



Elektrotechnische Grundlagen der Informatik

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Ralf Wegener

Lehrstuhl für Elektrische Maschinen und Antriebe



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau
Das Coulomb Gesetz
Das elektrische Feld
Arbeit im elektrischen Feld
Das elektrische Potential
Die elektrische Stromstärke
Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Die Studierenden können

- die grundlegenden elektrischen Größen erklären.
- einfache Aufgabenstellungen zu den Grundgrößen selbständig lösen.
- die Grundgrößen in komplizierteren Aufgabenstellungen identifizieren und bewerten.

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

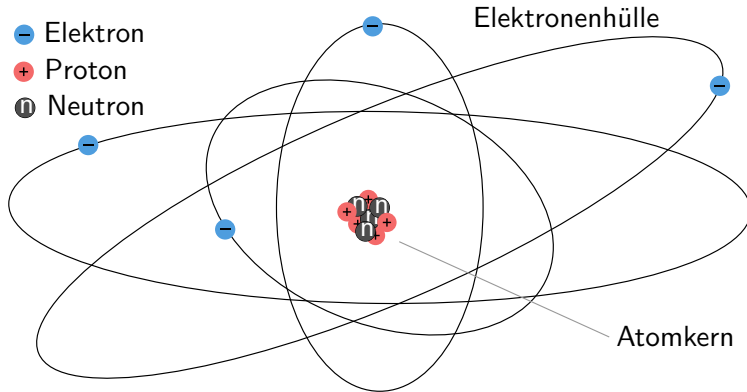
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Elementarladung $e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Ladung $Q = N \cdot e$

Einheit: $[Q] = 1 \text{ Coulomb} = 1 \text{ C} = 1 \text{ As}$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz
Das elektrische Feld
Arbeit im elektrischen Feld
Das elektrische Potential
Die elektrische Stromstärke
Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

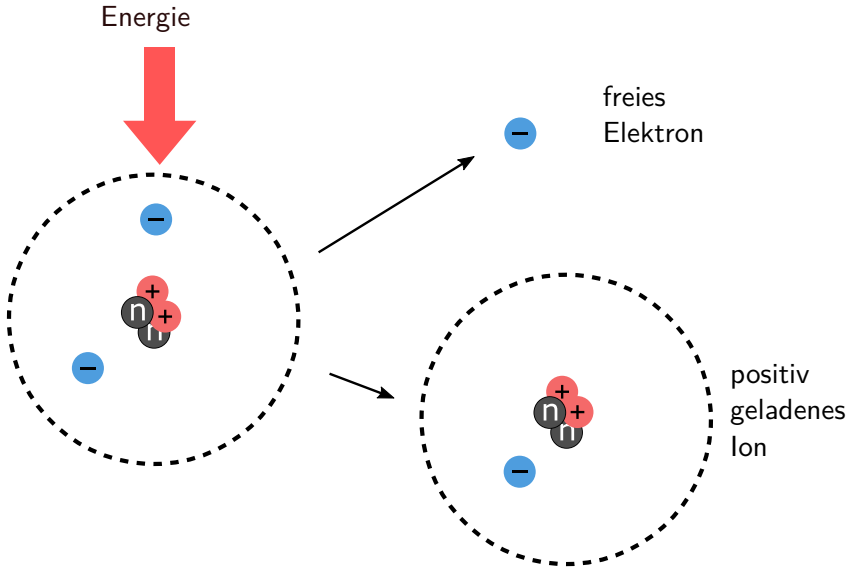
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

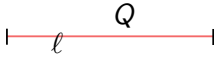
Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

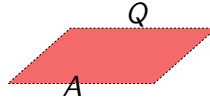
Linienladung



$$\lambda = \lim_{\ell \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta \ell} = \frac{dQ}{d\ell}$$

$$Q = \int_{\ell} \lambda d\ell$$

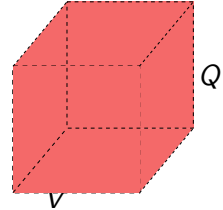
Flächenladung



$$\sigma = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta A} = \frac{dQ}{dA}$$

$$Q = \iint_A \sigma dA$$

Raumladung



$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{dQ}{dV}$$

$$Q = \iiint_V \rho dV$$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

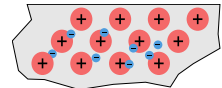
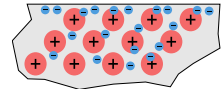
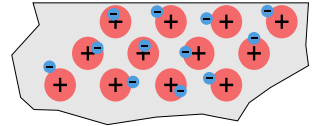
Maschinen

