

# 13.

# Elektrizität

---

**November 18, 2019**

# Übersicht

---

# Elektrostatik

---

The diagram illustrates the relationships between three electrostatic quantities: charge density ( $\rho$ ), electric field ( $\vec{E}$ ), and electric potential ( $\varphi$ ). The quantities are arranged vertically in yellow boxes. Curved arrows indicate dependencies:  $\rho$  points to  $\vec{E}$ ,  $\vec{E}$  points to  $\varphi$ ,  $\varphi$  points to  $\vec{E}$ , and  $\vec{E}$  points to  $\rho$ .

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{vol} \frac{\rho(\vec{r}')(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} d^3r'$$
$$\varphi(\vec{r}) = - \int \vec{E} \cdot d\vec{r}' + \varphi_0$$
$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$
$$\vec{E} = -\nabla\varphi$$

# geladene Platte

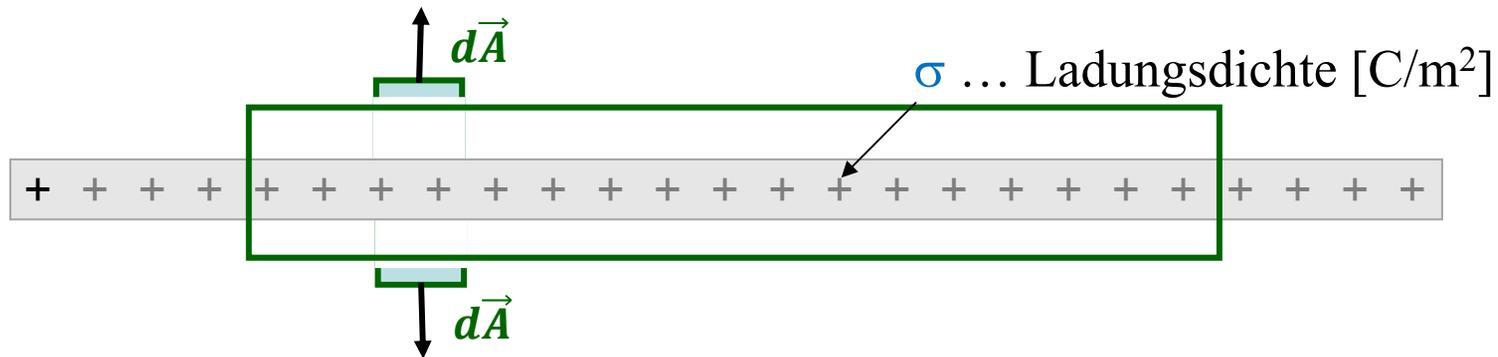
---



# geladene Platte

---

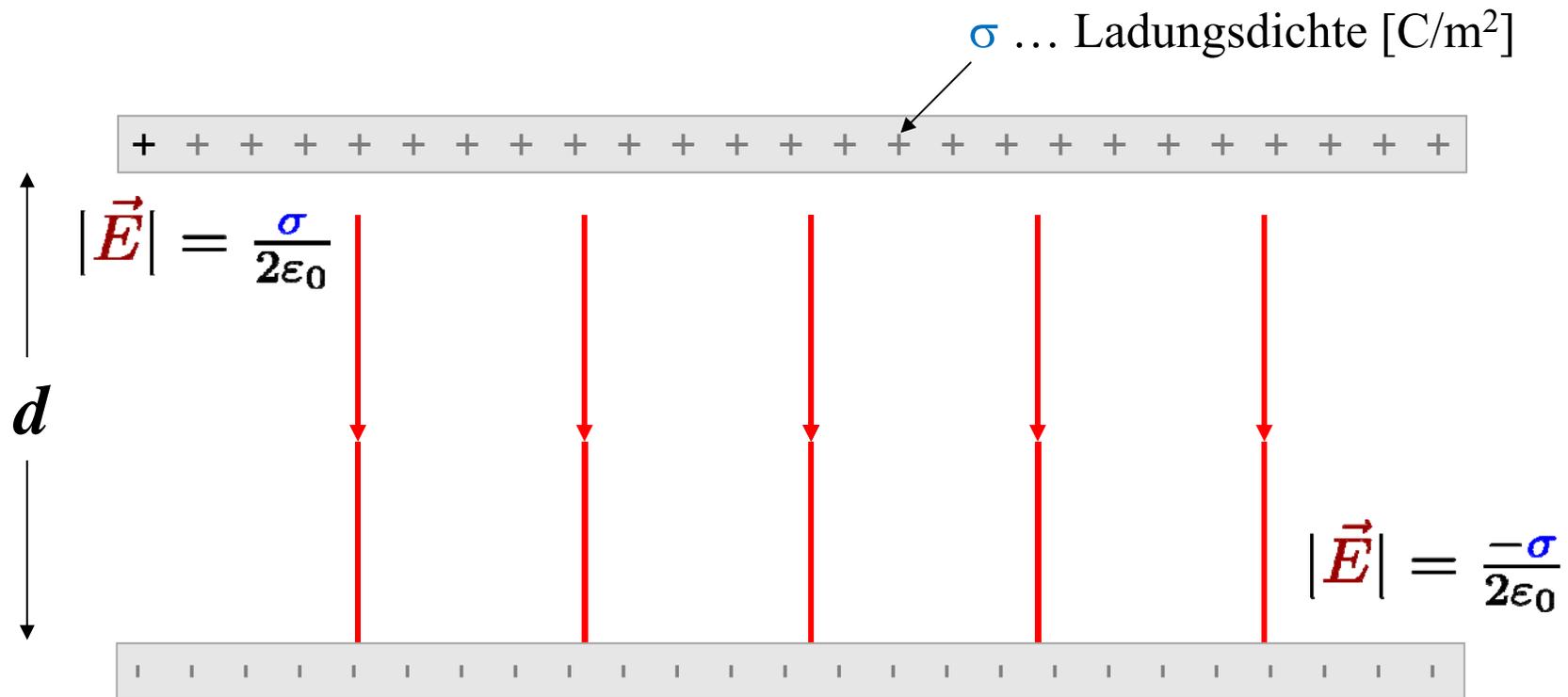
$$\iint_A \vec{E} d\vec{A} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \leftarrow \text{eingeschlossene Ladung}$$



