

Lösungsvorschlag zur Staatsexamensaufgabe Frühjahr 08 Thema 1

elektrische Spannung - elektrischer Strom

1. Diskutieren Sie zwei Möglichkeiten zur Einführung des Begriffs "Elektrische Spannung" im Schulunterricht!

Unter dem Begriff „Elektrische Spannung“ (Formelzeichen ist U , Einheit Volt) versteht man in der Physik die Potentialdifferenz zweier Punkte im elektrischen Feld: $U = \varphi_1 - \varphi_2$.

Das Potential kann wie folgt bestimmt werden: $\varphi = \frac{W}{Q}$. Dabei ist W die Arbeit, die von den Feldkräften F an einer positiven Punktladung Q bei ihrer Verschiebung von einem Bezugspunkt P_0 nach P verrichtet wird. φ ist dann das elektrische Potential des Punktes P im Bezug auf einen beliebig gewählten Bezugspunkt P_0 mit dem Potential $\varphi_0 = 0$.

Somit ergibt sich folgende schülergerechte Definition: Transportiert man im elektrischen Feld eine Ladung q von einem Punkt P_0 auf beliebigem Weg zu einem Punkt P und ist W die Trennarbeit, dann ist $\frac{W}{Q}$ die elektrische Spannung zwischen P_0 und P . Laut dem Lehrplan für die Realschule, soll die Spannung als Arbeit pro Ladung eingeführt werden.

In Schulbüchern wird die Spannung oft als Antrieb im elektrischen Stromkreis bezeichnet oder als Ladungsunterschied zweier Körper.

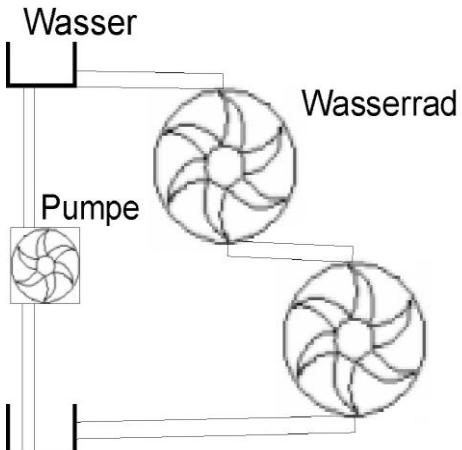
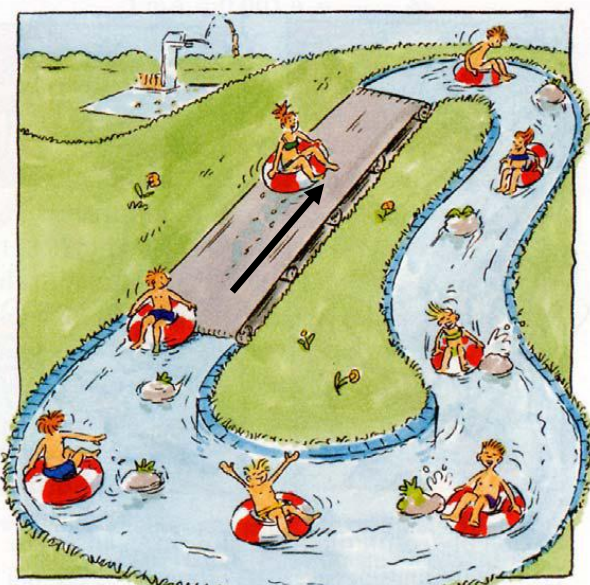
Hier sollen nun zwei Möglichkeiten zur Einführung des Begriffs der „Elektrischen Spannung“ aufgezeigt und diskutiert werden:

- a) Eine erste Möglichkeit wäre, den Lernenden durch Versuche mit verschiedenen Spannungsquellen und ihren Alltagserfahrungen den Begriff Spannung als „Antrieb des elektrischen Stromkreises“ und als Eigenschaft einer Quelle zu verdeutlichen. Für dieses Vorgehen bietet es sich beispielsweise an, eine 230V Glühlampe an ein 12V Netzgerät anzuschließen und die folgende Frage zu stellen: Warum leuchtet diese Glühlampe nicht? Den SuS ist sofort klar, dass dies so nicht funktionieren kann. Sie werden dies mit dem Begriff Volt oder Spannung zu begründen versuchen. An dieser Stelle kann der Begriff Spannung einer elektrischen Quelle als elektrischer Antrieb eingeführt werden. Der Antrieb muss stark genug sein, damit ein Verbraucher (Glühlampe) funktioniert. Dieses Vorgehen sollte für die meisten SuS verständlich und nachvollziehbar sein. Bietet aber durch die recht groben Definitionen die Gefahr, dass Kraft, Spannung und Strom nicht differenziert werden. Ebenso besteht die Gefahr, dass Alltagstheorien der Lernenden durch Missverständnisse gefestigt werden. Besonders gefährlich ist hier die Verbrauchsvorstellung, da ein gewisser Antrieb nötig ist, welcher nach dem Verbraucher scheinbar verschwunden ist.
- b) Eine weitere Möglichkeit wäre die Spannung als potenzielle Energie pro Ladungsmenge einzuführen. Hierzu wird eine Analogie – Gravitationsanalogie bei einem offenen Wasserkreis oder das Rutschenmodell – benutzt. Analogien erleichtern den Zugang zu neuem, bisher unbekanntem Wissen über die Betrachtung des Vertrauten. Es wird im Folgenden angenommen, dass SuS das Verhalten von Wasser in einem Wasserkreislauf als vertrauter empfindet, als das des elektrischen Stroms. Hier sollen kurz die beiden oben genannten Analogien gezeigt werden. Beide Analogien könnten im Unterricht als Modell gezeigt werden. Der Wasserkreislauf beispielsweise durch zwei verschieden hoch aufgestellte Wassergefäße, einer

Verbindungsleitung und einem Wasserrad. Als Pumpe könnte neben einer Pumpe das Wasserschöpfen vom unteren ins obere Gefäß dienen.

Für das Wasserrutschenmodell könnte eine Rutschbahn z.B. aus Kunststoff (z.B. Regenrinne, breiter aufgeschnittener Schlauch) und als rutschendes Objekt Holzplättchen + Spielfiguren dienen. Auch hier könnte das Transportband durch ein solches dargestellt werden, oder durch den Transport der Rutscher von einem untern Becken zum Rutschenstart durch hochsetzen.

In beiden Fällen wird durch das „in Funktion setzen“ per Hand nochmals verdeutlicht, dass an den Ladungsträgern eine Arbeit verrichtet werden muss.

<u>Wasserkreislauf</u>	<u>Rutschenanlagenmodell</u>
	
Um in einem Wasserkreislauf eine Turbine (oder sonstigen Verbraucher) zu betreiben, ist es nötig, dass das Wasser „fließt“. Die Ursache für eine Fließbewegung soll hier ein Höhenunterschied sein, welcher durch eine Pumpe erzeugt wird. Bei der elektrischen Spannung soll es sich analog verhalten. Hier können die Lernenden die Schlussfolgerung ziehen, dass für das Fließen ein Höhenunterschied nötig ist	Beim Rutschenanlagenmodell stellen die rutschenden Kinder Elektronen dar. Damit sich die Kinder/Elektronen bewegen, müssen sie durch das Förderband nach oben gebracht werden, ihre potenzielle Energie wird erhöht. Beim Hinabrutschen wird dieser Energiebetrag z.B. durch Stöße wieder abgegeben.

Bei beiden Analogien ist ein Höhenunterschied für die Funktion notwendig. Es kann nun festgelegt werden, dass dieser bei elektrischen Stromkreisen Spannung heißt und die Pumpe bzw. das Förderband als Spannungsquelle bezeichnet wird.

Anschließend kann die Spannung auf folgende Weise hergeleitet werden.

