

UNIVERSITÄT BIELEFELD

## **Der Elektrolytische Trog**

Durchgeführt am 03.05.06

Dozent:  
Dr. Udo Werner  
Borello

Praktikanten (Gruppe 1):  
Marcus Boettiger  
Marius Schirmer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziel des Versuchs</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Versuchsaufbau</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Durchführung und Auswertung</b>	<b>3</b>
4.1	Plattenkondensator . . . . .	3
4.2	Platte und Spitze . . . . .	4
4.3	Kondensator mit Leiter . . . . .	4
4.4	Kondensator mit Nichtleiter . . . . .	5
4.5	Kondensator und Gitter . . . . .	5
4.6	Zylinderkondensator . . . . .	6

## 1 Ziel des Versuchs

In diesem Versuch sollen die Elektrischen Felder verschiedener Elektrodenanordnungen untersucht werden, indem man die Äquipotentialflächen im Elektrolytischen Trog vermisst.

## 2 Theorie

Elektrisch geladenen Körper erzeugen ein elektrisches Feld, welches auf andere Ladungen eine Kraft ausübt. Das elektrische Feld  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$  ist ein Vektorfeld und kann durch Feldlinien dargestellt werden. Die Feldlinien geben die Richtung der wirkenden Kraft im Feld an. Genauer gesagt ist die Richtung der wirkenden Kraft in einem Punkt der Feldlinie gerade die Richtung der Tangente an die Feldlinie in diesem Punkt. Die Feldlinien verlaufen nach Konvention immer vom positiven Pol weg entweder ins Unendliche oder zu einem negativen Pol, sofern er vorhanden ist. Eigentlich ist ein Elektrisches Feld immer dreidimensional, allerdings wird hier nur eine Schnittfläche im Trog behandelt. Die Anzahl der gezeichneten Feldlinien ist proportional zur vorhandenen Ladung, d.h. wenn ein System aus 2 positiven und einer negativen Ladung existiert, dann geht die Hälfte der Feldlinien ins Unendliche und die andere Hälfte zur negativen Ladung. Neben den Feldlinien gibt es noch eine andere wichtige Darstellungsmöglichkeit für Felder, die Äquipotentialflächen oder hier (im zweidimensionalen) auch Äquipotentiallinien. Auf diesen lässt sich eine Ladung verschieben, ohne dass Arbeit gegen das Feld geleistet werden muss. Es ist klar, dass die Äquipotentiallinien immer senkrecht auf den Feldlinien stehen, da eine Bewegung (auch nur teilweise) entlang einer Feldlinie ja Bewegung gegen (oder mit) einer Kraft, also Arbeit bedeuten würde. Die Potentiellinien kann man messen, indem man ein Messpotentiometer an die Versorgungsspannung, welche das Feld aufbaut anschließt und so ein bestimmtes Verhältnis abgreifen kann. Das Potentiometer geht von 0-10 und lässt eine sehr feine Einstellung von hundertsteln zu. Stellt man es zum Beispiel auf 3.0, so wird das Potential des Feldes im Verhältniss 3:7 geteilt. Nun fährt man mit einem Messfühler im Trog herum und sucht die Punkte heraus, bei denen möglichst kein Strom fließt. Diese Punkte entsprechen dann der Äquipotentialfläche im zweidimensionalen, bei der Einstellung von 3.0 am Messpotentiometer.

### 3 Versuchsaufbau

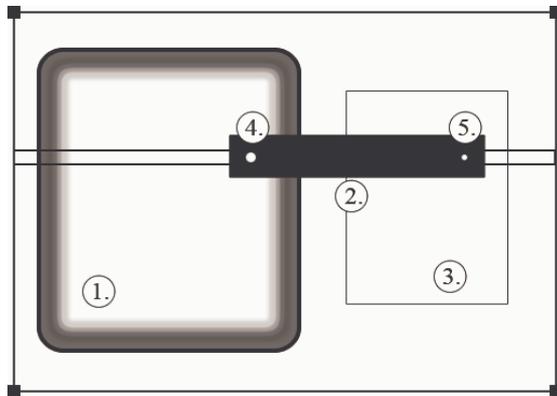


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Versuchsausrüstung

Der Elektrolytische Trog (1) ist ein mit destilliertem Wasser gefülltes Becken. In dieses Becken werden nun Elektroden gestellt die ein räumliches Feld erzeugen das mit dem Trog eine Schnittfläche bildet. Die Messbrücke (2) ist auf einem Schienensystem angebracht. Dadurch werden der Messfühler (4) und der Schreiber (5) immer parallel bewegt. Der Schreiber wird über einen Drahtauslöser bedient, so dass die gemessenen Linien auf das Papier (3) abgetragen werden.