$$2|\vec{E}|A = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

$$2|\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

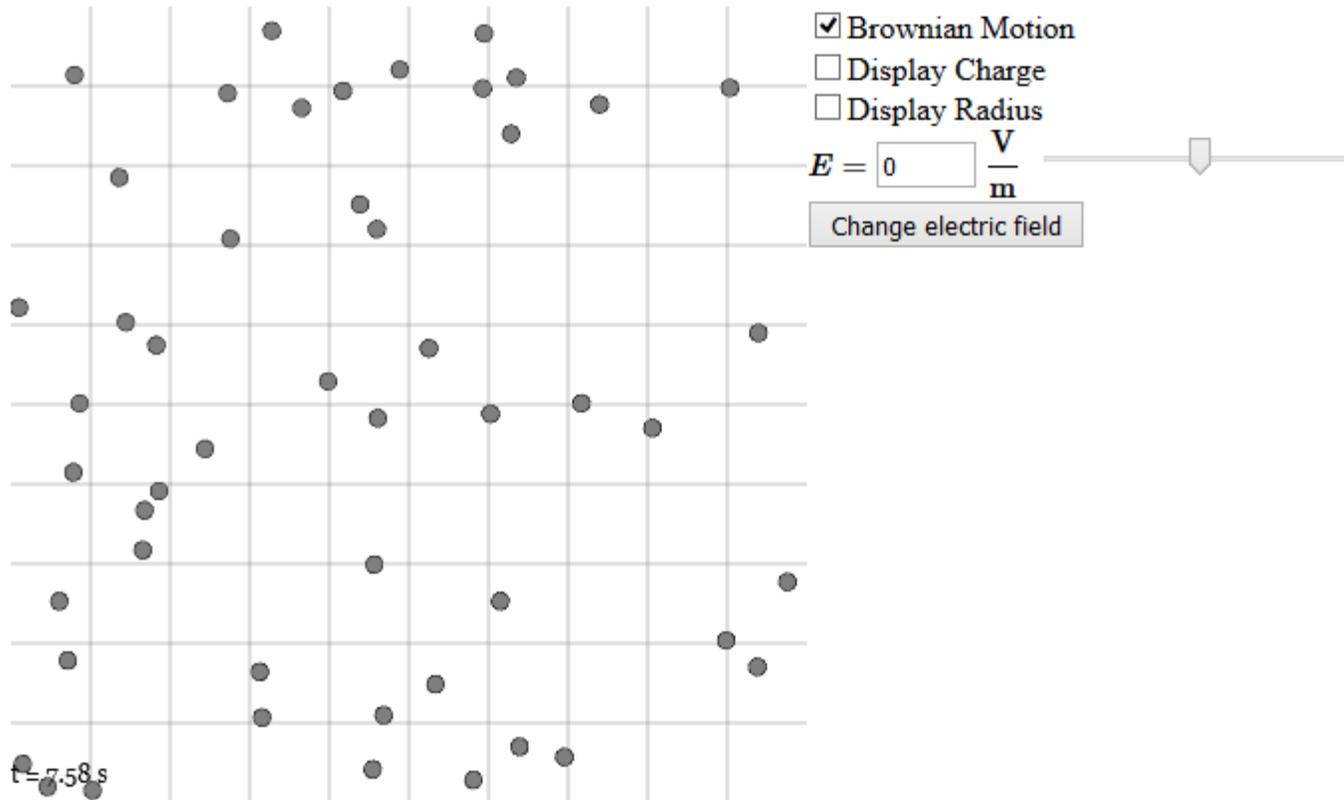
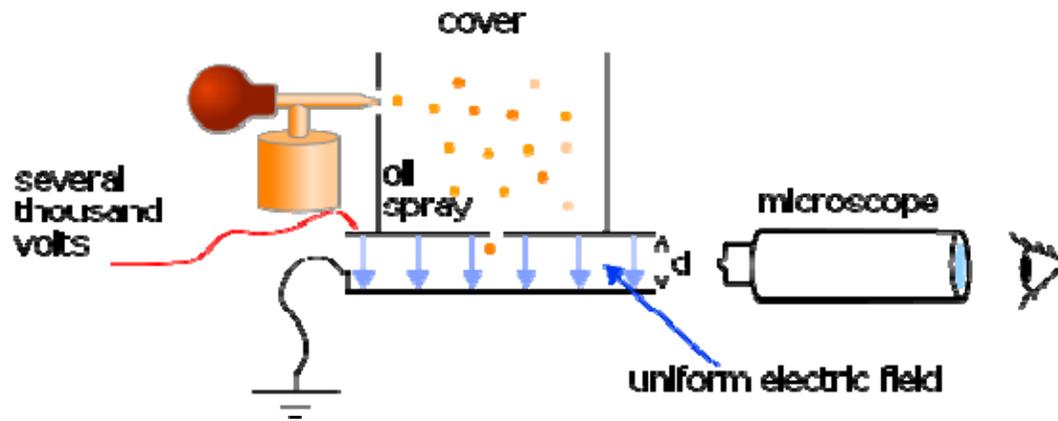
# Zwei geladene Platten



