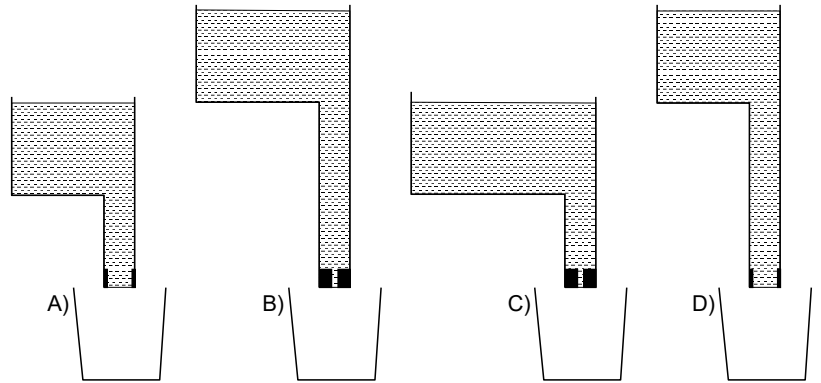




## Ohm'sches Gesetz

Das Verhalten von Spannung, Strom und Widerstand kann man sich anhand eines Pumpspeicherkraftwerkes oder auch eines Toilettenkastens vorstellen.

- 1) Wassermodell
  - a) Welcher der Eimer A bis D läuft am schnellsten voll?
  - b) Durch welche Düse (=Widerstand) fließt der größte (Flüssigkeits-) Strom?

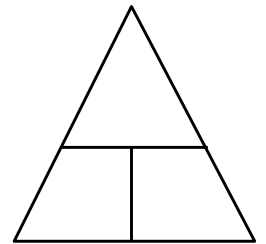


Schlussfolgerung: Je höher ..... und

je niedriger ..... ist,

desto höher ist ....., der fließt

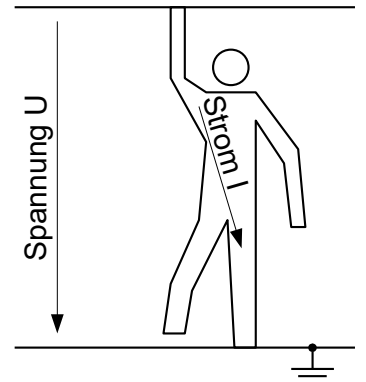
Mathematisch wird der Zusammenhang im Ohm'schen Gesetz ausgedrückt



- 2) In der Tabelle sind die Messwerte der Stromkreise a bis e angegeben. Berechnen Sie die fehlenden Werte.
- 3) Eine Halogen-Scheinwerferlampe hat einen Widerstand  $R = 2,6 \Omega$ . Welcher Strom  $I$  fließt bei der Nennspannung  $12 \text{ V}$ ?
- 4) In einer Glühkerze fließt bei der Nennspannung  $U = 0,9 \text{ V}$  ein Strom  $I = 45 \text{ A}$ . Wie groß ist der Widerstand  $R$  der Kerze?
- 5) Bei einer kalten Heckscheibenheizung wird ein Widerstand von  $1,8 \Omega$  gemessen. Wie groß ist die Stromstärke  $I$  bei  $U = 12 \text{ V}$ ?
- 6) Die Lampe einer Handleuchte hat einen Widerstand von  $12 \Omega$  und es fließen  $0,3 \text{ A}$ . Welche Spannung muss ihr Akku haben?

