

Messbericht, ergab die Note 6.0

Rot = Kommentare von Martin Schlup
(Professor für elektrotechnische Fächer an der ZHW)

Praktikum Elektrotechnik

Versuch 2.4

Magnetischer Fluss und Induktionsgesetz

Zusammenfassung

Das Magnetfeld (magnetische Flussdichte B) eines Dauermagneten kann mit einem Versuch ermittelt werden. Dabei wird der Dauermagnet durch eine Spule bewegt und die induzierte Spannung gemessen. Die Geschwindigkeit der Bewegung hat keinen Einfluss auf den magnetischen Fluss und somit auch nicht auf das Magnetfeld.

Wie weiter?

Versuchsleiter: G. Ruinelli
Assistent: M. Bürgi
Klasse: ET1a
Semester: 2
Dozent: Spm
Datum: 13. Mai 2004

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

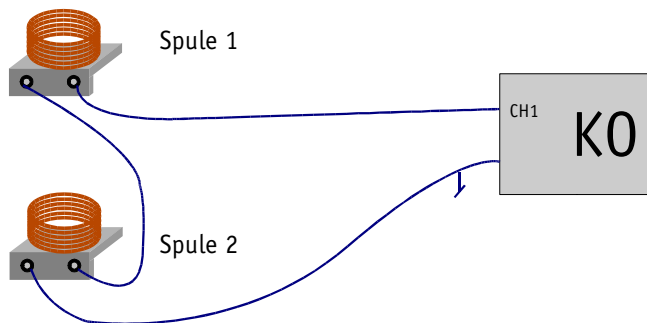
Email: george@ruinelli.ch
www: <http://www.ruinelli.ch>

Aufgabenstellung und Zielsetzung

Es soll das Magnetfeld eines Dauermagneten ermittelt werden. Dies soll umgesetzt werden, indem man den Dauermagneten durch eine Spule fallen lässt und die induzierte Spannung in der Spule mit einem KO ~~aus~~misst. Die Fläche unter der u-t-Kennlinie (KO-Bild) kann dann (numerisch) integriert werden. Gleichzeitig soll überprüft werden, ob der magnetische Fluss unabhängig von der Geschwindigkeit des Dauermagneten ist.

Bedeutung?

Messschaltung



Vorgehen

Der Dauermagnet wird durch das Kunststoffrohr fallen gelassen (siehe Messobjekte). Da das Rohr senkrecht steht, wird er mit $9.81 \frac{m}{s^2}$ (Erdbeschleunigung) beschleunigen. Allfällige Reibungsverluste sollen vernachlässigt werden.

Messung und Auswertung

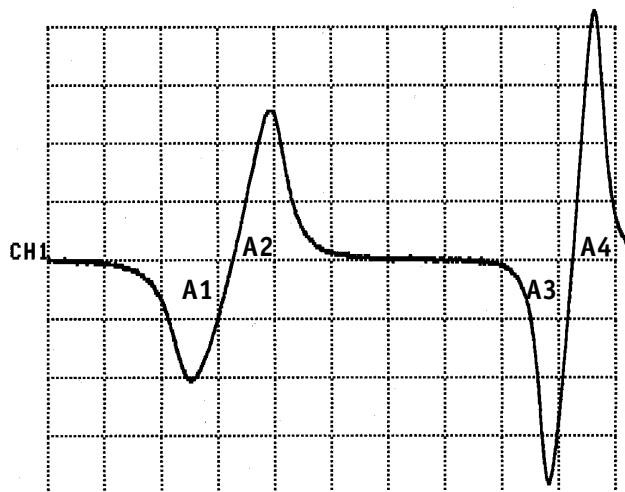
Die magnetische Flussdichte lässt sich mit der Formel $B = \frac{\psi_{max}}{N \cdot A}$ berechnen, wobei N die Anzahl Windungen der Spule und A die Querschnittsfläche des Dauermagneten ist. Der magnetische Fluss lässt sich mit $\psi = \int u(t) \cdot dt$ berechnen. u(t) ist die Spannung, welche durch den Dauermagneten in der Spule induziert wird.

