

Theoretische Grundlagen

Sobald man getrennte Ladungen auf zwei sich gegenüberstehenden Platten mit beliebiger Form und Abmessungen bringt, entsteht zwischen ihnen ein elektrisches Feld, welches auf frei bewegliche, geladene Teilchen eine Kraft ausübt. Diese Kraft wird vektoriell so ausgedrückt, daß sie der Bewegung eines positiv geladenen Teilchen entspricht und durch die Ladung des Teilchens dividiert wird, dies wird auch als Feldstärke entspricht und durch die Ladung des Teilchens dividiert wird. Dies wird auch als Feldstärke bezeichnet. Da Kraft und Ladung nur sehr schwer zu bestimmen sind, wird die Feldstärke über das Integral

$$dV = \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Gleichung 1.1

bestimmen. Nach Umformung und dreidimensionaler Betrachtung läßt sich auch folgendes aussagen.

$$\vec{E} = -\text{grad}U = -\frac{dU}{ds}\vec{s}$$

Gleichung 1.2

Aus Gleichung 1.1 und Gleichung 1.2 läßt sich auch ersehen, daß Punkte existieren, die des gleichen Potential besitzen. Wenn

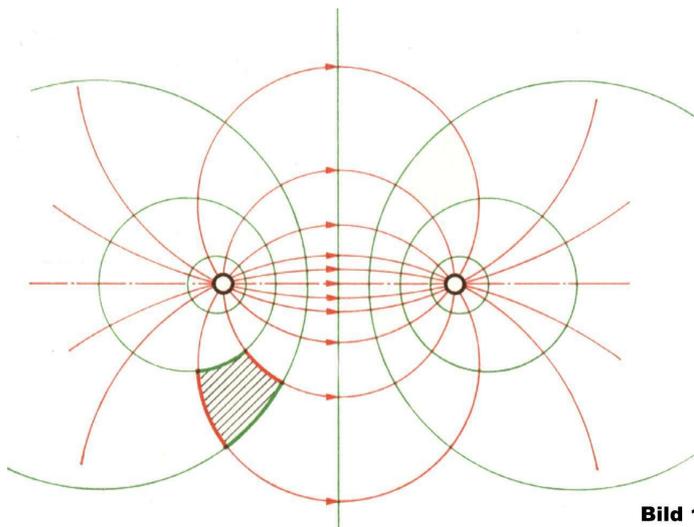


Bild 1.1

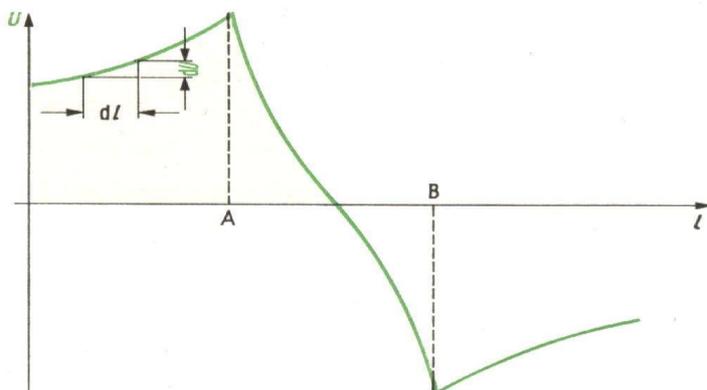


Bild 1.2

solche Punkte miteinander verbunden werden, spricht man von Äquipotentiallinien. Bei einer Betrachtung im Räumlichen entstehen dadurch Äquipotentialflächen. Eine Besonderheit dieser Äquipotentiallinien ist, daß sie immer senkrecht auf den Feldlinien des E-Feldes stehen, siehe Bild 1.1. Diese Linien können auch als eine Art Höhenlinien einer topographischen Karte gesehen werden, indem man die positive Platte als Quelle ansieht, die gegenüber der negativen Platte, auch als Senke bezeichnet, Potentielle Energie in sich birgt. Diese gedankliche Darstellung wird durch die Gleichung 1.2 auch noch untermauert, da in der Mathematik eine Ableitung immer eine Aussage über das Steigungsverhalten der Funktion beinhaltet, die Abgeleitet wurde.

Um den Verlauf von Äquipotentiallinien auch

messtechnisch herauszufinden, bedarf es einem Medium, das für geladene Teilchen einen

möglichst großen Widerstand darstellt, aber immer noch leitend ist, damit dort die verschiedene Potentiale mit einem Potentiometer abgegriffen werden können. Dazu eignet sich ein Leiter, der eine räumliche Ausdehnung besitzt und von dem man über eine Sonde das Potential abgreifen kann.

