6. Potenzial im homogenen E-Feld

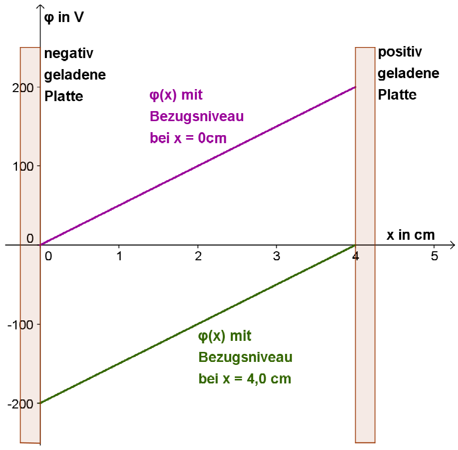
Die potenzielle Energie im homogenen Feld hängt sowohl vom Vorzeichen, als auch von der Größe der transportierten Ladung ab und ist damit keine geeignete Größe, um die energetischen Verhältnisse im homogenen Feld zwischen zwei Kondensatorplatten zu beschreiben.
Analog zur Definition des elektrischen Feldes E gelangt man zu einer von der „Probeladung“ unabhängigen Größe, indem man die potenzielle Energie durch die Größe der Probeladung Q teilt.
Wie die potenzielle Energie ist die so gewonnene Größe φ eine skalare Größe.

$\boxed{\varphi(x) = \frac{E_{pot}(x)}{Q}}$ (Vgl. FoSa. S. 37) mit $[\varphi] = \frac{J}{C} = \frac{VAs}{As} = V$

Mit $E_{pot}(x) = -q \cdot E \cdot x$ erhält man im homogenen Feld für den Potenzialverlauf: $\boxed{\varphi(x) = -E \cdot x}$

Ebenso wie die potenzielle Energie hängt das Potenzial φ von der Wahl des Bezugsniveaus ab.
In der Elektrotechnik verwendet man als Bezugsniveau gerne die Erde (="Masse") (Symbol: ⏚)

Ein höheres Potenzial bedeutet also eine höhere potenzielle Energie einer positiven Ladung.
Damit liegt in einem Plattenkondensator die *positive Platte* auf dem *höheren Potenzial* φ.
Das Potenzial nimmt von der negativen zu positiven Platte hin linear zu.



Je nach Wahl des Bezugsniveaus ergibt sich für zwei geladene Platten mit $E = 5{,}0\,\frac{kN}{C}$ in einem Abstand von 4,0 cm folgender Potenzialverlauf:

Die Messung des Potenzialverlaufs erfolgt mit einer Flammensonde. Siehe dazu auch:
https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld/versuche/potentialmessung-mit-der-flammensonde

Schaltungstechnisch erhält man die beiden Potenzialverläufe, indem man entweder die linke Platte (BN bei x = 0 cm) oder die rechte Platte (BN bei x = 4,0 cm) mit der „Erde“ verbindet.

Die Flächen konstanten Potenzials nennt man *Äquipotenzialflächen*.
Sie verlaufen im Kondensator parallel zu den Platten.
Bei der Verschiebung einer Ladung auf einer Äquipotenzialfläche ist keine Arbeit zu verrichten.

7. Potenzialdifferenz und Spannung

Ebenso wie bei der potenziellen Energie ist auch beim Potenzial φ nicht die absolute Größe, sondern die Potenzial*differenz* bei der Bewegung von einem Punkt A zu einem zweiten Punkt B von Interesse.

Man legt fest: $\boxed{\varphi_1 - \varphi_2 = U_{12}}$ und bezeichnet die **Potenzialdifferenz** als **elektrische Spannung**.

