11 PhG2 Abi 2015

Aufgaben zur elektrischen Feldstärke:

3 Welche Unterschiede bestehen zwischen elektrischen Feldern und Gravitationsfeldern?

4 Berechnen Sie die elektrische Feldstärke an einem Ort, an dem auf einen Körper mit der Ladung $Q = 26\ \text{nC}$ die Kraft $F = 37\ \mu\text{N}$ wirkt.

5 Berechnen Sie die Kraft, die ein Körper mit der Ladung $Q = 78\ \text{nC}$ in einem Feldpunkt mit der Feldstärke $E = 810\ \text{kN/C}$ erfährt.

6 Die Feldlinien eines Plattenkondensators verlaufen vertikal von unten nach oben. Ein in den Plattenraum eingebrachtes positiv geladenes Öltröpfchen, dessen Masse $m = 4{,}7 \cdot 10^{-10}\ \text{kg}$ ist, schwebt gerade. Messungen ergeben eine Feldstärke $E = 7{,}2\ \text{GN/C}$. Berechnen Sie die Ladung des Öltröpfchens.

7 Ein elektrisches Feld der Stärke 180 N/C sei senkrecht zur Erdoberfläche nach unten gerichtet. Vergleichen Sie die nach oben gerichtete elektrostatische Kraft auf ein Elektron ($q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \text{C}$, $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \text{kg}$) mit der nach unten gerichteten Gravitationskraft.
Wie stark müsste eine 3 g schwere Münze geladen sein, damit die durch dieses Feld bewirkte elektrostatische Kraft die Gravitationskraft ($g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$) ausgleicht?

*8 W...

- 3. E-Felder wirken auf/entstehen aus Ladungen, Grav.-F. auf Massen
- E-Felder lassen sich abschirmen, G-F. nicht
- E-Felder: Anziehung und Abstoßung, G-Felder: nur Anziehung
- E-Felder lassen sich "erzeugen"
- G-Felder wirken auf alle Elementarteilchen, E-Felder nur auf geladene

4. gg.: $F = 37\ \mu N$ $\quad Q = 26\ nC$

geb.: $E = \frac{F}{Q} = \frac{37 \cdot 10^{-6}\ N}{26 \cdot 10^{-9}\ C}$

$= 1{,}4 \cdot 10^{3}\ N/C$

5. $F = E \cdot Q = 63\ mN$

6. $F_G = F_el \Leftrightarrow mg = q \cdot E$

$\Leftrightarrow q = \frac{m \cdot g}{E} = \frac{4{,}7 \cdot 10^{-10}\ kg \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2}}{7{,}2 \cdot 10^{9}\ N}$