Das Elektrolyt erzeugt ein Widerstandsfeld, bei dem die Potentiallinien

mit einer Messsonde abgegriffen werden können. Wenn nun der Widerstand groß genug ist entsprechen diese Potentiallinien ziemlich gut denen eines vergleichbaren elektrostatischen Feldes. Um das Feld zu erzeugen legt man eine Wechselspannung an die Elektroden an (10 V oder 20 V), damit Polarisationserscheinungen vermieden werden. Die absolute Spannung ist eigentlich egal, da hier nur auf die relative Verteilung der Potentiallinien ankommt.

Die Messsonde besteht aus einem Fühler, ein vergoldeter Chrom-Nickel-Draht, der senkrecht ca 2 cm tief ins Bad eintaucht. Zwischen Elektroden von verschiedenem konstanten Potential breitet sich ein statisches elektrisches Feld aus. Mit der Messsonde können bei fester Einstellung des Widerstandsverhältnisses alle Punkte mit demselben Potential ermittelt werden. Werden verschiedene Widerstandsverhältnisse eingestellt, erhält man verschiedene Äquipotentiallinien. So kann also das elektrische Feld mittels Äquipotentiallinien sehr genau aufgenommen werden. Die Feldlinien stehen immer senkrecht zu den Äquipotentiallinien. Diese werden wir im Anhang einzeichnen.

Das folgende Bild zeigt den Schaltplan des Messgerätes. Es gibt die zwischen 10 V und 20 V variable Spannungsquelle, das Präzisionspotentiometer, daneben die Anzeige für die Stromstärke an der Messbrücke und ganz unten die sechs Buchsen, welche die Elektroden mit Spannung versorgen. Man sieht auch das drei von ihnen variabel sind und die anderen vier ein festes Potential haben. An den Buchsen a und g liegt das volle Potential an.

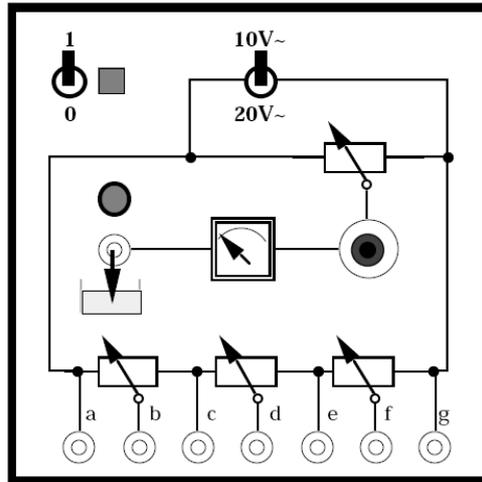


Abbildung 2: Schaltplan des Messgerätes

## 4 Durchführung und Auswertung

### 4.1 Plattenkondensator

Als erstes sollten wir das elektrostatische Feld in einem Plattenkondensator vermessen. Die Platten wurden durch zwei Kupferbleche realisiert, welche mit einem Abstand von 30 cm in den Trog gestellt wurden. Die Potentialdifferenz haben wir dafür auf 10 V eingestellt. Nun haben wir die Äquipotentiallinien für drei verschiedene Einstellungen am Messpotentiometer durchgeführt (3.0 ; 5.0 ; 7.0). Wie erwartet haben wir auch drei zu den Kondensatorplatten parallele Potentiallinien erhalten. Wobei die 5.0 Linie auch genau in der Mitte ist, da sie die beiden Potentiale halbiert. Interessant wäre es noch gewesen, das Verhalten des Feldes Außerhalb der Platten zu untersuchen, da hier das Feld nicht mehr homogen ist. Doch leider war dies auf Grund des Aufbaus nicht möglich.