$$V = - \int_{\text{oben}}^{\text{unten}} \vec{E} \cdot d\vec{x} \text{ [V]}$$

$$|E| = \frac{V}{d} \text{ [V/m]}$$

# Millikan-Versuch



# Millikan-Versuch

---

Ladung existiert nur in Vielfachen der  
Elementarladung

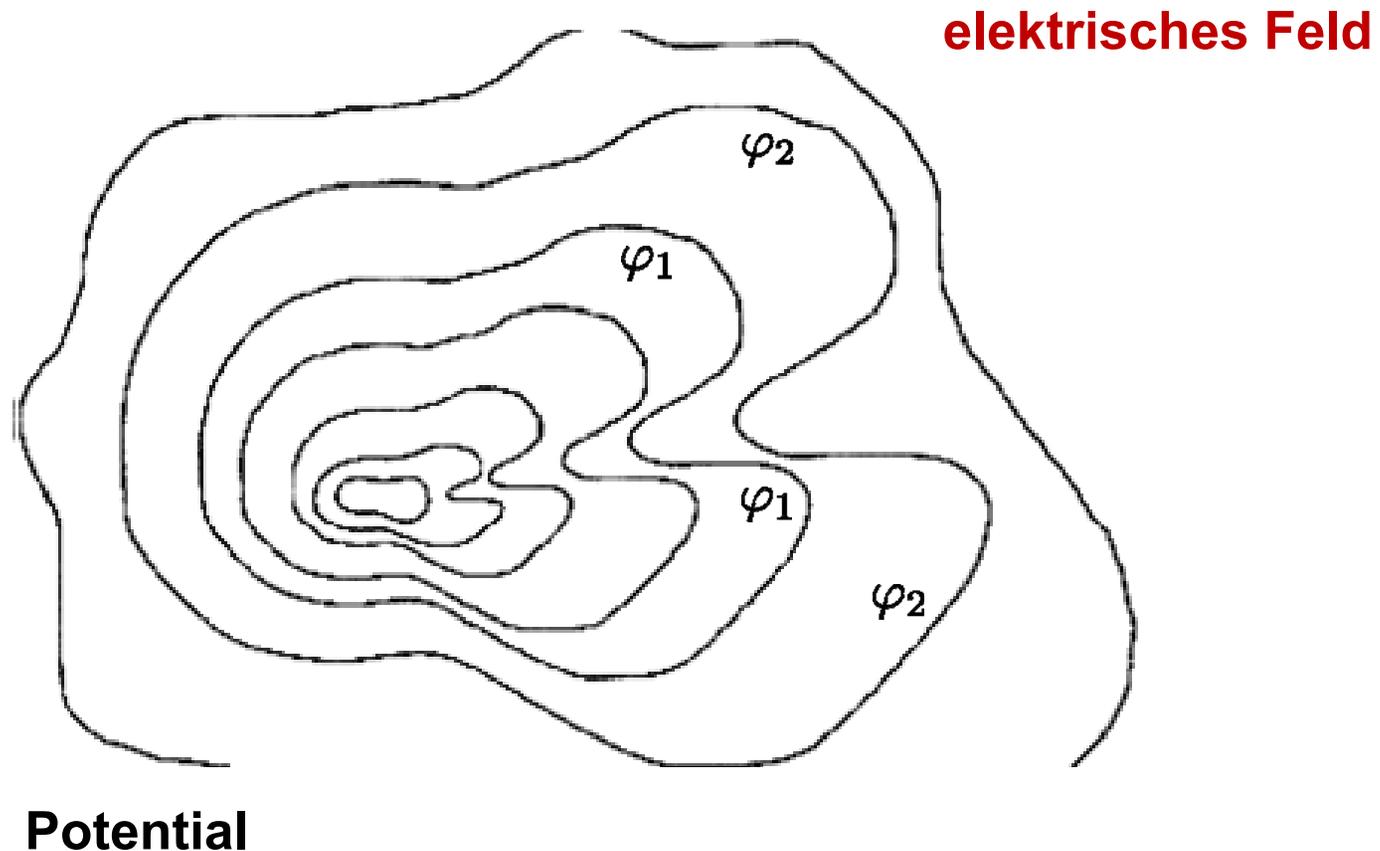
$$e = 1,60217 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