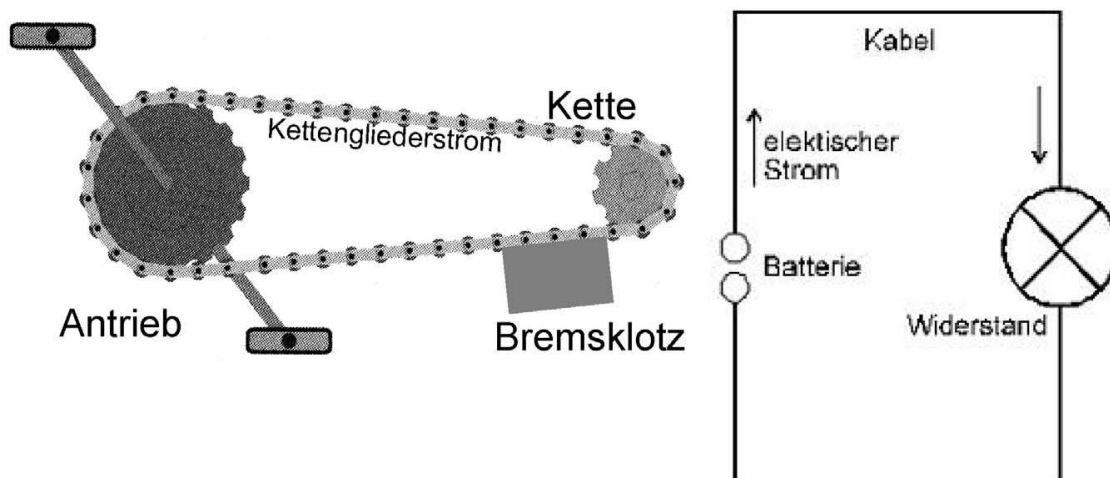
Wasserkreislauf	Stromkreis
$E_{pot} = m \cdot g \cdot \Delta h$ $W = m \cdot a \cdot s = m \cdot g \cdot \Delta h = E_{pot}$	Es entspricht $g \cdot \Delta h = U$ und $m = Q$. Durch Umformen Einsetzen und Umformen ergibt sich für U: $U = \frac{W}{Q} = \frac{E_{pot}}{Q}$ Damit ist die Spannung die Arbeit pro Ladung.

Dieser Ansatz sollte für die SuS, durch die Analogie recht einfach zu begreifen sein. Ebenso ist es möglich den Wasserkreis als Versuch durchzuführen, um die Sachverhalte zu zeigen. Die Probleme bei diesem Ansatz sind, dass hier von einem Wasserkreislauf gesprochen wird und die Schüler nicht zwingend Vorerfahrungen damit haben, wodurch die Analogie unbrauchbar wird. Ebenso stellen sich die Lernenden Wasser nicht als Teilchen vor, was jedoch beim elektrischen Stromkreis und den Ladungsträger der Fall ist.

Abschließend bleibt zu sagen, dass die Spannung ein recht komplizierter Begriff ist und meines Erachtens in der Realschule schwer genau zu definieren ist. Es würde sich anbieten den Begriff auf verschiedene Weisen den Lernenden zu erläutern, um so die Möglichkeit zu bieten sich den Begriff Spannung auf verschiedene Arten zu erarbeiten.

2. Erläutern Sie die Begriffe "Elektrische Spannung" und "Elektrischer Strom" mit Hilfe einer geeigneten Analogie! Diskutieren Sie Vor- und Nachteile der von Ihnen verwendeten Analogie für den Einsatz in der Schule!

Ich möchte hier die Fahrradketten Analogie nutzen, um die „Elektrische Spannung“ und den „Elektrischen Strom“ einzuführen. Hierzu soll zuerst eine Skizze der Analogie und des Stromkreises dargestellt werden:



