

Staatsexamen: Frühjahr 2006 – Thema Nr. 2

Ladungen und Ströme

1. Diskutieren Sie die didaktische Bedeutung des Begriffs „Modell“ an einem Beispiel aus der Elektrizitätslehre!

Ein physikalisches Modell ist ein Konstrukt zur Beschreibung von Wirklichkeit, das das Verständnis eines gegebenen Sachverhalts erleichtern soll. Es vereinfacht einen Sachverhalt und verringert seine Komplexität. Ein Modell ist keine realitätsgetreue Darstellung, denn gewisse Informationen müssen weggelassen werden. Deshalb unterliegen Modelle einem *prinzipiellen Konflikt*, denn einerseits sollen sie eine Situation möglichst einfach beschreiben, andererseits können sie der Situation immer nur näherungsweise entsprechen.

Als Beispiel nehme ich das *Modell des geschlossenen Wasserstromkreises* als Modell für den elektrischen Stromkreis. Der geschlossene Wasserstromkreis ist ein didaktisches Modell einer Vorstellung, da das geistige Modell des elektrischen Stromflusses durch den Wasserstromkreis bildlich dargestellt wird. Der geschlossene Wasserstromkreis ist also zunächst ein ikonisches Modell, zu dem man ein gegenständliches Modell bauen kann (aber nicht muss). Man kann dieses Wassermmodell verwenden, um zur Einführung in die Elektrizitätslehre, Vorgänge im elektrischen Stromkreis zu veranschaulichen. Als Erstes liste ich die Objekte aus dem analogen Lernbereich (Wassermmodell) auf, die den Objekten aus dem primären Lernbereich (elektrischer Stromkreis) entsprechen, um damit einen groben Überblick über das Modell zu geben.

Der elektrische Strom, welcher in elektrischen Leitungen fließt, wird mit dem Wasserstrom in einem Wasserrohr verglichen. Weiterhin entspricht der Wasserschlauch der elektrischen Leitung, der Wasserhahn dem elektrischen Schalter, die Wasserpumpe der Batterie, das Wasserrad dem Elektromotor, die Wasserteilchen den Elektronen und das Wasservolumen V der Ladung Q .

Nun wird diese Entsprechung der beiden Lernbereiche auch auf der *begrifflichen Ebene*

fortgeführt. Das heißt die Wasserstromstärke $J = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ entspricht der elektrischen Stromstärke

$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ und der Wasserdruckunterschied Δp der elektrischen Spannung U . Neben der

Ähnlichkeit zwischen den Objekten und Begriffen der beiden Lernbereiche (primär und analog) müssen auch experimentell gefundene gesetzmäßige Zusammenhänge in beiden Lernbereichen entsprechend gelten, damit das Modell tragfähig ist. Zum Beispiel führt der, durch Experimente im analogen Lernbereich, gefundene gesetzmäßige Zusammenhang:

„Je größer der von der Pumpe erzeugte Druck ist, desto größer ist die Wasserstromstärke.“

zu der Hypothese:

„Je größer die von der Batterie erzeugte elektrische Spannung ist, desto größer ist die elektrische Stromstärke.“

im primären Lernbereich.

Für die Verwendung des Wassermodells sprechen zwei Gründe. Die Schüler sind mit dem Medium Wasser *vertraut* und die *Gesetze* der beiden Realitätsbereiche (Wasser- und elektrischer Stromkreislauf) sind weitgehend formal *gleich*. Die Übereinstimmung ist sogar so groß, wie bei kaum einem anderen Modell. Zum Beispiel kann man formal gleiche „kirchhoffsche Regeln“ für Wasserstromkreise definieren.

Primärer Lernbereich (analoger Lernbereich):

1. *Knotenpunktregel für Stromstärken (Wasserstromstärken):*

An jedem Verzweigungspunkt ist die Summe der Stromstärken (Wasserstromstärken) der zufließenden gleich der Summe der Stromstärken (Wasserstromstärken) der abfließenden Ströme.

2. *Maschenregel für Spannungen (Wasserdruckunterschiede):*

In jedem geschlossenen Stromkreis eines Netzes (Wasserstromkreis) (Masche) ist die Summe der Teilspannungen (Teilwasserdruckunterschiede) an den Leitern (Widerständen, Verbrauchern) (Verbrauchern, z. B. Wasserrad) gleich der Summe der Spannungen (Wasserdruckunterschiede) der eingeschalteten Stromquellen (Wasserpumpen).