	Spannung	Stromstärke	Widerstand
a	24 V	A	$6 \Omega$
b	230 V	175 mA	$\Omega$
c	V	25 mA	$480 \Omega$
d	V	9,6 A	$1,25 \Omega$
e	24,2 V	2 mA	k $\Omega$

- 7) Ein Mensch hat mit trockener Haut einen Übergangs- und Körperwiderstand von insgesamt etwa  $4,6 \text{ k}\Omega$ , bei feuchter Haut etwa  $1,5 \text{ k}\Omega$ . Ab einem Strom von  $50 \text{ mA}$  besteht Lebensgefahr! Welcher Strom fließt durch den Körper
  - a) bei  $230 \text{ V}$  und trockener Haut?
  - b) bei  $230 \text{ V}$  und feuchter Haut?
  - c) bei  $24 \text{ V}$  ( $12 \text{ V}$ ) und feuchter Haut?
  - d) Begründen Sie, warum bei Gleichspannungen über  $60 \text{ V}$  Schutzmaßnahmen gegen Berühren erforderlich sind.
  - e) Begründen Sie, warum bei Wechselstrom oder in feuchter Umgebung oder in engen Räumen kleinere Grenzwerte gelten können.
- 8) Über einen korrodierten Kontakt fließen noch maximal  $0,5 \text{ A}$  Strom bei  $12 \text{ V}$  Spannung. Wie groß ist der Übergangswiderstand an der Fehlerstelle?



- 9) An einem Widerstand liegt eine Spannung von  $250 \text{ mV}$ . Im Widerstand fließt ein Strom von  $500 \mu\text{A}$ . Wie groß ist der Widerstand?
- 10) In einem Widerstand von  $0,3 \text{ M}\Omega$  fließt ein Strom von  $40 \mu\text{A}$ . An welcher Spannung liegt der Widerstand?
- 11) An einer Starterbatterie wird eine Leerlaufspannung (Ruhespannung)  $U_0 = 12,8 \text{ V}$  gemessen. Wie groß ist die Klemmenspannung  $U$  an einer Batterie beim Starten, wenn der Innenwiderstand der Batterie  $5 \text{ m}\Omega$  beträgt und ein Strom von  $250 \text{ A}$  fließt?
- 12) Bei einem Fahrzeug fließen beim Startvorgang  $200 \text{ Ampere}$ . An der Batterie wurde eine Leerlaufspannung von  $12,8 \text{ V}$  gemessen. Beim Startvorgang sinkt die Klemmenspannung der Batterie auf  $11,7 \text{ V}$ .
  - a) Berechnen Sie den Innenwiderstand der Batterie.
  - b) Nach Bosch darf der Innenwiderstand einer voll geladenen  $50\text{-Ah}$ -Stunden-Batterie zwischen  $5 \dots 10 \text{ m}\Omega$  liegen. Beurteilen Sie den Zustand der Batterie anhand des errechneten Widerstandes.
  - c) Wie a) und b) mit einer Klemmenspannung von  $9 \text{ V}$ ?



## Lösungsvorschläge

### 1) Wassermmodell

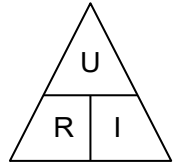
- a) Der Eimer D läuft am schnellsten voll, weil dort die Wassersäule (= Druck ≈ Spannung) hoch ist und der Strömungswiderstand in der Düse (≈ elektr. Widerstand) niedrig ist. Das Volumen des Wasserkastens (≈ Kapazität) spielt keine Rolle; es erklärt, wie viele Eimer gefüllt werden können, aber nicht wie schnell.

### b) wie a)

Schlussfolgerung: Je höher die Spannung und je niedriger der Widerstand ist, desto höher ist der Strom / die Stromstärke, der fließt

Mathematisch wird der Zusammenhang im Ohm'schen Gesetz ausgedrückt

$$U = R \cdot I$$



- c) nicht gefragt: Die größte Kapazität hat Speicher C, weil er das größte Volumen speichert; er kann am längsten einen bestimmten Flüssigkeitsstrom liefern, z.B. 20 Liter/Sekunde. Den höchsten Energieinhalt hat aber Speicher B, weil er zwar etwas weniger Volumen als C speichert, dafür mit wesentlich höherem Druck → Eine 80-Ah-Batterie mit 24 V kann doppelt so viel Energie speichern wie eine 80-Ah-Batterie mit 12 V.

