder-warnung-vor-gefaehrlicher-elektrischer-spannung-e523f1-9222.png>
17. [https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf\\_Sicherheitsregeln](https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf_Sicherheitsregeln)
18. <https://de.wikipedia.org/wiki/Volt>
19. [https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf\\_Sicherheitsregeln#/media/File:Verbot\\_nicht-schalten\\_beispiel.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/F%C3%BCnf_Sicherheitsregeln#/media/File:Verbot_nicht-schalten_beispiel.svg)
20. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/George\\_Westinghouse.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/55/George_Westinghouse.jpg)
21. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Thomas\\_Edison2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Thomas_Edison2.jpg)
22. [http://grund-wissen.de/physik/\\_images/halbleiter-silicium.png](http://grund-wissen.de/physik/_images/halbleiter-silicium.png)
23. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/Silicon-unit-cell-3D-balls.png/800px-Silicon-unit-cell-3D-balls.png>
24. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/N-doped\\_Si.svg/211px-N-doped\\_Si.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/N-doped_Si.svg/211px-N-doped_Si.svg.png)
25. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/51/P-doped\\_Si.svg/211px-P-doped\\_Si.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/51/P-doped_Si.svg/211px-P-doped_Si.svg.png)
26. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/52/Pn-junction-equilibrium-graph.svg/668px-Pn-junction-equilibrium-graph.svg.png>
27. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Diode\\_pinout\\_de.svg/1280px-Diode\\_pinout\\_de.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Diode_pinout_de.svg/1280px-Diode_pinout_de.svg.png)
28. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/PN\\_diode\\_with\\_electrical\\_symbol.svg/328px-PN\\_diode\\_with\\_electrical\\_symbol.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/PN_diode_with_electrical_symbol.svg/328px-PN_diode_with_electrical_symbol.svg.png)
29. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Led\\_reflector.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Led_reflector.jpg)
30. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Uvled\\_highres\\_macro.jpg/425px-Uvled\\_highres\\_macro.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Uvled_highres_macro.jpg/425px-Uvled_highres_macro.jpg)
31. <http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2012/10/Reflector-cup-diagram.png>
32. [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Transistor\\_animation.gif](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Transistor_animation.gif)
33. [http://macao.communications.museum/images/exhibits/2\\_10\\_3\\_2\\_chi.png](http://macao.communications.museum/images/exhibits/2_10_3_2_chi.png)
34. [http://macao.communications.museum/images/exhibits/2\\_10\\_3\\_3\\_chi.png](http://macao.communications.museum/images/exhibits/2_10_3_3_chi.png)
35. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/NPN\\_BJT\\_%28Planar%29\\_Cross-section.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/NPN_BJT_%28Planar%29_Cross-section.svg)
36. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Transistor-Arbeitsbereich.png>
37. <https://de.wikipedia.org/wiki/Bipolartransistor>
38. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_bipolaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor_bipolaire)
39. <http://sc1.reidl.de/img/products/00/4420.jpg>
40. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/3\\_Resistors.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/3_Resistors.jpg)
41. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Photoresistors\\_-\\_three\\_sizes\\_-\\_mm\\_scale.jpg/1280px-Photoresistors\\_-\\_three\\_sizes\\_-\\_mm\\_scale.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Photoresistors_-_three_sizes_-_mm_scale.jpg/1280px-Photoresistors_-_three_sizes_-_mm_scale.jpg)
42. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Potentiometer.jpg>