Bei dieser Analogie werden elektrische Größen durch folgende Größen der Fahrradkette dargestellt:

elektrischer Stromkreis	Fahrradkette
Elektronen	Kettenglieder
konstante Stromstärke I	Gleichgewichts-Geschwindigkeit v
konstante Spannung U	konstante Antriebskraft F_{Antrieb}
Widerstand R	Reibungskoeffizient γ (der geschwindigkeitsabhängigen Reibungskraft $F_{\text{Reib}} = \gamma * v$)
Die elektrische Stromstärke wird begrenzt durch den elektrischen Widerstand: $I = U / R$	Die Geschwindigkeit wird begrenzt durch die geschwindigkeitsabhängige Gleitreibung: $v = F_{\text{Antrieb}} / \gamma$
Leistung: $P = U * I$	Leistung: $P = F * v$
Die Ursache des Stroms ist: die Spannung U	Die Ursache der Bewegung ist: die Antriebskraft F_{Antrieb}
Die Glühbirne verbraucht keinen Strom, sondern entnimmt dem Stromkreis Energie (die sie in Wärme und Licht umwandelt).	Der Bremsklotz verbraucht keine Kettenglieder, sondern entnimmt dem Kreislauf Energie (die in Wärme umgewandelt wird).

In diesem Modell wird, wie in der Tabelle aufgelistet, die Spannung durch die Antriebskraft auf die Kette dargestellt. Somit wäre für die SuS die Spannung eine Art „Antrieb des elektrischen Stromkreises“. Die Stromstärke wird durch Gleichgewichts-Geschwindigkeit der Kettenglieder, also der Anzahl der Elektronen pro Zeit, dargestellt.

Dieses Modell bietet viele Vorteile, im Weiteren wird auf diese im Bezug auf den gesamten elektrischen Stromkreis eingegangen. Ich möchte diese hier Stichpunktartig anführen:

- Die SuS haben Vorerfahrungen mit dem Fahrrad und der Fahrradkette.
- Es handelt sich um ein teilchenorientiertes Modell, da die Elektronen durch die Kettenglieder dargestellt werden.
- Der Stromverbrauchsvorstellung lässt sich gut entgegenwirken, da die Kettenglieder nach dem Bremsklotz/Verbraucher immer noch vorhanden sind, die Bewegungsenergie aber in Wärme umgewandelt wird.

Die Nachteile möchte ich auch stichpunktartig aufzählen:

- Die Reibungskraft der Fahrradkette wird als geschwindigkeitsabhängig angesehen, obwohl eine solche mechanische Reibung näherungsweise geschwindigkeitsunabhängig ist.
- Die Kabel werden nicht dargestellt (dieser Nachteil ist meiner Meinung nach zu vernachlässigen).
- Die Analogie geht nicht auf Ladungstrennung als eine Ursache für die Antriebskraft ein.

3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema "Wir erzeugen elektrische Spannung"! Nennen Sie Lernvoraussetzungen und Lernziele! Erstellen Sie ein Arbeitsblatt!

Lernvoraussetzungen:

Die SuS kennen den Aufbau eines einfachen Stromkreis (Spannungsquelle + Verbraucher).
Die SuS sollten geübt sein im eigenständigen Durchführen von Versuchen in Gruppenarbeit.
Die SuS kennen die grundlegenden Schaltungen (Parallel- und Reihenschaltung).
Die SuS können Spannung messen.

Lernziele:

- **Grobziel:** Die SuS sollen Möglichkeiten zur Spannungserzeugung kennenlernen.
- **Feinziele:**
 - Die SuS sollen in der Lage sein, sich selbst sinnvolle Experimente auszudenken, auch wenn ihnen die Spannungserzeugung noch nicht bekannt ist.
 - Die SuS sollen lernen, ihre Versuche begründen und beschreiben zu können.
 - Die SuS sollen verstehen, welche Prinzipien in der Technik genutzt werden, um Spannung zu erzeugen.
 - Die SuS sollen eine Möglichkeit entwickeln, um höhere Spannungen zu erzeugen.
 - Die SuS sollen verstehen, wie ein Kraftwerk funktioniert.

