

Praktikum Grundlagen der Elektrotechnik		Laborbericht
Versuchs-Nr. laut Begleitschrift	2	
Gruppen-Nr.		
Versuchsname		
Protokollführer		
2. Gruppenmitglied		
3. Gruppenmitglied		
Versuchsdatum:		
Zeitliche Nr. des Versuchs:		
Betreuender Dozent:	Prof.	
Betreuender Assistent:	Dipl.-Ing.	

Nr	Titel	Kurzform	
1	Messen mit dem Oszilloskop	Skop	
2	Messen elektrischer Felder im elektrolytischen Trog	Trog	X
3	Blindstromkompensation	Blind	
4	RC-Schaltungen (Tiefpass/Hochpass)	RC	
5	Durchflutungsgesetz		
6	Elektrisches Feld, Plattenkondensator	E-Feld	
7	Halbleiter	Diode	
8	Hystereseschleife und Stromverzerrung	Hysteresese	
9	Transformator	Trafo	

Bericht erhalten	Rückgabe zur Korrektur	Stichprobendurchsicht OK

Inhaltsverzeichnis

1. Beschreibung der Messaufgabe	3
2. Erforderliche Theorie	3
2.1. Feldlinien und Äquipotentiallinien	3
2.2. Messung am Modell im Maßstab 1:m	4
2.3. Umrechnung Kapazität- Widerstand	4
2.4. Zusammenhang zwischen Potential und Feldstärke	5
2.5. Formeln für das Koaxialkabel	5
3. Verwendete Geräte	5
4. Versuchsdurchführung, Messaufbau	5
4.1. Nachbildung des Koaxialkabels	5
4.2. Messung der Freileitungsnachbildung	6
5. Darstellung der Ergebnisse	7
5.1. Messung der Koaxialanordnung	7
5.2. Messung der Freileitungsanordnung	8
6. Kommentierung der Ergebnisse	11
Anhang: Versuchsprotokoll, Versuchs-Mitschrift	11

1. Beschreibung der Messaufgabe

Das elektrische Feld verschiedener Anordnungen soll mit Hilfe von Modellen (elektrolytischer Trog) bestimmt werden. Da ist zum einem das Feld einer Freileitung und zum anderen das Feld eines Koaxialkabels zu bestimmen.

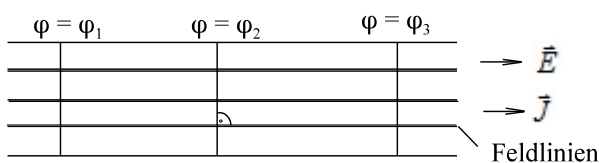
2. Erforderliche Theorie

2.1. Feldlinien und Äquipotentiallinien

Feld- und Äquipotentiallinien stehen immer senkrecht aufeinander, sowohl im homogenen Feld (siehe Bild 1) als auch im inhomogenen Feld (siehe Bild 2). Physikalisch ist dieses dadurch erklärbar, dass die Stromdichte in Richtung der maximalen Spannungsänderung gerichtet ist. Dieses kann nur senkrecht zu einer Äquipotentiallinie erfolgen. Mathematisch ist die Stromdichte in der folgenden Form gegeben:

$$\vec{J} = \kappa * \vec{E} = -\kappa * \text{grad}(\varphi)$$

Danach ist die Stromdichte in Richtung des (negativen) Gradienten gerichtet. Der Gradient steht bekanntlich senkrecht auf Orte = const.



$$\begin{aligned} &= \varphi_1 = \text{const} \\ &= \varphi_2 = \text{const} \\ &= \varphi_3 = \text{const} \end{aligned}$$