Atomanordnung in **Gitterstruktur**,
äußere Elektronen nahezu frei beweglich
→ verleiht elektrisch leitende Eigenschaften

Summe Elektronen $\hat{=}$ Summe Protonen
→ elektrisch neutral

Hinzuführen von Elektronen
→ negativ geladen

Entziehen von Elektronen
→ positiv geladen



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

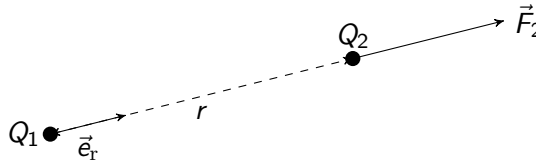
Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Ladungen üben Kräfte aufeinander aus.



$$\vec{F} = \vec{e}_r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \epsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

Die gleiche Kraft wirkt auf Q_1 in die entgegengesetzte Richtung.

Gleich geladene Teilchen stoßen sich ab, ungleiche ziehen sich an.

ϵ_0 in qalculate: ElectricConstant

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

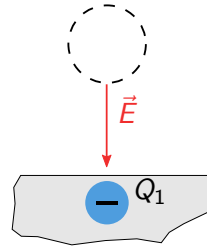
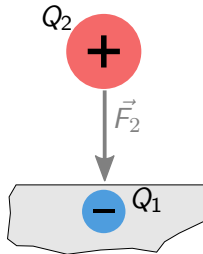
Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Das elektrische Feld beschreibt die Stärke $\vec{F}_E$ und Richtung der Kraft auf eine Ladung Q_2 .



$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_2}{Q_2}$$

$$[\vec{E}] = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1 \frac{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}}{\text{A} \cdot \text{s}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$\begin{aligned} \vec{E}_1 &= \frac{\vec{F}_2}{Q_2} = \vec{e}_r \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot \frac{1}{Q_2} \\ &= \vec{e}_r \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1}{r^2} \end{aligned}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Das elektrische Feld

- beschreibt die Stärke $\vec{F}_E$ und Richtung der Kraft auf eine Probeladung Q_2 .
- ist die Überlagerung der Kraftwirkung aller Ladungen Q_n im Raum.
- nimmt quadratisch zum Abstand r zur Ladung ab.

$$\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_2}{Q_2} = \vec{e}_r \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1}{r^2}$$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

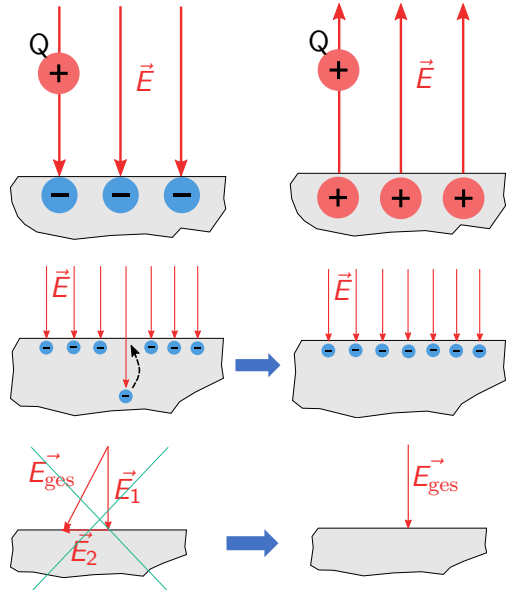
Halbleiter

Maschinen

E-Feldlinien auf metallischen Leiter

Innerhalb des Leiter ist
kein E-Feld möglich.

Auch horizontal ist kein
Feld möglich.
Feldlinien immer
senkrecht auf Leiter.



