

Elektrizitätslehre: Modellversuche mit Wasserpumpen

1. Vorüberlegungen

Die experimentelle und vor allem die theoretische Aneignung der Begriffe Ladungsmenge, Stromstärke, Spannung, Widerstand, Leistung mit den dazu gehörenden Maßeinheiten fällt den Schülern, insbesondere jedoch den Schülerinnen schwer. Grund dafür ist nicht nur das reichhaltige Angebot an Größen, ihren Symbolen und Maßeinheiten sowie Formeln, sondern vor allem die abstrakte Form der Lerninhalte. Da in Klasse 8 und Anfang Klasse 9 auch Grundwissen über den Atombau von Chemie her nicht verfügbar ist, hapert es noch mehr an der Befähigung zum Verständnis dieser Größen des elektrischen Stromes.

2. Konsequenzen

Nach dem einführenden Unterricht (Elektrischer Stromkreis, Energie) in meiner eigenen 8. Klasse stießen wir sehr schnell auf die o.a. Schwierigkeiten. Als ich feststellte, dass der Demonstrationsversuch zum Stromkreis mit dem Wasser- Konvektionsrohr vor allem auf die Schülerinnen veranschaulichende Wirkung hatte, kam von einem Schüler der Vergleich Stromquelle- Pumpe. So schaffte ich 8 Tauchpumpen an ($U = 12 \text{ V}$, erhältlich zu 19,95 DM bei *Völkner Electronic* bzw. 16,95 DM bei *Westfalia*). Die Schülerteams, erfahren in selbständigem Experimentieren erhielten von mir die Arbeitsaufträge, mittels der Pumpen und regelbaren Schülernetzgeräten Versuche zu erarbeiten und auszuprobieren. Es gelang ihnen fast ohne jegliche Hilfe von Versuch 1. bis 3. Bei Versuch 4 musste ich am Tüfteln mithelfen, um die geeignete Wirkung beim Zusammendrücken des Schlauches zu finden. Lediglich der Einschub über die elektrische Leistung, die Aufgabe 5. und das Kreuzworträtsel sind vollständig meiner Feder entsprungen.

Bei der Ausarbeitung der Arbeitsblätter wurde in besonderem Maße darauf Wert gelegt, dass selbständiges Erarbeiten in Teams möglich ist. Die Versuche wurden in Gruppen von je 3- 4 Schülerinnen und Schülern von einer anderen Klasse erprobt und mit hoher Motivation (und Herumspritzen) durchgeführt.

An dieser Stelle sei meinen Schülerinnen und Schülern für die engagierte Mitarbeit an der vorliegenden Handreichung ausgesprochen.

3. Didaktik und Methodik

Die vorliegenden Schülerversuche eignen sich zur Einführung der Größen des elektrischen Stromes, z.B. in Klasse 8. Auch als veranschaulichende Versuche in der Wiederholungsphase (Klasse 9) eignen sich die Versuche gut. Sie erübrigen jedoch nicht ein anschließendes Vertiefen und Festigen, z.B. durch konkrete Mess- und Rechenübungen. Als zeitlicher Rahmen ergab sich ein Bedarf von 3 Stunden zur Durchführung der Versuche sowie 2 Stunden zur Zusammenfassung der Ergebnisse und Erläuterung der theoretischen Grundlagen, einschließlich Kreuzworträtsel. Anschließend, über diese Versuche hinausgehend, wurden noch 2 Unterrichtsstunden für selbständige Messübungen und Berechnungen, ebenfalls in Gruppenarbeit angesetzt.

Kreisläufe: Vergleich elektrischer Strom und Wasser

Modellversuche mit Wasserpumpen

Material: Tauch-Wasserpumpe 12 Volt, Plastikschlauch ca. 15 cm lang, Plastikwanne, großes Becherglas mit ml-Angabe, Stoppuhr, Gleichstrom-Netzgerät, Anschlußkabel

Organisation: Selbst gewählte Versuchsteams von je 3- 4 Schülern; Aufgabenverteilung: z.B. Materialdienst, Versuchsleiter, Protokollant. Die Versuche werden in der vorgegebenen Abfolge durchgeführt.

