

Versuchsanleitungen
zum
Praktikum
Grundlagen der Elektrotechnik

Versuch Nr.:1

Der elektrolytische Trog



Fachhochschule Fulda
Fachbereich Elektrotechnik
Pf / Stand: 2/01

Gruppe Nr: _____

Namen: _____ (Protokollant)

Messung von Potenzialverteilungen im elektrolytischen Trog

Aufgaben:	Messung verschiedener ebener Potenzialverteilungen, Aufnahme der zugehörigen elektrischen Felder
Meßverfahren:	Elektrolytischer Trog in Brückenschaltung
Vorkenntnisse:	Potenzialbegriff, Zusammenhang zwischen elektrischem Feld und Potenzial, Begriff der elektrischen Feldstärke
Lehrinhalt:	Potenzial- und Feldverteilung zwischen leitenden ebenen und zylindrischen Flächen, an einer leitenden Kante (Blitzableiter) und in einer ebenen Triode.
Literatur:	Frohne, H.: Elektrische und magnetische Felder, Bd. 2

Einführung:

Gibt man Größe und Richtung des Feldstärkevektors $\vec{E}$ in jedem Punkt eines Raumes an, so wird das statische elektrische Feld in diesem Raum vollständig beschrieben. Eine andere Darstellung besteht in der Angabe eines Feldlinienbildes, d.h. man zeichnet die Schar der Kurven, deren Tangentenrichtungen immer mit der Richtung des Vektors zusammenfallen. Ihr Abstand wird indirekt proportional dem Betrag der Feldstärke gewählt. Anschaulich sind Feldlinien diejenigen Raumkurven, auf denen sich eine Probeladung unter dem Einfluß des elektrischen Feldes bewegen würde.

Gleichwertig mit der Kenntnis von $\vec{E}$ ist die Kenntnis des Potenzials U an jedem Punkt des Raumes, weil sich die Feldstärke hieraus durch Differentiation ermitteln läßt:

$$\vec{E} = - \operatorname{grad} U = - \frac{dU}{ds} \vec{s} \quad .$$

Eine Fläche, die Punkte gleichen Potenzials verbindet, nennt man Äquipotenzialfläche, $\vec{s}$ den dazugehörigen Flächenvektor (er ist vom Betrag 1 und steht senkrecht auf der Fläche). Die Feldlinien verlaufen orthogonal zu diesen Flächen.

An der Feldverteilung zwischen den Elektroden ändert sich nichts, wenn man unter Aufrechterhaltung der Elektrodenpotenziale ein nichtleitendes Dielektrikum durch einen elektrolytischen Leiter ersetzt. Taucht man nun eine punktförmige Sonde in den Elektrolyten ein, kann man mit einer Kompensationsmethode die Flächen gleichen Potenzials ermitteln und daraus die Feldlinien konstruieren. Als Elektrolyt kann Leitungswasser dienen. Die Elektroden sollen aus einem Material bestehen, das bei Stromdurchfluß nicht merklich angegriffen wird (Graphit, verchromtes Blech). Polarisationserscheinungen an den Elektroden vermeidet man durch Verwendung von Wechselstrom, als Nullinstrument dient ein Oszilloskop. Da sich alle Punkte des Systems im gleichen Augenblick in gleicher Spannungsphase befinden, sind die Spannungsverhältnisse die gleichen wie bei Benutzung von Gleichstrom bzw. im elektrostatischen Fall.

Aufgaben:

Im elektrolytischen Trog sollen folgende Potenzialverteilungen ausgemessen und auf Millimeterpapier aufgezeichnet werden:

1. Zwischen einem Keil und einer ebenen Fläche (Blitzableitermodell)

2. Zwischen zwei konzentrischen Elektroden (Zylinderkondensator); für diese Potenzialverteilung fertige man eine graphische Darstellung der Spannung in Abhängigkeit vom Radius in geeignetem logarithmischem Maßstab an.
3. Zwischen zwei ebenen Platten (Plattenkondensator)
4. In alle gemessenen Potenzialverteilungen sind die Feldlinien einzuzeichnen und an interessanten Stellen des Feldes die Feldstärke in (V/m) anzugeben. Die Potenzialdifferenz zwischen den Randelektroden soll mit 10 Volt angenommen werden.
5. Bestimmung der Kapazität zwischen Keil und ebener Fläche ($\epsilon_r = 1$).