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

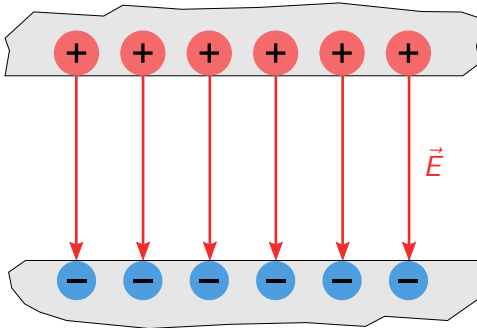
magn. Größen

Wechselstrom

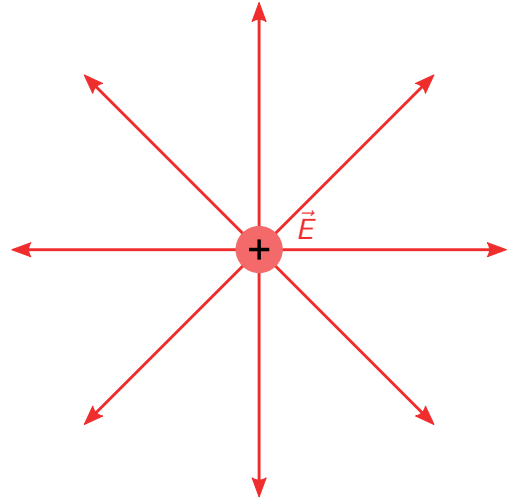
Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Homogenfeld



Radialfeld

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

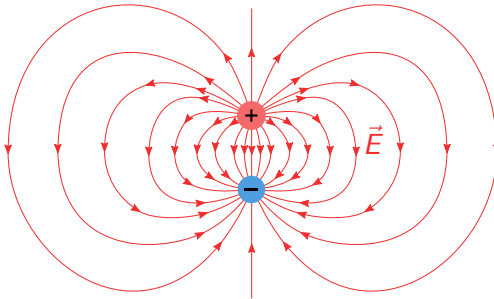
magn. Größen

Wechselstrom

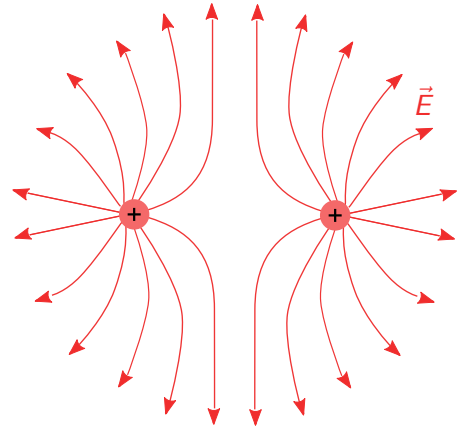
Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Entgegengesetzte Punktladungen



Gleiche Punktladungen

Arbeit im elektrischen Feld

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

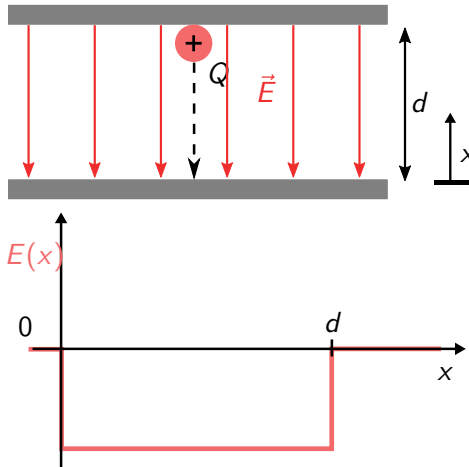
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



$$W = \int_d^0 -\vec{F} d\vec{x}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

$$W = \int_d^0 -\vec{F} \, d\vec{x}$$

$$W = -Q \int_d^0 \vec{E} \cdot d\vec{x}$$

Lösen des Integrals und Einsetzen der Integrationsgrenzen ergibt:

$$W = -Q \cdot E \cdot x \Big|_d^0 = -Q \cdot E(0 - d)$$

$$W = Q \cdot E \cdot d$$

$$\Delta W = Q \cdot E \cdot \Delta x$$

Beispiel: Arbeit im homogenen Feld

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

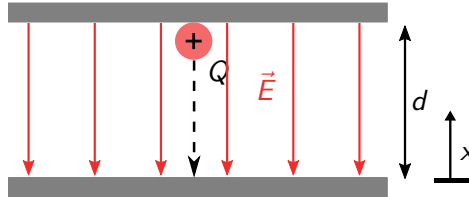
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Für die in der Abbildung dargestellte Probeladung soll errechnet werden, wie viel Energie auf ihrem Weg vom Startpunkt zur negativen Platte freigesetzt wird.

