

Praktikum I IK

Induktion

Hanno Rein

Betreuerin: Frederica Moschini

19. November 2003

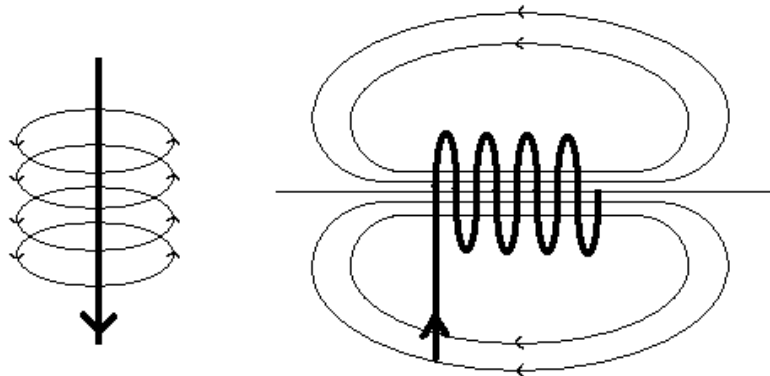
1 Ziel der Versuchsreihe

Durch diesen Versuch lernen wir den grundlegenden Effekt der Induktion, sowie den Umgang mit Strom- und Spannungsmessgeräten kennen. Außerdem werden die Größen *magnetischer Fluss*, sowie *magnetische Feldstärke* eingeführt.

2 Grundlagen

2.1 Magnetfelder

Magnetfelder werden durch bewegte Ladung erzeugt. Die Magnetfeldlinien sind immer geschlossen. Sie besitzen also keinen Anfang oder Ende. Die Magnetfeldlinien eines linearen Leiters ergeben konzentrische Kreise. Wickelt man eine Leiter zu einer Spule, so erhält man nachfolgendes Bild



2.2 Biot-Savart Gesetz

Fließt der Strom nur in dünnen Drähten, so gilt die folgende Relation, die auch *Biot-Savart* Gesetz genannt wird:

$$B(r) = -\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \int \frac{\hat{e}_{12} \times ds_2}{r_{12}^2} \quad (1)$$

Mit Hilfe dieser Relation kann man nun die Form und Stärke des Magnetfeldes von verschiedenen Leitern berechnen.

2.3 Induktion

Die elektrische Spannung die in einem Leiter entsteht, wenn sich dieser in einem zeitlich veränderndem Magnetfeld befindet, nennt man Induktionsspannung. Es gilt das Faradaysche Induktionsgesetz:

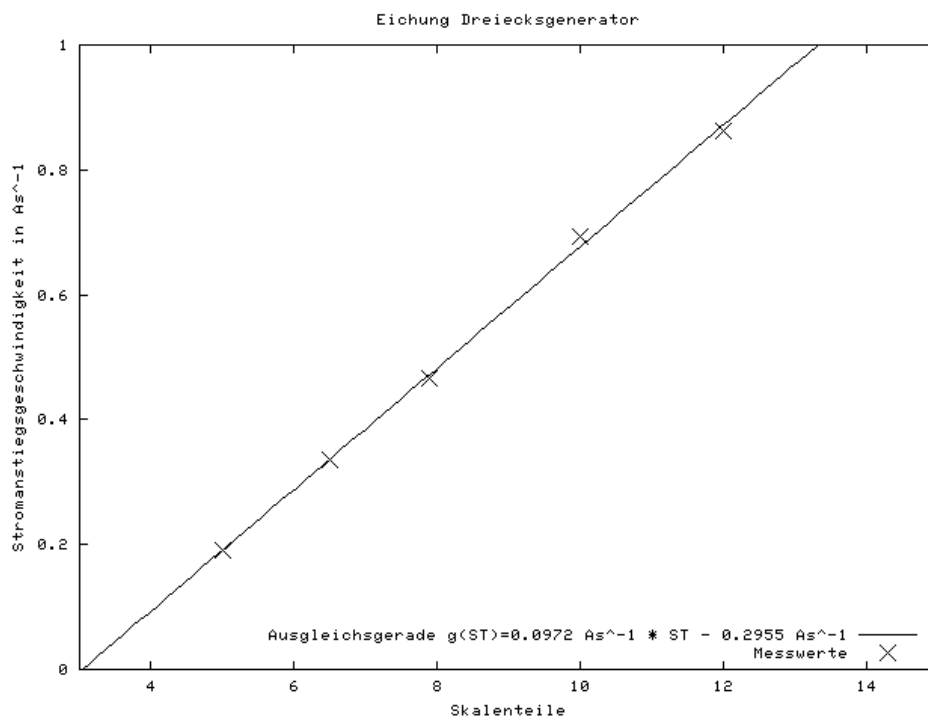
$$U = -\frac{d}{dt} \int B \cdot dF = -L \cdot \frac{dI}{dt} \quad (2)$$

Hierbei nennt man L den Selbstinduktionskoeffizient. Das Minuszeichen in der Gleichung kommt durch die Lenzsche Regel zustande. Diese besagt, dass die durch die Induktion entstehenden Ströme immer ihrer Ursache entgegen wirken.