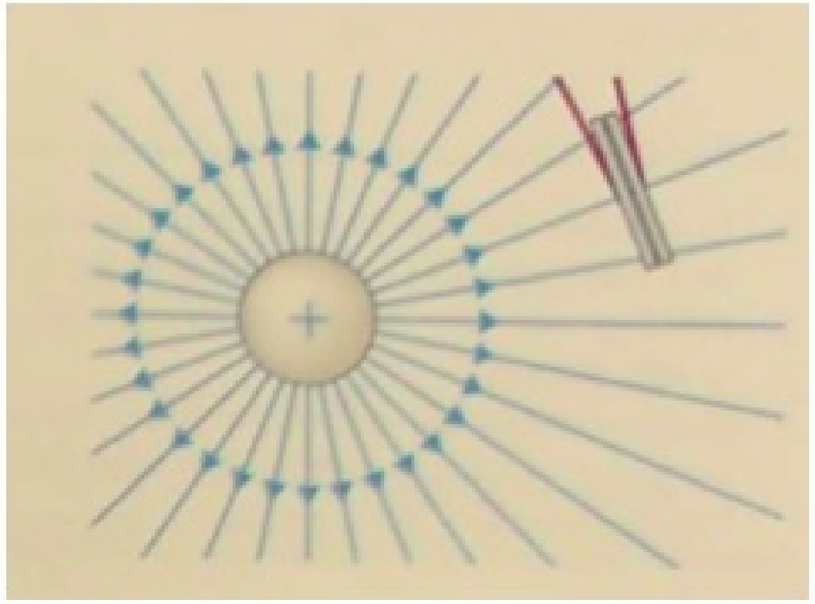
$= 6.4 \cdot 10^{-19}\ C = 4e$

7. - $\frac{m \cdot g}{q \cdot E} = \frac{1}{3{,}2 \cdot 10^{12}}$

- $m \cdot g = q \cdot E \Leftrightarrow q = \frac{m \cdot g}{E} = 1{,}6 \cdot 10^{-4}\ C$

($e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$ = Ladung eines Elektrons
= " " Protons)

·Feldstärke und felderzeugende Ladung: Flächenladungsdichte



Zwei "Löffel" werden zusammengehalten und in einem elektrischen Feld getrennt. Dabei werden Ladungen durch Influenz getrennt, die man einzeln mit einem ladungsempfindlichen Messverstärker messen kann.
Führt man dieses Exp. bei verschiedenen Feldstärken E und mit unterschiedlichen Plattengrößen A durch, erhält man folgende Proportionalität:

$$\frac{Q}{A} \sim E$$

Den Proportionalitätsfaktor nennt man elektrische Feldkonstante und Wert ist:
$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ As/Vm .

Nun hat man ein praktikables Verfahren zur Messung von Feldstärken.
Das Verfahren funktioniert auch in inhomogenen Feldern, wenn die verwendeten Platten nicht zu groß sind.

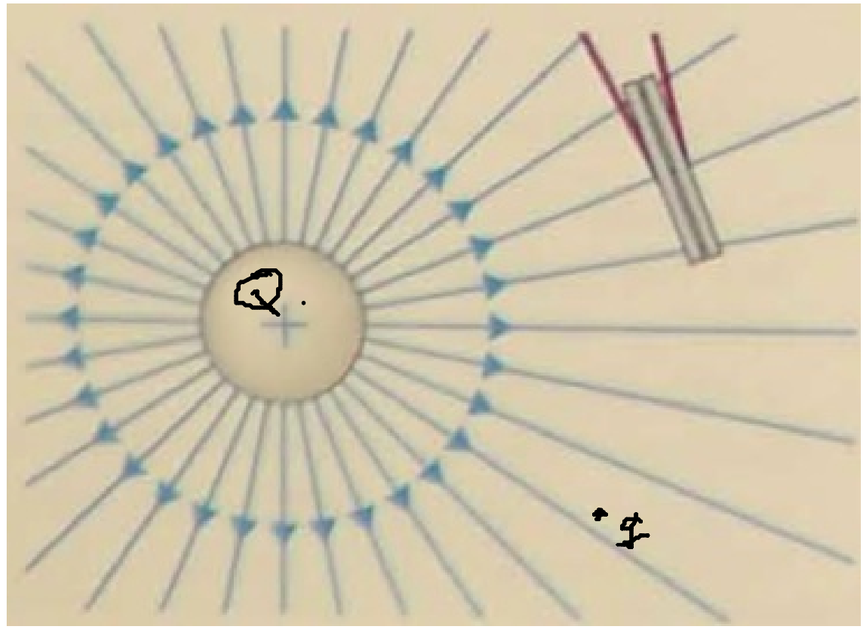
$$\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \cdot E$$

Legt man eine Kugelschale um die felderzeugende Ladung, sodass die Probeladung auf der Kugelfläche liegt, erhält man

$$\frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi r^2} = \varepsilon_0 E$$

$$\Rightarrow \quad E = \frac{Q}{4\pi \varepsilon_0 r^2}$$

$$\Rightarrow \quad F = q \cdot E = \frac{q \cdot Q}{4\pi \varepsilon_0 r^2}$$



„Coulombsches Gesetz"

Kraft zwischen zwei Punktladungen:

