

# Fachdidaktik Physik: 2.1.5. Elektrizität in 7 und 8

Hans-Otto Carmesin

Gymnasium Athenaeum Stade, Studienseminar Stade

Hans-Otto.Carmesin@t-online.de

16. März 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Energietransport in Stromkreisen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Elektronentransport in Stromkreisen</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Spannung</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Elektrischer Widerstand</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Motor und Generator</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Wechselstrom</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Transformator</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>Aufgaben</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>26</b>



Abbildung 1: Wie entsteht der Lichtbogen? Was passiert im Lichtbogen? Wozu baut man Hochspannungsmasten, an denen gefährliche Lichtbögen entstehen können? In dieser Unterrichtseinheit finden die SuS Antworten auf solche spannenden Fragen.

## 1 Einleitung

Elektrizität ist für unser Leben ganz wichtig. Sie ist grundlegend für viele Elektrogeräte, löst in unserem Körper den Herzschlag sowie Muskelkontraktionen aus, treibt im Verkehr Lokomotiven und Elektroautos an, speichert Daten im Memory-Stick, bildet wesentliche Bestandteile im Atom und generiert Lichtbögen oder Blitze.

Entsprechend werden in den Klassen 5 und 6 bereits elektrische Stromkreise und Elektromagneten **qualitativ** behandelt (Beime u. a. (2012); Brüning u. a. (2010); Frenzel (2017); Gehmann (2015)). In den Klassenstufen 7 und 8 untersuchen die SuS die **Grundgrößen des Stromkreises quantitativ** und messen die Stromstärke, die Spannung, die elektrische Leistung und die elektrische Energie. Aufbauend auf die in Klasse 10 behandelte Newtonsche Mechanik untersuchen die SuS in der Kursstufe auch die **Flugbahnen** elektrisch geladener Teilchen unter dem Einfluss elektrischer und magnetischer Kräfte und Felder (Frenzel (2017)).

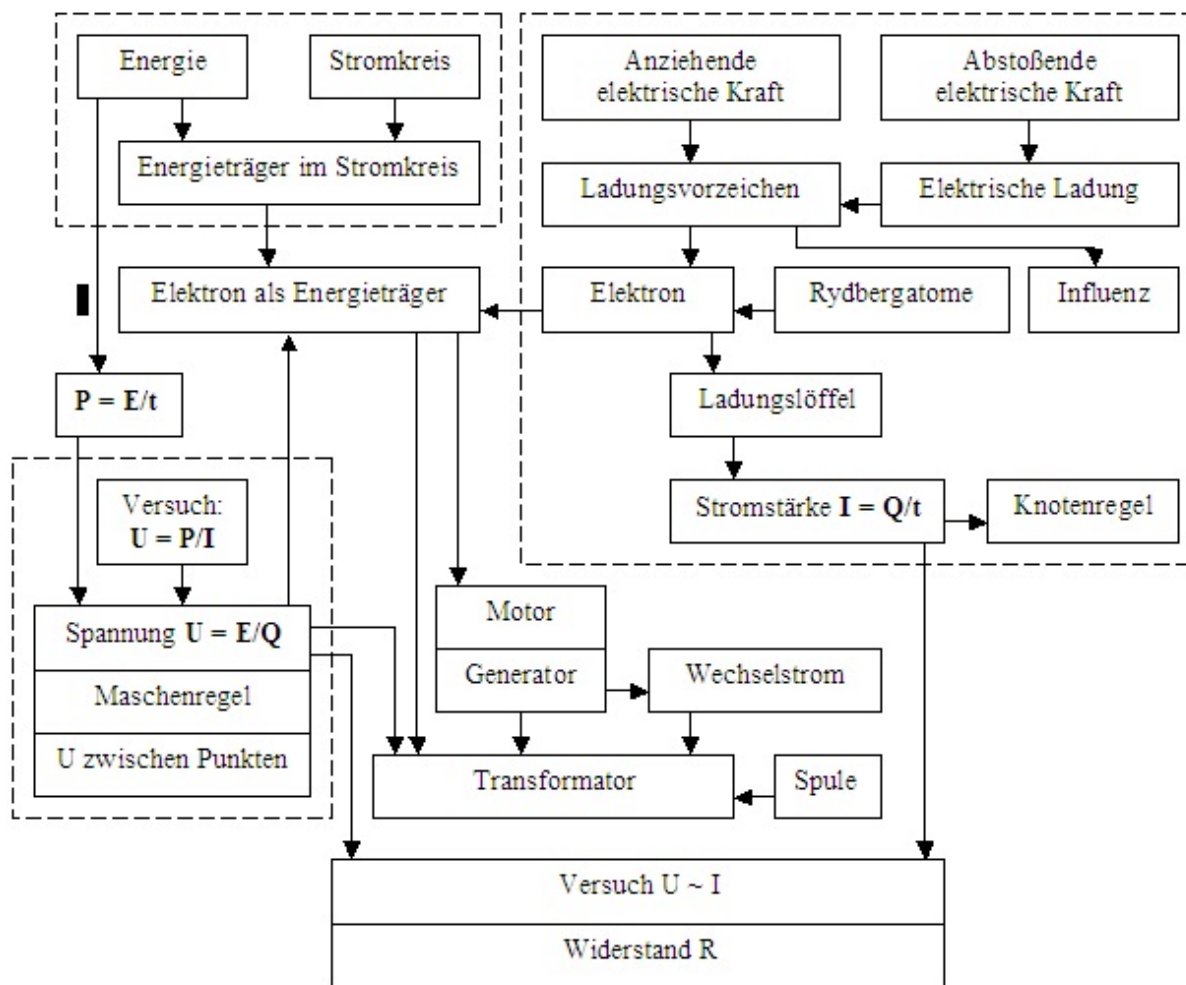


Abbildung 2: Lernstruktur zur Unterrichtseinheit. Der zentrale Begriff Energieträger wird bereits in der ersten Stunde der UE auf der Basis des Vorunterrichts eingeführt und schrittweise weiterentwickelt.

## 2 Energietransport in Stromkreisen

Bei der Lieferung vom Elektrizitätswerk ist der normale Kunde kaum an der Elektrizität interessiert, sondern vielmehr an der Energie, welche der elektrische Strom transportiert. Entsprechend werden elektrische Stromkreise mit dem Basiskonzept Energie des Physikunterrichts in Niedersachsen vernetzt. Diese Vernetzung führt zu der zentralen Modellvorstellung der UE und kann bereits in einer ersten Unterrichtssequenz behandelt werden.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... beschreiben elektrische Stromkreise in verschiedenen Alltagssituationen anhand ihrer Energie übertragenden Funktion.	... unterscheiden zwischen alltags- und fachsprachlicher Beschreibung entsprechender Phänomene. ... zeigen anhand von Beispielen die Bedeutung elektrischer <b>Energieübertragung für die Lebenswelt</b> auf.

Tabelle 1: Curriculum zur Unterrichtssequenz Energietransport in Stromkreisen [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Der elektrische Stromkreis ist bereits aus den Klassen 5 und 6 bekannt, während die Energie im Vorunterricht in den Klassen 7 und 8 behandelt wurde. Daher können die SuS nun den bekannten elektrischen Stromkreis energetisch deuten. Eine mögliche Stunde hierfür stelle ich unten im Kurzentwurf dar. In einer zweiten Stunde können weitere Anwendungen folgen.