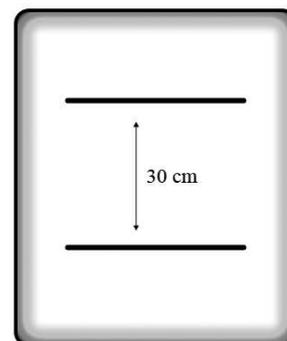


Abbildung 3: Versuch 1

## 4.2 Platte und Spitze

Im zweiten Versuch bestand der Aufbau aus einer Kondensatorplatte, wie im ersten Versuch, und einer Spitze. Die Spitze stellt eine sehr kleine Oberfläche dar, auf der die Ladungen sehr konzentriert sind. Das Feld ist dort also erwartungsgemäß am größten. Die Messung der Äquipotentiallinien bestätigte, dass dort die Dichte der Feldlinien am größten sein muss, da die Potentiallinien kurven um die Spitze bildeten. Wir haben die gleichen Messpotentiale wie im ersten Versuche eingestellt und zusätzlich noch eines bei 8.0 da man so noch eine Linie, welche näher an der Spitze ist messen konnte. Dabei stellten wir fest, dass die Messung ungenauer wurde, je näher man den Elektroden kommt. Es könnte allerdings auch daran liegen, dass die Kanten der Bleche keinen geraden Linien entsprechen.

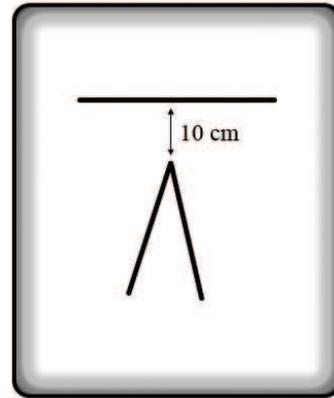


Abbildung 4: Versuch 2

## 4.3 Kondensator mit Leiter

Der dritte Versuch war aufgebaut wie der erste, nur dass zusätzlich noch eine leitender Kupferring ins Feld der Kondensatorplatten gelegt wird. Wir haben ein Potential 8.0 weit weg von dem Kupferring gemessen. Die Potentiallinie war hier Parallel, das Feld wurde hier also nicht verändert. Als nächstes haben wir die Äquipotentiallinien bei einer Einstellung von 6.5, 6.0 und 4.5 abgegriffen. Diese gingen jeweils nah an dem Ring vorbei und dort ist die Linie jeweils etwas 'ausgebeult'. Der Ring wirkt sich also auf das Feld aus, wenn auch nicht besonders Stark.

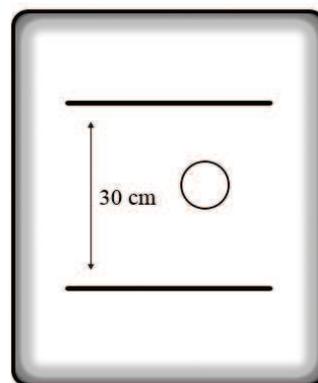


Abbildung 5: Versuch 3

Als letztes haben wir noch die Potentiallinie bei 5.0 gemessen. Diese verlief allerdings durch den Ring, so dass wir sie nur bis kurz davor verfolgen konnten. Sie entspricht jedoch nahezu einer Geraden.

#### 4.4 Kondensator mit Nichtleiter

Für den nächsten Versuch wurde der Kupfer-ring durch eine PVC Scheibe ausgetauscht. Hier haben wir sehr viele Messungen vorgenommen. Die Äquipotentiallinien bei 6.0, 7.0, 8.0 und 8.5 wurden alle stark abgelenkt und verliefen alle in den Mittelpunkt der Scheibe. Selbst die Potentiallinien bei 8.7 und sogar 9.0 wurden noch stark gestört von dem Nichtleiter, so dass diese eine Beule in der Nähe der Scheibe haben. Man muss allerdings dazu sagen, dass die PVC Scheibe einen größeren Radius hat als der Kupfer-ring. Für die Feldlinien bedeutet dieses Ergebnis also, dass sie durch den Isolator zur Seite gedrängt werden, ähnlich wie in einem Windkanal die Nebelspuren. Allerdings ist diese Tatsache nicht verwunderlich, da in einem Isolator keine Ladungen bewegt werden können.