Bild 1: Feld- und Äquipotentiallinien im homogenen Feld

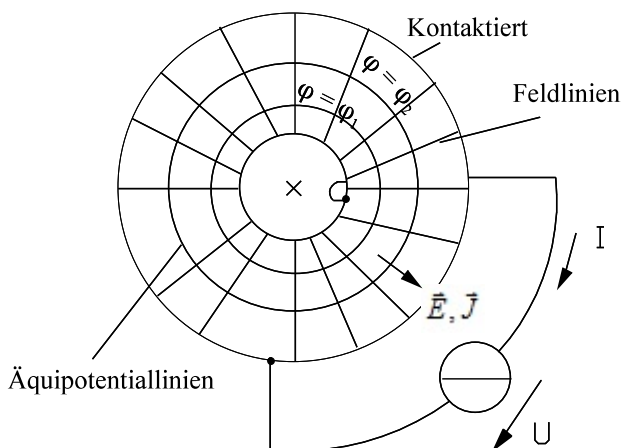


Bild 2: Feld- und Äquipotentiallinien im inhomogenen Feld

An einer Grenzfläche zwischen einem guten und einem schlechten Leiter verlaufen die Feldlinien im schlechten Leiter nahezu senkrecht zum guten Leiter, siehe Bild 3. Der gute Leiter kann wegen der guten Leitfähigkeit als eine Äquipotentiallinie angesehen werden; auf Äquipotentiallinien stehen die Feldlinien bekanntlich senkrecht.

An einer Grenzfläche zwischen einem Leiter und einem Isolator verlaufen im Leiter die Feldlinien parallel zum Isolator (siehe Bild 4), weil es keine Komponente der Stromdichte in Richtung Isolator geben kann.

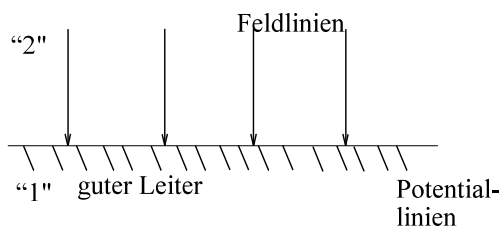


Bild 3: Feldverlauf an der Grenzschicht guter Leiter – schlechter Leiter
($E_1 \approx 0 \Rightarrow E_{\text{Grenz}} = \text{const}$ weil $\epsilon_1 \gg \epsilon_2$)

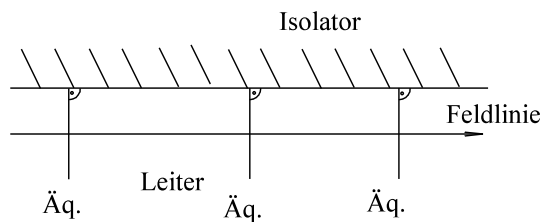


Bild 4: Feldverlauf an der Grenzschicht Leiter – Isolator

2.2. Messung am Modell im Maßstab 1:m

Dazu werden alle Abmessungen der stromführenden Originalanlage um den Maßstabsfaktor m verkleinert.

Index M: Modell
Index O: Original
m: Maßstabsfaktor

$$m = \frac{l_O}{l_M} = \frac{r_O}{r_M} \quad \frac{A_M}{A_O} = \left(\frac{l_M}{l_O}\right)^2 = \frac{1}{m^2}$$

A) Verhältnis R_M zu R_O

$$R_M = \frac{l_M}{\kappa_M * A_M} \quad R_O = \frac{l_O}{\kappa_O * A_O}$$

$$\frac{R_M}{R_O} = \frac{\frac{l_M}{\kappa_M * A_M}}{\frac{l_O}{\kappa_O * A_O}} = \frac{\kappa_O * l_M * A_O}{\kappa_M * l_O * A_M} = \frac{\kappa_O * 1}{\kappa_M * m} * m^2$$

$$R_O = \frac{\kappa_M * R_M}{\kappa_O * m}$$

B) Verhältnis C_M zu C_O

$$C_M = \frac{\varepsilon_M * A_M}{l_M} \quad C_O = \frac{\varepsilon_O * A_O}{l_O}$$