Die Probeladung betrage $Q = 1 \mu\text{C}$, der Abstand zur Platte betrage $0,1 \text{ m}$ und das elektrische Feld sei $E = 200 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.

Die Arbeit W berechnet sich dann zu

$$W = Q \cdot E \cdot d = 1 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 200 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,1 \text{ m} = 20 \mu\text{Ws} = 20 \mu\text{J}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

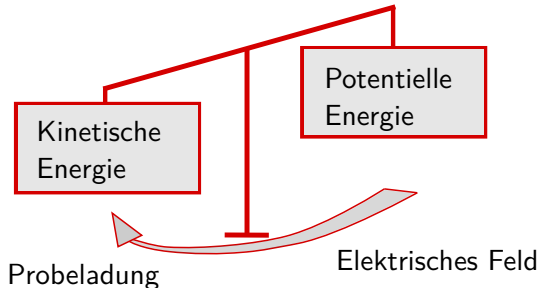
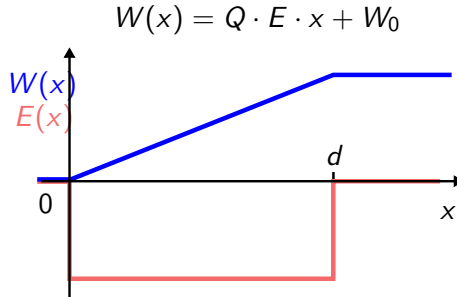
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

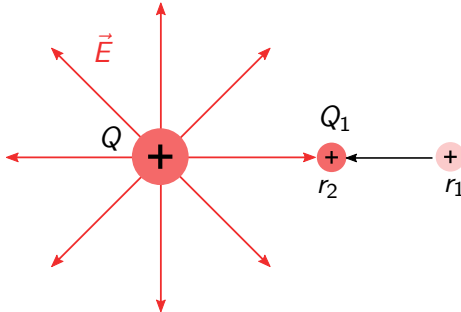
Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Die Probeladung $Q_1 = 1 \text{ mC}$ soll vom Abstand $r_1 = 1 \text{ m}$ auf den Abstand $r_2 = 50 \text{ cm}$ an die feste Ladung $Q = 1 \text{ C}$ herangeführt werden.



$$W_{12} = Q_1 \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$W_{12} = Q_1 \int_{r_1}^{r_2} \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) dr$$

$$W_{12} = Q_1 \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{r^2} dr$$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Die Stammfunktion von $\frac{1}{r^2}$ beträgt $-\frac{1}{r}$.

$$W_{12} = Q_1 \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(-\frac{1}{r} \Big|_{r_1}^{r_2} \right) = Q_1 \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right)$$

Einsetzen der gegebenen Werte:

$$W_{12} = (1 \cdot 10^{-3} \text{ C}) \cdot \frac{1 \text{ C}}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{1 \text{ m}} - \frac{1}{0,5 \text{ m}} \right)$$

$$W_{12} = -8,99 \text{ MWs}$$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

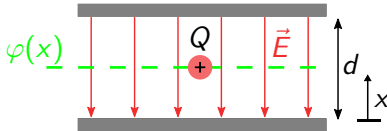
Maschinen

Normierung der potentiellen Energie:

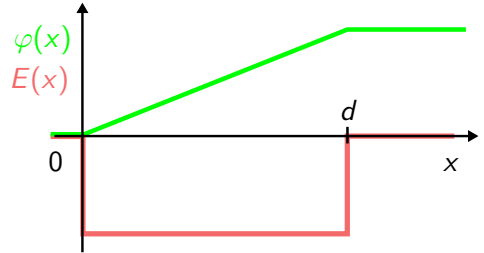
$$\text{Potential } \varphi = \frac{W}{Q}$$

$$[\varphi] = \text{Volt} = \text{V}$$

Im elektrischen Homogenfeld:



$$\varphi(x) = E \cdot x + \varphi_0$$



$$E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$$

Bezugspunkt notwendig:

$$\varphi_0 = \varphi(x = 0) = 0$$

Grundlagen

elektr. Größen

- Der Atomaufbau
- Das Coulomb Gesetz
- Das elektrische Feld
- Arbeit im elektrischen Feld
- Das elektrische Potential**
- Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