3 Auswertung

3.1 Vorversuch: Eichung Dreiecksgenerator

Zunächst muss der Dreiecksgenerator geeicht werden. Hierzu wird bei unterschiedlicher Einstellung des Generators jeweils die Zeit gemessen, die der Strom benötigt um von $0A$ auf $5A$ anzusteigen. Es ergibt sich folgendes Diagramm



Für die Umrechnung von den proprietären Skalenteilen (S) des Dreiecksgenerators in die Einheit As^{-1} erhält man folgende Formel

$$\frac{\partial I}{\partial t}(S) = 9.72 \cdot 10^{-2} As^{-1} \cdot S + 0.2955 As^{-1} \quad (3)$$

3.2 Induktionsspannung in Abhängigkeit der Stromanstiegsgeschwindigkeit

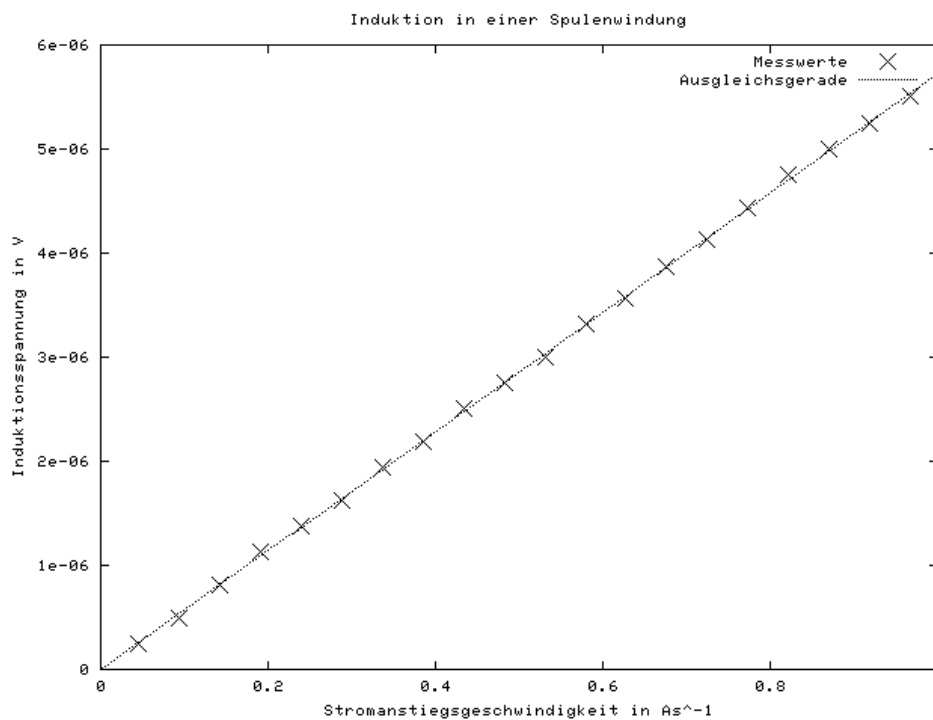
Der Proportionalitätsfaktor p der Abhängigkeit $\frac{\partial I}{\partial t} = p \cdot U_{ind}$ ergibt sich aus folgenden Messwerten

Skaala	U_{Ind} [mV]	$\frac{\partial I}{\partial t}$ in As^{-1}	U_{Ind} pro Windung [V]	p
13.0	8.8	0.9681	$5.50 \cdot 10^{-6}$	$5.68 \cdot 10^{-6}$
12.5	8.4	0.9195	$5.25 \cdot 10^{-6}$	$5.71 \cdot 10^{-6}$
12.0	8.0	0.8709	$5.00 \cdot 10^{-6}$	$5.74 \cdot 10^{-6}$
11.5	7.6	0.8223	$4.75 \cdot 10^{-6}$	$5.78 \cdot 10^{-6}$
11.0	7.1	0.7737	$4.44 \cdot 10^{-6}$	$5.74 \cdot 10^{-6}$
10.5	6.6	0.7251	$4.13 \cdot 10^{-6}$	$5.69 \cdot 10^{-6}$
10.0	6.2	0.6765	$3.88 \cdot 10^{-6}$	$5.73 \cdot 10^{-6}$
9.5	5.7	0.6279	$3.56 \cdot 10^{-6}$	$5.67 \cdot 10^{-6}$
9.0	5.3	0.5793	$3.31 \cdot 10^{-6}$	$5.72 \cdot 10^{-6}$
8.5	4.8	0.5307	$3.00 \cdot 10^{-6}$	$5.65 \cdot 10^{-6}$
8.0	4.4	0.4821	$2.75 \cdot 10^{-6}$	$5.70 \cdot 10^{-6}$
7.5	4.0	0.4335	$2.50 \cdot 10^{-6}$	$5.77 \cdot 10^{-6}$
7.0	3.5	0.3849	$2.19 \cdot 10^{-6}$	$5.68 \cdot 10^{-6}$
6.5	3.1	0.3363	$1.94 \cdot 10^{-6}$	$5.76 \cdot 10^{-6}$
6.0	2.6	0.2877	$1.63 \cdot 10^{-6}$	$5.65 \cdot 10^{-6}$
5.5	2.2	0.2391	$1.38 \cdot 10^{-6}$	$5.75 \cdot 10^{-6}$
5.0	1.8	0.1905	$1.13 \cdot 10^{-6}$	$5.91 \cdot 10^{-6}$
4.5	1.3	0.1419	$8.13 \cdot 10^{-7}$	$5.73 \cdot 10^{-6}$
4.0	0.8	0.0933	$5.00 \cdot 10^{-7}$	$5.36 \cdot 10^{-6}$
3.5	0.4	0.0447	$2.50 \cdot 10^{-7}$	$5.59 \cdot 10^{-6}$

