PT - Potentialtrog
Blockpraktikum Herbst 2005

Alexander Seizinger, Tobias Müller
Assistent Karin Marianowski

Tübingen, den 5. Oktober 2005

1 Vorwort

In diesem Versuch visualisierten wir die Äquipotentiallinien verschiedener Ladungsverteilungen.

2 Aufgaben

2.1 Elektrolytischer Trog

Mittels einer Wheatstone Brückenschaltung kann durch Nullabgleich das enstprechende Potential bestimmt werden. Ist das Potentiometer auf ein gewisses Potential eingestellt, können durch Abtasten und suchen des Minimums Äquipotentiallinien bestimmt werden.

2.2 Wheatstone Brücke

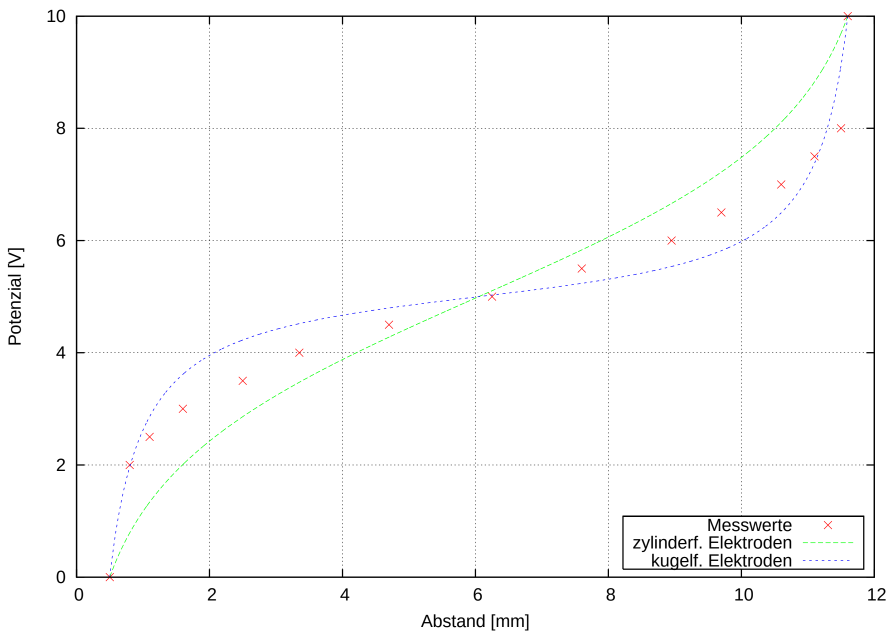
Die Wheatstone Brückenschaltung dient zur Bestimmung nicht zu kleiner Widerstände. Hierbei werden jeweils zwei hintereinander geschaltete Paare von Widerständen R_1, R_2 und R_3, R_4 paralell geschaltet, wobei zwischen R_1 und R_2 eine Stromstärkemessgerät mit der gegenüberleigenden Seite zwischen R_3 und R_4 verbunden wird. Will man einen unbekannten Widerstand bestimmen, verändert man einen Widerstand so lange, bis kein Strom mehr zwischen den beiden Zweigen fliesst. In diesem Fall gilt (da die an R_1 und R_2 abfallende Spannung gleich der an R_3 und R_4 abfallenden sein muss)

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

2.3 Quadrupol und weitere Anordnung

Die beiden angehängten Zeichnungen der Feldlinien entsprechen sehr gut den zu erwartenden theoretischen Ergebnissen. Vor allem der Quadrupol ist ja ein bekanntes Beispiel und man sieht dort sehr schön die Feldlinien zwischen den gegenpoligen Polen und Abstoßung zwischen den gleichpoligen Polen.

2.4 Dipol



Im Versuch wurde zylinderförmige Elektroden verwendet, welche allerdings im Gegensatz zur theoretischen Elektrode, eine endliche Ausdehnung hatten und somit spielten auch randeffekte eine Rolle. Die relative kurzen Zylinder könnten auch als etwas langstreckte Kugel interpretiert werden. Dass das Potenzial genau zwischen beiden Extrema liegt war also zu erwarten.

2.5 Nabla Operator

Anschaulich betrachtet liefert Nablaoperator $\vec{\nabla}$ angewandt auf sein Skalarfeld Φ einen Vektor, der in Richtung der größten Änderungsrate des Skalarfeldes zeigt.
Es gilt

$$\nabla = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{pmatrix}$$

Sei im folgenden $\vec{A}$ ein Vektorfeld, dann haben die *Differentialoperatoren* rot und div mit

$$div\vec{A} = \nabla\vec{A}$$

$$rot\vec{A} = \nabla \times \vec{A}$$

folgende anschauliche Bedeutungen:

- **Divergenz:**
  Die Divergenz von $\vec{A}$ liefert die Quellen und senken des Vektorfeldes. Im Falle des elektrischen Feldes ist die Divergenz über eine geschlossene Fläche integriert gerade die Ladung, die sich innerhalb des von dieser Fläche eingeschlossenen Volumnes befindet.

- **Rotation:**
  Die Rotation bezeichnet man auch als die Wirbelstärke. Konsevative Kraftfelder haben keine Wirbel, da sonst im allgemeinen

  $$\int_{W1} \vec{A} \cdot d\vec{s} \neq \int_{W2} \vec{A} \cdot d\vec{s} \qquad \text{bzw.} \qquad \oint_{W3} \vec{A} \cdot d\vec{s} \neq 0$$

  wobei $W1$ und $W2$ zwei verschiedene Wege mit gleichen Anfangs- und Endpunkten, $W3$ einen geschlossenen Weg bezeichne. Anschaulich wäre also beispielsweise eine unterschiedliche Arbiet abhängig vom gewählten Weg nötig.

2.6 Maxwell-Gleichungen

$$\nabla\vec{D} = \rho \tag{1}$$

$$\nabla \times \vec{E} - \frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = 0 \tag{2}$$

$$\nabla \times \vec{H} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = \vec{j} \tag{3}$$

$$\nabla\vec{B} = 0 \tag{4}$$

Aus 2 folgt, dass sich das $\vec{E}$-Feld als negativer Gradient eines Skalarfeldes Φ darstellen lässt.

$$\vec{E} = -\nabla\Phi \tag{5}$$

Für den Fall einer statischen Ladungsverteilung werden alle zeitlichen Ableitungen 0. Setzt man weiterhin $\vec{D} = \epsilon\vec{E}$ so wird 1 zu

$$\nabla\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$$

Setzt man 5 ein so folgt die *Poisson-Gleichung*

$$\nabla(\nabla\Phi) = \frac{\rho}{\epsilon}$$

für einen ladungsfreien Raum ($\rho = 0$) ergibt sich damit die *Laplace-Gleichung*

$$\Delta\Phi = 0$$