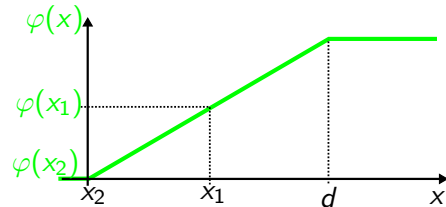
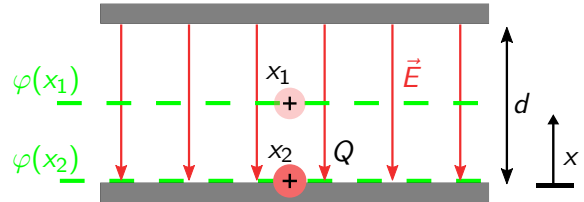
Potential nur abhängig von Ortskoordinate x in Feldrichtung.

Flächen gleichen Potentials: → **Äquipotentialflächen**

$$W_{12} = Q \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Mit Bezugspotential $\varphi_2 = 0$:

$$W_{12} = Q \cdot (\varphi_1 - 0) = Q \cdot \varphi_1$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

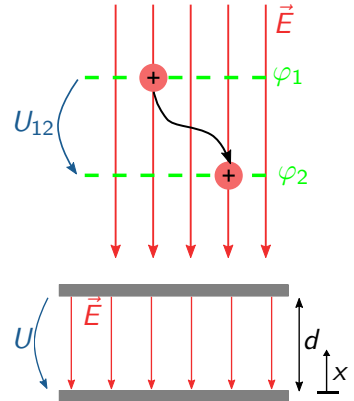
Potentialdifferenz bestimmt nutzbare Energie

→ **Spannung** U :

$$U_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$[U] = \text{Volt} = \text{V}$$

Indexreihenfolge: Start- und Zielpunkt



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Im Homogenfeld:

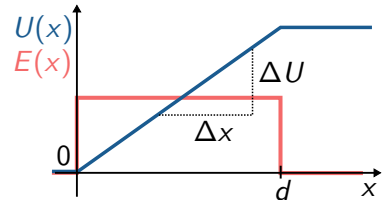
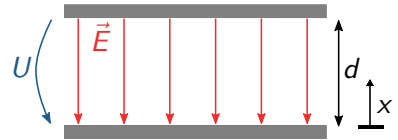
$$\varphi(x) = E \cdot x$$

$$U = \varphi(x = d) - \varphi(x = 0)$$

$$U = E \cdot d - E \cdot 0$$

$$U = E \cdot d$$

$$E = \frac{U}{d}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

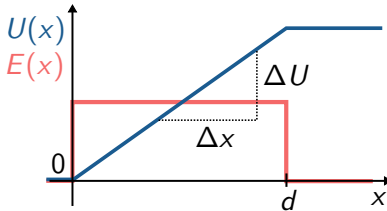
Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

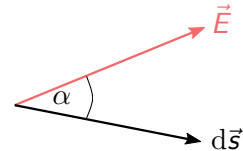
Spannung $\hat{=}$ aufintegrierter Feldstärke:



Allgemeines Feld:

$$U_{12} = \int_{x_1}^{x_2} \vec{E} \, d\vec{s}$$

Wiederholung Skalarprodukt:



$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = E \, ds \cdot \cos(\alpha)$$

Grundlagen

elektr. Größen

- Der Atomaufbau
- Das Coulomb Gesetz
- Das elektrische Feld
- Arbeit im elektrischen Feld
- Das elektrische Potential
- Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

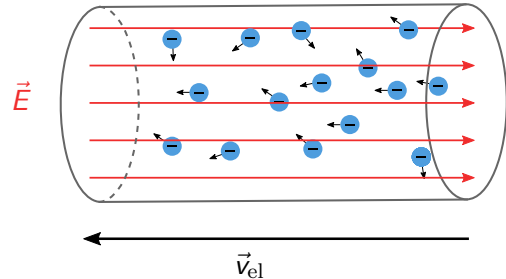
Halbleiter

Maschinen

Strömungsfeld: **gerichtete** Bewegung
von Teilchen

Stationäres Strömungsfeld: **zeitlich
konstanter** Teilchenstrom

Stationäres elektrisches Strömungsfeld:
strömende Teilchen **elektrische
Ladungsträger**