z.B.:

Elektron:  $q_e = -e$  ; Proton:  $q_p = e$

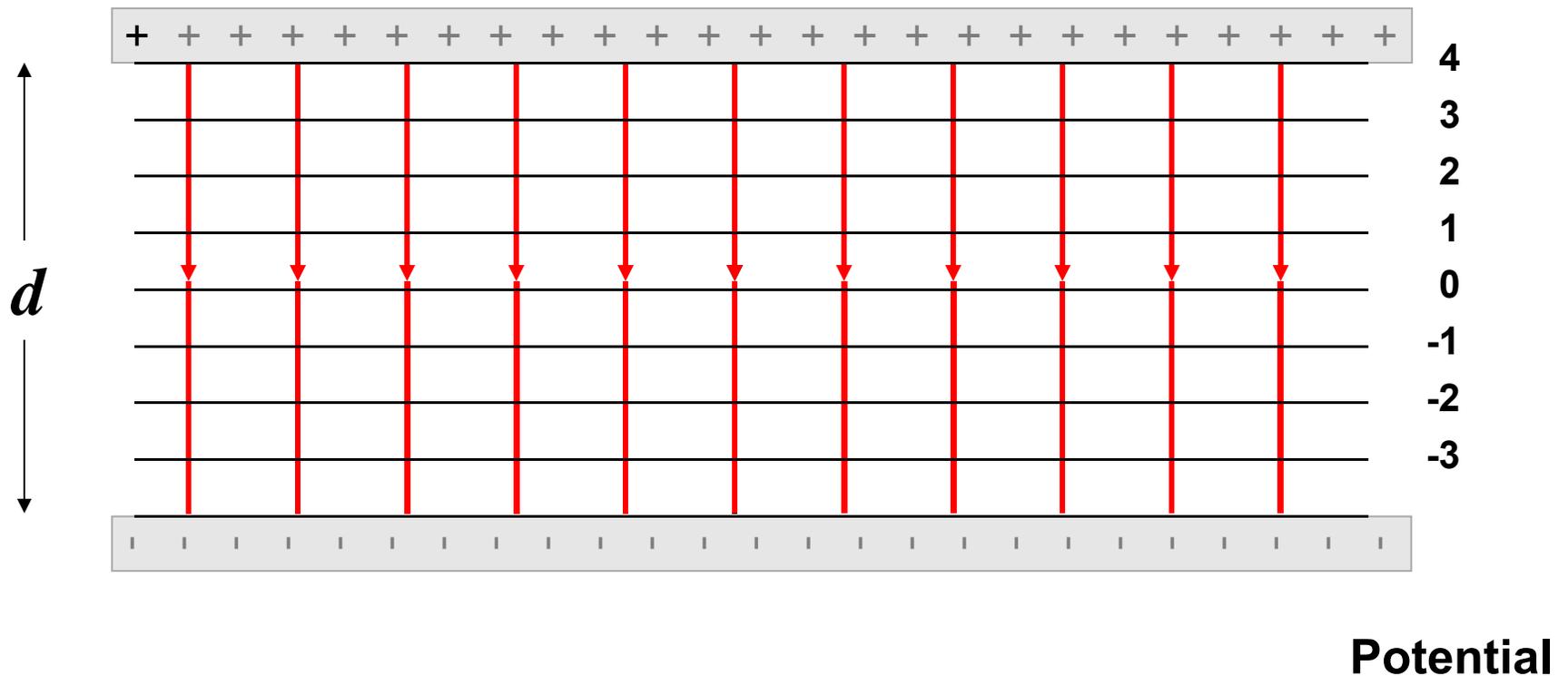
# Schätzen des elektrischen Feldes

---



# Schätzen des elektrischen Feldes

elektrisches Feld



## Elektrostatisches Potential $\rightarrow$ elektrisches Feld

Sei das elektrostatische Potential in einem gewissen räumlichen Bereich

$$\varphi = -3019x + 4579y - 7140z \text{ [V]},$$

wobei hier  $x$ ,  $y$  und  $z$  in Metern gegeben seien. Welches elektrische Feld hat man in diesem Bereich?