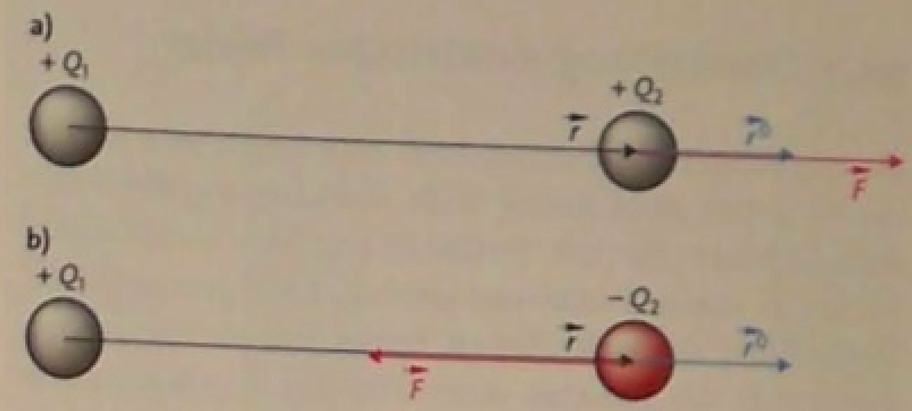
Das Coulombsche Gesetz

Coulomb'sche Gesetz: Die Kraft des radialsymmetrischen Feldes einer Punktladung Q_1 auf eine zweite Punktladung Q_2 ist dem Produkt der Ladungen direkt und dem Quadrat ihres Abstandes umgekehrt proportional:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{As}{Vm}$$

$$\left(\frac{As}{Vm} = \frac{C \cdot C}{Nm^2}\right)$$



195.1 Kraft auf eine **a)** positive, **b)** negative Ladung Q_2 im Feld einer positiven Ladung Q_1

1a)

$$F = \frac{(35 \cdot 10^{-6}\,C)^2}{4\pi \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{C^2}{Nm^2} \cdot (0{,}12\,m)^2}$$

$$= 765\ N$$

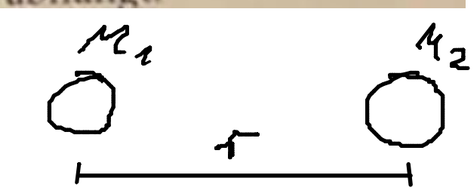
Einheiten: $\frac{\cancel{C^2}\ N\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}\ \cancel{m^2}} = N$

