

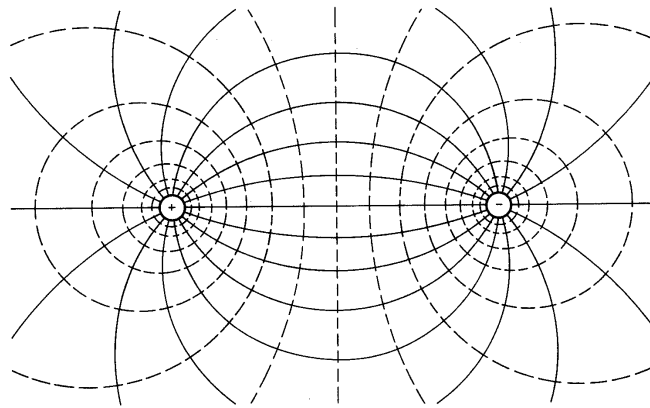
Messbericht, ergab die Note 5.5

Rot = Kommentare von M. Schlup:  
- einige „unschöne“ Sachen  
- kompensiert durch Aufwand...

# Praktikum Elektrotechnik

Versuch 2.1

## STRÖMUNGSFELDER



### Zusammenfassung

Mit den Äquipotential- und Feldlinien lässt sich die Querschnittsfläche einer Zweidrahtleitung in quadratische Kästchen unterteilen.

Jedes dieser Kästchen hat den gleichen Widerstand.

Daraus lassen sich folgende Begebenheiten ableiten:

- Die Stromdichte sowie die Feldstärke sind dort am grössten, wo die Kästchen am kleinsten sind.
- Zwischen Stromdichte und Feldstärke gibt es eine Zusammenhang ( $E = \rho \cdot J$ ).

eher dort, wo die Feldlinien sind.

Versuchsleiter: G. Ruinelli  
Assistent: M. Bürgi  
Klasse: ET1a  
Semester: 2  
Dozent: Spm  
Datum: 1. April 2004

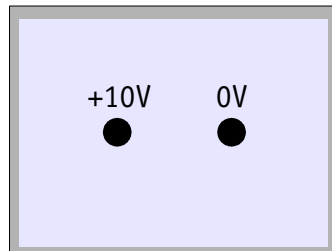
#### Hinweis:

**Dieser Messbericht darf frei verwendet werden.  
Einzige Bedingung ist, dass Du mir ein Email  
schreibst, falls Du ihn verwenden willst.**

**Email: [george@ruinelli.ch](mailto:george@ruinelli.ch)  
www: <http://www.ruinelli.ch>**

## Aufgabenstellung und Zielsetzung

Mit dem nachfolgenden Versuchsaufbau soll das Verhalten des elektrischen Feldes auf zwei parallel liegende Leiter (z.B. Zweidrahtleitung) analysiert werden:

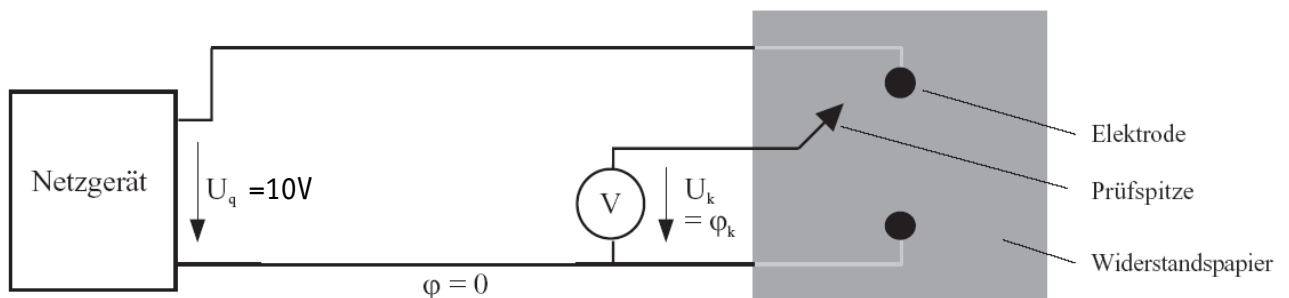


zwischen?

Es sollen mehrere Äquipotentiallinien aufgenommen werden. Diese sollen dann grafisch aufgezeichnet und daraus einige Feldlinien konstruiert werden. Damit sollen Beziehungen zwischen Strom, Stromdichte und Feldstärke gesucht werden.

nicht Werte?

## Messschaltung



## Vorgehen ?

nicht klar, Potential oder Spannung!

An den Polen wurde eine Spannung 10V bzw. 0V angelegt. Der Minus-Anschluss des Voltmeters wurde mit der 0V-Leitung verbunden. Mit dem anderen Anschluss des Voltmeters konnten nun die Spannungspotentiale auf dem Kohlenpapier gemessen werden.

