

### Unterrichtsskizze zur Einführung des elektrischen Potentials

Um die bisherige Definition der elektrischen Spannung als „Streben nach Ladungsaustausch“ durch einen exakten Begriff zu ersetzen, wird in Jahrgangsstufe 11 der Potentialbegriff eingeführt. Beim Unterrichtsaufbau ist dringend darauf zu achten, dass den Schülerinnen und Schülern in der gesamten Jahrgangsstufe 11 keine Integralrechnung zur Verfügung steht. Daher soll der Begriff zunächst nur am Beispiel des homogenen elektrischen Feldes erarbeitet und mathematisch gefasst werden. Auf seine Allgemeingültigkeit kann an dieser Stelle durchaus hingewiesen werden, an eine weitergehende mathematische Behandlung etwa bei komplizierteren Ladungsverteilungen ist nicht gedacht, an eine graphische (Zeichnen von Potentiallinienbildern) hingegen schon.

Bei Vorzeichenüberlegungen ist eine verbale Argumentation völlig ausreichend.

Der Behandlung des Potentials sollte die Definition des el. Feldes über die elektrischen Kräfte vorausgehen.

Zur Einführung des Potentials in homogenen Feldern eignet sich der Weg über die elektrische Arbeit  $W$ . Bewegt man in einem Plattenkondensator eine positive Ladung entgegengesetzt zum Verlauf der el. Feldlinien von  $P_1$  nach  $P_2$ , so muss man dem System von außen Arbeit zuführen. Es gilt für die Beträge:

$$W = Fd = qEd,$$

wobei  $d$  die zu den Feldlinien parallel verlaufene Wegstrecke ist. Dadurch nimmt die potentielle Energie der Probeladung um den Betrag der Arbeit  $W$  zu. (Bei Bewegung der positiven Ladung entlang der Feldlinien nimmt ihre potentielle Energie ab und dafür die kin. Energie zu).

Ähnlich wie bei der potentiellen Energie im Kraftfeld der Erde ist die Definition des Nullpunktes willkürlich. Wählt man die negative Platte als Energienullpunkt, so folgt:

$$E_{pot} = qEs.$$

Der Wert der potentiellen Energie hängt aber linear von der Größe der Probeladung ab. Will man nun eine Größe erhalten, die unabhängig vom Wert der Probeladung die Fähigkeit des Feldes (also sein Potential) beschreibt, Arbeit zu verrichten, so muss man  $E_{pot}$  durch den Wert der Probeladung  $q$  teilen. Man nennt die so erhaltene

Größe das **elektrische Potential**:  $\Phi = \frac{E_{pot}}{q}$

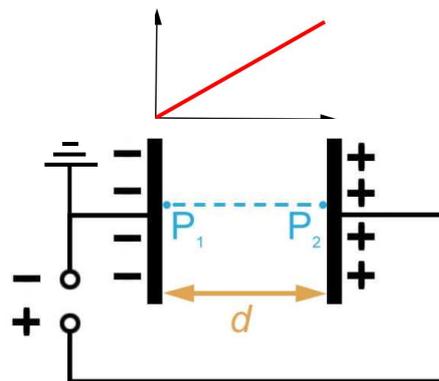
$$\text{Einheit: } [\Phi] = \frac{J}{As} = V.$$

Je größer das Potential an einem Ort ist, umso größer ist demnach die potentielle Energie, die dort eine Probeladung hätte.

Allerdings ist Wert des Potentials ähnlich wie der der potentiellen Energie vom Bezugspunkt abhängig. Daher interessiert meist nur der Unterschied zwischen dem Potential, also die **Potentialdifferenz** zwischen zwei Punkten des elektrischen Feldes. Diese nennt man auch die **elektrische Spannung**. Sie hat unabhängig von der Wahl des Bezugspunktes immer denselben Wert.

$$U = \Phi_2 - \Phi_1$$

Mit dem Begriff der Spannung lässt sich nun auch die potentielle Energie einer Probeladung im el. Feld neu definieren:



$$\Delta E_{pot} = q\Phi_2 - q\Phi_1 = q(\Phi_2 - \Phi_1) = qU .$$

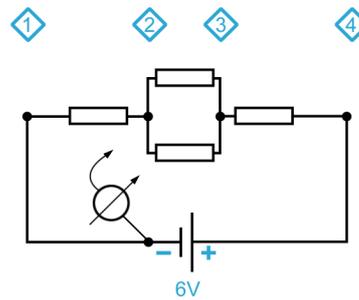
Und für die Feldstärke im Plattenkondensator folgt:

$$qU = qEd \Leftrightarrow E = \frac{U}{d} .$$

Für eine Verbesserung des Verständnisses des Begriffes Potential eignen sich anfangs besonders Analogiebetrachtungen zwischen dem homogenen elektrischen Feld und dem Gravitationsfeld auf der Erdoberfläche. Im Rahmen der Behandlung des elektrischen Feldes von Punktladungen besteht die Möglichkeit, diese Analogie weiter zu verallgemeinern.