$$\vec{E} = \boxed{\phantom{000}} \hat{x} + \boxed{\phantom{000}} \hat{y} + \boxed{\phantom{000}} \hat{z} \text{ [V/m]} \quad \text{Lösung}$$

### Problem 4

Sei das elektrostatische Potential in einem gewissen räumlichen Bereich

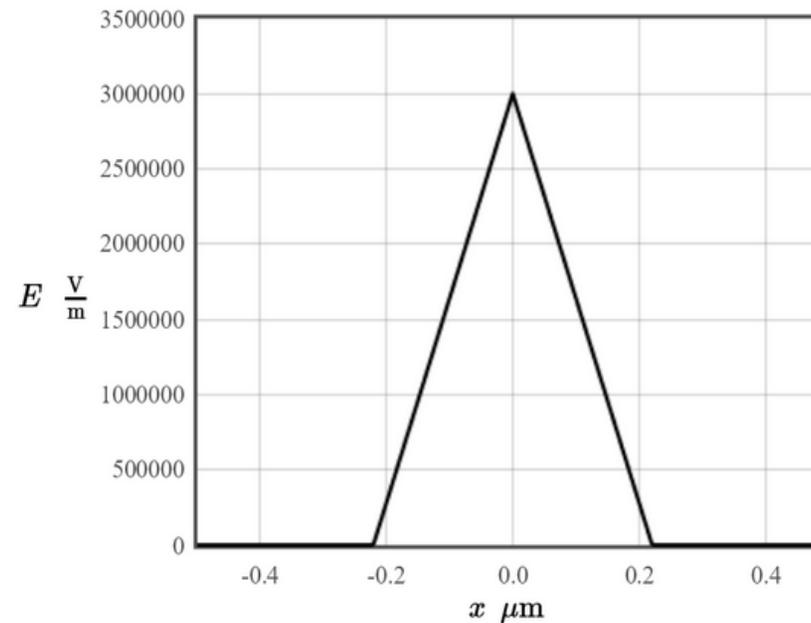
$$\varphi = 5581xyz \text{ V},$$

wobei hier  $x$ ,  $y$  und  $z$  in Metern gegeben seien. Welches elektrische Feld hat man in diesem Bereich?

$$\vec{E} = \boxed{\phantom{000}} \hat{x} + \boxed{\phantom{000}} \hat{y} + \boxed{\phantom{000}} \hat{z} \text{ [V/m]}$$

### Problem 4

Ein elektrisches Feld in einer Solarzelle zeigt normal auf die Oberfläche der Solarzelle. Das elektrische Feld ist in der folgenden Grafik abgebildet.



Zeichnen Sie die Ladungsdichte, welche zu dem elektrischen Feld gehört. Kennzeichnen Sie die Maximal- und Minimalwerte der Ladungsdichte.