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau
Das Coulomb Gesetz
Das elektrische Feld
Arbeit im elektrischen Feld
Das elektrische Potential
Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Elektrischer Strom: gerichtete Driftbewegung von Ladungsträgern

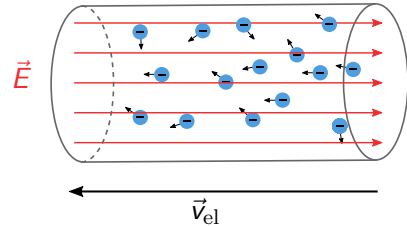
Feldstärkeabhängige Driftgeschwindigkeit $\vec{v}_{el}$:

$$\vec{v}_{el} = -b_{el} \cdot \vec{E}$$

mit:

$\vec{v}_{el}$ = Driftgeschwindigkeit der Elektronen in m/s

b_{el} = Elektronenbeweglichkeit in m^2/Vs



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau
Das Coulomb Gesetz
Das elektrische Feld
Arbeit im elektrischen Feld
Das elektrische Potential
Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Ladungsträgertransport innerhalb eines Leiters:

$$\Delta Q = e \cdot N_{\text{el}} = e \cdot n_{\text{el}} \cdot V_1$$

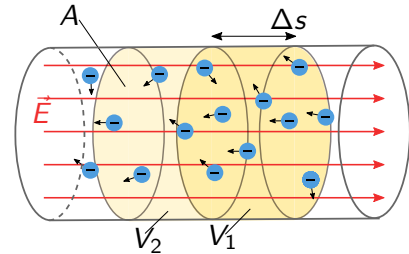
$$V_1 = \Delta s \cdot A, \quad \Delta s = v_{\text{el}} \cdot \Delta t, \quad v_{\text{el}} = b_{\text{el}} \cdot E$$

$$\Delta Q = e \cdot n_{\text{el}} \cdot b_{\text{el}} \cdot E \cdot \Delta t \cdot A$$

mit:

N_{el} = Anzahl Ladungsträger in betrachtetem Volumen

n_{el} = Ladungsträgerdichte in $1/m^3$



Grundlagen

elektr. Größen

- Der Atomaufbau
- Das Coulomb Gesetz
- Das elektrische Feld
- Arbeit im elektrischen Feld
- Das elektrische Potential
- Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

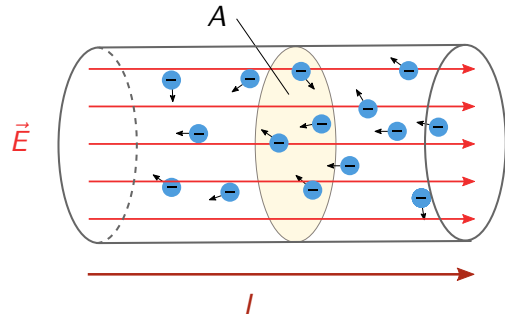
Maschinen

Stromstärke I :
Ladungsmenge ΔQ in Δt durch Leiter

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$[I] = \text{Ampere} = \text{A}$$

$$I = e \cdot n_{\text{el}} \cdot b_{\text{el}} \cdot E \cdot A$$



Grundlagen

elektr. Größen

- Der Atomaufbau
- Das Coulomb Gesetz
- Das elektrische Feld
- Arbeit im elektrischen Feld
- Das elektrische Potential
- Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

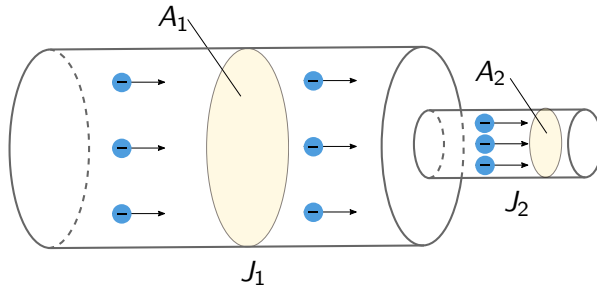
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