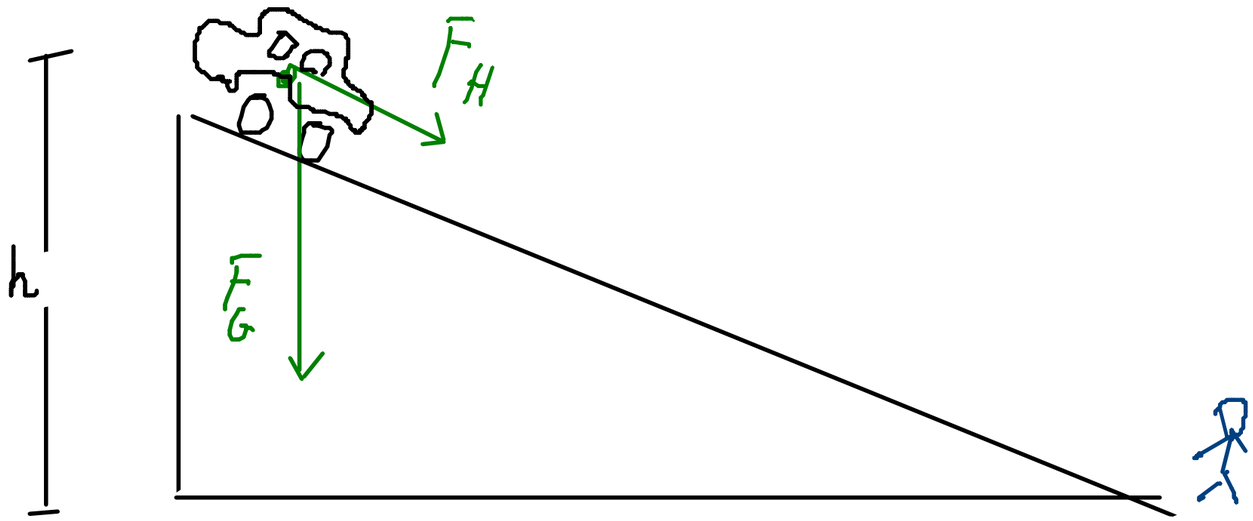
Aufgaben

1. Berechnen Sie die Kraft, mit der ein geladener Körper im Feld eines gleich geladenen Körpers mit der Ladung **a)** $Q = 35\ \mu C$ im Abstand $r = 12$ cm, **b)** $Q = 1$ C im Abstand $r = 1$ m abgestoßen wird.
2. Der Abstand zwischen Proton und Elektron im H-Atom ist $d = 10^{-10}$ m. Das Proton trägt die Ladung $Q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, das Elektron eine gleich große, aber negative Ladung.
   a) Berechnen Sie die anziehende Coulomb-Kraft, die das Elektron im elektrischen Feld des Protons erfährt.
   b) Berechnen Sie die anziehende Gravitationskraft, die das Elektron im Gravitationsfeld des Protons erfährt ($m_p = 1{,}7 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg).
   c) Bestimmen Sie das Verhältnis der elektrostatischen Anziehungskraft zur Gravitationskraft. Erläutern Sie, ob das Verhältnis vom Abstand der Teilchen abhängt.

$$F_G = \gamma \frac{M_1 M_2}{r^2}$$

$$\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}$$





$(m = 1000\,kg)$

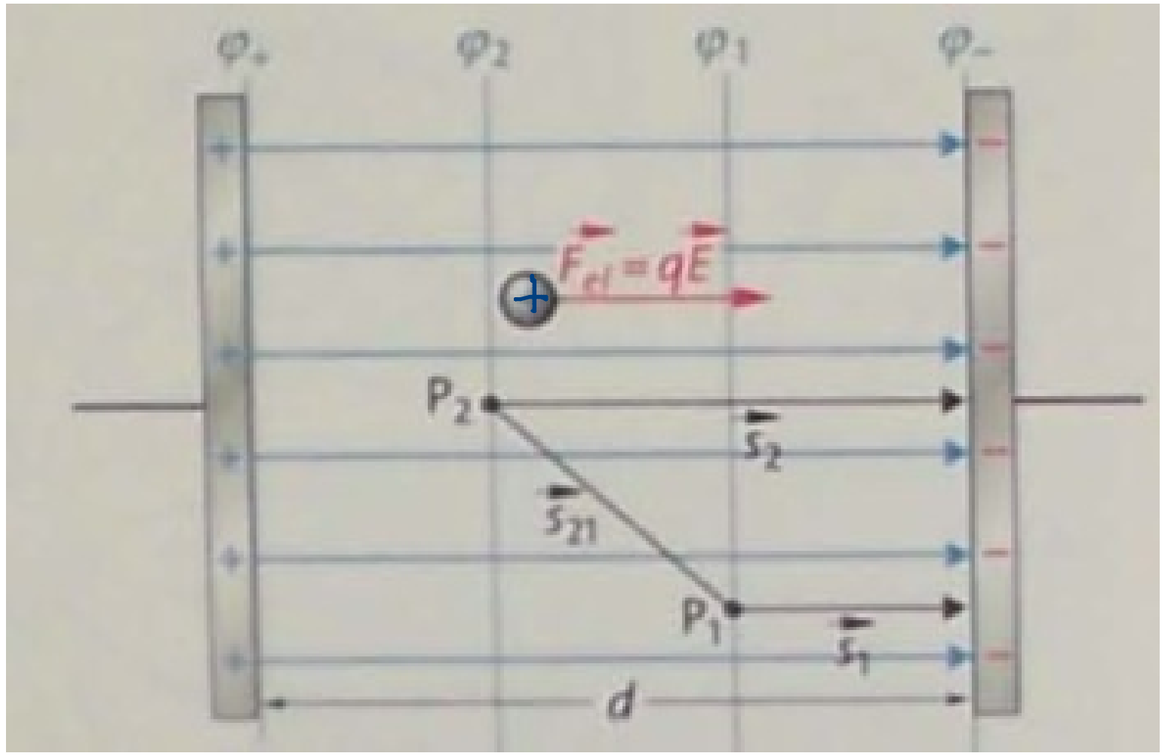
E_{Lage} (oben)