V.1. Vergleiche

Durchführung:

Schließt den Schlauch an die Pumpe an. Füllt in die Wanne etwa 5 cm hoch Wasser. Schließt die Pumpe ans Netzgerät an und stellt sie in die Wanne. Haltet den Schlauch etwas gekrümmt über das Becherglas. Schaltet die Pumpe ein.

Beobachtung:

.....

Aufgabe:

Mit Hilfe des anschaulichen Wassermodells soll der elektrische Strom für euch verständlich gemacht werden. Um den Vergleich anzustellen, sollt ihr die folgende Tabelle ergänzen:

elektrische Strom	Wassermodell
Stromquelle: Netzgerät	
Leiter: Kupferdraht	
Strom: fließende Elektronen	
Metallatome im Kristallgitter	

An welcher Stelle „hinkt“ der Vergleich und lässt sich in der Tabelle nicht ergänzen?

.....

V.2. Schüttung (Wasserrförderung) der Pumpe

Durchführung:

Geht wie bei V.1. vor, verändert jedoch bei jeder Messung die Schaltstufe des Netzgerätes. Messt dabei die Zeit, in der die gleiche Wassermenge z.B. 1000 ml gepumpt wird. Tragt die Messergebnisse in die Tabelle ein.

Beobachtung:

Je höher die Schaltstufe des Netzgerätes,

.....

Aufgaben:

a) Tabelle: Tragt in Spalte 1- 3 die Ergebnisse ein und berechnet die Schüttung.

Schaltstufe (z.B. Volt)	Wassermenge (z.B. 1000 ml)	benötigte Zeit (Sekunden, s)	Schüttung (ml/s)

b) Findet für die Messgrößen und Maßeinheiten des Wassermodells die entsprechenden Angaben für den elektrischen Strom. Lest wenn nötig im Physikbuch nach! Ergänzt dann die folgende Vergleichstabelle:

Angaben	Wasser	elektrischer Strom
1. Größe	Volumen des gepumpten Wassers	
Symbol	V	
Maßeinheit		
2. Größe	Zeit	Zeit
Symbol	t	
Maßeinheit		
3. Größe	Schüttung	
Symbol	-	
Maßeinheit	ml/s	
Formel	Schüttung = Volumen/Zeit Sch. = V/t	

V.3. Schaltstufe und Wasserdruck**Durchführung:**

Haltet den Schlauch während des Pumpvorganges senkrecht nach oben. Messt dabei die Höhe des Wasserstrahls in Abhängigkeit von den jeweiligen Schaltstufen des Netzgerätes. Tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein.

Beobachtung:

.....

Aufgaben:

- a) Messergebnisse in Spalte 1 - 2! Diskutiert und findet die passenden Angaben für den elektrischen Strom (3. Spalte).

Schaltstufe	Spritzhöhe (cm) ≅ Wasserdruck	elektrische Größe im Stromkreis (Name, Symbol, Maßeinheit)

- b) An welchen Größen kann die Leistung der Wasserpumpe gemessen werden?

..... und

- c) Wiederholt Aufgabe b) mit den entsprechenden Angaben für den elektrischen Strom; schreibt dann die Formel (mit Symbolen bzw. Maßeinheiten):

elektrische Leistung = *

$$P = \dots * \dots$$

$$1 \text{ Watt} = \dots * \dots$$

$$1 \text{ W} = \dots * \dots$$

V.4. Widerstand

Durchführung:

Stellt eine mittlere Schaltstufe (Leistung) am Netzgerät ein. Drückt den Schlauch am Ende etwa auf die Hälfte und dann auf etwa ¼ zusammen. Misst die jeweilige Spritzhöhe und Schüttung. Tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein.