$$\frac{C_M}{C_O} = \frac{\frac{\varepsilon_M * A_M}{l_M}}{\frac{\varepsilon_O * A_O}{l_O}} = \frac{\varepsilon_M * A_M * l_O}{\varepsilon_O * A_O * l_M} = \frac{\varepsilon_M * 1}{\varepsilon_O * m^2} * m = \frac{\varepsilon_M * 1}{\varepsilon_O * m}$$

$$C_O = m * \frac{\varepsilon_O}{\varepsilon_M} * C_M$$

2.3. Umrechnung Kapazität- Widerstand

Für einen Plattenkondensator ergibt sich die Kapazität:

$$C = \varepsilon * \frac{A}{l}$$

Der ohmsche Widerstand (bei vorhandener Leitfähigkeit) eines Plattenkondensators lässt sich wie folgt berechnen:

$$R = \frac{l}{\kappa * A}$$

Durch Einsetzen von

$$\frac{A}{l} = \frac{1}{\kappa * R}$$

in die Formel der Kapazität ergibt sich:

$$C = \frac{\varepsilon}{\kappa * R}$$

Damit lässt sich im homogenen Feld die Kapazität aus dem Widerstandswert berechnen, wenn die Leitfähigkeit und die Dielektrizitätskonstante bekannt sind. Ohne Beweis: Dieses gilt auch für das inhomogene Feld.

2.4. Zusammenhang zwischen Potential und Feldstärke

Aus dem Potential lässt sich die Feldstärke wie folgt berechnen:

$$\vec{E} = -\text{grad}(\varphi) = - \begin{pmatrix} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \\ \frac{\partial \varphi}{\partial y} \\ \frac{\partial \varphi}{\partial z} \end{pmatrix} \quad \text{und eindimensional} \quad E_x = -\frac{d\varphi}{dx} \quad \text{oder} \quad E_r = -\frac{d\varphi}{dr}$$

Aus der Feldstärke lässt sich mit Hilfe des Linienintegrals das Potential berechnen:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = - \int_{R_1}^{R_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \text{und eindimensional} \quad \varphi_2 - \varphi_1 = -E_x dx \quad \text{oder} \quad \varphi_2 - \varphi_1 = -E_r dr$$

2.5. Formeln für das Koaxialkabel

Für eine konzentrische Anordnung mit den Innenradius r_1 und dem Außenradius r_2 gilt mit $\varphi(r_2) = 0$ (außen geerdet) und $\varphi(r_1) = U$:

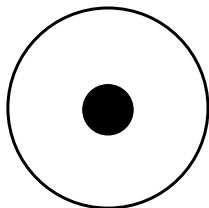
$$E_r = \frac{U}{\ln(r_2/r_1)} * \frac{1}{r} \quad \varphi(r) = U * \frac{\ln(r_2/r)}{\ln(r_2/r_1)}$$

3. Verwendete Geräte

Gerät	Serien-Nr.

4. Versuchsdurchführung, Messaufbau

4.1. Nachbildung des Koaxialkabels



Für die Nachbildung einer Koaxialleitung (siehe Bild 5) wurde das Potential als Funktion des Radius aufgenommen.