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Deuten des elektrischen Stromkreises durch den elektrischen Strom und den Energiestrom	Die SuS sollen den einfachen elektrischen Stromkreis mit Hilfe des elektrischen Stromes und des Energiestromes deuten können.
2	Anwendungen elektrischer Stromkreise	Die SuS sollen den elektrischen Strom und den Energiestrom in elektrischen Stromkreisen ihrer Lebenswelt erläutern können.

Tabelle 2: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Energietransport in Stromkreisen.

Eine **grobe Veranschaulichung** der Umwandlungen, der Speicherung und des Transports von Energie leisten Energieflussdiagramme (s. [Boysen u. a. \(2007\)](#)), siehe den folgenden Kurzentwurf.

Eine **feinere Veranschaulichung** des Energietransports im Stromkreis leisten Energieträger, welche die Energie im Stromkreis zum Energiewandler bringen. Diese Energieträger verschwinden nicht bei der Energiewandlung, sondern laufen im Kreis. Das zeigt sich daran, dass eine einseitige Unterbrechung des Stromkreises den Energietransport beendet, obwohl noch eine Verbindung zum Energiewandler besteht, siehe den folgenden Kurzentwurf. Diese Energieträger werden später als die Elektronen identifiziert.

**Kurzentwurf für eine Physikstunde**

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Energietransport in Stromkreisen****Deuten des elektrischen Stromkreises durch den elektrischen Strom und den Energiestrom**

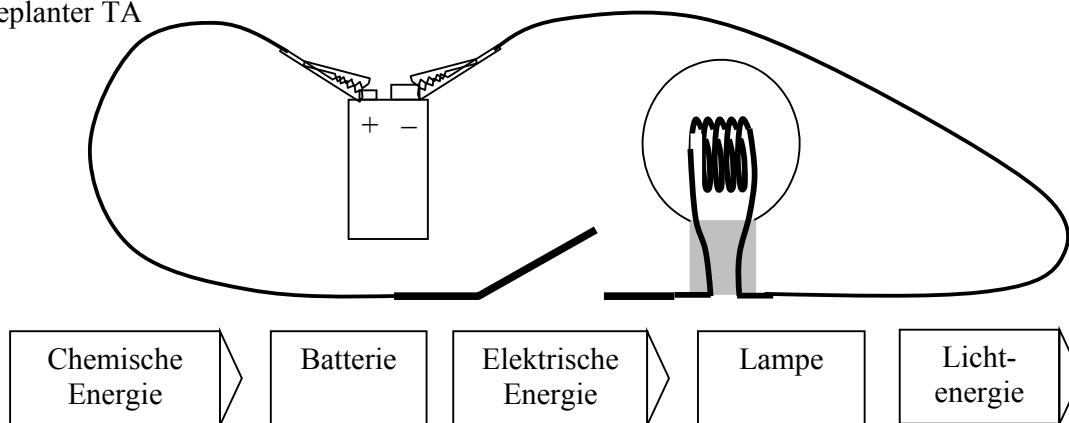
**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen den einfachen elektrischen Stromkreis mit Hilfe des elektrischen Stromes und des Energiestromes deuten können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: elektrischer Stromkreis	Beschreiben, Aufbauen, Anwenden
LV: Glühlampe, Schalter, Kabel, Batterie	Erkennen, Erläutern, Anwenden
LV: Energieflussdiagramm	Skizzieren
TLZ: Bedingung für das Leuchten	Nennen, experimentelles Begründen
TLZ: Strömen der Elektrizität	Beschreiben, Skizzieren
TLZ: Transport von Energie im Stromkreis	Deuten, Skizzieren

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Fragend erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> DE Stromkreis	Beschreiben	LSG
10	<u>Aufgabenstellung:</u> Skizze, Energieflussdiagramm	Leitfrage entwickeln	LSG
15	<u>Analyse:</u> Vermutungen	Entwickeln	MuG, LSG
25	<u>Lösung:</u> Kontrollversuch, DE	Planen, Durchführen, Deuten	MuG, LSG
30	<u>Sicherung:</u>	SV, Reflexion	SSG
45	<u>Festigung:</u> AB	SE, HA	GA/EA

Geplanter TA



Wie kommt die Energie zur Lampe?

Vermutungen:

Die Energie fließt direkt im Kabel  
Die Elektrizität transportiert die Energie

falsch  
richtig

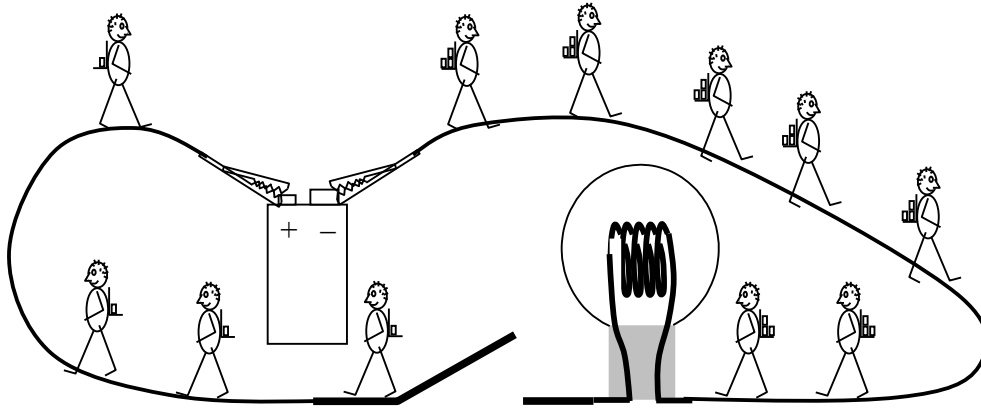
**Kontrollversuch:**

Durchführung: Wir öffnen den Schalter.

Beobachtung: Die Lampe geht aus.

Deutungen:

- Die Energie fließt nicht direkt zur Lampe, denn sonst würde sie noch fließen, solange noch ein Kabel von der Batterie zur Lampe geht.
- Ist der Stromkreis unterbrochen, so kann die Elektrizität nicht fließen.
- Im geschlossenen Stromkreis fließt die Elektrizität und transportiert dabei die Energie von der Batterie zur Lampe.

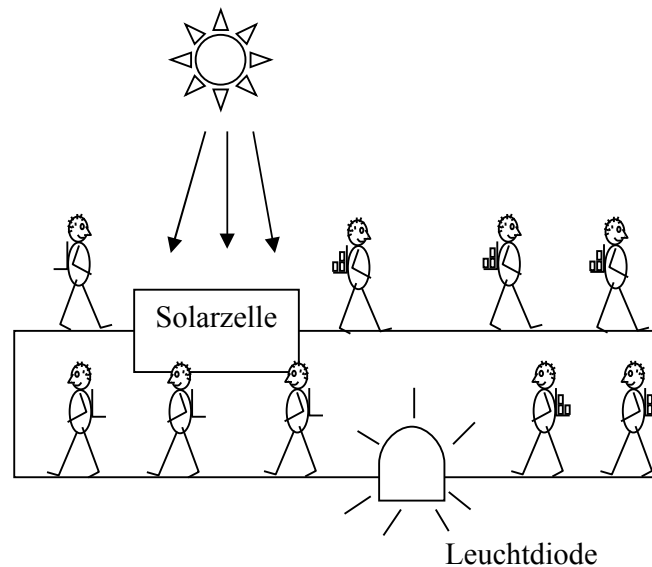


Bezeichnungen:

<u>Energiestrom:</u>	Die <u>Energie</u>	strömt	von der Batterie zur Lampe.
<u>Elektrischer Strom:</u>	Die <u>Elektrizität</u>	strömt	im Kreis.