Bei der Verwendung des Wassermodells muss der Lehrer jedoch auch mit den folgenden Problemen rechnen. Der Wasserstromkreis hat *keineswegs* eine *einfachere* physikalische *Theorie* als der elektrische Stromkreis. Zum Beispiel ist eine quantitative Messung der Wasserstromstärke experimentell sehr schwierig. Weiterhin sind Kinder zwar mit Wasser, *nicht* aber mit *Wasserstromkreisen vertraut*.

Eine Alternative zur Veranschaulichung des elektrischen Stromkreises sind Modelle, in denen sich Teilchen statt dem Kontinuum Wasser bewegen, da man in der heutigen Physik den elektrischen Strom auch als Teilchenbewegung beschreibt. Analoge Teilchen sind zum Beispiel Autos, Tiere oder Schüler, die der Lebenswelt der Kinder entstammen und ihnen vertraut sind. Beispiele für konkrete Modelle mit Teilchen sind die Fahrrad- und Zuanalogie. Diese Modelle wirken vor allem gegen die Fehlvorstellung, dass Strom „verbraucht“ wird.

Eine notwendige Bedingung für den erfolgreichen Einsatz eines Modells im Physikunterricht ist die Akzeptanz. Das heißt der primäre und der analoge Lernbereich müssen *Oberflächenähnlichkeit* haben, damit die Schüler das Modell akzeptieren. Das Modell soll ähnlich aussehen wie das entsprechende reale Objekt. Weiterhin ist für unerfahrene Modellnutzer eine *Vertrautheit* (affektive Verbundenheit) mit dem analogen Lernbereich notwendig, damit das Modell angenommen wird. Als dritte Bedingung sollte die *Tiefenstrukturähnlichkeit* zwischen beiden Lernbereichen möglichst groß sein. Das heißt zwischen den empirischen und den theoretischen Teilbereichen der Lernbereiche soll weitgehende Gleichheit bestehen.

Hier ergibt sich beim Wassermodell, für den Stromkreis, ein Problem, da aus lebensweltlicher Sicht Wasser und Elektrizität grundverschieden sind, d. h. sie haben keine Oberflächenähnlichkeit. Deshalb sollten Schüler ihre Modelle am Besten selbst auswählen und erzeugen können.

Da es zwischen zwei analogen Lernbereichen immer auch physikalische Unterschiede gibt, müssen diese im Unterricht thematisiert werden. (*Reflexion* der Modellnutzung)

2. Beschreiben und skizzieren Sie drei unterschiedliche Schülerexperimente zur Elektrostatik!

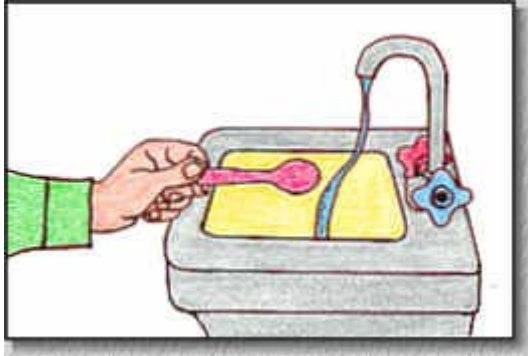
1. Der verbogene Wasserstrahl

Materialien: Kunststofflöffel und Luftballon, Wolltuch (oder Wollsocke), Wasserleitung

Versuchsdurchführung:

Man reibe den Plastiklöffel kräftig mit dem Wolltuch. Dann dreht man den Wasserhahn leicht auf, sodass ein dünner Wasserstrahl entsteht. Nun bringe man den Löffel nahe an den Wasserstrahl heran. Es ist zu beobachten, dass der Löffel den Strahl „verbiegt“; aber was passiert, wenn der Löffel mit dem Wasser in Berührung kommt?

Der Versuch funktioniert auch mit einem aufgeblasenen Luftballon anstatt des Plastiklöffels!



Erklärung:

Der Plastiklöffel wird durch das Reiben mit dem Wolltuch elektrostatisch aufgeladen. Der Löffel ist danach negativ (-) geladen. Der Wasserstrahl ist ein Leiter, das heißt das Wasser besitzt frei bewegliche Elektronen. Durch den negativ geladenen Löffel werden die frei beweglichen Elektronen im Wasser abgestoßen, es entsteht eine positiv geladene Schicht im Wasserstrahl in der Nähe des Löffels. Deshalb zieht der negativ geladene Plastiklöffel den positiven Teil des Wasserstrahls an.

2. Neonlicht durch Elektrostatik

Materialien: kleine Neonröhre, Luftballon, Wolltuch (oder Wollsocke)

Versuchsdurchführung:

Man blase den Luftballon auf und reibe ihn kräftig mit dem Wolltuch. Bringt man anschließend die Elektrokontakte der Neonröhre mit dem Luftballon in Berührung so entsteht Neonlicht.