Bild 5: Nachbildung der Koaxialleitung im elektrolytischen Trog

4.2. Messung der Freileitungsnachbildung

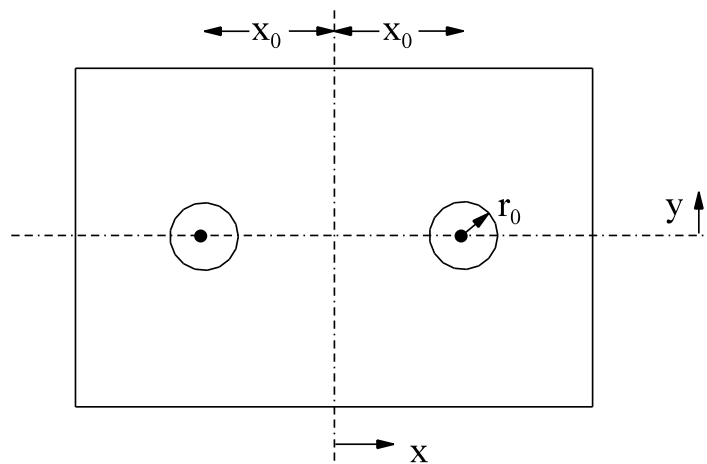


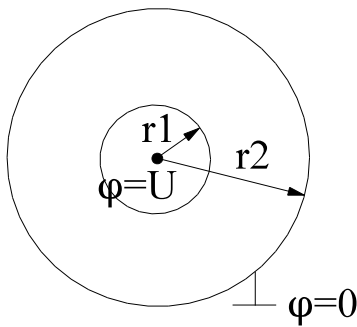
Bild 6: Nachbildung der Freileitung im elektrolytischen Trog

Für die Nachbildung einer Freileitung (siehe Bild 6) wurden unter Ausnutzung der Symmetrie die acht Äquipotentiallinien $U_1 = 2V$, $U_2 = 4V$, $U_3 = 6V$, $U_4 = 8V$, $U_5 = 10V$, $U_6 = 12V$ und $U_7 = 14V$ aufgenommen.

5. Darstellung der Ergebnisse

5.1. Messung der Koaxialanordnung

Das an der Koaxialanordnung (Bild 7) gemessene Potential nach Tabelle 1 ist in Bild 8 grafisch dargestellt. Zum Vergleich ist dort der theoretische Verlauf auch dargestellt. Bild 9 zeigt die aus den Messwerten mit Hilfe des Differenzenverfahrens (Differentialquotient) ermittelte Feldstärke. Auch dort ist zum Vergleich die theoretisch zu erwartende Feldstärke dargestellt.



Nr.	r in mm	phi in V
1	3.0	20.0
2	4.0	13.0
3	5.0	10.0
4	6.0	7.0
5	7.0	5.0
6	8.0	3.0
7	9.0	2.0
8	0.0	0.0
9	0.0	0.0
10	0.0	0.0

Bild 7: Skizze der zu messenden Anordnung, $U = 25 \text{ V}$
 $r_1 = 2 \text{ mm}$, $r_2 = 12 \text{ mm}$

Tabelle 1: Gemessenes Potential als Funktion des Radius

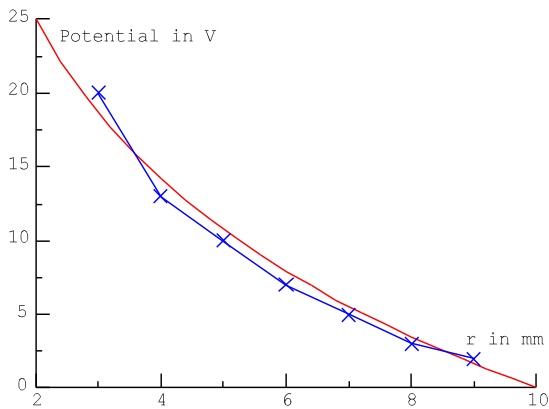


Bild 8: Potential als Funktion des Radius
 a) gemessen b) theoretisch

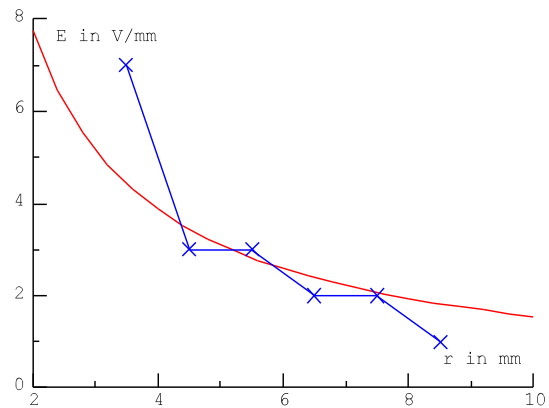


Bild 9: Feldstärke als Funktion des Radius
 a) gemessen b) theoretisch

Seite wird durch Programm erzeugt !!!!!!!