Arbeitsblatt, Klasse 8f3, Physik, Dr. Carmesin

2008



- 1) Führe ein Experiment zum dargestellten Energiestrom durch.
- 2) Erstelle ein passendes Energieflussdiagramm.
- 3) Beschreibe den Energiestrom.
- 4) Beschreibe den elektrischen Strom.

### 3 Elektronentransport in Stromkreisen

Ein weiterer Schwerpunkt ist die quantitative Untersuchung des Transports elektrischer Ladung in Stromkreisen. Hier bietet sich eine zweite Unterrichtssequenz an.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... deuten die Vorgänge im elektrischen Stromkreis mit Hilfe der Eigenschaften <b>bewegter Elektronen in Metallen</b> . ... nennen Anziehung bzw. Abstoßung als Wirkung von <b>Kräften zwischen geladenen Körpern</b> .	... verwenden dabei geeignete Modellvorstellungen (E).
... identifizieren in einfachen vorgelegten Stromkreisen den Elektronenstrom und den Energiestrom.	
... verwenden für die <b>elektrische Stromstärke</b> die Größenbezeichnung I sowie deren Einheit und geben typische Größenordnungen an.	... untersuchen experimentell die elektrische Stromstärke in <b>unverzweigten und verzweigten Stromkreisen</b> (E). ... legen selbständig geeignete Messtabellen an und präsentieren ihre Ergebnisse (K).
... kennzeichnen die elektrische Spannung als Maß für die je Elektron übertragbare Energie. ... verwenden die Größenbezeichnung U und deren Einheit und geben typische Größenordnungen an. ... unterscheiden die Spannung der Quelle von der Spannung zwischen zwei Punkten eines Leiters.	... messen mit dem Vielfachmessgerät die Spannung und die elektrische Stromstärke (E). ... erläutern diesen Unterschied mithilfe des Begriffspaares übertragbare/übertragene Energie (E). ... legen selbstständig geeignete Messtabellen an und präsentieren ihre Ergebnisse (K).
... erläutern <b>Knotenregel</b> und wenden diese auf einfache Beispiele aus dem Alltag an.	... begründen diese Regel anhand einer Modellvorstellung (E). ... veranschaulichen diese Regel anhand von geeigneten Skizzen (K). ... erläutern die Zweckmäßigkeit der elektrischen Schaltungen im Haushalt (B).

Tabelle 3: KC zur Unterrichtssequenz Elektronentransport in Stromkreisen [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Als Basis soll hier geklärt werden, was im Stromkreis transportiert wird. Dazu soll in den ersten vier Stunden die elektrische Ladung mit ihren Kräften behandelt werden. Kaum ein Schüler hat noch nichts vom Elektron gehört. Entsprechend soll es laut Kerncurriculum hier eingeführt werden. Die SuS können es nun als spezielle elektrische Ladung kennen lernen. Neuerdings konnten Elektronen bei der Bewegung um den Atomkern in Form lokalisierter

Wolken aufgezeichnet werden (s. [Dunning u. a. \(2010\)](#)). Diese Versuchsergebnisse dienen als glaubwürdige Veranschaulichung des Elektrons in der fünften Stunde. Der SuS identifizieren an dieser Stelle den Energieträger der ersten Stunde mit dem Elektron.

Auf dieser Basis eines mikroskopischen Verständnisses des Geschehens im Stromkreis folgen drei Stunden zur quantitativen Behandlung der elektrischen Stromstärke.

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung abstoßender elektrischer Kräfte mit dem Fun Fly Stick	Die SuS sollen abstoßende elektrische Kräfte beschreiben und beim Elektroskop anwenden können.
2	Entdeckung anziehender elektrischer Kräfte	Die SuS sollen anziehende elektrische Kräfte beschreiben und erzeugen können.
3	Entdeckung positiver und negativer elektrischer Ladungen	Die SuS sollen das Vorzeichen der Ladung erläutern und messen können.
4	Entdeckung der Influenz	Die SuS sollen das Prinzip der Influenz erklären und anwenden können.
5	Deutung von Bildern kreisender Elektronen in Rydbergatomen	Die SuS sollen das Elektronen-Atomrumpf-Modell anhand von Bildern kreisender Elektronen in Rydbergatomen erläutern können.
6	Einführung der elektrischen Stromstärke	Die SuS sollen die elektrische Stromstärke und die Einheit erläutern sowie auf einfache Beispiele anwenden können.
7	Messung der elektrischen Stromstärke	Die SuS sollen die Messung der elektrischen Stromstärke planen, durchführen und erklären können.
8	Entdeckung der Knotenregel	Die SuS sollen die Knotenregel begründen und anwenden können.

Tabelle 4: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Elektronentransport in Stromkreisen.

Hier stelle ich Kurzentwürfe für die zentralen Stunden der Einführung des Elektrons und der Stromstärke vor.



## Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Elektronentransport in Stromkreisen**

**... Entdeckung des Elektrons**

**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen die Fotos bewegter Elektronen erläutern und den elektrischen Strom in Metallen als Elektronenstrom erklären.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Kugelladung	Erläutern durch Versuch
LV: MP3-Player, Elementarinformation	Erläutern durch Beispiel
LV: Atome als Teilchen chemischer Elemente	Nennen
TLZ: Elektron	Erläutern durch Umkreisung des Atomrumpfs
TLZ: Elementarladung als Elektronenladung	Nennen, Berechnen

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Aufgebend erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
7	<u>Einstieg:</u> Kugelladung, MP3	DE, Einstiegsfolie	LSG
12	<u>Entwicklung der Stundenfrage:</u>	Leitfrage	LSG
35	<u>Erarbeitung:</u> Elementarladung	AB	PA
40	<u>Sicherung:</u>	SV, OHP, Reflexion	SV
42	<u>Festigung:</u> AB2	Stellen der HA	EA

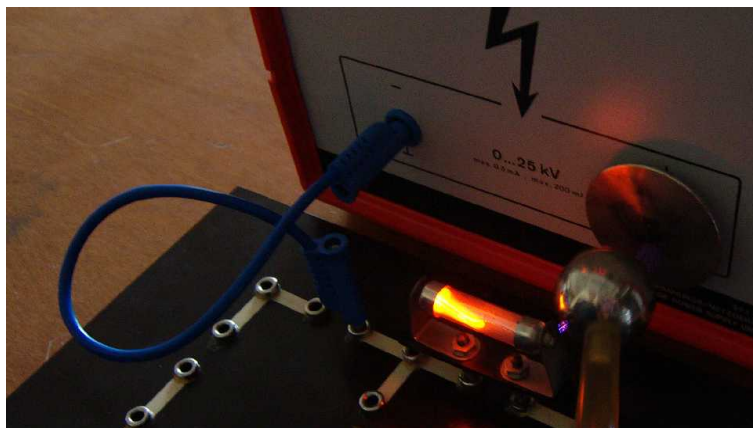
Geplanter TA

Können wir elektrische Ladungen beliebig miniaturisieren?

Ideen: Ja, Nein, Atom, Elektron

Ergebnis: Ladungen kann man nicht beliebig verkleinern. Die kleinste Ladung ist die Elementarladung. Das Elektron hat eine negative Elementarladung. Im Atom umkreist es den Atomrumpf. Dabei kann der Aufenthaltsort nur ungenau bestimmt werden.

