

Frühjahr 2000, Thema 2, „Der elektrische Widerstand“

Referentin: Dorothee Abele
Dozent: Dr. Thomas Wilhelm
Datum: 01.02.2007

1) Stellen Sie ein schülergemäßes Modell für einen elektrisch leitenden bzw. nichtleitenden Festkörper dar!

Modellvorstellung: Atom

Alle Körper sind aus Atomen aufgebaut. Jedes dieser Atome besteht aus einem positiv geladenen Kern um den sich in der Atomhülle negativ geladene Teilchen, die Elektronen, bewegen.

Alle Elektronen haben dieselbe Ladung. Da diese Ladung die kleinste ist, nennt man sie Elementarladung.

Am Atomkern sind als Kernbausteine Protonen und Neutronen enthalten. Ein Proton trägt eine positive Elementarladung, die Neutronen sind elektrisch neutral. Der Atomkern hat je nach seiner Atomart 1, 2, oder mehrere Protonen.

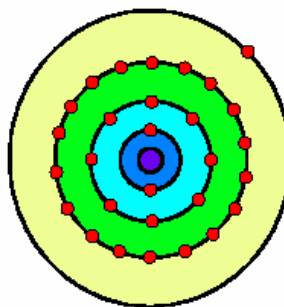
Ein elektrisch neutrales Atom hat genau so viele Elektronen, wie der Atomkern Protonen besitzt; z.B. Wasserstoff: Ein Elektron bildet die Hülle um ein Proton.

In diesem Modell kreisen die Elektronen nicht beliebig durcheinander um den Kern, sondern geordnet. Auf verschiedenen Schalen kreisen je eine bestimmte Anzahl von Elektronen.

Es ist zunächst unverständlich, dass zwei oder mehrere Protonen in unmittelbarer Nähe sein können, da sich bekanntlich gleichnamige Ladungen abstoßen. Innerhalb des Kernbereiches wirken aber Kernkräfte, die die Kernbausteine zusammenhalten. Diese Kernkräfte sind viel stärker als die abstoßenden Kräfte zwischen den positiv geladenen Protonen.

Metalle besitzen leicht bewegliche Elektronen, die Leitungselektronen, je Atom durchschnittlich eins.

Betrachtet man z.B. das Kupferatom, so ist von den 29 Elektronen das Elektron, das vom Kern aus den größten Abstand hat, das Leitungselektron.



Atommodell Kupfer

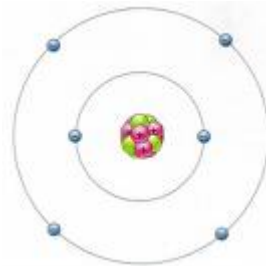
Da die anziehenden Kräfte mit zunehmenden Abstand der geladenen Teilchen geringer werden, ist das Leitungselektron nur schwach an den Atomkern gebunden.

Metalle, wie Kupfer, besitzen viel Leitungselektronen, sind daher gute Leiter.

Den Isolatoren / Nichtleiter fehlen diese Leitungselektronen.

Ein elektrischer Leiter ist also ein Stoff, in dem sich ein Teil der Elektronen (Leitungselektronen) frei bewegen kann.

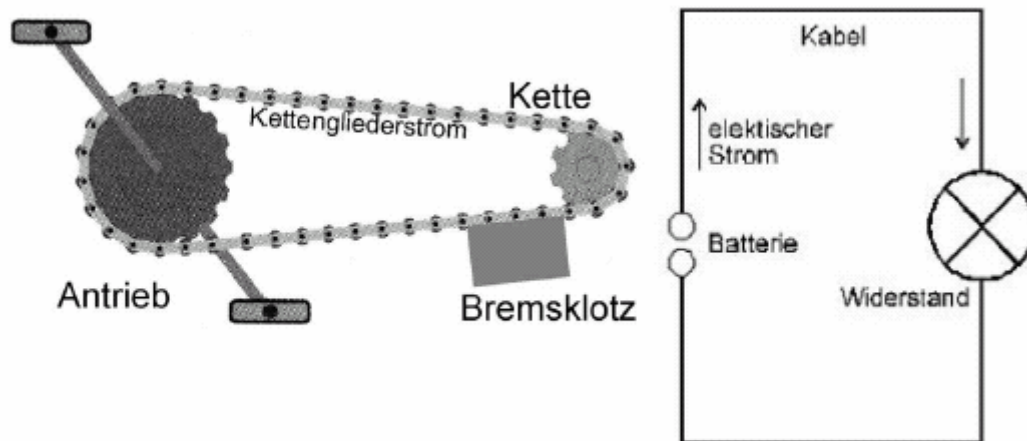
Ein Nichtleiter ist dagegen ein Stoff, in dem die Elektronen fest an die einzelnen Atome und deren nähere Umgebung gebunden sind.
Ein Beispiel für einen nichtleitenden Festkörper ist der Diamant, der aus Kohlenstoff, einem Nichtmetall, besteht und ein Isolator ist.