Durchführung des Versuchs

In unserem Versuch wurde der räumliche Leiter durch einen Trog ersetzt, in dem Leitungswasser war. Reines Wasser als solches ist zwar für einen solchen Versuch nicht geeignet, da es ein Nichtleiter ist, aber im Leitungswasser befinden sich sehr viele Verunreinigungen, die das Wasser leitend machen, daher ist es dafür sehr geeignet.

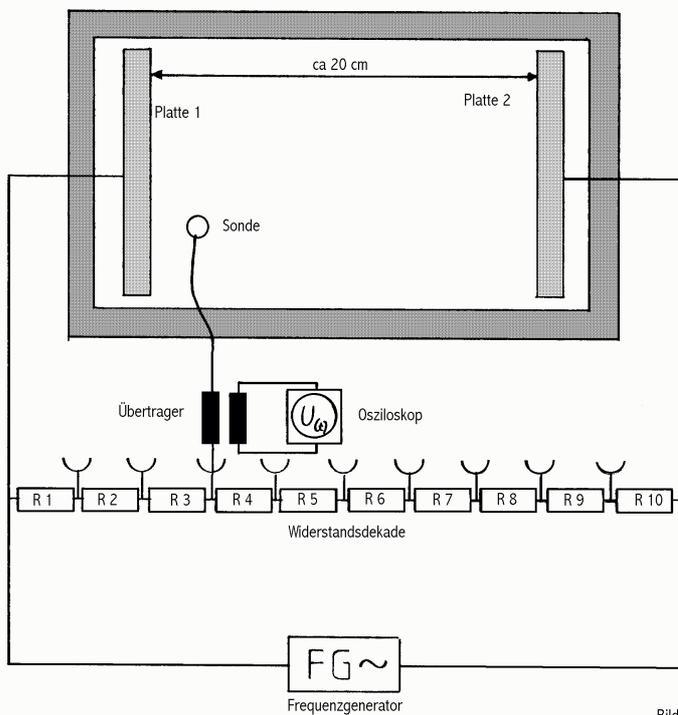


Bild 1.3

einen sehr hohen Innenwiderstand besitzt und damit auch der Sinus gut ablesen läßt. Das Oszilloskop wird über einen Übertrager an die Widerstandsdekade und die Sonde angeschlossen. Die Sonde befindet sich zwischen den Platten im Wasser. Ein Prinzipschaltbild dazu ist in Bild 1.3 dargestellt.

Berechnung der Kapazität vom Keil

Eine zeichnerische Bestimmung der Kapazität ist dann möglich, wenn es sich um ein ebenes Feld handelt. In einem solchem Feld kann man dann experimentell die Äquipotentiallinien bestimmen, welche dann als m Potentiallinien (Lienien mit gleichem Potential) in die Rechnung eingehen. Anhand der Potentiallinien kann dann das E-Feld als eine Relation eingezeichnet werden, indem man den abstand der Potentiallinien mit einem Zirkel auf die Potentiallinie abtägt und anschließend die

elektrolytischen Effekt zu vermeiden ist es ratsam eine Spannungsquelle zu benutzen, die ein Sinussignal am Ausgang abgibt. Für die Bestimmung des Potentials verwendet man am Besten eine Wheatstonschen Messbrücke, bei der eine Spannungsteiler der Trog ist und der andere über eine Widerstandsdekade realisiert wird. Als Meßwerk für die Brückenspannung eignet sich besonders gut ein Oszilloskop, da dies

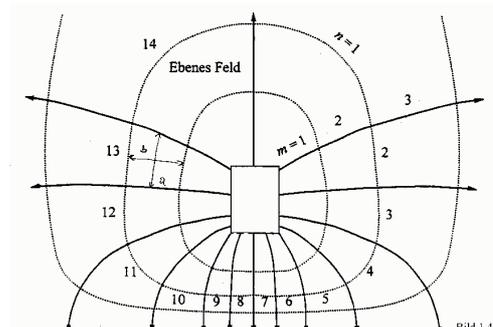


Bild 1.4

Punkte, unter Berücksichtigung des rechten Winkels, verbindet. Daraus erhält man dann n Flußröhren (Röhren mit gleicher Flußstärke). Durch diese Darstellung erreicht man, daß die Länge a und die Breite b im gesamten Feld zueinander im gleichen Verhältnis stehen, d.h. $a/b = \text{konstant}$ (siehe Bild 1.4). Folglich ist der

$$\Delta V = \frac{U}{m} \quad \Delta \Psi = \frac{Q}{n}$$

Gleichung 1.3 Gleichung 1.4

Potentialunterschied zwischen den Potentiallinien und der Erregungsfluß einer Flußröhre auch