$$J = \frac{dI}{dA} \quad (\text{allgemein})$$

$$J = \frac{I}{A} \quad (\text{bei gleichmäßiger Verteilung})$$

$$[J] = \frac{A}{\text{mm}^2}$$

Hier gilt: $J_1 \cdot A_1 = J_2 \cdot A_2 = I$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Durch eine Kupferleitung mit dem Querschnitt $A = 1\text{mm}^2$ fließt ein Strom von $I = 8\text{A}$. Ein mm^3 enthält etwa $8,5 \cdot 10^{19}$ Atome. Jeweils 1 Elektron pro Atom sei am Ladungstransport beteiligt. Mit welcher Driftgeschwindigkeit bewegen sich die Elektronen im Mittel durch die Leitung?

$$\vec{v}_{\text{el}} = -b_{\text{el}} \cdot \vec{E}$$

$$I = e \cdot n_{\text{el}} \cdot b_{\text{el}} \cdot E \cdot A \rightarrow E = \frac{I}{e \cdot n_{\text{el}} \cdot b_{\text{el}} \cdot A}$$

$$v_{\text{el}} = \cancel{b_{\text{el}}} \cdot \frac{I}{e \cdot n_{\text{el}} \cdot \cancel{b_{\text{el}}} \cdot A}$$

$$v_{\text{el}} = \frac{8\text{ A}}{1,602 \cdot 10^{-19}\text{ As} \cdot 8,5 \cdot 10^{19}\text{ mm}^{-3} \cdot 1\text{ mm}^2}$$

$$v_{\text{el}} = 0,59 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Grundlagen

elektr. Größen

- Der Atomaufbau
- Das Coulomb Gesetz
- Das elektrische Feld
- Arbeit im elektrischen Feld
- Das elektrische Potential
- Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

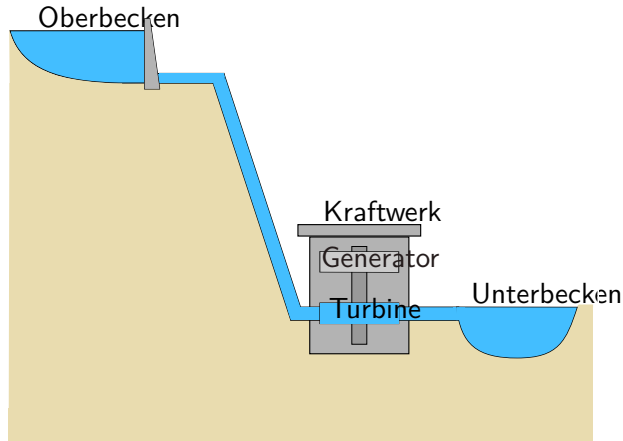
magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen



Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Sie lässt sich nicht erzeugen oder verbrauchen und kommt in verschiedenen Formen vor.



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Mechanische Arbeit:

$$W = F \cdot s$$

Allgemein:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

$$W = -Q \int_d^0 \vec{E} \cdot d\vec{x}$$

$$U_{12} = \int_{x_1}^{x_2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$W = Q \cdot U$$

Wird die Ladung durch $Q = I \cdot t$ ersetzt, folgt für die elektrische Arbeit:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$[W] = 1 \text{ Wattsekunde} = 1 \text{ Ws} = \frac{1}{3600} \text{ Wh}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

$$P = \frac{W}{t}$$

$$p = \frac{dW}{dt}$$

$$[P] = 1 \text{ Watt} = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

	Leistung	Potentialgröße	Flussgröße
translat.	$P_{\text{tr}} = F \cdot v$	Kraft F	Geschwindigkeit v
rotatorisch	$P_{\text{rot}} = M \cdot \omega$	Moment M	Winkelgeschw. ω
elektrisch	$P_{\text{el}} = U \cdot I$	Spannung U	Strom I
fluidisch	$P_{\text{fl}} = p \cdot \dot{V}$	Druck p	Volumenstrom $\dot{V}$
thermisch	$P_{\text{th}} = \Delta T \cdot k \cdot A$	Temperaturdiff. ΔT	Wärmedurchgang $k \cdot A$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Eine Leuchtdiode wird mit der Netzspannung $U = 230 \text{ V}$ betrieben. Sie nimmt einen Strom von $I = 43,5 \text{ mA}$ auf. Sie leuchtet durchschnittlich 5 Stunden pro Tag.