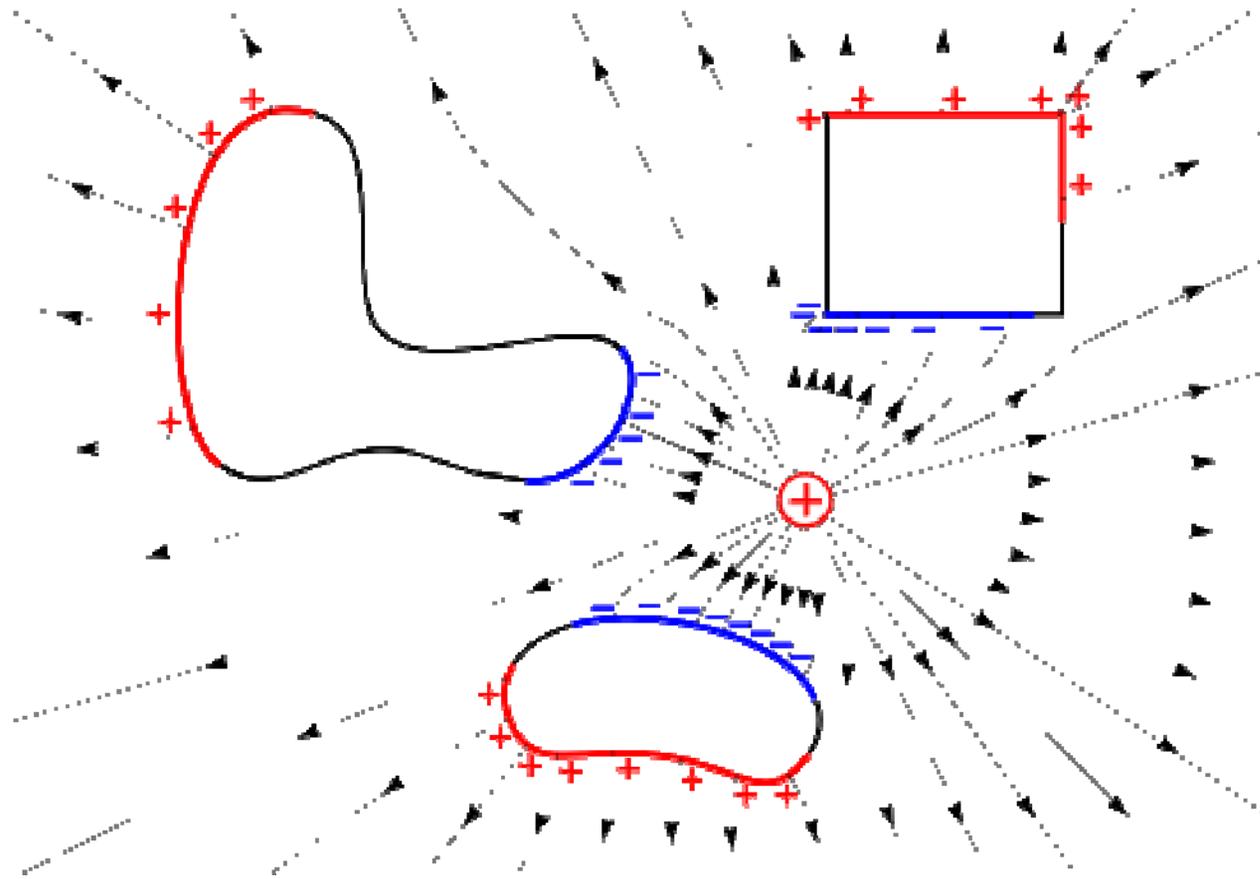
# elektrische Ladungen in Materie

---

- **Materialien:** enthalten positive und negative **Ladungen**  
Geladene Atomrümpfe (**Ionen**)  
**Elektronen**
- **Ladung im makroskopischen System: Nettoladung**
  - negative Ladung: Elektronenüberschuss
  - positive Ladung: Elektronenmangel
- **Ladungsdichte:** hängt stark vom Material ab!