Ergebnisse:

Größen	Offener Schlauch	½ zugeedrückt	¾ zugeedrückt
Spritzhöhe (cm) (≅Spannung)			
Schüttung (ml/s) (≅Stromstärke)			

Aufgaben:

- a) Formuliert eine Regel, welche Spannung und Stromstärke in Abhängigkeit (Proportionalität) vom elektrischen Widerstand ausdrückt:

.....
.....

- b) Sucht nach einem eurer Formulierung entsprechenden Gesetz im Physikbuch. Wessen Namen trägt es? Schreibt seine Formel (Größen, Abkürzung, Maßeinheiten):

Name des Gesetzes: Spannung = *

$$U = \dots * \dots$$

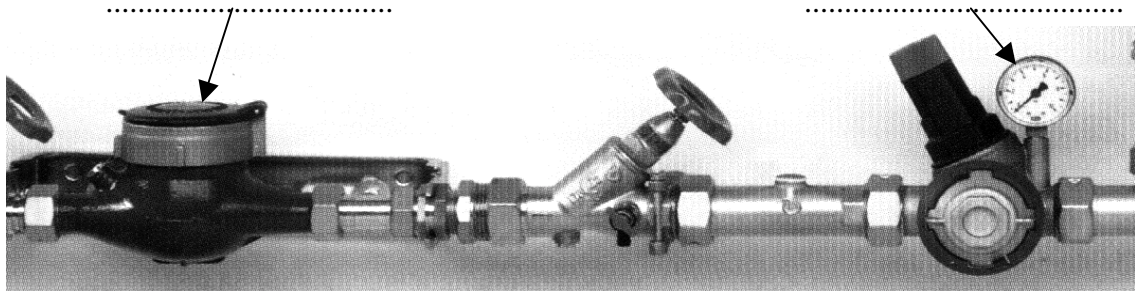
$$\text{Volt} = \dots * \dots$$

$$V = \Omega * A$$

A.5. Wasserdruck und Wasserdurchfluss

In jedem Haushalt muss der Wasserverbrauch mittels eines Wasserzählers gemessen werden, um mit dem Wasserversorgungsunternehmen abrechnen zu können. Manchmal wird an der Wasserzuleitung, in jedem Fall jedoch an der Warmwasserheizung der Wasserdruck mittels eines Manometers gemessen, um Wasserschäden zu vermeiden.

1. Beschriftet folgende Abbildung mit den obigen Begriffen für die beiden Messgeräte.



2. Welche der beiden Messvorrichtungen arbeitet auf Durchfluss?
3. Welche Messvorrichtung arbeitet im Nebenschluss (seitlich-parallel)?
4. Überlegt, welche der beiden Messungen mit dem elektrischen Strom und welche mit der Spannung vergleichbar sind! (Versuche 2 und 3)

Manometer →; Wasserzähler →

5. Daraus ergibt sich, wie in einem Stromkreis Spannung und Stromstärke gemessen wird! Zeichnet Schaltpläne (Physikbuch) für ein leuchtendes Glühbirnchen (z.B. 3,8 Volt). Führt anschließend die Messungen mit einem digitalen Messgerät durch!

- a) Anschluss eines Voltmeters zur Messung der elektrischen

gemessen: Volt

- b) Anschluss eines Amperemeters zur Messung der

gemessen: Ampere

- c) Berechnet den elektrischen Widerstand des Birnchens (Versuch 4)!
- d) Berechnet die elektrische Leistung des leuchtenden Birnchens (Versuch 3)!

Lösungen:

V.1. Es ist zu beobachten, dass ein Wasserstrahl aus dem Schlauch austritt.

elektrische Strom	Wassermodell
Stromquelle: Netzgerät	Wasserpumpe
Leiter: Kupferdraht	Schlauch
Strom: fließende Elektronen	Wasserstrahl
Metallatome im Kristallgitter	-

Der Vergleich „hinkt“ in der unteren Zeile, da die Elektronen zwischen den sie freigesetzten Atomrümpfen vorbeifließen, während das Wasser durch einen leeren Schlauch fließt.