Atommodell Kohlenstoff

2) Beschreiben Sie einen Analogversuch, mit dessen Hilfe Sie den elektrischen Widerstand veranschaulichen können! Stellen Sie die relevanten analogen Beziehungen dar! Erörtern Sie Vor- und Nachteile des von Ihnen vorgeschlagenen Analogversuchs!

Als Beispiel für einen Analogversuch, der den elektrischen Widerstand veranschaulichen soll, wird das Fahrradkettenmodell genutzt.
Für diesen Versuch benötigt man ein Fahrrad, welches am Hinterrad hochgebockt wird, so dass beim Treten der Pedale das Fahrrad nicht losfahren kann.
Ein Schüler tritt nun mit gleicher Kraft in die Pedale, während ein zweiter Schüler einen Bremsklotz an die Kette hält. Da der radelnde Schüler immer mit gleicher Kraft tritt, ist beim Anbringen des Bremsklotzes ein Langsamerwerden zu erkennen.



Die geschlossene Fahrradkette ist ein didaktisches Modell einer Vorstellung, da das geistige Modell des elektrischen Stromflusses durch den „Kettenstromkreis“ bildlich dargestellt wird.

Die einzelnen Kettenglieder stellen die Elektronen dar. Die konstante Stromstärke wird verdeutlicht durch die Gleichgewichtsgeschwindigkeit, die durch die konstante Antriebsgeschwindigkeit (= konstante Spannung) durch das Treten der Pedale erzeugt wird. Der Reibungswiderstand, der durch das Anbringen eines Bremsklotzes verursacht wird, ist analog dem Widerstand R im Stromkreis.

→ Im analogen Lernbereich gilt: Der Bremsklotz verbraucht keine Kettenglieder, sondern entnimmt dem Kreislauf Energie, die in Wärme umgewandelt wird.
→ Im primären Lernbereich gilt: Die Glühbirne verbraucht keinen Strom, sondern entnimmt dem Stromkreis Energie, die sie in Wärme und Licht umwandelt.

Vorteile:

Dieses Modell ist für die Veranschaulichung des elektrischen Widerstandes im Stromkreis gut geeignet, da es zum einen der Schülervorstellung „Strom wird verbraucht!“ widerspricht. Zum anderen haben die Schüler, im Gegensatz zu dem Wasserstromkreismodell, bei dem Fahrradkettenmodell Vorerfahrungen, da fast jeder Schüler ein Fahrrad besitzt.

Zuletzt ist anzumerken, dass sich die Teilchen-Analogie im allgemeinen besser eignet, als Flüssigkeitsanalogien, da diese realitätsbezogener ist.

Nachteil:

Ein Nachteil dieses Modells ist der, dass die Parallelschaltung von Widerständen hier nicht gezeigt werden kann.

Zum anderen ist dieser Analogversuch nur qualitativ, da hier keine Messungen möglich sind.

3) Entwerfen Sie eine Unterrichtsskizze zum Thema „Einführung des elektrischen Widerstands“! Geben Sie Lernvoraussetzungen und Ziele an! Achten Sie auf schülergemäße Ergebnisformulierungen!

Unterrichtsskizze:

1. Motivation:

Zu Beginn der Unterrichtsstunde zeigt der Lehrer folgenden Versuch, den er bereits vor der Stunde aufgebaut hat:

Zuerst wird eine Bremslichtlampe (Lampe 1) an eine Stromquelle der Spannung 12V geschaltet. Nach dem Schließen des Schalters ist deutlich das Leuchten der Lampe zu erkennen. Parallel zu diesem Versuch ist der gleiche, allerdings mit einer Schlusslichtlampe (Lampe 2) aufgebaut. Beide Lampen sind jeweils in Reihe mit einem Stromstärkemesser geschaltet. Die Schüler beobachten beide Ergebnisse und stellen fest, dass eine Lampe heller leuchtet als die andere.