Erklärung:

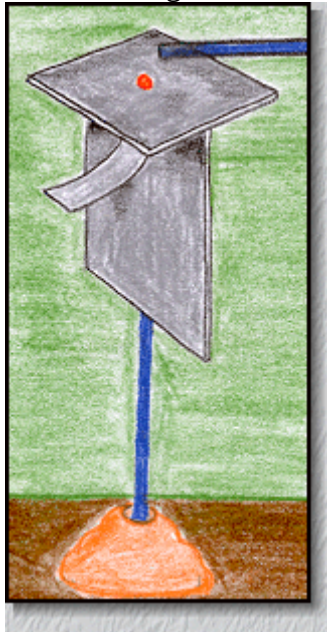
Durch das Reiben des Wolltuchs am Luftballon wird der Luftballon negativ aufgeladen, wie bei 1. der Plastiklöffel. Der Luftballon hat somit einen Überschuss an freien Elektronen. Wird die Neonröhre mit dem Luftballon, durch die Elektrokontakte, in Berührung gebracht, entlädt sich die Ladung des Luftballons im Gas der Neonröhre. Das Neongas in der Neonröhre besteht aus positiv geladenen Ionen. Die Elektronen werden vom positiven Neongas angezogen und rekombinieren mit den positiven Ionen zu neutralen Neonatomen. Dabei entsteht das Neonlicht.

3. Ein Elektroskop bauen

Materialien: Trinkhalm, Stecknadel, Streichholz, Karton, Schere, Bleistift, Plastilin, Alufolie

Versuchsdurchführung:

Man zeichne mit dem Bleistift ein Rechteck (6 und 4 cm) und ein Quadrat (4 und 4 cm) auf den Karton. Dann schneidet man beide mit der Schere aus und überzieht sie beidseitig mit Alufolie. Jetzt befestigt man am Rechteck mit der Stecknadel einen schmalen Streifen Alufolie (1 und 4 cm). Die Stecknadel sollte oben ein wenig aus dem Karton herausstehen, damit der Streifen frei schwingen kann. Nun befestigt man das Rechteck so am Trinkhalm, dass das Rechteck ein paar Millimeter über den Rand des Trinkhalms hinausragt. Dann bohrt man mit der Schere durch die Mitte des Quadrats ein Loch und befestigt darin das Streichholz. Mit dem Streichholz steckt man das Kartonquadrat von oben in den Trinkhalm. Um das fertige Elektroskop zu fixieren steckt man es in einen Plastilinsockel.



Erklärung:

Das Elektroskop funktioniert mit positiver und negativer Ladung. Wird das Kartonquadrat mit einem negativ (bzw. positiv) geladenen Gegenstand in Berührung gebracht, dann lädt sich das Kartonquadrat, das Kartonrechteck und der Streifen Alufolie negativ (bzw. positiv) auf. Das Kartonrechteck und der Streifen stoßen sich gegenseitig ab, da sie gleich negativ (bzw. positiv) geladen sind. Der Alufoliestreifen zeigt mit seinem Ausschlag an wie stark das Elektroskop geladen ist. Eine negative Ladung erhält man, wenn man einen Plastikstab an einem Wolltuch reibt. Eine positive Ladung erhält man durch Reibung eines Glasstabs mit einem Seidentuch.

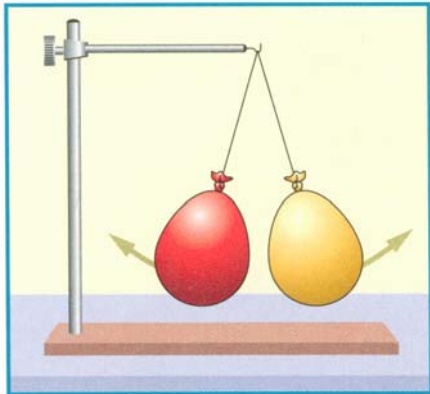
3. Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema „Elektrische Ladung“! Geben Sie dabei Lernvoraussetzungen, Lernziele, verwendete Medien und Sozialformen an!

Unterrichtseinheit

1. Motivation:

Die Schüler erhalten auf einem Arbeitsblatt die folgenden Arbeitsanweisungen, die sie in Partnerarbeit durchführen sollen:

Hänge 2 Luftballone mit Stativmaterial wie in der Abbildung gezeigt auf.



Führe nun an dem Aufbau die 3 verschiedenen Versuche durch und notiere dir die Beobachtungen.

1. Reibe mit dem Wolltuch den Kunststoffstab und berühre damit einen Luftballon. Reibe den Kunststoffstab nochmals mit dem Wolltuch und berühre auch den anderen Luftballon. Nähere nun die Luftballone einander an. Was kannst du beobachten?

