

## Protokoll der Doppelstunde des Physik-LKs am 21.01.2002

In vergangenen Stunden haben wir den magnetischen Fluss kennen gelernt. Er gibt nach Faraday die Zahl der Feldlinien durch eine Bestimmte Fläche an.

$$\Phi = B * A_s$$

$$[\Phi] = Tm^2 = \frac{N}{Am} m^2 = \frac{Nm}{A} = \frac{Js}{C} = Vs$$

Weiterhin haben wir den Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und magnetischem Fluss festgestellt.

$$|U_{ind}| = n * \dot{\Phi}(t)$$

Bei Kombination beider Formeln erhalten wir:

$$|U_{ind}| = n(A(t) * B(t))'$$

$$|U_{ind}| = n \left( \dot{A}(t) * B(t) + A(t) * \dot{B}(t) \right)$$

Im Falle das B konstant bleibt und nur A sich ändert, z.B. beim Drehen einer Spule in einem B-Feld, wird aus der Ableitung von  $\dot{B}(t)$  null. Und damit bleibt nur:

$$|U_{ind}| = n \dot{A}(t) * B(t)$$

Bei konstanter Fläche und dynamischem B-Feld bleibt nur noch:

$$|U_{ind}| = n * A(t) * \dot{B}(t)$$

Wir wissen ebenfalls, dass sich die Stärke des homogenen Feldes einer langen Spule zu einer bestimmten Zeit durch folgende Formel erfasst wird.

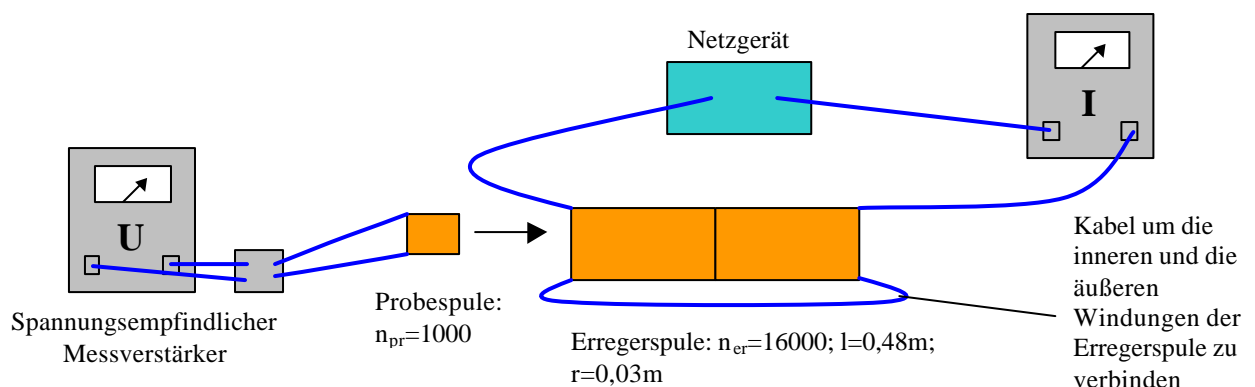
$$B(t) = \mu_0 \frac{n}{l} * I(t)$$

Die letzten beiden Formeln kombiniert, erhalten wir folgendes:

$$|U_{ind}| = n_{pr} * A * \mu_0 * \frac{n_{er}}{l} * \dot{I}(t)$$

Um diese Formel zu überprüfen führen wir folgenden Versuch durch:

### Aufbau:



Die Spannungsquelle erzeugt einen linear steigenden Strom. Es gilt also :  $\frac{dI}{dt} = \text{konstant}$