Durchführung:

Aufgaben 1-3:

Die Wanne wird bis zur Höhe von ca. 5 cm mit Leitungswasser gefüllt und die Plattenelektroden im Abstand von etwa 20 cm eingesetzt. Beim Keil ist der Abstand Spitze-Platte auf etwa 15 cm einzustellen. Die Drahtsonde taucht zwischen den Elektroden *senkrecht* ins Wasser.

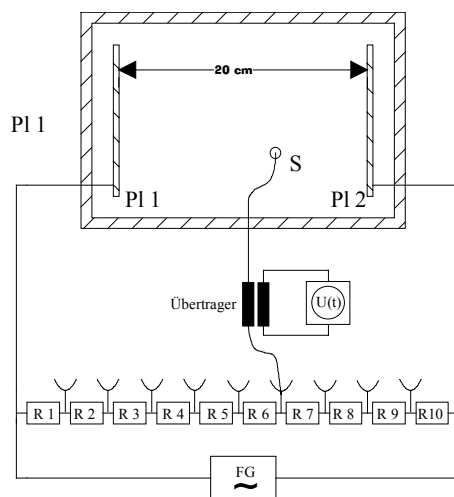


Abb. 1: Schaltung zur Ausmessung der Äquipotenziallinien im elektrolytischen Trog am Beispiel zweier ebener Platten.

Pl 1, Pl 2	-	Elektroden im Trog
S	-	Sonde
FG	-	Frequenzgenerator
R1,...,R10	-	Spannungsteiler aus Festwiderständen
U(t)	-	Oszilloskop.

An die Spannungsquelle (Frequenzgenerator) wird ein zehnstufiger Spannungsteiler ($R_n = 100 \Omega$) angeschlossen. Zwischen den Abgriff und die Sonde S ist das Oszilloskop geschaltet. Die Schaltung entspricht der einer Wheatstoneschen Brücke.

Die Amplitude des Frequenzgenerators und die Empfindlichkeit des Oszilloskops werden größtmöglich gewählt. Nun wird die Sonde im Trog solange verschoben, bis das Signal auf dem Bildschirm minimal wird. Das Potenzial an dieser Stelle ist dann gleich dem des Abgriffs am Spannungsteiler. Bei vorgegebenem Abgriff tastet man auf diese Weise den Verlauf der entsprechenden Äquipotenziallinie ab und trägt so viele Punkte auf, wie zur Festlegung des Verlaufs benötigt werden. Durch Benutzung aller Abgriffe erhält man so ein Bild des Potenzialverlaufs im Trog.

Da es nicht auf die absoluten Spannungswerte ankommt, werden zur Ermittlung der Feldstärke die Elektrodenpotenziale willkürlich gleich 0V und 10V gesetzt.

Die Frequenz wähle man im Bereich zwischen 1 und 10 kHz. Verunreinigungen der Elektroden und der Sonde (Fettflecke und Oxidation durch Anfassen, Kalkablagerungen) können erheblich stören und sollten deshalb vor der Messung entfernt werden.

Im Zylinderkondensator gilt für die Feldstärke:

$$\vec{E} = -\frac{dU}{d\rho} \vec{e}_\rho = \frac{A}{\rho}, \quad \text{also} \quad U = A \ln \rho + B \quad (\rho = \text{Radius in Zylinderkoordinaten})$$

mit den Randbedingungen:

$$U = 0\text{V für } \rho = \rho_i, \text{ und } U = 10\text{V für } \rho = \rho_a.$$

Dieser Zusammenhang soll überprüft werden.

Die Feldlinien zeichnet man in die Potenzialverteilungen, indem man jeweils an einer ebenen Elektrode (beim Zylinderkondensator an der äußeren Elektrode beginnt und von da aus die Feldlinien senkrecht zu den Äquipotenziallinien zeichnet. Der Maßstab wird so gewählt, daß der seitliche Abstand der Feldlinien an der Elektrode gleich dem Abstand der Äquipotenziallinien für 1V Potenzialdifferenz ist. Man erhält so ein anschauliches Bild des Feldverlaufs, aus dem die Feldstärke leicht zu entnehmen ist.

Die Äquipotenziallinien kann man sich in den betrachteten zweidimensionalen Fällen als die Höhenlinien einer Landkarte vorstellen, die Feldlinien geben die Richtung des stärksten Gefälles an. Ein solches Potenzialgebirge kann in komplizierten Fällen den Überblick über eine Potenzialverteilung wesentlich erleichtern.