Beobachtung:

Die beiden Luftballone stoßen sich gegenseitig ab.

2. Wiederhole den 1. Versuch, wobei jetzt aber ein Glasstab mit einem Seidentuch gerieben wird.

Beobachtung:

Die beiden Luftballone stoßen sich gegenseitig ab.

3. Berühre nun mit dem geriebenen (mit Wolltuch) Kunststoffstab den einen Luftballon und mit dem geriebenen (mit Seidentuch) Glasstab den zweiten Luftballon.

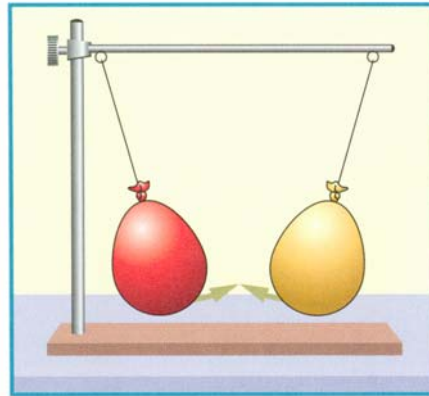
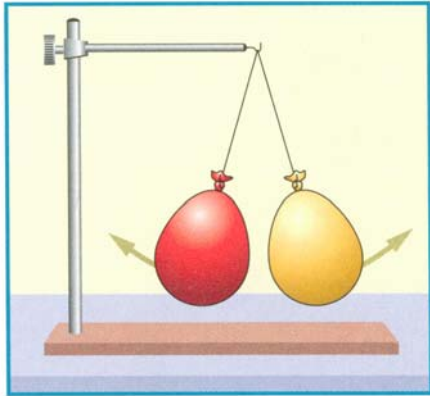
Beobachtung:

Die beiden Luftballone ziehen sich an.

2. Erarbeitung:

Im Lehrer-Schüler-Gespräch mit der gesamten Klasse werden die Ergebnisse des Schülerexperiments zusammengetragen. Der Lehrer erstellt das folgende Tafelbild:

Elektrische Ladung



Merksatz:

Besitzen zwei Körper gleichnamige elektrische Ladungen, so stoßen sie sich gegenseitig ab. Haben sie ungleichnamige elektrische Ladungen, so ziehen sie sich gegenseitig an.

2 Arten von Ladungen:

+: positive Ladung

-: negative Ladung

Die Schüler übernehmen das Tafelbild nun in ihr Heft.

3. Vertiefung:

Der Lehrer stellt ein Elektroskop auf das Lehrerpult und berührt es mit dem geriebenen (mit Wolltuch) Plastikstab. Die Schüler können den Ausschlag des Zeigers erkennen. Nun sollen die Schüler versuchen zu erklären, was hier passiert und wie ein Elektroskop funktioniert. Im Klassengespräch werden die Ideen der Schüler vom Lehrer ergänzt und die Funktionsweise besprochen.

Als Hausaufgabe sollen die Schüler ein Elektroskop nach der Versuchsdurchführung zu 3. in Teilaufgabe 2 bauen.

Lernvoraussetzungen:

- Die Schüler wissen, dass es elektrische Ladungen gibt.
- Die Schüler kennen Kräfte und deren Wirkung auf Gegenstände.

Lernziele:

- Die Schüler wissen, dass sich gleichnamige Ladungen gegenseitig abstoßen und ungleichnamige Ladungen gegenseitig anziehen.
- Die Schüler wissen, dass es 2 Sorten elektrischer Ladung gibt.
- Die Schüler kennen das Elektroskop und können seine Funktionsweise erklären.

Sozialformen:

1. Partnerarbeit

Die Partnerarbeit in der Erarbeitungsphase soll die Schüler zu Selbsttätigkeit aktivieren. Das Experiment als Schülerexperiment für jeden Schüler durchzuführen ist sehr schwierig, da man die doppelte Menge an Materialien bereitstellen müsste. Aus diesem Grund habe ich mich für die Partnerarbeit entschieden.

2. Frontalunterricht

Der Frontalunterricht in der Erarbeitungsphase ist nötig, da der Lehrer die Ergebnisse der Schüler im Tafelbild zusammenfasst. Das Elektroskop im Demonstrationsexperiment durch Frontalunterricht vorzustellen ist nötig, da es wahrscheinlich nicht genügend Elektroskope für eine Gruppenarbeit gibt.

Verwendete Medien:

- Arbeitsblatt für das Schülerexperiment
- Materialien für das Schülerexperiment
- Tafel für das Tafelbild
- Elektroskop