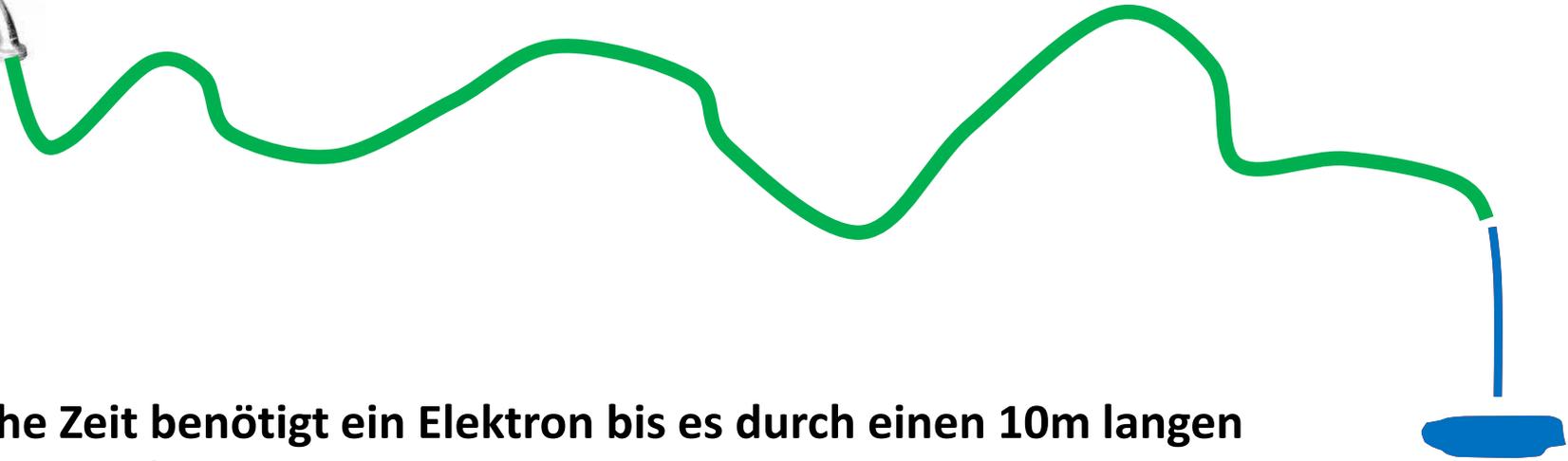


# Elektronengeschwindigkeit

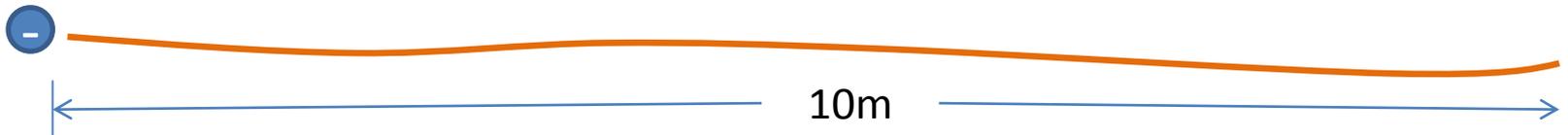
Wie schnell bewegen sich Elektronen  
im Draht?

# Frage

Wenn man an einem in der Sonne gelegenen und damit warmen 10m langen Gartenschlauch den Wasserhahn aufdreht, so braucht es etwa 15s bis am Ende das kalte Wasser herauskommt.

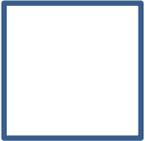


**Welche Zeit benötigt ein Elektron bis es durch einen 10m langen Draht (1mm<sup>2</sup>) bei 1A Strom geflossen ist?**

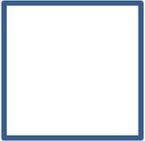


Zeit?

# Antworten



Mit ca. Lichtgeschwindigkeit 300.000 km/s, also **33ns**



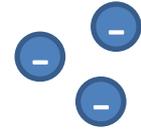
ca. **15s**, wie beim Wasserschlauch



**37,7 Stunden**

# Herleitung

- Elektrischer Strom = bewegte Ladung
- Ladungsträger = Elektronen
- Geschwindigkeit =  $f$  (Leiterwerkstoff, Querschnitt, Stromstärke, Temperatur)



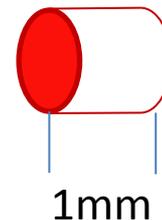
Berechnung:

Der Kupferdraht hat einen Querschnitt von  $1 \text{ mm}^2$  und ist  $10 \text{ m}$  lang. Es fließt ein Strom von  $1 \text{ A}$ . Der Temperatureinfluss wird vernachlässigt. Wie lange benötigt ein einzelnes Elektron für diese Strecke?

# Ansatz

- Je Kupferatom 1 freies Elektron
- 1 Mol enthält  $6,023 \cdot 10^{23}$  Atome (Avogadro-Konstante )
- Molmasse Kupfer = 64 g/Mol
- 1 Mol Kupfer (64 g) =  $6,023 \cdot 10^{23}$  (freie)Elektronen
- Dichte Kupfer =  $8,9 \text{ g/cm}^3 = 8,9 \text{ mg/ mm}^3$
- $1 \text{ mm}^3$  Kupfer entspricht damit 8,9mg
- 8,9mg Kupfer enthalten  $8,9\text{mg}/64\text{g} \times 6,023 \cdot 10^{23} = \mathbf{8,376 \cdot 10^{19}}$  Elektronen
- 1 Elektron =  $\mathbf{1,602 \cdot 10^{-19}}$  As (Coulomb) Elementarladung
- $1 \text{ mm}^3$  Kupfer besitzt  $\mathbf{8,376 \cdot 10^{19}} \times \mathbf{1,602 \cdot 10^{-19}}$  As = **13,57 As** Ladung in Form freier Elektronen

Fläche =  $1\text{mm}^2$



- Strom = transportierte Ladungen pro Zeiteinheit (As/s)
- werden **13,57 As** in einer Sekunde um 1 mm transportiert, so fließen  $13,57 \text{ As}/1\text{s} = 13,57\text{A}$
- Fließt nur 1 A, so wird nur  $1/13,57$  soviel Elektronen nachgespeist, wie in dem  $1\text{mm}^3$  enthalten sind. Damit benötigen die in dem  $1\text{mm}^3$  befindlichen Ladungsträger jetzt 13,57 s für die 1mm lange Strecke.
- **Für 10m benötigen diese Elektronen  $10.000 \text{ mm} * 13,57 \text{ s/mm} = 135.700 \text{ s} = 2.262 \text{ Min} = 37,7 \text{ Stunden!}$**
- Aber: wenn ein Elektron vorne in den Draht eintritt, so tritt ein anderes nach 33ns hinten wieder heraus. D.h., der **Energietransport** erfolgt mit fast Lichtgeschwindigkeit! (siehe auch Beispiel Zsunami-Welle)