Diese wurden auf ein Auswertungsblatt übertragen (Siehe Anhang).

Horror!

Es wurden alle ganzen Potentiale, (also 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 Volt) aufgenommen, soweit das für die Auswertung notwendig war.

sehr hilfreich...

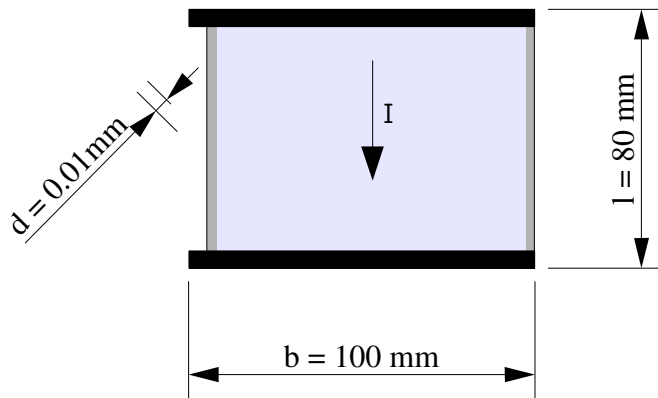
...ist für Dummies ;)

Da das Versuchsobjekt symmetrisch aufgebaut ist, reichte es, einen Viertel des Messbereichs aufzunehmen.

Anschließend konnten die gleichgrossen Potentiale zu Äquipotentiallinien verbunden werden. Mit Hilfe der Kästchenmethode (bzw. Kreise) konnten nun einige Feldlinien konstruiert werden.

## Referenzmessung

Für die Berechnungen war der Widerstand des Kohlenpapiers zu bestimmen. Dazu war ein Referenzobjekt vorhanden:



Die Messung des Widerstandes mit dem Tettex ergab 1.64 kOhm. Die Dicke des Kohlenpapiers ist laut Vorgabe 0.01 mm.

+/- ?

Mit der Formel  $\rho = \frac{b}{l} \cdot d \cdot R$  (mit:  $b=100\text{mm}$ ,  $l=80\text{mm}$  und  $d=0.01\text{mm}$ ) ergibt sich ein spezifischer

Widerstand  $\rho$  von  $20.5 \text{ m}\Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 20.5 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$ .

+/- ?

## Auswertung

### Strom

Als Stromröhren kann das Band zwischen zwei gezeichneten Feldlinien bezeichnet werden. In einer solchen Stromlinie bleibt der Strom immer gleich gross.

je nachdem

Die Spannungspotentiale wurden gemessen und die Breiten der Stromröhren konstruiert. Damit lässt sich nun der Strom durch jedes der Kästchen berechnen.

=1 !!!

Da die Kästchen annähernd quadratisch sind, ist auch das Verhältnis Breite zu Länge konstant und somit der Widerstand, welcher sich mit  $R = \rho \cdot \frac{l}{b \cdot d}$  berechnen lässt.

Wenn nun eine Stromröhre breiter wird, wird auch das Kästchen länger (=Abstand der Äquipotentiallinien), der Widerstand bleibt aber gleich. Daraus folgt, dass der Widerstand jedes Kästchens gleich gross ist. Wenn nun das Verhältnis Widerstand zu Spannung überall gleich gross ist, muss auch der Strom überall gleich gross sein.

Der Strom in einem Kästchen berechnet sich wie folgt:

$$I = \frac{U}{R} = U \cdot \frac{1}{\rho \cdot \frac{l}{d \cdot b}} = U \cdot \frac{d \cdot b}{l \cdot \rho} = U \cdot \frac{d}{\rho} = 1 \text{ V} \cdot \frac{0.01 \text{ mm}}{20.5 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}} = 0.49 \text{ mA}$$

+/- ?

## Stromdichte

Die Stromdichte ist das Verhältnis des Stromes zum Leiterquerschnitt.

Da nun der Strom konstant ist, sich jedoch die Breite und damit der Querschnitt der Röhre ändert, ändert sich auch die Stromdichte.

Sie lässt sich mit der Formel  $J = \frac{I}{A}$  berechnen und ist dort am grössten, wo die Stromröhre am schmalsten ist.

Dies ist in unserem Fall nahe an den beiden Polen.