$$\Delta \Psi = \frac{Q}{n} = D \cdot a \cdot l$$

$$\Delta V = \frac{U}{m} = E \cdot b$$

$\Delta \Psi$ = Flußänderung

ΔV = Potentialänderung

Q = Ladung der Elektrode

E = Elektrisches Feld

D = dielektrische Erregung

ϵ = Dielektrizitätszahl

$$\Rightarrow D = \frac{Q}{n \cdot a \cdot l}$$

$$\Rightarrow E = \frac{U}{m \cdot b}$$

$$D = \epsilon \cdot E$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{n \cdot a \cdot l} = \epsilon \cdot \frac{U}{m \cdot b} \quad \Rightarrow \quad U = \frac{Q \cdot m \cdot b}{\epsilon \cdot n \cdot a \cdot l}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \epsilon \cdot \frac{a \cdot l}{b} \cdot \frac{n}{m} = 0,88 \cdot 10^{-11} \frac{C}{V \cdot m} \cdot \frac{2,2 \text{ cm} \cdot 0,05 \text{ m}}{2,2 \text{ cm}} \cdot \frac{14}{10} = \underline{\underline{6,19 \cdot 10^{-13} \text{ F} = 0,619 \text{ pF} \pm 1,28 \cdot 10^{-13} \text{ F}}}$$

Fehler :

$$\Delta f = \sqrt{\left(\Delta a \cdot \left| \frac{\partial f}{\partial a} \right| \right)^2 + \left(\Delta l \cdot \left| \frac{\partial f}{\partial l} \right| \right)^2 + \left(\Delta b \cdot \left| \frac{\partial f}{\partial b} \right| \right)^2} = \sqrt{\left(\Delta a \cdot \left| \epsilon \cdot \frac{a \cdot l}{b} \cdot \frac{n}{m} \right| \right)^2 + \left(\Delta l \cdot \left| \epsilon \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{n}{m} \right| \right)^2 + \left(\Delta b \cdot \left| -\epsilon \cdot \frac{a \cdot l}{b^2} \cdot \frac{n}{m} \right| \right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(1 \text{ mm} \cdot \left| 0,88 \cdot 10^{-11} \frac{C}{V \cdot m} \cdot \frac{0,05 \text{ m}}{2,2 \text{ cm}} \cdot \frac{14}{10} \right| \right)^2 + \left(1 \text{ mm} \cdot \left| 0,88 \cdot 10^{-11} \frac{C}{V \cdot m} \cdot \frac{2,2 \text{ cm}}{2,2 \text{ cm}} \cdot \frac{14}{10} \right| \right)^2 + \left(1 \text{ mm} \cdot \left| -0,88 \cdot 10^{-11} \frac{C}{V \cdot m} \cdot \frac{2,2 \text{ cm} \cdot 0,05 \text{ m}}{(2,2 \text{ cm})^2} \cdot \frac{14}{10} \right| \right)^2} =$$

$$= 1,28 \cdot 10^{-13} \text{ F}$$

immer konstant, d.h. In einem Elementarbereich ist das Feld annähernd homogen und daraus folgen dann die nachstehenden Zusammenhänge.

Interpretation der Ergebnisse

Bei der Messung bei dem Blitzableiter ist festzustellen, daß die Äquipotentiallinien sich ausgehend vom Keil langsam in Richtung Platte anschmiegen und dadurch an den Rändern das Feld kleiner ist als in der Mitte. Betrachtet man den Zylinderkondensator stellt man fest, daß sich das Potential mit $\log R$ (R ist der Abstand von der Innenelektrode) absinkt und somit der Potential in der Nähe der Innenelektrode größer ist als in der Nähe der Außenelektrode bei gleichem Wegelement. Dies kann man beim Plattenkondensator nicht behaupten, dort verläuft das Potential direkt proportional zum Abstand. Ein Punkt, der bei allen drei Messungen auffällt ist, daß die Feldlinien immer im rechten Winkel zu den Äquipotentiallinien stehen, dies war auch eine wichtige Voraussetzung für die Konstruktion der Feldlinien.

Fehlerbetrachtung

Bei der Durchführung des Versuches können verschiedene Fehler auftreten. Zu einem kann ein Fehler bei der Messung der Abstände auftreten, welcher durch Paralaxe und auch durch die Krümmung der Sonde und der Platten, des Keils, der Kreise auftreten. Weitere Fehler können durch mechanische Verwindungen, beim Festschrauben des Trägerarmes, auftreten.

Eine andere Fehlerquelle ist die Ungenauigkeit der Widerstände im Spannungsteiler R1 – R10 und eine Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Minima über das Oszilloskop ist auch noch zu berücksichtigen. Bei der zeichnerischen Darstellung des Feldverlaufes bei dem Blitzableiter ist zu berücksichtigen, daß sich der Fehler bei der Einzeichnung des E-Feldes immer weiter verschiebt wird der Fehler mit zunehmendem Abstand vom Ursprung immer größer.

Literatur

- H.Frone; Einführung in die Elektrotechnik; 2 Elektrische und Magnetische Feld; B.G. Treubner Stuttgart; 1989
- Siemens; Einführung in die Elektrotechnik; Erfurt 1974