Einstiegsversuch:

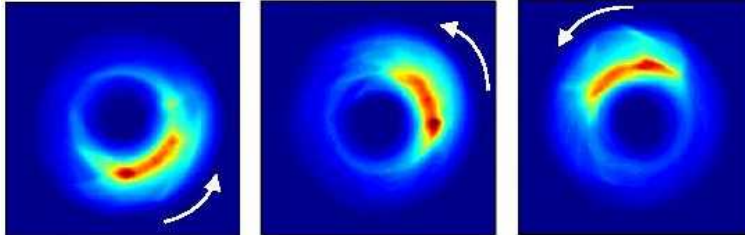


Unsere Kugelladung bringt die Glimmlampe kurz zum Aufleuchten



Im MP3-Player und Memory-Stick wird jede Elementarinformation durch eine winzige elektrische Ladung gespeichert.  
Eine Milliarde solcher Speicherladungen entsprechen unserer Kugelladung.

## Wenn die Elektronen Planeten spielen



Das Elektron umkreiste auf einer Bahn den Atomrumpf – wie die Planeten die Sonne. Etwa zehn Umläufe konnten die Forscher direkt beobachten.

So berichtete die Frankfurter Allgemeine Zeitung am 15. Juli 2008.

So entstanden die Bilder: Die Forscher zogen mit einer elektrischen Kraft am Elektron und beobachteten, wie es reagiert. So stellten sie fest, in welcher Gegend es sich gerade befindet. Diese Gegend markierten sie farbig, siehe oben.

Das Elektron ist ein Elementarteilchen. Es ist negativ geladen. Es trägt die betragsmäßig kleinste elektrische Ladung. Diese heißt Elementarladung. Unsere Kugelladung entspricht 300 Milliarden Elektronen.

- 1) Nenne die wesentlichen Eigenschaften des Elektrons.
- 2) Nenne die wesentlichen Eigenschaften der Elementarladung.
- 3) Erkläre, wie die Bilder entstanden sind.
- 4) Ermittle das Ladungsvorzeichen des Atomrumpfes.
- 5) Beschreibe, wo sich der Atomrumpf bei den obigen Abbildungen befindet.

**Kurzentwurf für eine Physikstunde**

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Elektronentransport in Stromkreisen**

...

**Einführung der elektrischen Stromstärke**

**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen die elektrische Stromstärke und die Einheit erläutern sowie auf einfache Beispiele anwenden können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Elektrischer Stromkreis	Erläutern
LV: Elektrische Ladung und ihr Transport mit einer Metallkugel	Erläutern, Durchführen
TLZ: Elektrische Stromstärke als die pro Zeit an einer Stelle vorbei bewegte Ladung	Erläutern
TLZ: Einheit Ampere	Erläutern, Anwenden

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: interaktiv erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> Ladungstransport mit der Kugel auf Zeit	Wettbewerb, DE	LSG
7	<u>Stundenfrage:</u> Q/t	Leitfrage	LSG
10	<u>Erarbeitung 1:</u> Wettbewerb	Durchführen	SSG
35	<u>Erarbeitung 2:</u> Einheit, Umrechnung	LV, Anwenden, binnendifferenziert	PA
40	<u>Sicherung:</u> Stromstärken	SV, Reflexion, OHP	SV
	Alternatives Stundenende		
45	<u>Festigung:</u> AB	HA	EA

Geplanter TA

Wie viel elektrische Ladung kann ein Jugendlicher pro Zeit transportieren?

Tom: 22 Kugelladungen in 20 s

Melina: 24 Kugelladungen in 20 s → CHAMPION

Bezeichnungen:

Die elektrische Stromstärke gibt an, wie viel elektrische Ladung sich pro Sekunde an einer Stelle vorbei bewegt.

Zeichen: IEinheit: Ampere, kurz A

Ein Strom hat die Stromstärke 1 A, wenn sich pro Sekunde 20 Millionen unserer Kugelladungen an einer Stelle vorbei bewegen.

1/1000 A = 1 mA

1/1000000 A = 1 Mikro A

1 Kugelladung entspricht 300 Milliarden Elektronen

Geplante Schülerfolie

1 Kugelladung/s = 1/20 · 1/1000000 A = 0,05 Mikro A

Tom: I = 22/20 · 0,05 Mikro A = 0,055 Mikro A

Melina: I = 24/20 · 0,05 Mikro A = 0,06 Mikro A

1 A = 20 Millionen Kugelladungen · 300 Milliarden Elektronen/Kugelladung pro s

1 A = 6 Trillionen Elektronen pro s

Elektrische Adventslichter

Die beiden Kabel sind an ein Netzgerät angeschlossen. Leuchtet eine Lampe, so fließt ein elektrischer Strom der Stromstärke  $0,1\text{ A}$ . Hier sind alle Lampen baugleich.

- 1) Bestimme die Anzahl der Elektronen, die pro s durch eine Lampe fließen.
- 2) Erstelle für die Beleuchtung mit vier leuchtenden Lampen eine Schaltskizze.
- 3) Bestimme die Anzahl der Elektronen, die pro s durch vier Lampen fließen.
- 4) Bestimme die Stromstärke des Stroms, der bei vier leuchtenden Lampen durch das Netzgerät fließt.

## 4 Spannung

Nachdem die SuS das Elektron identifiziert haben, sollen sie herausfinden, wie viel Energie im Stromkreis je Elektron transportiert wird, welche Spannung also vorliegt. Das kann eine Unterrichtssequenz zur Spannung leisten.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
<p>... verwenden für die <b>Energiestromstärke</b> die Größenbezeichnung <math>P</math> sowie deren Einheit und geben typische Größenordnungen an.</p> <p>... bestimmen die Energiestromstärke in elektrischen Systemen.</p>	<p>... legen selbständig geeignete Messtabellen an und präsentieren ihre Ergebnisse (K).</p>
<p>... kennzeichnen die <b>elektrische Spannung</b> als Maß für die je Elektron übertragbare Energie.</p> <p>... verwenden die Größenbezeichnung <math>U</math> und deren Einheit und geben typische Größenordnungen an.</p>	<p>... messen mit dem Vielfachmessgerät die Spannung und die elektrische Stromstärke (E).</p> <p>... erläutern diesen Unterschied mithilfe des Begriffspaares übertragbare/übertragene Energie (E).</p>
<p>... erläutern <b>Maschenregel</b> und wenden diese auf einfache Beispiele aus dem Alltag an.</p> <p>... unterscheiden die Spannung der Quelle von der Spannung zwischen zwei Punkten eines Leiters.</p>	<p>... begründen diese Regel anhand einer Modellvorstellung (E).</p> <p>... veranschaulichen diese Regel anhand von geeigneten Skizzen (K).</p> <p>... erläutern die Zweckmäßigkeit der elektrischen Schaltungen im Haushalt (B).</p>

Tabelle 5: KC zur Unterrichtssequenz Spannung [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Zunächst sollen die SuS hier im Versuch entdecken, dass zwei Lampen trotz gleicher Stromstärke sehr unterschiedlich hell sein können, siehe Stunde eins.

