PT - Potentialtrog

Praktikum Wintersemester 2005/06

Philipp Buchegger, Johannes Märkle
Assistent Karin Marianowski

Tübingen, den 17. Februar 2006

Auswertung

Elektrolytischer Trog

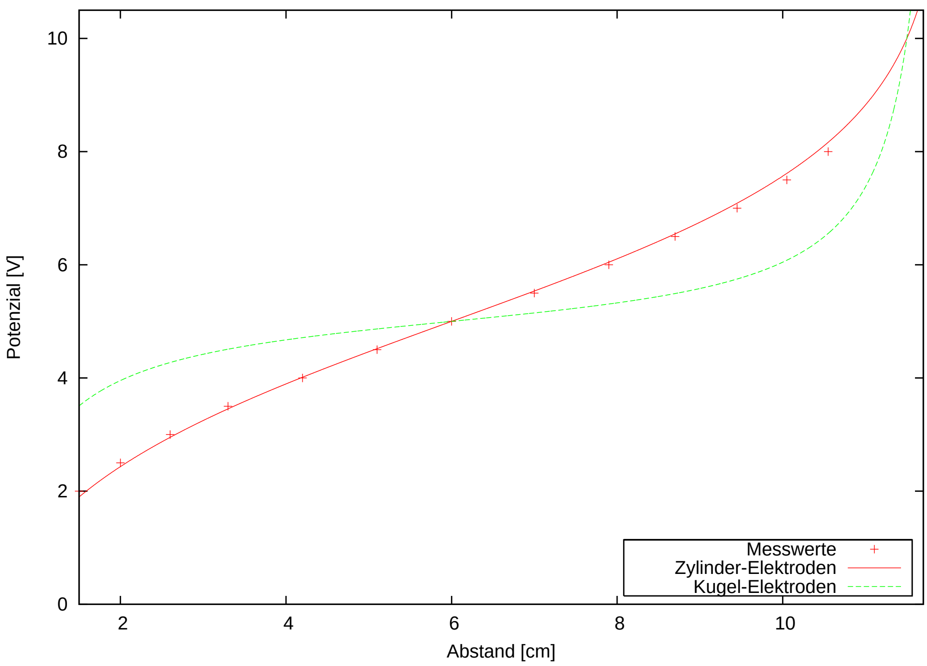
Eine Wheatstone Brücke stellt eine elegante Möglichkeit zur Bestimmung von elektrostatischen Potentialen dar. Dies liegt daran, dass die Brückenschaltung das auszumessende Potential weniger beeinflusst, als dies durch Spannungsmessgeräte, die einen Teststrom zur Bestimmung der Potentialdifferenz benötigen, geschieht. Markiert man nun anhand der Schaltung ausgemessene Punkte gleichen Potentials, so lassen sich hieraus vorhandene Äquipotentiallinien rekonstruieren.

Wheatstone Brücke

Die Wheatstone Brücke wird häufig dafür verwendet unbekannte ohmsche Widerstände zu bestimmen. Dazu wird zuerst ein Paar ohmscher Widerstände in Reihe geschalten (R_1,R_2, wobei in vielen Versuchsaufbauten dieses Paar zweckmäßigerweise durch ein Potentiometer ersetzt ist). Dann wird ein weiteres Paar in Reihe geschaltener ohmscher Widerstände nun parallel zum bereits vorhandenen Paar in den Stromkreislauf geschalten (R_3,R_4). Nun werden die beiden parallel geschaltenen Widerstandspaare jeweils zwischen den in Reihe geschaltenen Widerständen mit einem Strommessgerät verbunden. Verändert man einen der Widerstände so, dass kein Strom mehr zwischen den beiden Seiten fließt, so liegen sie auf gleichem Potential und es ergibt sich:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \tag{1}$$

Dipol



Wie man gut sieht, wurden Zylinderförmige Elektroden verwendet. Obwohl sie nur eine endliche Ausdehnung haben und somit auch etwas in Richtung der Kurve der kugelförmigen Elektroden müssten, ist klar zu erkennen, dass dieser Effekt bei uns nicht so groß war.

Nabla-Operator

Nabla stellt ein Vektor dar, dessen Komponenten in karthesischen Koordinaten die partiellen Differentialoperatoren $\partial/\partial x$, $\partial/\partial y$ und $\partial/\partial z$ sind. Sowohl der Operator $grad$ als auch div und rot lassen sich durch den Nabla-Operator darstellen. Es gilt:

$$grad\Phi = \vec{\nabla} \cdot \Phi \tag{2}$$

$$div\Psi = \vec{\nabla} \cdot \Psi \tag{3}$$

$$rot\Psi = \vec{\nabla} \times \Psi \tag{4}$$

Wobei Φ ein Skalar und Ψ ein Vektorfeld ist.

Der Gradient einer skalaren Funktion steht dabei immer senkrecht auf den Niveauflächen der Funktion und zeigt stets in Richtung des größten Zuwachses von Φ.

Die Divergenz gibt Aufschluss über Quellen und Senken eines Vektorfeldes.

Die Rotation zeigt einem die Wirbel eines Vektorfeldes auf.

Diskussion der Ergebnisse

Quadrupol

Unsere Messergebnisse haben den theoretischen Quadrupol bestätigt, es gab keine besonderen Anzeichen von störenden Nebeneffekten.

Dipol

Der Feldlinienabstand ist wie zu erwarten nicht linear, das Bild ist spiegelsymmetrisch

Dritte Anordnung 0V,10V,6V

Beginnend bei 0V ist das Feld noch nahezu homogen, man sieht aber recht schnell, dass es auf der linken Seiten inhomogen wird. Je näher man an die 10V-Schiene kommt, desto höher ist die Feldstärke. Das gilt auf beiden Seiten der 10V-Schiene.An ihrer linken Kante ist die Feldstärke maximal. Ungewöhnlich ist der Knick der 6.7V Linie ganz links. Es handelt sich hierbei nicht um einen Messfehler, also muss dort irgendeine Fremdeinwirkung gewesn sein. Die 6.7V Äquipotenziallinie ist auf eine zu spät bemerkte Potenzialeinstellung zurückzuführen.

Maxwell-Gleichungen

Die Maxwell-Gleichungen der Elektro- und Magnetostatik lauten:

$$\nabla\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \tag{5}$$

$$\nabla\times\vec{E} = 0 \tag{6}$$

$$\nabla\times\vec{H} = \vec{j} \tag{7}$$

$$\nabla\vec{B} = 0 \tag{8}$$

Für die Dynamik gilt:

$$\nabla\times\vec{E} = \frac{-\partial\vec{B}}{\partial t} \tag{9}$$

$$\nabla\times\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \tag{10}$$

Aus (6) folgt, dass das E-Feld in der Elektrostatik ein konservatives Kraftfeld darstellt und man somit ein skalares Potential Φ findet, für das gilt:

$$E = -\nabla\Phi \tag{11}$$

Setzt man dies nun in 5 ein so erhält man

$$\nabla(-\nabla\Phi) = \frac{\rho}{\epsilon_0} \tag{12}$$

Für eine Ladunsgverteilung $\rho = 0$, also ohne Raumladung ergibt sich dann:

$$-\Delta\Phi = 0 \tag{13}$$

$$\Delta\Phi = 0 \tag{14}$$

u [V]	r_{gem} [cm]
2	1.5
2.5	2
3	2.6
3.5	3.3
4	4.2
4.5	5.1
5	6
5.5	7
6	7.9
6.5	8.7
7	9.45
7.5	10.05
8	10.55