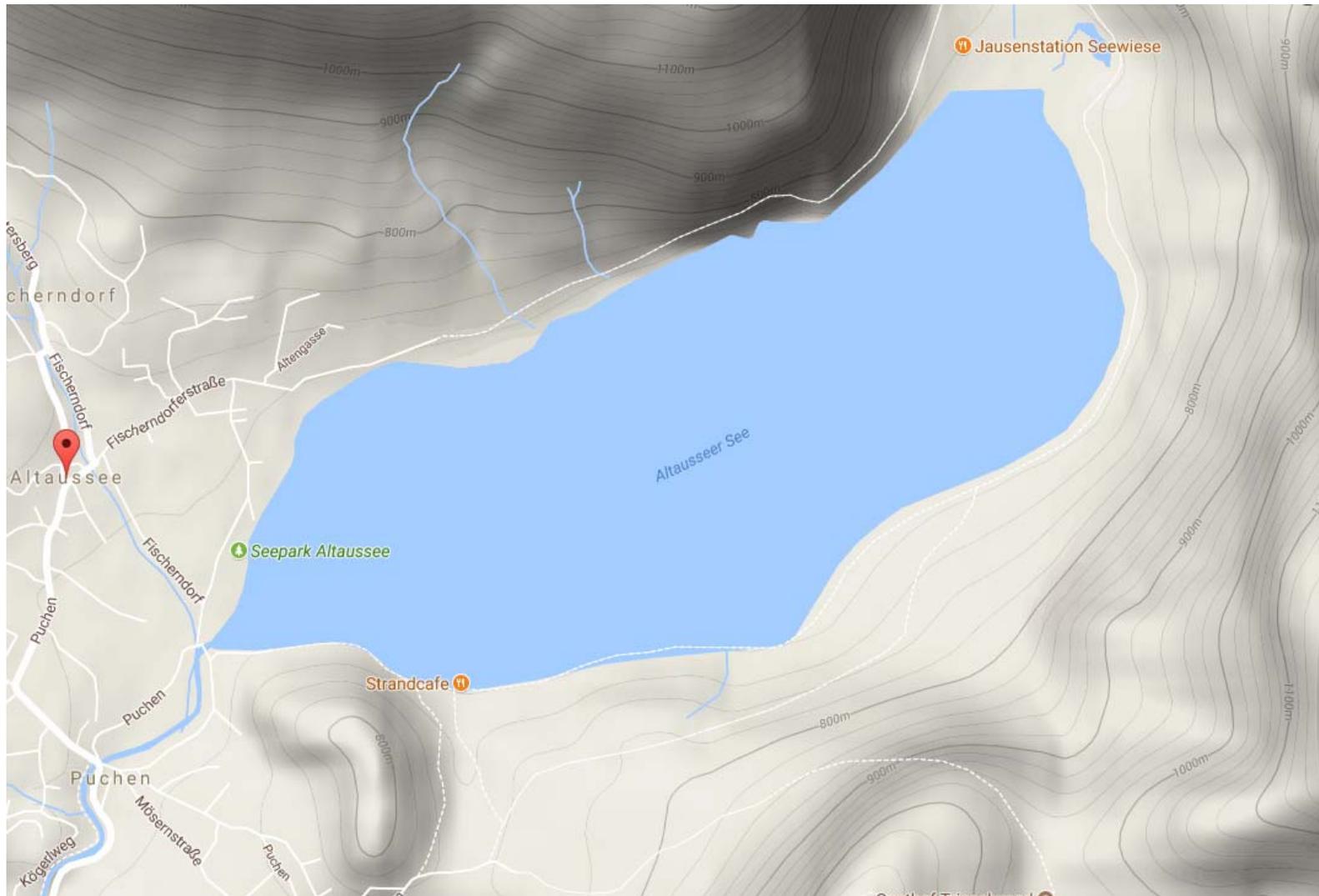
# elektrische Leiter: Influenz

---



# Influenz

---



# Faradayscher Käfig

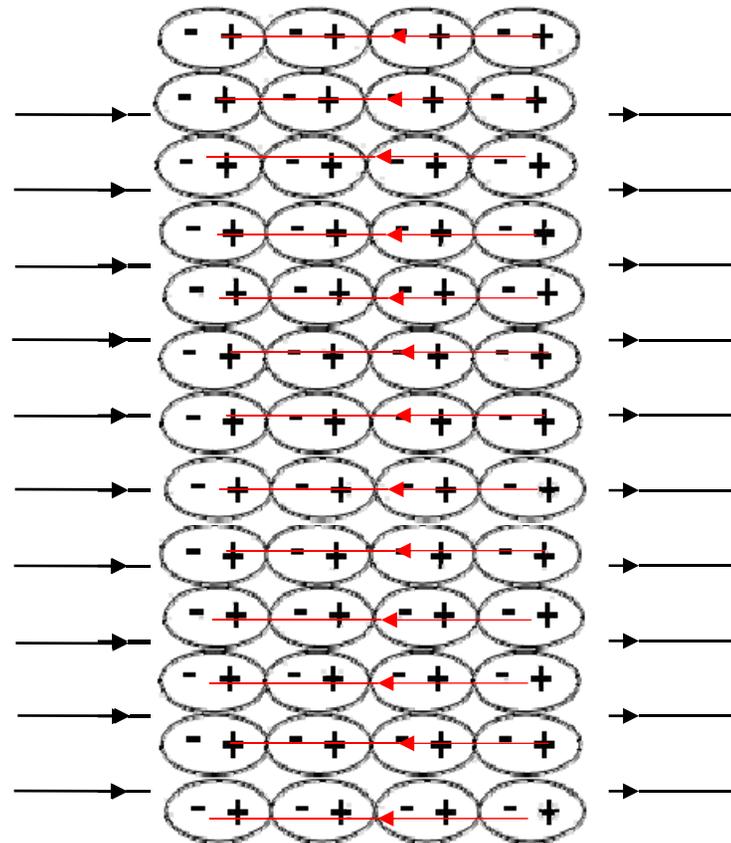
---



# Dielektrikum

---

$\epsilon_r = \frac{E_{vacuum}}{E_{dielekt}} =$   
relative Dielektrizitätszahl



Nichtleiter (Isolator)