Die SuS können dieses rätselhafte Versuchsergebnis wie folgt erklären. Sie entdecken im Versuch mit der konstanten Stromstärke, dass die Leistung  $P$  proportional zur Spannung  $U$  ist. Auch bemerken sie, dass der Quotient  $P/U$  gleich der Stromstärke  $I$  ist. Sie folgern unter anderem, dass die Spannung gleich der Energie pro Ladung ist. Damit identifizieren sie die Spannung als Maß dafür, wie viel Energie ein Energieträger der ersten Stunde trägt, siehe Stunde zwei.

Auf der Basis dieses Grundverständnisses der Spannung werden in drei weiteren Stunden verschiedene Anwendungen behandelt.

---

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung der Unvollständigkeit der Stromstärkeangabe	Die SuS sollen die Unvollständigkeit der Stromstärkeangabe experimentell begründen können.
2	Entdeckung der Proportionalität von P und U	Die SuS sollen die Proportionalität experimentell begründen können.
3	Untersuchung elektrischer und genutzter Leistungen bei Alltagsgegenständen	Die SuS sollen elektrische und genutzte Leistungen bestimmen, abschätzen und kritisch miteinander vergleichen können.
4	Entdeckung der Maschenregel	Die SuS sollen die Regel begründen und anwenden können.
5	Analyse der Spannung zwischen zwei Punkten des Leiters	Die SuS sollen Spannungsdifferenzen bestimmen und deuten können.

Tabelle 6: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Spannung.

Hier präsentiere ich Kurzentwürfe für die zwei grundlegenden Stunden der Unterrichtssequenz.

## Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Spannung**
**Entdeckung der Unvollständigkeit der Stromstärkeangabe, Teil 1 der Doppelstunde**
**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen die Unvollständigkeit der Stromstärkeangabe experimentell begründen können.

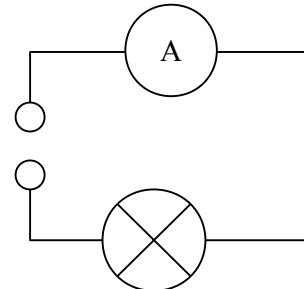
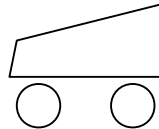
Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Stromstärke	Erläutern, Messen
TLZ: Verschiedene Helligkeiten trotz $I_1 = I_2$	Experimentelles Begründen

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Interaktiv erarbeitend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> DE, Material mit Amperemeter	Beschreiben	LSG
8	<u>Stundenfrage:</u> Welche Lampe, $I = ?$	Leitfrage entwickeln	LSG
15	<u>Erarbeitung:</u> Vermutungen, DE	Vermuten, Planen, Durchführen,	SSG
25	<u>Sicherung:</u>	Ergebnisformulierung, Reflexion, Deutung	SV



Geplanter TA

Mit welcher Lampe kann das Solarauto fahren? Wie groß sind die Stromstärken?

Vermutungen:

Es kann mit der großen Lampe fahren.

richtig

Die große Lampe hat eine größere Stromstärke.

f

Mit der kleinen Lampe kann es nicht fahren.

richtig

Beobachtungen: Große Lampe:  $I = 0,12 \text{ A}$ 
Kleine Lampe:  $I = 0,12 \text{ A}$ 

Das Auto fährt unter der großen Lampe. Unter der kleinen Lampe fährt es nicht.

Ergebnis: Zwei Lampen können bei gleichen Stromstärken sehr verschieden hell sein.

Deutung: Die Angabe der Stromstärke ist sehr unvollständig.

### Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Spannung**

Entdeckung der Unvollständigkeit der Stromstärkeangabe, Teil 1 der Doppelstunde

**Entdeckung der Proportionalität von P und U, Teil 2 der Doppelstunde**

**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen die Proportionalität experimentell begründen können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Verschiedene Helligkeiten trotz $I_1 = I_2$	Begründen
LV: $P = E/t$ z. B. bei Treppensteigen	Erläutern, Anwenden
LV: Einheit 1 Watt	Lesen, Nennen, Erläutern, Deuten, Anwenden
LV: Energieträgermodell mit Energie	Erläutern, Skizzieren
TLZ: Ursachen $U_1 \neq U_2$ und $P_1 \neq P_2$	Begründen
TLZ: $P \sim U$	Begründen
TLZ: $P = U \cdot I$	Begründen, Anwenden, Deuten

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Entdeckenlassend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> DE, I unvollständig	Beschreiben, Begründen	LSG
8	<u>Problemstellung:</u> Warum?	Leitfrage entwickeln	LSG
20	<u>Analyse:</u> Vermutung $P \sim U$	Entwickeln	MuG
40	<u>Lösung:</u> Überprüfung $P \sim U$ , Entdeckung $P/U=I$	Auswerten, Entdecken, binnendifferenziert	GA
60	<u>Sicherung:</u>	Sicherung, Reflexion, Deutung	SV
65	<u>Festigung:</u> AB	HA	EA

Geplanter TA

Warum fährt das Auto nur bei der großen Lampe, obwohl die Stromstärken gleich sind

Vermutungen: Die Netzgeräte zeigen unterschiedliche Spannungen U. richtig  
Die Lampen haben unterschiedliche Leistungen P. richtig

Aufschriften: Netzgerät: Große Lampe:  $U = 220 \text{ V}$ ; kleine Lampe:  $U = 5 \text{ V}$   
Große Lampe:  $P = 25 \text{ W}$ ; Kleine Lampe:  $P = 0,6 \text{ W}$

Vermutung:  $P \sim U$

Ergebnisse:  $P/U = I$        $P = I \cdot U$        $U = P/I$        $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$

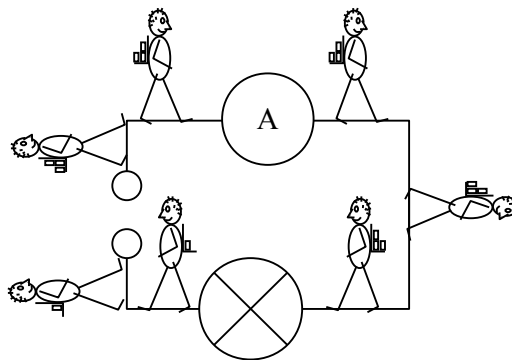
Die Spannung ist der Quotient aus Leistung und Stromstärke. Einheit:  $1 \text{ V} = 1 \text{ W}/1 \text{ A}$

Deutung der Spannung:

$$U = P/I = (E/t)/(Q/t) = E/Q$$

Die Spannung gibt an, wie viel Energie pro Ladung transportiert wird.

Bezeichnung: Die Leistung wird auch Energiestromstärke genannt. Damit wird der Aspekt der Strömung hervorgehoben.



Geplante Schülerfolie

Große Lampe:  $P/U = 25 \text{ W}/220 \text{ V} = 0,114 \text{ W/V}$ ; Kleine L.:  $P/U = 0,6 \text{ W}/5 \text{ V} = 0,12 \text{ W/V}$

Ergebnisse:

Die Leistung P ist proportional zur Spannung U. Das gilt für konstante Stromstärke I.

Die Leistung P in W geteilt durch die Spannung U in V ergibt die Stromstärke I in A.