V.2. Je höher die Schaltstufe (ggf. „Voltzahl“) des Netzgerätes, umso schneller wird das Glas voll.

a) (Beispiel)

Schaltstufe (z.B. Volt)	Wassermenge (z.B. 1000 ml)	benötigte Zeit (Sekunden, s)	Schüttung (ml/s)
2	1000 ml	60	16,6
4		30	33,3
6		23	43,4
8		15	66,6

b)

Angaben	Wasser	elektrischer Strom
1. Größe	Volumen des Wassers	Ladungsmenge
Symbol	V	Q
Maßeinheit	Milliliter (ml)	Coulomb (C)
2. Größe	Zeit	Zeit
Symbol	t	t
Maßeinheit	Sekunde (s)	Sekunde (s)
3. Größe	Schüttung	Stromstärke
Symbol	-	I
Maßeinheit	ml/s	Ampere (A)
Formel	Schüttung = Volumen/Zeit Sch. = V/t	Stromstärke=Ladungsmenge pro Zeit, I=Q/t

V.3. Je höher geschaltet wird, umso höher steigt auch der austretende Wasserstrahl.

a) (Beispiel)

Schaltstufe	Spritzhöhe (cm) ≅ Wasserdruck	elektrische Größe im Stromkreis (Name, Symbol, Maßeinheit)
2	1	elektrische Spannung, U Volt (V)
4	2	
6	3	
8	4	

b) Schüttung und Wasserdruck.

c) Elektr. **Leistung** = **Spannung*Stromstärke**, **P = U*I**, 1 Watt = 1 Volt*1 Ampere, 1 W=1 VA

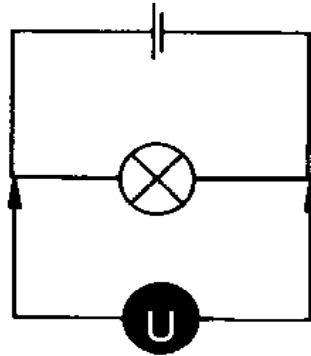
V.4. (Beispiel)

Größen	Offener Schlauch	1/2 zugeedrückt	3/4 zugeedrückt
Spritzhöhe (cm) (\cong Spannung)	2	4	8
Schüttung (ml/s) (\cong Stromstärke)	20	10	5

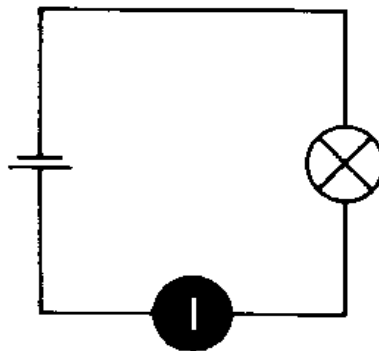
- a) Spannung und Stromstärke sind zueinander umgekehrt proportional; Ihr Produkt ergibt den elektrischen Widerstand.
- b) Ohm'sches Gesetz: Spannung = Widerstand * Stromstärke $U = R * I$
 Volt = Ohm * Ampere $V = \Omega * A$

A.5.

1. Links: Wasserzähler; rechts: Manometer (Druckmesser)
2. Wasserzähler
3. Manometer
4. Manometer \rightarrow Spannung; Wasserzähler \rightarrow Stromstärke (eigentlich Ladungsmenge)
5. a) Voltmeter: elektrische Spannung, z.B. 3,8 V