Zu beachten ist die von der üblichen Reihenfolge *abweichende Indizierung* ! (FoSa. S. 38)

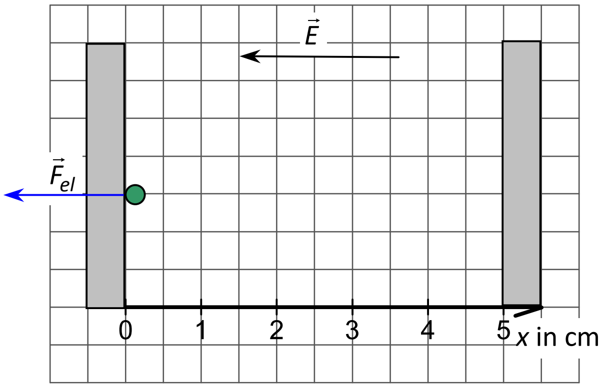
Die elektrische Spannung ist deshalb von Interesse, weil sie sich wesentlich *leichter messen* lässt als zum Beispiel die Stärke des elektrischen Feldes.

So ergibt sich für das elektrische Feld in einem Plattenkondensator: $\boxed{|\vec{E}| = \frac{U}{d}}$ (d: Plattenabstand), wobei beides leicht zu messende Größen sind.

Auch Energiebetrachtungen vereinfachen sich erheblich! $\boxed{W_{AB} = Q \cdot U_{AB}}$

Ausführliches Zahlenbeispiel

Ein geladenes Staubkorn mit $q = +2{,}5 \cdot 10^{-8}$ As und $m = 0{,}15$ g befindet sich zwischen den Platten eines Kondensators mit einem Plattenabstand d = 5,0 cm (vgl. Skizze).
Im Inneren des Kondensators herrscht ein elektrisches $\vec{E}$ mit $E = -6{,}0$ kV/m.
Das Staubkorn befindet sich an der linken, geerdeten Platte bei $x_1 = 0$ cm
Es soll zur Position $x_2 = 4{,}0$ cm verschoben werden.



Mechanisch betrachtet:

- Elektrische Kraft: $F_{el} = q \cdot E = 2{,}5 \cdot 10^{-8}\text{As} \cdot (-0{,}60\ \text{kV/m}) = -15 \cdot 10^{-6}$ N EK: $\frac{V \cdot As}{m} = \frac{Nm}{m} = N$
- Aufzubringende Kraft zum Verschieben: $F_W = -F_{el}$ (in pos. Richtung nach rechts)
- Verrichtete Verschiebungsarbeit: $W_{12} = F_W \cdot x = 15 \cdot 10^{-6}$ N · 0,040 m = **$0{,}60 \cdot 10^{-6}$ J**
- Potenzielle Energie bei x = 4,0 cm : $E_{pot} = 0{,}60 \cdot 10^{-6}$ J
- Potenzial φ bei x = 4,0 cm : $\varphi = \frac{E_{pot}}{q} = \frac{0{,}60 \cdot 10^{-6}\ \text{VAs}}{2{,}5 \cdot 10^{-8}\ \text{As}} = 24\ \text{V}$

Elektrisch betrachtet:

- Potenzial φ bei x = 4,0 cm : $\varphi(x) = -E \cdot x = -(-0{,}60\ \text{kV/m}) \cdot 0{,}040\ \text{m} = 24$ V
  (= Spannung U gegen Masse/Erde)
- Zu verrichtende Verschiebungsarbeit $W = q \cdot U = 2{,}5 \cdot 10^{-8}\text{As} \cdot 24\ \text{V}$ = **$0{,}60 \cdot 10^{-6}$ J**

Das elektrische Potential kann man sich gut als eine Art „schiefe Ebene im Kondensator“ vorstellen.
Positive Ladungen müssen „hinaufgeschoben“ werden und besitzen dann potenzielle Energie.
Negative Ladungen verhalten sich wie z.B. Helium-Ballons mit „negativer“ Masse; sie steigen im Gravitationsfeld der Erde „freiwillig“ auf und verlieren dabei potenzielle Energie.

In unserem Beispiel:

$$\varphi(x) = -E \cdot x = -(-0{,}60\ \text{kV/m}) \cdot x = 6{,}0\ \text{V/cm} \cdot x$$

Für x = 5,0 cm erhält man $\varphi(x) = 30$ V.
Das ist die angelegte Spannung zwischen den Platten,
analog zu $|\vec{E}| = \frac{U}{d}$