## 5 Elektrischer Widerstand

In einem Stromkreis mit einer elektrischen Quelle mit einer Spannung  $U$  wird die Stromstärke  $I$  in der Regel durch den Widerstand  $R$  begrenzt. Dieser zentrale Zusammenhang kann in einer weiteren Unterrichtssequenz behandelt werden.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... unterscheiden die Definition des elektrischen Widerstands vom Ohm 'schen Gesetz. ... verwenden für den Widerstand die Größenbezeichnung $R$ und dessen Einheit.	... nehmen entsprechende Kennlinien auf (E). ... werten die gewonnenen Daten mit Hilfe ihrer Kenntnisse über proportionale Zusammenhänge aus (E). ... wenden das Ohm 'sche Gesetz in einfachen Berechnungen an (E). ... dokumentieren die Messergebnisse in Form geeigneter Diagramme (K).

Tabelle 7: Curriculum zur Unterrichtssequenz elektrischer Widerstand [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Der elektrische Strom ist für den menschlichen Körper gefährlich, wenn die Stromstärke einen Grenzwert überschreitet. Diese Stromstärke hängt von der Spannung und dem Widerstand ab. Entsprechend soll das zentrale Problem dieser Sequenz die Beurteilung der Gefahr des elektrischen Stromes sein. Dazu eignet sich die unten stehende Stundenabfolge.

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdecken der Gefahren elektrischen Stroms	Die SuS sollen die Gefahren des elektrischen Stroms auch durch die von Nerven verwendeten elektrische Spannungen begründen können.
2	Entdecken des Ohm 'schen Gesetzes	Die SuS sollen das Ohm 'sche Gesetz in Bezug auf Gefahren des elektrischen Stroms erläutern und begründen können.
3	Untersuchung elektrischer Widerstände	Die SuS sollen elektrische Widerstände erläutern, bestimmen und anwenden können.
4	Entwicklung des Spannungsteilers	Die SuS sollen Spannungsteiler entwickeln, planen, analysieren und anwenden können.

Tabelle 8: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz elektrischer Widerstand.

Hier präsentiere ich einen Kurzentwurf für die zentrale Stunde zur Entdeckung der Proportionalität von Spannung und Stromstärke.

## Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH8f3

### Thema der Unterrichtssequenz: Elektrischer Widerstand

Entdecken der Gefahren elektrischen Stroms

### Entdecken des Ohm'schen Gesetzes

**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen das Ohm'sche Gesetz in Bezug auf Gefahren des elektrischen Stroms erläutern und begründen können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Stromstärke	Erläutern, Messen
LV: Spannung	Erläutern, Messen
LV: Gefahren im Stromkreis	Erläutern
TLZ: $I \sim U$	Erläutern, Begründen
TLZ: Gefährliche Stromstärke	Erläutern, Berechnen

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
8	<u>Einstieg:</u> gefährliche Spannung?	Einstiegsfolie	LSG
10	<u>Problemstellung:</u> $I < 20 \text{ mA}$	Leitfrage	LSG
15	<u>Analyse:</u> Vermutungen, Versuchsplanung	Vorschlagen	MuG
35	<u>Lösung:</u> $U \sim I$	SE, Durchführen, Auswerten, themendifferenziert	GA
43	<u>Sicherung:</u> s. TA	OHP	SV
	Alternatives Stundenende		
45	<u>Festigung:</u> AB	HA	LSG

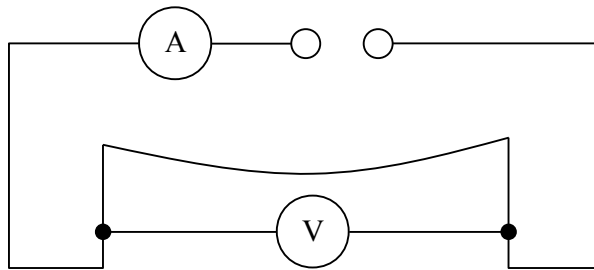
Geplanter TA

Welche Spannung ist für den Menschen gefährlich und verursacht  $I = 20 \text{ mA}$ ?

Vermutungen:  $U = 20 \text{ V}$  richtig

$I \sim U$  richtig

Versuchsskizze



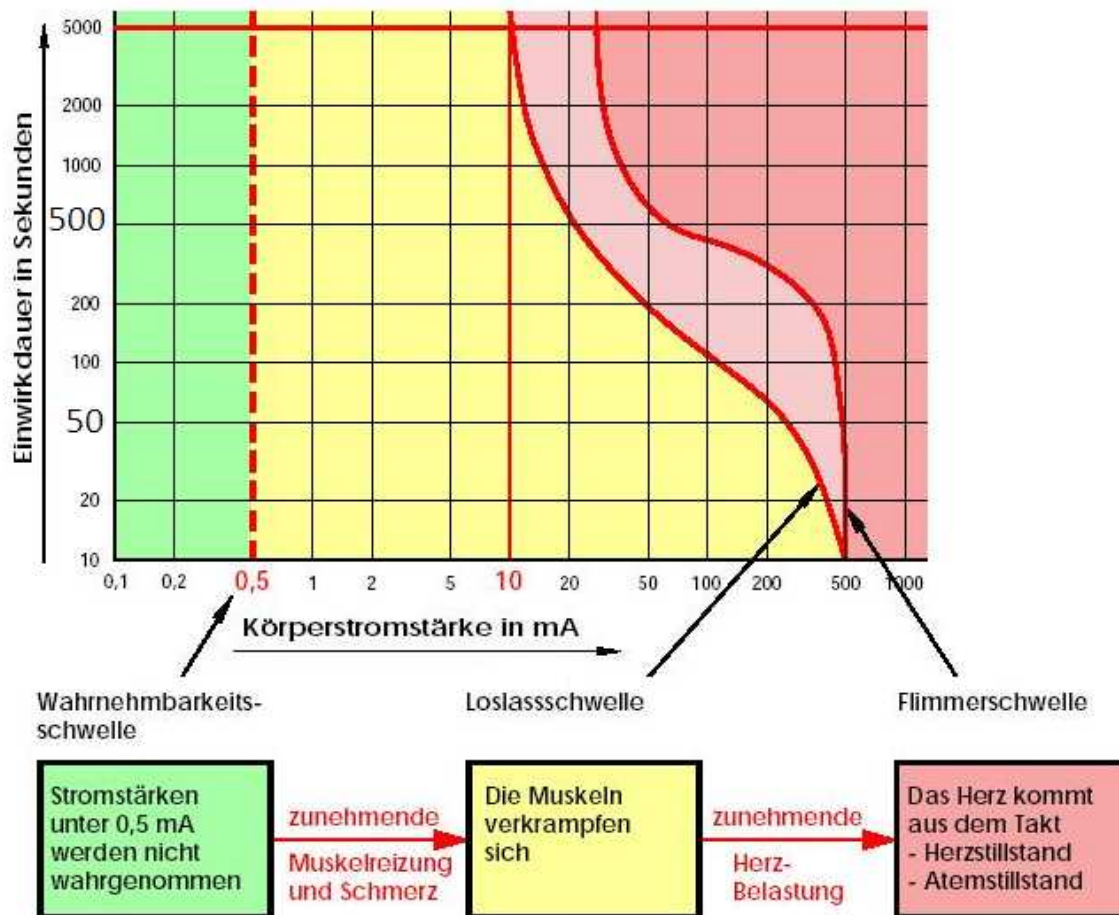
U in V	0	2,5	5,1	7,5	10,2
I in A	0	0,9	2,1	3,1	4,1

Beim Menschen:

$$\begin{array}{rcl}
 5\text{V} & \rightarrow & 5 \text{ mA} \\
 \cdot 4 \downarrow & & \downarrow \cdot 4 \\
 20 \text{ V} & \rightarrow & 20 \text{ mA}
 \end{array}$$

Ergebnisse:

- Die Stromstärke ist proportional zur Spannung. Diese Proportionalität heißt Ohm'sches Gesetz.
- Spannungen ab 20 V werden für den Menschen gefährlich.