$= E_{kin}$ (unten) $\Leftrightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$

$\Leftrightarrow v = \sqrt{2gh}$

$v = ?$

Energie im elektrischen Feld



Welche Energie nimmt die Probeladung auf?
(= Welche kinetische Energie erhält die Probeladung durch die Beschl. im elektr. Feld?)

Arbeit: $W = F_s \cdot s$ (F_s = Kraft in Richtg. des Weges) (vektoriell: $\vec{F} \cdot \vec{s}$ Skalarprodukt)

hier: $W = q \cdot E \cdot s$

Daraus lässt sich z.B. v bestimmen:

$$q \cdot E \cdot s = \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2qEs}{m}}$$

Der Quotient W/q =Es hängt nur von der Feldstärke E und dem Weg s im Feld, jedoch nicht mehr von der Ladung q des Körpers ab.
Daher definiert man das Potential des Punktes P_i gegenüber der negativen Platte:

$$\varphi_i = \frac{W_i}{q} = E \cdot s$$

(φ = Phi) (So einfach nur im homogenen Feld!)

Das Potential, das an einem Punkt herrscht (und das im homogenen Feld einfach mit E s berechenbar ist), liefert sofort die Energie einer Ladung, die man an diesem Punkt "aussetzen" würde (= die Arbeit, die es verrichten kann).

Die **Potentialdifferenz** $\Delta W/q = \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = U_{12}$ heißt **elektrische Spannung** eines Punktes mit dem Potential φ_2 gegenüber einem Punkt mit dem Potential φ_1.

Die Einheit der elektrischen Spannung stimmt mit der Einheit des Potentials überein und wird zu Ehren des italienischen Physikers Alessandro VOLTA (1745–1827) Volt genannt: $[U] = [\Delta\varphi] = [\Delta W]/[q] = 1\ \mathrm{Nm/(As)} = 1\ \mathrm{V}$.

Damit lässt sich die Energie einer Ladung einfach berechnen:

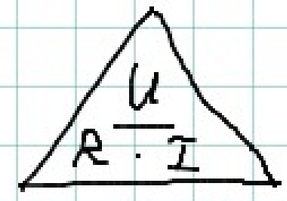
$$W = q \cdot \Delta\varphi = \underline{\underline{q \cdot U}}$$