**Durchführung:**

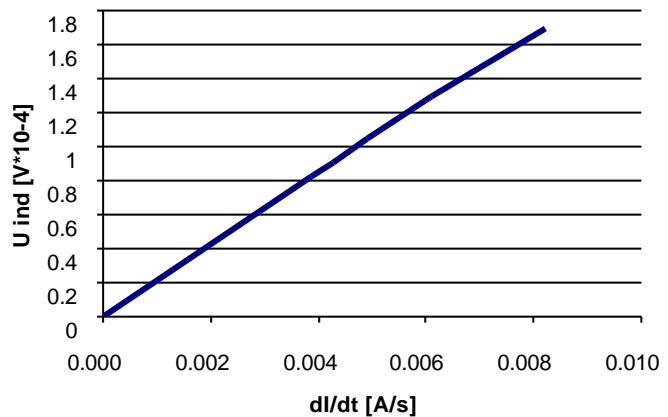
Die Stromquelle wird aktiviert und die Stromstärke beobachtet. Es wird ein bestimmter Bereich im Messbereich ausgesucht und mit einer Handstoppuhr festgehalten, wie lange der Zeiger diesen Bereich durchquert. Ist dieser Abschnitt zu kurz, hat die menschliche Reaktionszeit einen großen Anteil an der Gesamtzeit und die Messergebnisse verschlechtern sich. Ist er zu groß, kommt der Zeiger in die Randzonen, wo der Verlauf z.B. auf Grund von Anlaufschwierigkeiten ebenfalls nicht linear ist. Wir nehmen einen Bereich von 50mA, was ungefähr 15cm entspricht. Ebenfalls gemessen wird die induzierte Spannung, die durch die Probespule erzeugt wird. Der Strom wird abwechselnd hoch- und runtergefahren. Vor dem Wechseln der Richtung müssen die Kabel an dem Spannungsmessgerät umgepolt werden.

**Beobachtung:**

Sobald die Stromquelle eingeschaltet wird, zeigt das Strommessgerät einen stetig steigenden Stromfluss an. Der Spannungsmesser steigt und stellt sich bei einem bestimmten Wert ein. Sobald der Stromfluss seinen Höchstpunkt erreicht hat, fällt die Spannung auf Null ab. Wenn der Strom wieder sinkt, steigt die Spannung wieder. Sobald der Strom Null ist, fällt auch die Spannung ganz ab. Folgende Werte wurden gemessen:

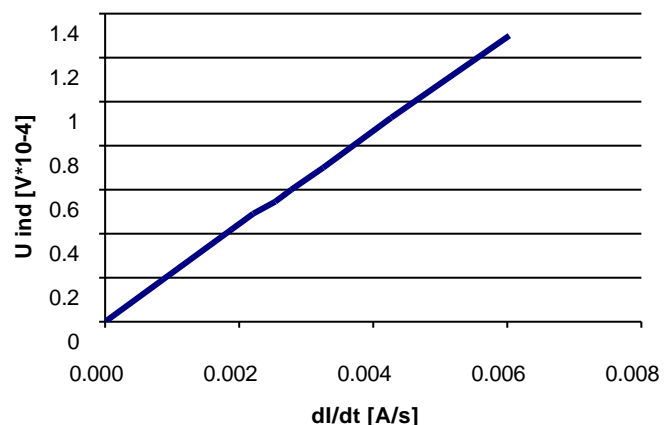
Aufwärts:

Dt[s]	$U_{ind} [V \cdot 10^{-4}]$	$dI/dt$
6.1	1.7	0.00820
8.2	1.3	0.00610
10.2	1.05	0.00490
11.65	0.91	0.00429
13	0.82	0.00385
15.3	0.7	0.00327



Abwärts:

Dt[s]	$U_{ind} [V \cdot 10^{-4}]$	$dI/dt$
8.3	1.3	0.006
11.7	0.93	0.004
15.3	0.7	0.003
18	0.6	0.003
19.8	0.55	0.003
22.6	0.49	0.002



**Auswertung:** Durch die steigende oder fallende Stromstärke wird das B-Feld der erregenden Spule verändert und es kommt zu einer Induzierung einer Spannung auf die Probespule. Sobald die maximale oder minimale Stromstärke erreicht ist das B-Feld konstant und es findet

keine Induktion statt. Es gilt  $|U_{ind}| = n * A(t) * \frac{\Delta B}{\Delta t}$  und  $\Delta B = 0$ . Je schneller der Strom ansteigt oder je größer die Veränderung von  $B$  pro Zeiteinheit ist, desto größer ist auch der Ausschlag.

Durch den Versuch haben wir nun einen Zusammenhang zwischen Induzierter Spannung und der Veränderung der Stromstärke pro Zeit, also der ersten Ableitung von  $I$  nach der Zeit. Wir können die Steigung bestimmen. Sie beträgt:

$$\frac{U_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = 0,22 * 10^{-1} \text{ Einheit: } \frac{V_S}{A} \quad \text{oder} \quad \frac{U_{ind}}{\dot{I}(t)} = 0,22 * 10^{-1} \text{ Einheit: } \frac{V_S}{A}$$

Der Wert  $0,22 * 10^{-1} \frac{V_S}{A}$  ist der Durchschnitt aller Steigungen der Geraden.

Um diese Überlegung zu überprüfen führen wir nun eine Dimensionsbetrachtung durch.