Die Stromdichte im Kästchen K1 berechnet sich wie folgt:

$$J_1 = \frac{I}{A_1} = \frac{0.49 \text{ mA}}{.01 \text{ mm} \cdot [16 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}]} = 3.06 \frac{\mu \text{ A}}{\text{mm}^2} \pm 0.71 \frac{\mu \text{ A}}{\text{mm}^2} = 3.06 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \pm 0.71 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

3.1 +/- 0.8

Und im Kästchen K2:

$$J_2 = \frac{I}{A_2} = \frac{0.49 \text{ mA}}{.01 \text{ mm} \cdot [9 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}]} = 5.44 \frac{\mu \text{ A}}{\text{mm}^2} \pm 1.36 \frac{\mu \text{ A}}{\text{mm}^2} = 5.44 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \pm 1.36 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

5.4 +/- 1.4

3 Stellen macht keine Sinn mehr.

## Feldstärke

Die Feldstärke lässt sich aus dem Verhältnis Spannung zu Länge berechnen (Differenz zweier Äquipotentiallinien zu deren Abstand).

Daraus lässt sich schliessen, dass die Feldstärke dort am grössten ist, wo die Äquipotentiallinien am nächsten beieinander liegen.

JA !!!

In unserem Fall ist somit die Feldstärke nahe bei den beiden Polen gross und wird mit zunehmendem Abstand zu den Polen ab.

Die Feldstärke im Kästchen K1 berechnet sich wie folgt:

$$E_1 = \frac{U_1}{l_1} = \frac{1 \text{ V}}{16 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}} = 62.5 \frac{\text{mV}}{\text{mm}} \pm 14.4 \frac{\text{mV}}{\text{mm}} = 62.5 \frac{\text{V}}{\text{m}} \pm 14.4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Und im Kästchen K2:

$$E_2 = \frac{U_2}{l_2} = \frac{1 \text{ V}}{9 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}} = 111 \frac{\text{mV}}{\text{mm}} \pm 55.6 \frac{\text{mV}}{\text{mm}} = 111 \frac{\text{V}}{\text{m}} \pm 55.6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

## Abhängigkeit

Zwischen der Stromdichte und der Feldstärke gibt es eine Abhängigkeit:

$$E = \rho \cdot J$$

Diese lässt sich auch anhand der Messergebnisse bestätigen:

$$E_1 = \rho \cdot J_1 = \left(3.06 \frac{A}{m^2} \pm 0.71 \frac{A}{m^2}\right) \cdot 20.5 \Omega \frac{mm^2}{mm} = 62.5 \frac{V}{m} \pm 14.4 \frac{V}{m}$$

## Fehlerbetrachtung

Der Strom durch das Voltmeter kann vernachlässigt werden, da der Widerstand des Kohlenpapiers sehr viel kleiner ist als der Innenwiderstand des Voltmeter.

Ebenfalls kann der Fehler der Veränderung des Kohlenpapierwiderstandes durch Schweiss, Handabdrücke oder ähnliches vernachlässigt werden.

Warum?

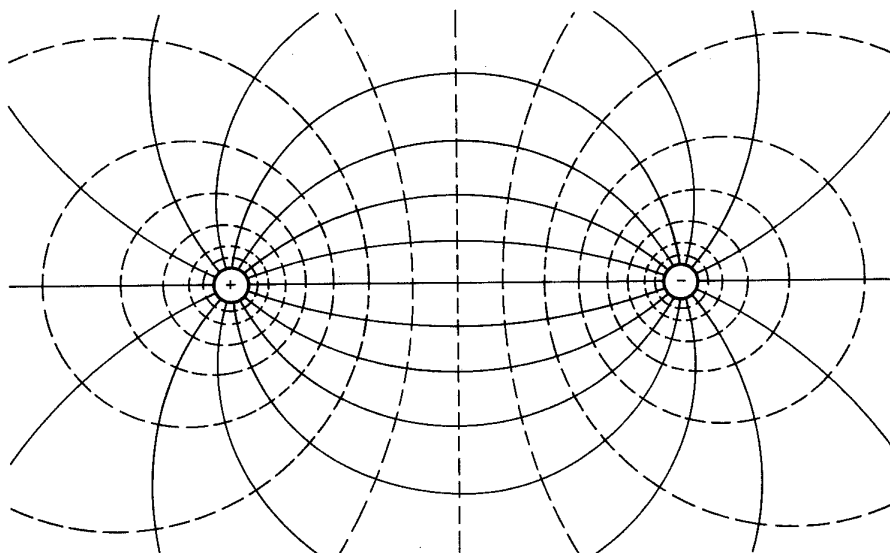
Relativ gross sind dahingegen die Fehler beim Übertragen der Messwerte auf das Blatt und deren Auswertung.

So kommt es zu Abweichungen beim Kopieren, Einscannen und Ausdrucken. Auch das Konstruieren der Äquipotential- und Feldlinien ist fehlerbehaftet.

So muss eine Toleranz von  $\pm 3$  mm für die grafische Auswertung angenommen werden.