Die Spannung 5 V führt im menschlichen Körper zu folgenden Stromstärken: Bei Kontakt mit ...

... nassen salzigen Händen:  $I = 5 \text{ mA}$

... trockenen Fingern:  $I = 0,1 \text{ mA}$

---

## 6 Motor und Generator

Eine weitere Sequenz bildet die Behandlung von Motor und Generator als Energie umwandelnde Black Boxes.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... beschreiben Motor und Generator als Black Boxes anhand ihrer Energie wandelnden bzw. übertragenden Funktion.	keine besonderen

Tabelle 9: Curriculum zur Unterrichtssequenz Motor und Generator [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Hierfür schlage ich das aktuelle lebensweltliche Thema der Kohlendioxidbilanz bei verschiedenen Kraftfahrzeugen vor.

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Darstellung von Energieflüssen in Motoren und Generatoren	Die SuS sollen die Energieflussdiagramme für Generatoren und Motoren darstellen und begründen können.
2	Bewertung der Kohlendioxidbilanz in Motoren und Generatoren	Die SuS sollen die Kohlendioxidbilanz in Generatoren und Motoren bestimmen und bewerten können.

Tabelle 10: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Motor und Generator.

Für die zentrale Stunde präsentiere ich einen Kurzentwurf.

## Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Motor und Generator**

**Bewertung der Kohlendioxidbilanz in Motoren und Generatoren**

**Didaktik:** SLZ: Die SuS sollen die CO<sub>2</sub> - Bilanz in Generatoren und Motoren bestimmen und bewerten können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Energieflussdiagramm	Erläutern, Aufstellen
LV: Wirkungsgrad	Erläutern, Anwenden
TLZ: Benötigte Energie aus Kohlekraftwerken	Erläutern, Berechnen
TLZ: Benötigte Kohle	Erläutern, Berechnen
TLZ: Freigesetztes CO <sub>2</sub>	Erläutern, Berechnen, Bewerten

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Problemlösend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> CO <sub>2</sub> -Ausstoß	Einstiegsfolie, Beschreiben	LSG
8	<u>Problemstellung:</u> Leitfrage, s.u.	Entwickeln	LSG
15	<u>Analyse:</u> Ideen	Vorschlagen	MuG, LSG
30	<u>Lösung:</u> s. u.	Bestimmen der CO <sub>2</sub> - Bilanz	GA
40	<u>Sicherung:</u> Resultat, Reflexion, Rückbezug	OHP	SV
45	<u>Festigung:</u> Anwendungen	AB, HA	EA

Geplanter TA

Wie viel CO<sub>2</sub> wird für das Elektroauto je Kilometer durch Kohleverstromung ausgestoßen?

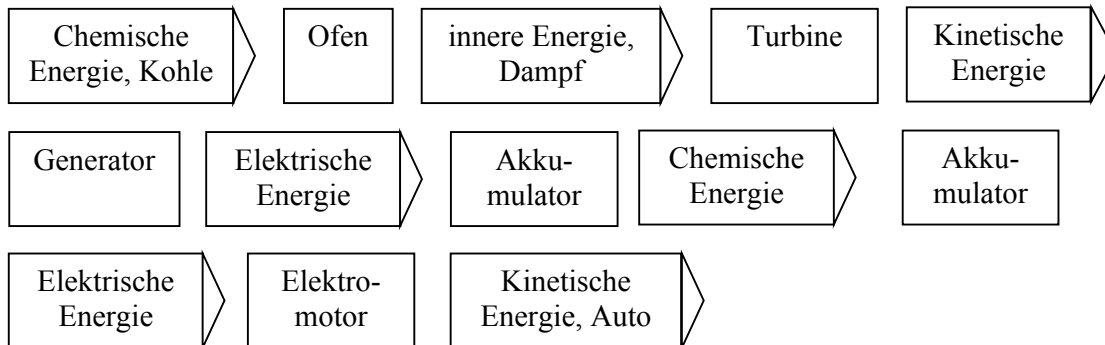
Schätzungen: 10 g, 100 g; 300 g

Ideen: Energieflussdiagramm, benötigte Energie, benötigte Kohle, ausgestoßenes CO<sub>2</sub>

Ergebnis: Beim derzeitigen Strommix in Deutschland werden für das Elektroauto je Kilometer 205 g CO<sub>2</sub> ausgestoßen.

Fazit: Elektroautos sind nur sinnvoll, wenn weniger Elektrizität aus Kohle gewonnen wird.

Geplante Schülerfolie



Energie für 100 km → 30 kWh

Energie für 1 km → 30 kWh : 100 = 0,3 kWh

Energie für 1 km aus Kohle → 0,3 kWh · 43% = 0,129 kWh

Zugeführte Energie für 1 km aus Kohle → 0,129 kWh : 33,3% = 0,387 kWh

Zugeführte Kohle für 1 km → 0,387 kWh / (7kWh/kg) = 0,0553 kg = 55,3 g

Freigesetztes Kohlendioxid für 1 km → 55,3 g · 3,7 = 205g

---

## Greenpeace nennt Hype um Elektroautos Blödsinn



... Auch unter Klimagesichtspunkten lehnt Lohbeck Elektroautos ab. Ein fünfmonatiger Test habe ermittelt, dass ein Elektro-Mini von BMW statt der versprochenen 15 Kilowattstunden je 100 Kilometer 30 Kilowattstunden verbrauche. ... Auf Basis des Strom-Mixes in Deutschland entspreche dies einer hohen CO<sub>2</sub>-Emission je Kilometer. Das ist zu vergleichen mit der CO<sub>2</sub>-Emission von 180 g je Kilometer bei einer Mittelklasse-Limousine. (Welt, 17.12.2009)

Information: Bei der Verbrennung setzt 1 kg Kohle die Energie 7 kWh und die Masse 3,7 kg Kohlendioxid frei. Ein gewöhnliches Kohlekraftwerk hat einen Wirkungsgrad von ungefähr 33,3 %. Ein Elektromotor kann einen Wirkungsgrad von 99,5 % erzielen. In Deutschland wird die elektrische Energie zu 43% aus Kohle gewonnen.

Arbeitsblatt, Klasse 8f3, Physik, Dr. Carmesin

- 1) In der Schweiz wird nur etwa 3 % der Elektrizität aus Kohle (oder ähnlichen fossilen Energieträgern) gewonnen. Wie viel CO<sub>2</sub> wird dort für das Elektroauto je Kilometer durch Kohleverstromung ausgestoßen?
- 2) Bei der Kraft-Wärme-Kopplung beträgt der Wirkungsgrad 98%. Wie viel CO<sub>2</sub> würde in Deutschland für das Elektroauto je Kilometer durch Kohleverstromung ausgestoßen, wenn diese durch Kraft-Wärme-Kopplung realisiert wäre?

---

## 7 Wechselstrom

Lebensweltliche Unterschiede von Gleich- und Wechselstrom bilden eine besonders kurze Sequenz.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... nennen alltagsbedeutsame Unterschiede von Gleich- und Wechselstrom.	keine besonderen

Tabelle 11: Curriculum zur Unterrichtssequenz Wechselstrom [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung der Wechselspannung eines Generators	Die SuS sollen Erzeugung und den Nachweis von Wechselspannung erläutern können.
2	Nutzung von Wechselspannung und Wechselstrom im Alltag	Die SuS sollen alltagsrelevante Beispiele der Nutzung von Wechselspannung und Wechselstrom untersuchen und erläutern können.