$$[U] = [\Delta\varphi] = 1\ \mathrm{V} \quad (\mathrm{Volt})$$

Schülerexperimente mit und an Schülern: Die Stromkette

Zusammenhang zwischen I, U und R

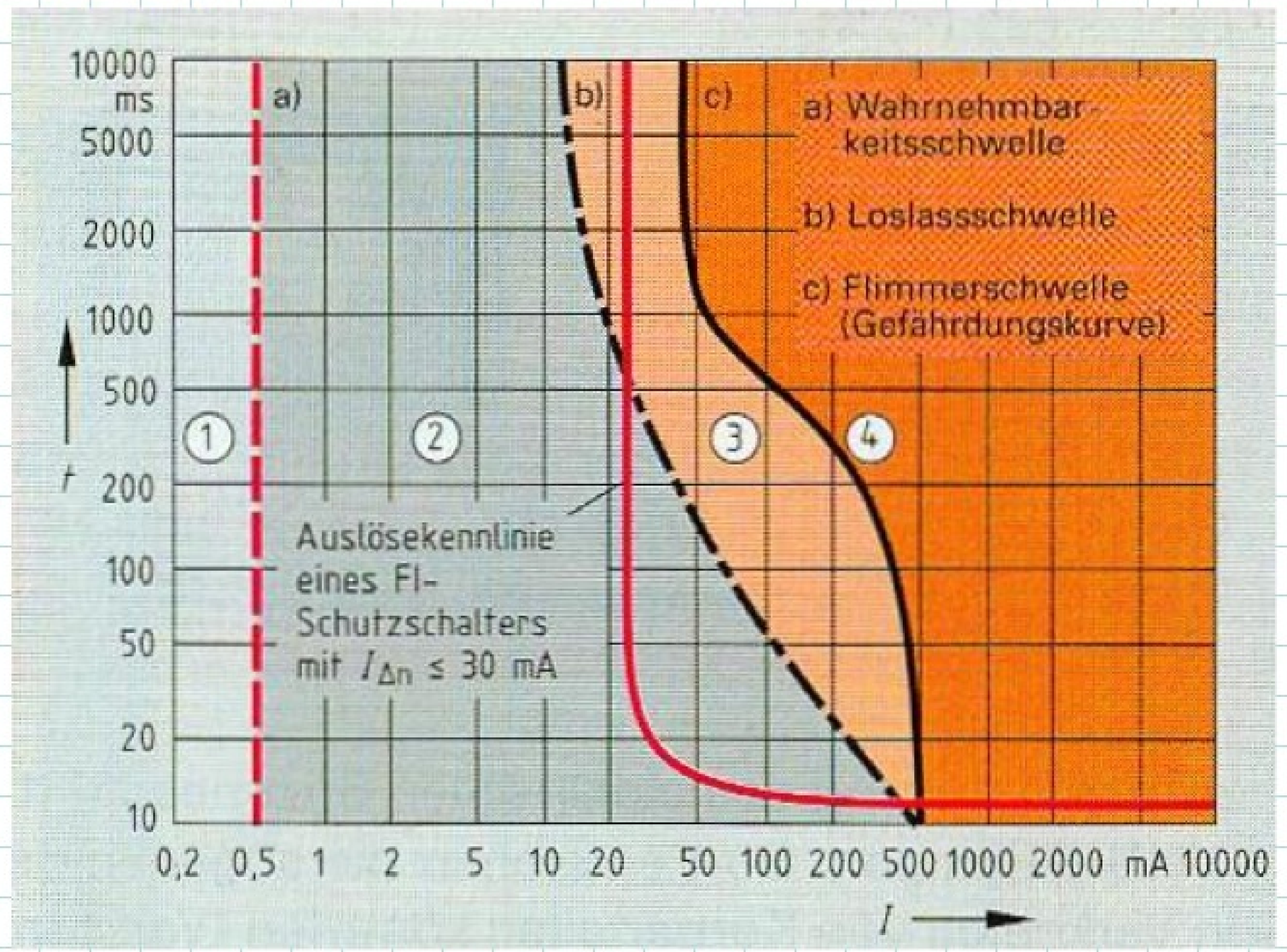
Wah. :



$U = R \cdot I \Leftrightarrow R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$

Wann ist elektrischer Strom gefährlich?
Welche Spannung?

Die Spannung ist nur indirekt von Bedeutung:
Entscheidend ist die Stromstärke! (Die Zeit spielt auch noch eine Rolle.)



Die Stromkette: Untersuchung der Zusammenhänge zwischen U, R und I am Menschen

$I_{SW} \approx 0{,}5$ mA	(unterhalb merkt man nichts)
$I_{LL} \approx 10$ mA	(Muskeln verkrampfen, man kann nicht mehr loslassen)
$I_{FI} \approx 25$ mA	(der FI-Schutzschalter schaltet den Strom ab)
$I_{☠} \approx 50$ mA	

im Experiment $I \leq 10$ mA