## Bemerkung

Die Messung und deren grafische Auswertung stimmt mit dem erwarteten Bild (Äquipotential- und Feldlinien) aus der Literatur überein:



Feldbild einer Zweidrahtleitung (A. Führer; Grundgebiete der Elektrotechnik)

***Anhang***

Grafische Auswertung der Messung

***Verwendete Geräte***

- Netzgerät HM8142
- Multimeter HM8011
- Ohmmeter (Thomson-Brücke Tettex)

***Messobjekt***

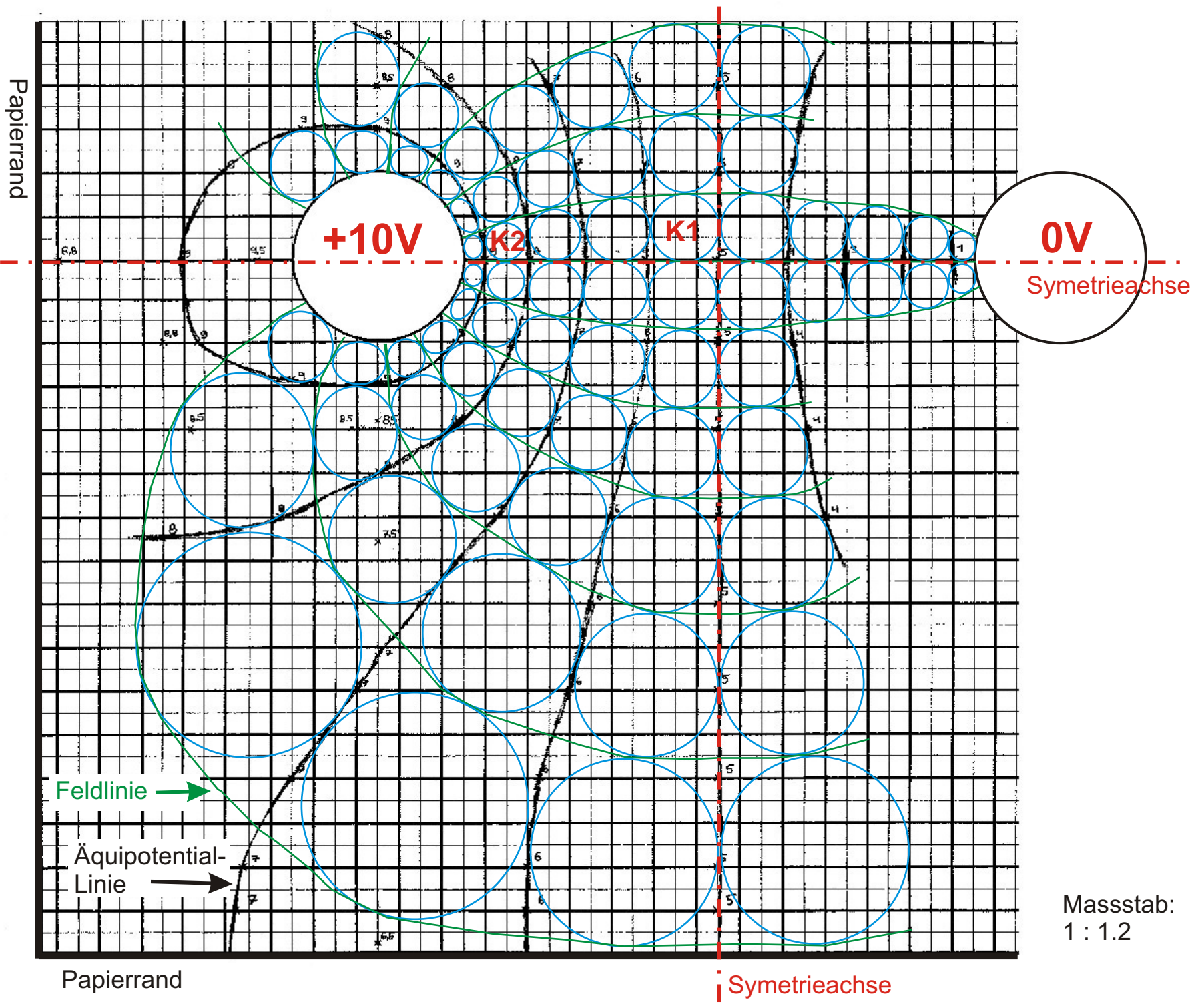
Versuchsaufbau mit zwei runden Polen und rechteckigem Kohlenpapier (Modell einer Zweidrahtleitung)

***Quellenangaben***

- Buch: Führer; Grundgebiete der Elektrotechnik

Datum: 08.04.04

Unterschrift: G. Ruinelli



Massstab:  
1 : 1.2