### Dimensionsbetrachtung:

Nach Umformung von :

$$|U_{ind}| = n_{pr} * A * \mathbf{m}_0 * \frac{n_{er}}{l} * \dot{I}(t)$$

erhalten wir:

$$\frac{|U_{ind}|}{\dot{I}(t)} = n_{pr} * A * \mathbf{m}_0 * \frac{n_{er}}{l} \quad \text{bei Kombination mit der vorherigen Formel ergibt sich :}$$

$$n_{pr} * A * \mathbf{m}_0 * \frac{n_{er}}{l} = \frac{U_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} \quad \text{wir müssen also beweisen das hier die gleichen Dimensionen vorhanden sind}$$

$$\left[ n_{pr} * A * \mathbf{m}_0 * \frac{n_{er}}{l} \right] = \frac{m^2 * V * S}{A * m * m} = \frac{V * S}{A} \quad \text{und das ist die gleiche Dimension wie hier. Also ist das ein erster Hinweis auf die Richtigkeit der Formel.}$$

Zuletzt vergleichen wir Ergebnisse aus der Praxis mit der Theorie. Für die Steigung nach Versuchsergebnissen bekommen wir  $0,22 * 10^{-1} \frac{V_S}{A}$ .

Den Theoretischen Wert für  $\Delta B$  erhalten wir mit der Formel:

$$\Delta B(t) = \mathbf{m}_0 \frac{n}{l} * \Delta I(t)$$

$$\Delta B(t) = 1,257 * 10^{-6} \frac{Tm}{A} * \frac{16000}{0,48m} * 0,05A = 2,095 * 10^{-3} T = 2,095mT$$

Das B-Feld verändert sich um  $2,095mT$ .

Die zum B-Feld senkrecht stehende Fläche der Probepule ist ihr Querschnitt quer zur Längsachse.

$$A = \mathbf{p} * r^2 = \mathbf{p} * 0,03m^2 = 2,827 * 10^{-3} m^2$$

Die Wirkungsfläche beträgt  $2,827 * 10^{-3} m^2$ .

Nach der Formel  $\Delta\Phi = A_s * \Delta B$  berechnen wir die Veränderung des magnetischen Flusses.

$$\Delta\Phi = 2,827 * 10^{-3} m^2 * 2,095 * 10^{-3} T = 5,922 * 10^{-6} Vs$$

Sie beträgt  $5,922 * 10^{-6} Vs$ .

Nun berechnen wir die induzierte Spannung nach dem Gesetz  $U_{ind} = n * \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  für die Zeit

10,2s. Dies entspricht der dritten Messung des „Aufwärts“-Versuches. Es ist eine Spannung von  $1,05 * 10^{-4} V$  zu erwarten.

$$U_{ind} = 1000 * \frac{5,922 * 10^{-6} Vs}{10,2s} = 5,874 * 10^{-4} V$$

Die induzierte Spannung beträgt  $5,874 * 10^{-4} V$

### Fehlerbetrachtung:

Der Unterschied zwischen Theorie und Praxis ist gewaltig. Ganze 550%. Es gibt verschiedene Gründe dafür:

- Eine der beiden Spulen könnte defekt sein, so das die Windungszahl abweicht. Das hätte entweder zur Folge, dass ein anderes B-Feld erzeugt wird oder ein eine andere Spannung in die Probespule induziert wird.
- Einige der Messgeräte sind defekt.
- Der Lineargenerator liefert keinen linearen Stromfluss .
- Menschliches Versagen: Falsche Durchführung des Versuches oder falsche Berechnung meinerseits.

### Nachtrag:

Besser ist es nicht einen Wert herauszugreifen ( $t=10,2s$ ), sondern wie bei der experimentellen Auswertung den theoretisch ermittelten Quotienten bestimmen, also:

$$\begin{aligned} \frac{U_{ind}}{\Delta I} &= n_{pr} * A * \mathbf{m}_0 * \frac{n_{err}}{l} \\ &= 10^3 * 28 * 10^{-4} m^2 * 1,257 * 10^{-6} \frac{Tm}{A} * \frac{16000}{0,48m} \\ &= 1,17 * 10^{-1} \frac{Vs}{A} \end{aligned}$$

Im Vergleich zu den praktischen Werten von  $0,22 * 10^{-1} \frac{Vs}{A}$  ist es zwar noch ein großer Fehler aber jedenfalls schon besser als bei der vorherigen Rechnung.

Es stellte sich später heraus, dass die Spulen nicht ihrer Spezifikationen entsprachen.