- a) Welche Leistung hat dieses Leuchtmittel?
- b) Welche Arbeit wird in einem Jahr umgesetzt?

$$P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 0,0435 \text{ A} = 10 \text{ W}$$

$$W = P \cdot t = 10 \text{ W} \cdot 5 \text{ h} \cdot 365 = 18,26 \text{ kWh}$$

Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

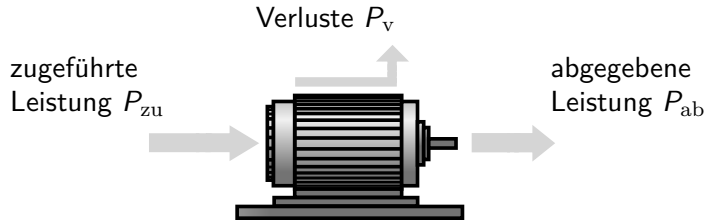
Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Das Verhältnis der abgegebenen zur aufgenommen Leistung wird Wirkungsgrad η (griechisches kleines Eta) genannt.

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{auf}}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Eine Gleichstrommaschine wird mit der Spannung $U = 24 \text{ V}$ betrieben. Im Nennbetrieb nimmt sie einen Strom von $I = 10 \text{ A}$ auf. An der Welle wird ein Drehmoment von $M = 2,1 \text{ Nm}$ bei einer Drehzahl von $n = 1000 \frac{\text{U}}{\text{min}}$ gemessen. Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Maschine?

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{auf}}} = \frac{M \cdot \omega}{U \cdot I} = \frac{2,1 \text{ Nm} \cdot \frac{1000 \cdot 2\pi}{60 \text{ s}}}{24 \text{ V} \cdot 10 \text{ A}} \\ &= \frac{220 \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{s}}}{240 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{A}}{\text{s}^3 \cdot \text{A}}} = \frac{220 \text{ W}}{240 \text{ W}} = 0,92 \approx 92 \%\end{aligned}$$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Prozess	Wirkungsgrad
Ottomotor	35-40 %
Dieselmotor	50-55 %
Kohlekraftwerk	25 - 50 %
Windkraftanlage	50 % (max: 16/27)
Solarzelle	17-23 % (Rekord: 46 %)
Brennstoffzelle	20-60 %
Elektrolyse	60-70 %
Synchronmaschine	95-99,5 %
Lithium Akku	96 %



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Ladung Anzahl an Elementarladungen: $Q = N \cdot e$

Elektrisches Feld Stärke und Richtung der Kraft auf eine Probeladung: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} \quad [E] = \frac{V}{m}$

Arbeit Kraft entlang eines Weges:

$$W = \int_d^0 -\vec{F} d\vec{x} \quad [W] = W_s$$

bei konstantem E-Feld: $W = Q \cdot E \cdot \Delta x$

Potential Arbeit pro Ladung: $\varphi = \frac{W}{Q} \quad [\varphi] = V$

Spannung Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten:
 $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad [U] = V$



Grundlagen

elektr. Größen

Der Atomaufbau

Das Coulomb Gesetz

Das elektrische Feld

Arbeit im elektrischen Feld

Das elektrische Potential

Die elektrische Stromstärke

Energie und Leistung

Bauelemente

Netzwerke

magn. Größen

Wechselstrom

Frequenzvariabel

Halbleiter

Maschinen

Strom Gerichtete Bewegung von Ladungsträgern:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad [I] = A$$

Stromdichte Strom pro Querschnittsfläche:

$$J = \frac{dI}{dA} \quad [J] = \frac{A}{mm^2}$$

Energie Fähigkeit Arbeit zu verrichten:

$$E = W \quad [W] = J$$

Leistung Arbeit pro Zeit: $P = \frac{dW}{dt} \quad [P] = W$

Wirkungsgrad Verhältnis von abgegebener zu aufgenommener

$$\text{Leistung: } \eta = \frac{P_{ab}}{P_{auf}} \quad [\eta] = 1$$



Grundlagen
elektr. Größen
Bauelemente
Netzwerke
magn. Größen
Wechselstrom
Frequenzvariabel
Halbleiter
Maschinen