5.2. Messung der Freileitungsanordnung

Eingabe Meßwerte auf y-Achse:
 Potential als Funktion des Ortes

Potential	y in mm
1 V	-29.0
2 V	-27.0
4 V	-25.0
6 V	-21.0
8 V	-17.0
10 V	-13.0
12 V	-7.0
14 V	-2.0

Die gemessenen Potentialwerte wurden auf Millimeterpapier übertragen, siehe Bild 12. Die Feldlinien wurden konstruiert. In Bild 13 ist ein theoretischer Verlauf dargestellt.

Die Verhältnisse auf der Verbindungslinie der Elektroden wurden gesondert untersucht. In Tabelle 2 sind die gemessenen Potentialwerte auf der y-Achse angegeben. Diese Messwerte sind in Bild 10 grafisch dargestellt und zum Vergleich auch die theoretischen Werte. Bild 11 zeigt die aus den Messwerten mit Hilfe des Differenzenverfahrens (Differentialquotient) ermittelte Feldstärke. Auch dort ist zum Vergleich die theoretisch zu erwartende Feldstärke dargestellt.

Tabelle2: Messwerte der Freileitungsanordnung auf der y-Achse

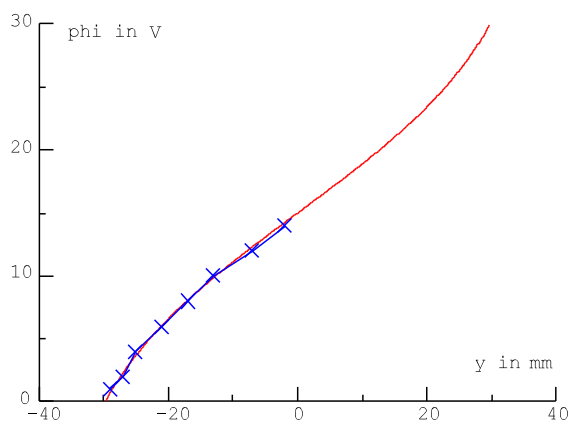
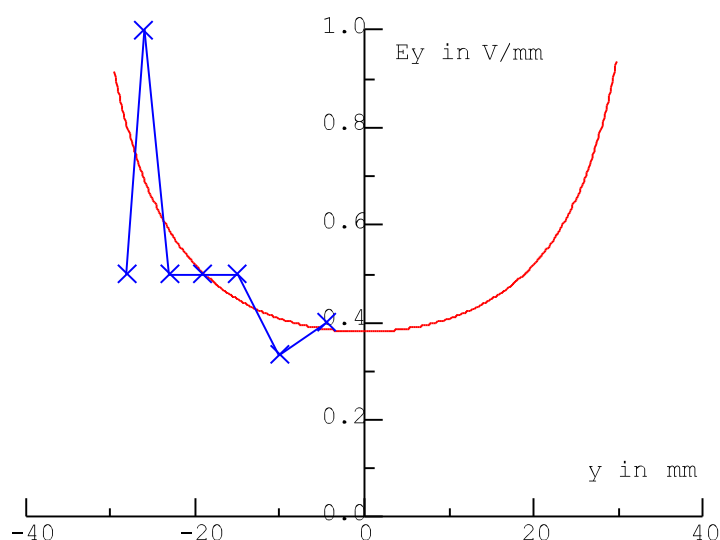


Bild 10: Potential auf der Verbindungslinie der Elektroden
 a) gemessener Verlauf b) theoretischer Verlauf



Blatt wird durch Programm erzeugt !!!!!!!

Bild 11: Feldstärke auf der Verbindungslinie der Elektroden
 a) gemessener Verlauf b) theoretischer Verlauf

Bild 12 :

Diese Seite ist auszutauschen durch gemessenes Felddbild (Übertragen der Punkte auf Millimeterpapier) mit konstruierten Feldlinien.

Blatt ist auf Millimeterpapier eingetragene Potentiale!