### 2) siehe Tabelle

$$3) I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{2,6\Omega} = 4,62 A$$

$$4) R = \frac{U}{I} = \frac{0,9V}{45A} = 0,02 \Omega$$

$$5) I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{1,8\Omega} = 6,67 A$$

$$6) U = R \cdot I = 12\Omega \cdot 0,3A = 3,6V$$

7)

$$a) I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{4,6k\Omega} = 0,05 A = 50 mA$$

$$b) I = \frac{U}{R} = \frac{230V}{1,5k\Omega} = 0,153 A = 153 mA$$

$$c) I = \frac{U}{R} = \frac{24V}{1,5k\Omega} = 0,016 A = 16 mA$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{1,5k\Omega} = 0,008 A = 8 mA$$

	Spannung	Stromstärke	Widerstand
a	24 V	4 A	6 Ω
b	230 V	175 mA	1,31 Ω
c	12 V	25 mA	480 Ω
d	12 V	9,6 A	1,25 Ω
e	24,2 V	2 mA	12,1 kΩ

- d) Bei Kontakt mit Spannungen über 60 V können lebensgefährlich hohe Ströme durch den Körper fließen, deshalb müssen Maßnahmen getroffen werden, damit stromführende Leitungen nicht berührt werden können. Wer meint, dass es nicht so gefährlich sei, weil er auch schon einmal einen Stromschlag an der Steckdose überlebt habe, möge auch an ungünstige Umstände denken: Schon verschwitzte Hände senken den Übergangswiderstand erheblich; bei unglücklichem Kontakt kann der Strom durch Herz oder Hirn fließen; Strom kann zu Muskelverkrampfungen führen, sodass man sich nicht von der Kontaktstelle lösen kann; bei gesundheitlichen Schäden (Herzfehler) ist das Risiko wesentlich höher ..

Kfz-Mechatroniker müssen das Problem bei allen Hochvoltanlagen beachten!

### e) Wechselstrom im Körper wirkt gefährlicher als Gleichstrom.

Feuchtigkeit senkt den Übergangswiderstand, sodass bei gleicher Spannung höhere Ströme fließen können. In engen Räumen, z.B. im Kfz oder unter der Motorhaube, besteht das Risiko, dass der Strom kurze Wege fließen kann, z.B. von Brust zu Rücken oder durch den Kopf. Der kurze Weg senkt einerseits den Körperwiderstand, sodass höhere Ströme fließen können, andererseits kann der Strom durch das Herz fließen und es dauerhaft aus dem Takt bringen → Herzkammerflimmern, kann nur mit einem Defibrillator beendet werden. Der Defibrillator der Gewerbeschule Lörrach befindet sich in C....

$$8) R = \frac{U}{I} = \frac{12V}{0,5A} = 24 \Omega$$

$$9) R = \frac{U}{I} = \frac{250mV}{500\mu A} = 500 \Omega$$

$$10) U = R \cdot I = 0,3 M\Omega \cdot 40\mu A = 12 V$$

- 11) Es handelt sich um eine Reihenschaltung. Der Strom muss nicht nur durch den Verbraucher fließen, sondern auch durch den Innenwiderstand und erzeugt dort einen Spannungsabfall.

$$U_{KI} = U_0 - R \cdot I = 12,8V - 5 m\Omega \cdot 250 A = 12,8V - 1,25 V = 11,55 V$$

- 12) Anhand des Spannungsabfalls und der Stromstärke kann man den Innenwiderstand ermitteln:

$$a) R_i = \frac{U_0 - U_{KI}}{I} = \frac{12,8V - 11,7V}{200 A} = \frac{1,1V}{200 A} = 0,0055 \Omega = 5,5 m\Omega$$

- b) Der Innenwiderstand liegt im geforderten Bereich, die Batterie ist in Ordnung.

$$c) R_i = \frac{U_0 - U_{KI}}{I} = \frac{12,8V - 9V}{200 A} = \frac{3,8V}{200 A} = 0,019 \Omega = 19 m\Omega$$

Der Innenwiderstand dieser Batterie ist zu hoch.