Stundenaufbau:

Zum Einstieg in das Thema „Wir erzeugen elektrische Spannung“ bietet es sich an, einfach ein Glühlämpchen an einer Spannungsquelle anzuschließen und die folgende Frage in den Raum zu werfen: Warum leuchtet das Lämpchen? Da diese Frage von den SuS voraussichtlich mit „Das Glühlämpchen leuchtet, da die Spannungsquelle angeschlossen ist“ oder so ähnlich beantwortet wird. Führt dies **zur Problemstellung**, welche durch die Fragen „Woher kommt die Spannung? Können wir auch Spannung erzeugen?“ gegeben ist.

Die Lernenden werden daraufhin in Kleingruppen aufgeteilt, die jeweils auf verschiedene Arten versuchen sollen ein Glühlämpchen oder Glimmlampe zum Leuchten zu bringen. Ebenso sollen die Gruppen, die von ihnen erzeugte Spannung messen (dies gilt nicht für Gruppe 2, da die elektrostatisch erzeugte Spannung schwer zu messen ist). Nach ihren Versuchen sollen die Gruppen ihre Ergebnisse den Mitschülern und Mitschülerinnen berichten. (Entstehen zu viele Gruppen für die Aufgaben, können mehrere Gruppen den gleichen Versuch durchführen.) Die Gruppen erhalten folgende Materialien:

1. Gruppe: Motor, Propeller, Kabel, Glühlämpchen
2. Gruppe: Kunststoffstäbe, Stoff (Katzenfell), Glimmlampe
3. Gruppe: Solarzellen, Kabel, Glühlämpchen, Taschenlampe (bzw. Sonnenlicht)
4. Gruppe: Zitronen, Kupfer- und Zinknägeln, Kabel, Glühlämpchen

In den einzelnen Gruppen soll auf verschiedene Möglichkeiten der Spannungserzeugung eingegangen werden.

1. Gruppe: Umwandlung von Bewegung in Spannung – Induktion
2. Gruppe: Elektrostatische Aufladung – Ladungstrennung
3. Gruppe: Regenerative Energien
4. Gruppe: Chemische Möglichkeit zur Spannungserzeugung

Nach Beendigung der Gruppenarbeit und der Präsentationsphase soll **als Sicherung** über die einzelnen Möglichkeiten diskutiert und die Ergebnisse auf einem Arbeitsblatt (siehe unten) festgehalten werden. Die Gruppen sollen nun überlegen, wie sie eine höhere Spannung erzeugen können, und dies ebenfalls auf ihrem Arbeitsblatt notieren.

Anschließend sollen die SuS überlegen, wo die zuvor durchgeführten Verfahren in der Technik oder dem Alltag vorkommen. Hier könnte beispielsweise folgende Tabelle auf dem Arbeitsblatt stehen:

Gruppe	Verfahren	Anwendung
1	Induktion	Kraftwerk, Dynamo
2	Elektrostatische Aufladung	Gehen über Teppichboden, (Gewitter)
3	Photoelektrischer Effekt	Photovoltaikanlage
4	chemische Ladungstrennung	Batterie

Zur Vertiefung werden im zweiten Teil der Unterrichtseinheit erarbeitet, wie man an einem Dampfmaschinenmodell mit einem Generator Spannung erzeugen kann. Dies geschieht während eines Klassengesprächs. Hierzu sollen die Schüler ihre Ideen begründen und am Modell ausprobieren. Ziel ist es eine 6V Glühlampe zum Leuchten zu bringen.

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit soll gemeinsam mit den Schülern, mit Hilfe des Dampfmaschinenmodells, die Skizze eines Kraftwerks auf dem Arbeitsblatt beschriftet werden.

Wir erzeugen elektrische Spannung

Auf welche Arten wurde in unseren Versuchen Spannung erzeugt?

1.	2.
3.	4.

Erkläre kurz die Vorgehensweise für die einzelnen Arten und skizziere den Aufbau der Versuche. Notiere, wenn gemessen, auch die erzeugte Spannung.

1.	2.
3.	4.

Wie kann die von euch erzeugte Spannung erhöht werden?

1.	2.
3.	4.

Welches Verfahren begegnet dir wo bzw. wann im Alltag oder der Technik?

1.	2.
3.	4.

Kraftwerk

Benenne die Teile des Kraftwerks

1.	2.
3.	4.