Tabelle 12: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Wechselstrom.



Abbildung 3: Ein Generator ohne Eisenkern erzeugt sehr deutlich eine Spannung mit sinusförmigem Zeitverlauf. Dieser ist leicht mit einem Oszilloskop darstellbar.

## 8 Transformator

Die Unterrichtseinheit wird durch ein kurzes Modul zum Transformator abgerundet. Auch hier steht die Anwendung im Vordergrund.

Inhaltsbezogene Kompetenzen: SuS ...	Prozessbezogene Kompetenzen: SuS ...
... beschreiben den Transformator als Black Box anhand seiner Energie wandelnden bzw. übertragenden Funktion.	... erläutern die Bedeutung des Transformators für die Energieübertragung im Verteilungsnetz der Elektrizitätswirtschaft.

Tabelle 13: Curriculum zur Unterrichtssequenz Transformator [Beime u. a. \(2012\)](#); [Brüning u. a. \(2010\)](#); [Frenzel \(2017\)](#); [Gehmann \(2015\)](#).

In einer ersten Stunde können die SuS den Transformator entdecken. Dabei können sie den Transformator mit den aus den Klassen 5 und 6 bekannten Spulen und der vom Generator bekannten Spannungserzeugung vernetzen.

In der zweiten Stunde entdecken die SuS die Nutzung des Transformators zur effizienten Übertragung elektrischer Energie. Das ist gerade heute besonders aktuell, da für die Energiewende umfangreiche Hochspannungsleitungen gebaut werden.

Nr.	Stundenthema	Stundenlernziel
1	Entdeckung der Spannungswandlung am Transformator	Die SuS sollen Wechselspannungen mit Hilfe von Transformatoren umwandeln können.
2	Analyse eines Verteilungsnetzes der Elektrizitätswirtschaft	Die SuS sollen die faktische Bevorzugung von Hochspannung beim Transport elektrischer Energie begründen können.

Tabelle 14: Mögliche Stundenabfolge zur Unterrichtssequenz Transformator.

Hier zeige ich einen Kurzentwurf zur grundlegenden Stunde der Entdeckung des Transformators.



## Kurzentwurf für eine Physikstunde

Athenaeum

PH8f3

**Thema der Unterrichtssequenz: Transformator**

**Entdeckung der Erzeugung hoher Spannungen durch zwei Spulen**

**Didaktik: SLZ:** Die SuS sollen die Erzeugung hoher Spannungen durch zwei Spulen experimentell begründen können.

Inhaltliche Aspekte	Verhaltensaspekte dazu
LV: Spule	Erläutern
LV: Hohe Spannung beim Lichtbogen	Erläutern
LV: Voltmeter	Anwenden
TLZ: Blitz beim Transformator	Beschreiben
TLZ: Hohe Spannung beim Transformator	Begründen, Messen
TLZ: Spannungssteigerung mit dem Transformator	Planen, Durchführen

**Methodik:** Dominantes Lehrverfahren: Entdeckenlassend

Zeit	Didaktische Erläuterungen	Methodische Erläuterungen	Sozialform
5	<u>Einstieg:</u> Hochspannungstransformator	DE, Beschreiben	LSG
8	<u>Problemstellung:</u> Blitze	Leitfrage entwickeln	LSG
15	<u>Analyse:</u> Ideen, Kontrollversuche	Vorschlagen, Planen	LSG
30	<u>Lösung:</u> Versuche	SE, DE	GA
40	<u>Sicherung:</u> Resultat, Reflexion, Rückbezug	OHP	SV
45	<u>Festigung:</u> Anwendungen	AB, HA	EA

Geplanter TA

Wie entsteht der Lichtbogen bei den beiden Spulen?

Ideen: Hohe Spannung, zwei Spulen können eine Spannung erhöhen, der Lichtbogen leitet

Kontrollversuche: Messung der Spannung und der Stromstärke  
Erzeugung einer hohen Spannung durch zwei Spulen

Versuchsskizzen: ...

Ergebnisse: Durch zwei Spulen können wir eine Wechselspannung erhöhen oder verringern. Eine Spannung von mehreren kV kann einen Lichtbogen erzeugen. Dabei leitet die Luft.

Bezeichnung: Das entsprechende Gerät heißt Transformator.



---

## 9 Aufgaben

1. Analysieren Sie die Schlüsselversuche, die in dieser UE zur Bildung der Begriffe Stromstärke und Spannung wesentlich sind.
2. Analysieren Sie die Kompetenzentwicklung der Stunde zur Einführung der Stromstärke.
3. Analysieren Sie die Veranschaulichungen, die in dieser UE entwickelt werden.
4. Analysieren Sie die Modelle, die in dieser UE entwickelt werden.

## 10 Zusammenfassung

Bei dieser UE gibt es viele interessante Anwendungen und lebensweltliche Bezüge. Die Begriffe Stromstärke, Spannung und Widerstand sind für die SuS nicht ganz leicht zu erlernen von Rhöneck u. Niedderer (2006). Daher sind aussagekräftige Versuche, deutliche Veranschaulichungen und reflektierte Modellbildungen besonders sinnvoll.

Ich wünsche Ihnen, dass Sie Ihre SuS für das Thema begeistern und diesen zum Erfassen der Tatsachen sowie zum Erkennen der Zusammenhänge verhelfen können.

## Literatur

- [Beime u. a. 2012] BEIME, Christa ; HOPPE, Petra ; HUMMES, Klaus-Peter ; VÖPEL, Karl-Heinz ; VOSS, Christine ; ZEMANN, Winfried: *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2012
- [Boysen u. a. 2007] BOYSEN, Gerd ; FÖSEL, Angela ; HEISE, Harri ; SCHEPERS, Harald ; SCHLICHTING, Hans J.: *Fokus Physik Gymnasium 7/8*. Ausgabe N. Berlin : Cornelsen, 2007
- [Brüning u. a. 2010] BRÜNING, Thomas ; DÖTZER, Susanne ; ELSASSER, Wolfgang ; HEIKE, Christina ; JÜTTNER, Horst ; MICHALSKI, Regina ; MOORKAMP, Michael ; SUTTMAYER, Beate: *Rahmenrichtlinien für das Fach Naturwissenschaft in der Klasse 12 der Fachoberschule, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2010
- [Dunning u. a. 2010] DUNNING, F. B. ; REINHOLD, C. O. ; YOSHIDA, S. ; BURGDÖRFER, J.: Steering quantum states toward classical Bohr-like orbits. In: *American Journal of Physics* 78 (2010), S. 796–803
- [Frenzel 2017] FRENZEL, Michael u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule - gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg, Physik, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2017
- [Gehmann 2015] GEHMANN, Kurt u. a.: *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5 - 10, Naturwissenschaften, Niedersachsen*. Hannover : Niedersächsisches Kultusministerium, 2015

---

[von Rhöneck u. Niedderer 2006] RHÖNECK, Christoph von ; NIEDDERER, Hans:  
Schülvorstellungen und ihre Bedeutung beim Physiklernen. In: MIKELSKIS, Helmut  
(Hrsg.): *Physik Didaktik*. Berlin : Cornelsen, 2006, S. 52–73