Um den Begriff des Potentials weiter zu vertiefen, eignet sich unter anderem folgender **Schülerversuch**, bei dem die Schülerinnen und Schüler das Potential in einem Stromkreis messen können und sich von der Unabhängigkeit der Wahl des Bezugspunktes für die Spannungsdifferenz überzeugen können.

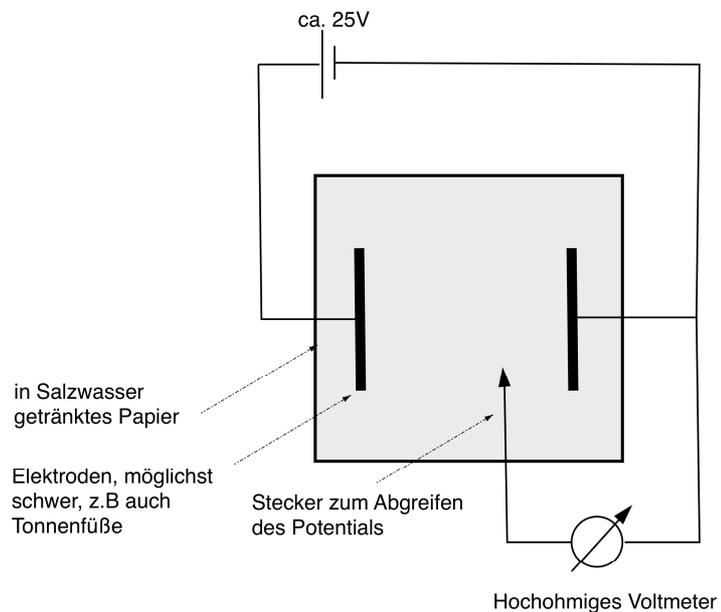
Die Schülerinnen und Schüler bauen nebenstehend abgebildete Schaltung auf. Alle Widerstände seien der Einfachheit halber gleich groß. Zunächst setzt man den Minuspol der Batterie auf das Potential 0 (negativer Ausgang des Spannungsmessgerätes) und misst mit einem Spannungsmessgerät die Potentiale der Punkte 1 bis 4, abhängig von diesem Bezugspunkt. Anschließend wählt man als Potentialnullpunkt z. B. den Punkt 2. Nun verschieben sich die Werte der Potentiale um 2,4V. Die Werte der Potentialdifferenzen, also der Spannungen, die zwischen den Widerständen abfallen, bleiben aber gleich! Dieser Versuch führt bei den Schülerinnen und Schüler häufig zunächst zu vielen Fragen, letztendlich aber zu einem tieferen Verständnis darüber, was es mit der Wahl des Bezugspunktes auf sich hat. Daher sollte man genügend Zeit bei der Durchführung einplanen.



Ein weiterer Vorschlag für ein **Schülerexperiment** ist die Messung der Potentialwerte zwischen zwei geladenen Elektroden (Aluminiumstreifen, Tonnenfüsse, 5ct - Münzen), die auf einer mit Salzwasser getränkten Pappe aufgebracht sind. Es ist darauf zu achten, dass ein guter Kontakt zwischen der getränkten Pappe und den Elektroden besteht.

Mit dem Abgreifer lassen sich nun Orte gleichen Potentials finden und kennzeichnen. Diese sind bei nebenstehender Anordnung tatsächlich in etwa parallele Linien.

Um äquidistante Linien zu erhalten muss ein direkter Kontakt mit den Elektroden vermieden werden, da ein Großteil der Spannung an den Kontaktstellen abfällt.



Hinweis: Im Rahmen eines Schülerexperiments kann der Versuch durchaus auch mit normalen Spannungsmessgeräten durchgeführt werden, auch wenn dann nicht ganz so gute Ergebnisse zu erwarten sind.