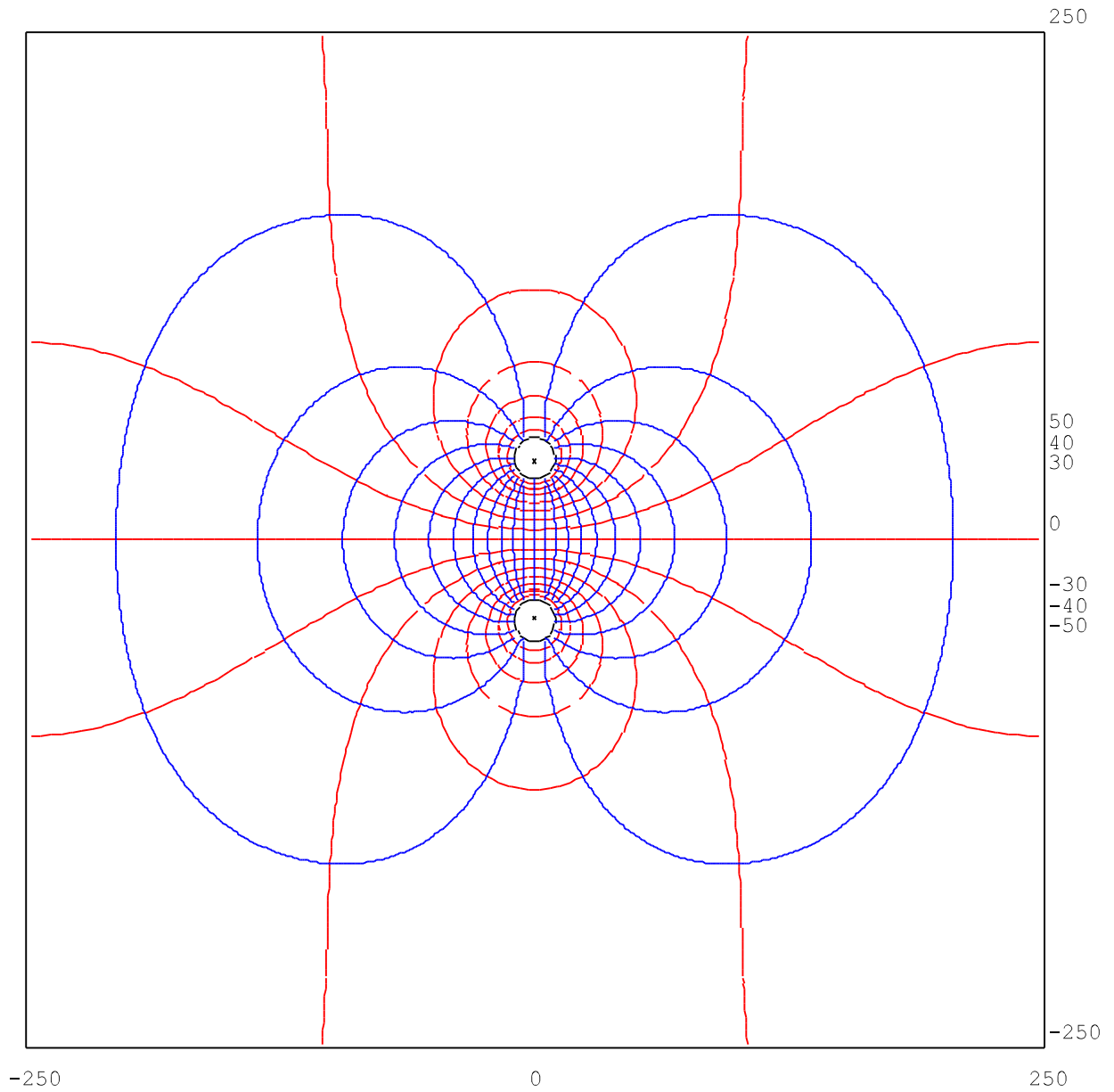


Bild 13 : Theoretisch ermitteltes Feldbild

Blatt wird durch Programm erzeugt !!!!!!!