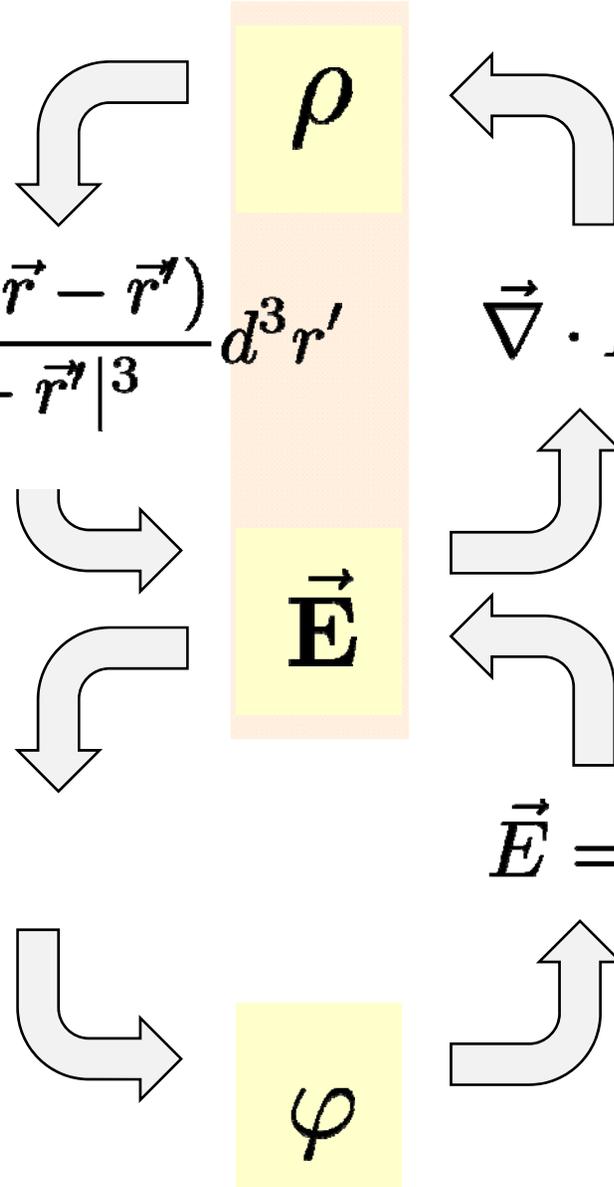
# Elektrostatik

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \int_{vol} \frac{\rho(\vec{r}')(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} d^3r'$$

$$\varphi(\vec{r}) = - \int \vec{E} \cdot d\vec{r}' + \varphi_0$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0\epsilon_r}$$

$$\vec{E} = -\nabla\varphi$$



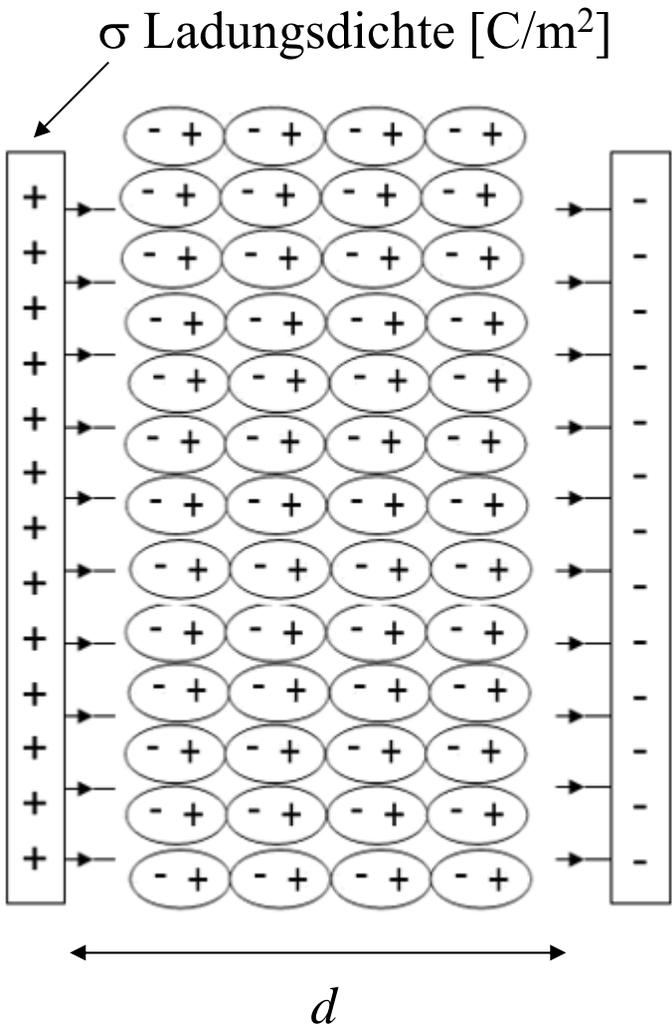
# Kondensator

$\frac{\sigma}{\epsilon_r \epsilon_0}$  [V/m]

$V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{x}$  [V]

$|E| = \frac{|V|}{d}$  [V/m]

$\sigma$  Ladungsdichte [C/m<sup>2</sup>]



$\frac{\sigma}{\epsilon_r \epsilon_0} = \frac{V}{d}$  [V/m]

$Q = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} V$

$Q = CV$

Kapazität