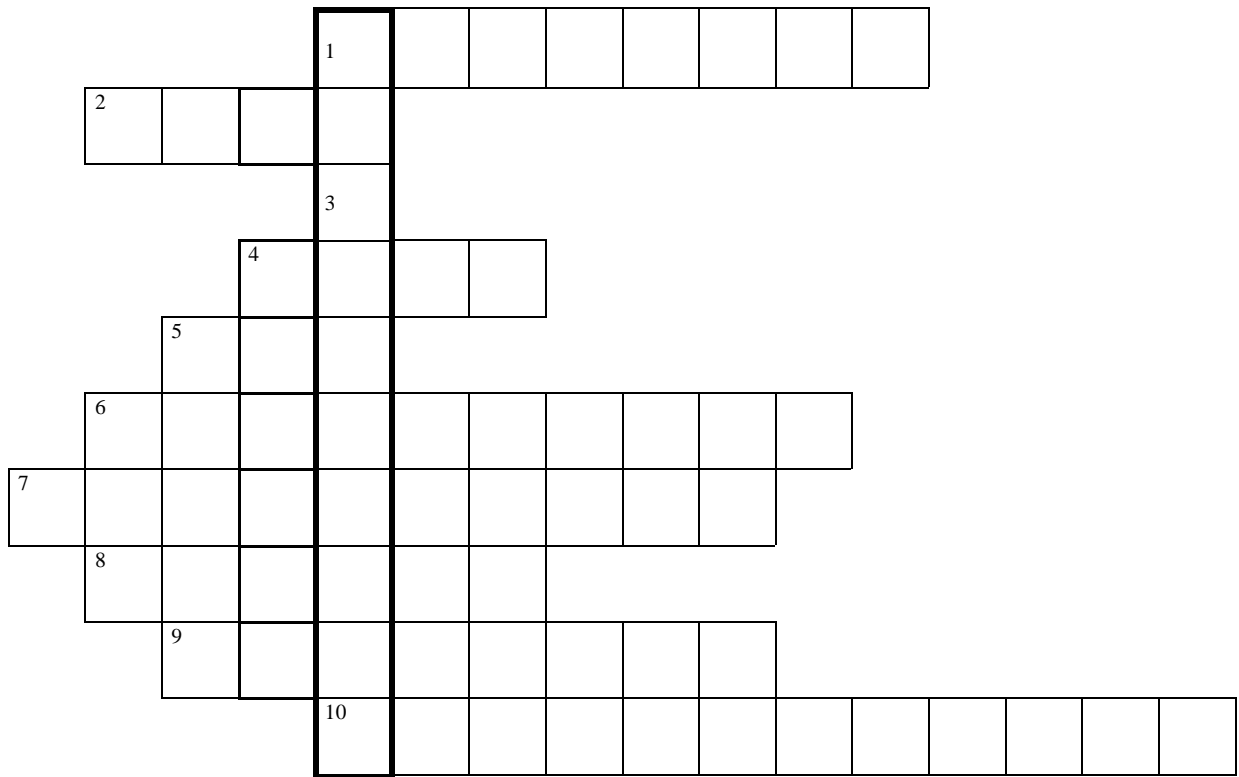


- b) Amperemeter: Stromstärke, z.B. 0,2 A



- c) $R = U/I$ $R = 3,8 \text{ V} / 0,2 \text{ A} = 19 \Omega$
- d) $P = U * I$ $P = 3,8 \text{ V} * 0,2 \text{ A} = 0,76 \text{ VA (Watt)}$

Kreuzworträtsel elektrischer Strom



Es bedeuten:

1 = „Druck“, welcher die Ladungen bewegt;

2 = Maß für die Leistung;

3 = Symbol für elektrischen Widerstand;

4 = Maß für Nr. 1;

5 = Maß für Nr.7;

6 = Ladungsträger;

7 = behindert den Stromfluss;

8 = Maß für Nr. 10;

9 = Das Produkt von $U \cdot I$;

10 = Größe die aussagt, wie viel Ladungen pro Zeiteinheit durch den Draht fließen.

Wie lautet das senkrechte Lösungswort? Hilfe: Viele Naturprozesse laufen auch nach dem Schema ab.



Lösung Kreuzworträtsel:

1 = Spannung; 2 = Watt; 3 = R; 4 = Volt; 5 = Ohm; 6 = Elektronen; 7 = Widerstand;
8 = Ampere; 9 = Leistung; 10 = Stromstärke; Lösungswort = Stromkreis