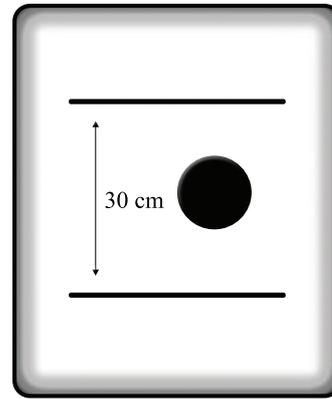


Abbildung 6: Versuch 4

#### 4.5 Kondensator und Gitter

Die fünfte Aufgabe bestand darin, ein Feld zwischen Anode, Gitter und Kathode, ähnlich dem einer Triode, zu vermessen. Die Potentiale sollten folgendermaßen verteilt sein: Anode +200 V, Gitter +20 V und Kathode 0 V. Da es nicht auf die Absolute Spannung ankommt haben wir die Potentiale so aufgeteilt: Anode 10 V, Gitter 1 V und Kathode 0 V. Als nächstes haben wir dann die Äquipotentiallinie bei 4.0 gemessen. Diese war dem Gitter schon relativ nahe, wurde jedoch offensichtlich nicht dadurch beeinträchtigt. Also sind wir näher an das Gitter heran gegangen und haben die Potentiallinien bei 5.0 und 6.2 abgegriffen. Diese waren dem Gitter so nah, dass man weiter mit dem

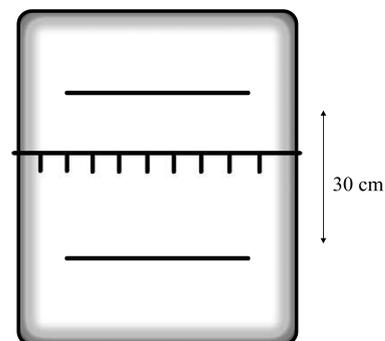


Abbildung 7: Versuch 5

Messfühler nicht an das Gitter kommt. Überraschender weise stellten wir fest, dass diese Linien auch kaum beeinflusst wurden. Es ließ sich auch keine Regelmäßigkeit in der Nähe der Gitterstäbe feststellen. Wir hatten allerdings Probleme mit dem Messgerät in diesem Versuch weshalb es zu Schwankungen bei der Messung kam.

## 4.6 Zylinderkondensator

In der letzten Aufgabe sollte man das Feld eines Kondensators, der aus zwei konzentrischen Kupferringen aufgebaut ist untersuchen. Der Erwartung nach müssten hier die Feldlinien Senkrecht vom inneren zum äußeren Ring verlaufen. Die Messung der Äquipotentiallinien bestätigte dies, da wir ebenfalls konzentrische Kreise bekamen für die jeweiligen Einstellungen von 3.0 , 6.0 und 8.0 . Da die Feldlinien Senkrecht auf den Potentiallinien stehen, treffen sie auch Senkrecht auf die Kupferringe

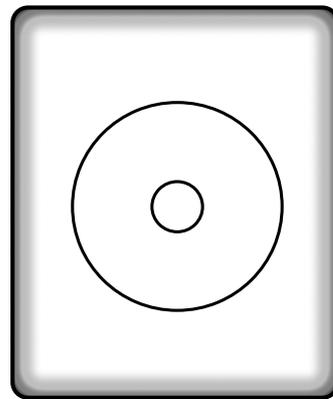


Abbildung 8: Versuch 6

Das elektrostatische Feld dieses Kondensators lässt sich auch in Abhängigkeit von dem Radius berechnen:

$$E(r) = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \frac{r}{R^2}$$

Der Versuch war sehr aufschlussreich, da man sich die elektrischen Felder nicht immer gut vorstellen kann und man diese nun konkret gesehen hat. Erstaunlich war, dass ein Gitter mit anliegendem Potential das elektrische Feld zwischen Anode und Kathode so gut wie nicht stört. Das hatten wir so nicht erwartet.

Als Anhang haben wir noch die zu den Versuchen vermessenen Felder mit den abgetragenen Potentiallinien. Außerdem haben wir noch die Feldlinien eingezeichnet.

## Abbildungsverzeichnis

1	Schematischer Aufbau der Versuchsaperatur . . . . .	2
2	Schaltplan des Messgerätes . . . . .	3
3	Versuch 1 . . . . .	3
4	Versuch 2 . . . . .	4
5	Versuch 3 . . . . .	4
6	Versuch 4 . . . . .	5
7	Versuch 5 . . . . .	5
8	Versuch 6 . . . . .	6

## Literatur

- [1] Wolfgang Demtröder, Experimentalphysik 2, Springer Lehrbuch, viert neu bearbeitete und aktualisierte Auflage, 2005
- [2] Horst Kuchling, Taschenbuch der Physik, Fachbuchverlag Leipzig, 18. neubearbeitete Auflage, 2004
- [3] Paul A. Tipler, Gene Mosca, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, Spektrum Akademischer Verlag, 2. Auflage, 2004
- [4] Udo Werner, Script für das Physik-Praktikum I, Universität Bielefeld Fakultät für Physik, 2006