Somit ist

$$p = 5.70 \cdot 10^{-6} VsA^{-1} \pm 1.02 \cdot 10^{-7} VsA^{-1}(\text{zuf.}) \quad (4)$$

Das folgende Schaubild veranschaulicht diese Messwerte



Der theoretische Wert der Induktionsspannung einer Wicklung ist

$$U_{ind} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = -\mu_0 \frac{\pi}{4} D^2 \frac{N}{\sqrt{L^2 + D^2}} \frac{\partial I}{\partial t} \quad (5)$$

Somit ist μ_0 laut unserer Messung

$$\mu_0 = \frac{p}{\frac{\pi}{4} D^2 \frac{N}{\sqrt{L^2 + D^2}}} \quad (6)$$

$$= \frac{p\sqrt{L^2 + D^2}}{\frac{\pi}{4}D^2N} \quad (7)$$

$$\bar{\mu}_0 = 1.237 \cdot 10^{-6} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1} \quad (8)$$

Nach der Gaussischen Fehlerfortpflanzung ergibt sich:

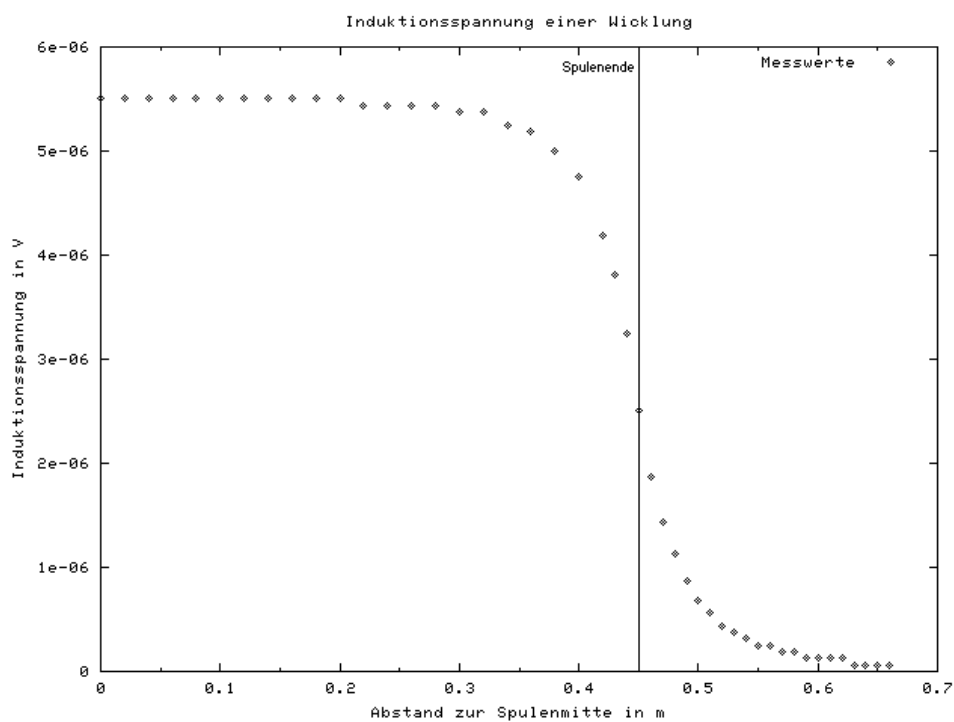
$$\sigma_\mu = \left| \sigma_p \frac{\partial \mu_0}{\partial p} \right| = 2.214 \cdot 10^{-8} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1} \quad (9)$$

Somit ist

$$\mu_0 = 1.237 \cdot 10^{-6} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1} \pm 2.214 \cdot 10^{-8} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1} (\text{zuf.}) \quad (10)$$

Der Literaturwert von μ_0 ist $\mu_{0,\text{lit}} = 1.2566 \cdot 10^{-6} \text{VsA}^{-1}\text{m}^{-1}$ und liegt somit innerhalb dem von uns ermittelten Intervall.

3.3 Induktionsspannung in Abhängigkeit des Abstands zur Spulenmitte



Das Schaubild zeigt, dass das Magnetfeld in der Mitte der Spule hinreichend homogen ist. Am Spuleneinde nimmt das Magnetfeld stark ab. Dies entspricht den Erwartungen.