2. Erarbeitung:

Im Lehrer-Schüler-Gespräch mit der gesamten Klasse wird über die unterschiedlichen Helligkeiten der beiden Lampen diskutiert und warum diese zustande kommen. Beim Betrachten des Stromstärkemessgeräts erkennen die Schüler, dass für die verschiedenen Lampen unterschiedliche Werte für die Stromstärke herauskommen.

Aus diesem Versuch wird deutlich, dass ein größerer Widerstand (in dem Fall Lampe 2) bei gleicher Spannung einen geringeren Strom ergibt.

Also: Lampe 1 hat einen kleineren elektrischen Widerstand als Lampe 2.

Nach diesem Zusammentragen definiert der Lehrer als elektrischen Widerstand R eines Leiters den Quotienten aus der Spannung und der zugehörigen Stromstärke I . Der Lehrer erstellt folgendes Tafelbild, welches die Schüler in ihr Heft übertragen.

Elektrischer Widerstand

Als elektrischen Widerstand eines Leiters definieren wir den Quotienten aus Spannung und zugehöriger Stromstärke.

$$R := \frac{U}{I}$$

Einheit: 1 Ohm = 1 Ω

Merksatz: Je größer der Widerstand ist, desto geringer ist die dazugehörige Stromstärke I.

Zur Verdeutlichung wird folgende Aufgabe gestellt, die von jedem Schüler einzeln zu bearbeiten ist:

„Eine Lampe wird in Reihe mit einem Stromstärkemessgerät an eine Stromquelle mit der Spannung 12 V geschaltet. Nach dem Schließen des Schalters wird eine Stromstärke von 1,7 A gemessen. Wie hoch ist der elektrische Widerstand?“

Durch einen weiteres Lehrerexperiment wird der Widerstand eines Leiters bei verschiedenen angelegten Spannungen betrachtet.

Versuch:

An einem Netzgerät werden nacheinander bei verschiedenen Widerständen verschiedene Spannungen eingestellt. Die Stromstärke, die durch die Bremslichtlampe fließt, wird gemessen.

Die Ergebnisse werden im Heft mit Hilfe einer Wertetabelle aufgenommen. Die Schüler sollen anschließend für einige Messungen die zugehörigen U-I-Kennlinien zeichnen.

Durch diesen Messungen wird untersucht, welcher Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Stromstärke I bei der Bremslichtlampe besteht.

3. Vertiefung:

Als Vertiefung wird die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur betrachtet.

Hierzu wird folgendes Lehrerexperiment durchgeführt:

Ein gewundener Eisendraht und eine Glühlampe sind in Reihe geschaltet. Am Netzgerät wird eine Spannung abgegriffen, bei der die Glühlampe so hell leuchtet, dass es von den Schülern deutlich zu erkennen ist. Die Glühlampe dient in diesem Versuch als Stromanzeigergerät. Der Eisendraht wird nun durch einen Bunsenbrenner erwärmt und anschließend wieder vom Draht entfernt.

Die Schüler tragen ihre Beobachtungen zusammen, dass bei Erwärmung die Lampe immer schwächer leuchtet. Beim entfernen des Bunsenbrenners nimmt allerdings die Intensität des Leuchtens wieder zu.

Dies führt zu der Erkenntnis, dass Widerstände temperaturabhängig sind, d.h. dass bei steigender Temperatur der Widerstand zunimmt.

Lernvoraussetzungen:

Der (elektrische) Widerstand wird in der Realschule in der zehnten Klasse eingeführt. Aus der Elektrizitätslehre der neunten Klasse bringen die Schüler folgendes Wissen mit:

- elektrischer Stromkreis
- elektrische Ladung
- elektrisches Feld
- bewegte elektrische Ladung, elektrischer Strom
- Leiter, Isolator

Ziele:

Grobziel:

Die Schüler sollen den elektrischen Widerstands kennen lernen.

Feinziele:

Die Schüler sollen...

- ... durch einen Versuch für das Thema der Stunde motiviert werden.
- ... erkennen, dass bei gleicher Spannung und verschiedenen Widerständen unterschiedliche Stromstärken erzeugt werden.
- ... wissen, dass der Widerstand den Zusammenhang zwischen U und I angibt.
- ... Widerstand, Stromstärke, Spannung mit der Formel $R = \frac{U}{I}$ berechnet werden können.
- ... Wertetabellen und die dazugehörigen Kennlinien erstellen können.
- ... wissen, dass Widerstände temperaturabhängig sind, d.h. bei steigender Temperatur der Widerstand (von Metallen) zunimmt.