Der magnetische Fluss

Bedeutung der Symbole?

Da der Dauermagnet beschleunigt, ändert sich seine Geschwindigkeit ständig. Diese lässt sich mit der Formel $v_{(s)} = \sqrt{2 \cdot s \cdot a}$ berechnen. Somit hat er beim durchqueren der ersten Spule eine Geschwindigkeit von ungefähr 1.6 m/s und bei der zweiten Spule 2.7 m/s (unter der Annahme, dass er ab Oberkante des Rohres fallen gelassen wird und die Distanz bis zu den Spulen 127 mm bzw. 376 mm sind).

Dass der Dauermagnet beim Durchlaufen der Messstrecke schneller wird, ist an den Zeiten der Spannungimpulse deutlich erkennbar:



Messung:
100 mV/Div
20 mS/Div

Numerisch wurden die Flächen unter den Halbwellen integriert (siehe Anhang). Dabei ergaben sich folgende Werte:

- A1=3.7 mVs
- A2=3.9 mVs
- A3=3.7 mVs
- A4=3.6 mVs

Man sieht, dass alle vier Flächen annähernd gleich gross sind, daraus lässt sich folgern, dass die Geschwindigkeit keinen Einfluss auf die Flächen hat.

Das Produkt aus Spannung mal Zeit entspricht dem magnetischen Fluss und ist gleich der Fläche unter der Kurve. Der maximale Fluss ψ_{max} ist dementsprechend die Integration der ganzen Fläche eines Spannungsimpulses.

Für die weiteren Berechnungen soll der Durchschnitt der vier Messwerte genommen werden: 3.7 mVs. Als Toleranz durch das nur ungefähre (manuelle) Aufsummieren und die Abweichungen des KO's kann ca. 5% angenommen werden.

Somit ergibt sich: $\psi_{max} = 3.7 \text{ mVs} \pm 0.2 \text{ mVs}$

Die magnetische Flussdichte

Für die Messungen wurden Spulen mit einer Wicklungszahl von 32 verwendet, N ist also = 32. Die Querschnittsfläche des Dauermagnet ist:

$$A = \frac{d^2}{4} \cdot \pi = \frac{(18.0 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm})^2}{4} \cdot \pi = 254 \text{ mm}^2 \pm 3 \text{ mm}^2$$

Somit ergibt sich für:

$$B = \frac{\psi_{max}}{N \cdot A} = \frac{3.7 \text{ mVs} \pm 0.2 \text{ mVs}}{32 \cdot (254 \text{ mm}^2 \pm 3 \text{ mm}^2)} = 455 \frac{\text{mVs}}{\text{m}^2} \pm 30 \frac{\text{mVs}}{\text{m}^2} = 0.455 \text{ T} \pm 0.030 \text{ T}$$

0.46 T +/- 0.03 T

Wie man dem beiliegenden Datenblatt entnehmen kann, entspricht dieser Wert durchwegs dem Magnetfeld, wie es industriell hergestellte Magnete aufweisen.

Fehlerbetrachtung

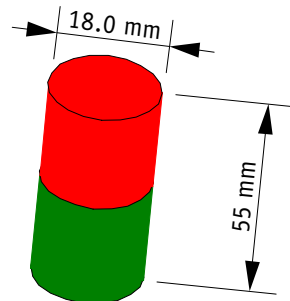
Ist sehr schwach, der Strom in der Spule < μA

Die Luftreibungsverluste durch die Röhre wurden vernachlässigt. Ebenfalls wurde die Lorentz-Kraft, welche der Fallbeschleunigung des Dauermagneten entgegenwirkt, nicht in die Berechnungen einbezogen. Für die Fehler der KO-Ausdrucke sowie das numerische Integrieren wurde eine Toleranz von 5% angenommen.

Es wurde davon ausgegangen, dass das Magnetfeld innerhalb des Dauermagneten homogen ist.

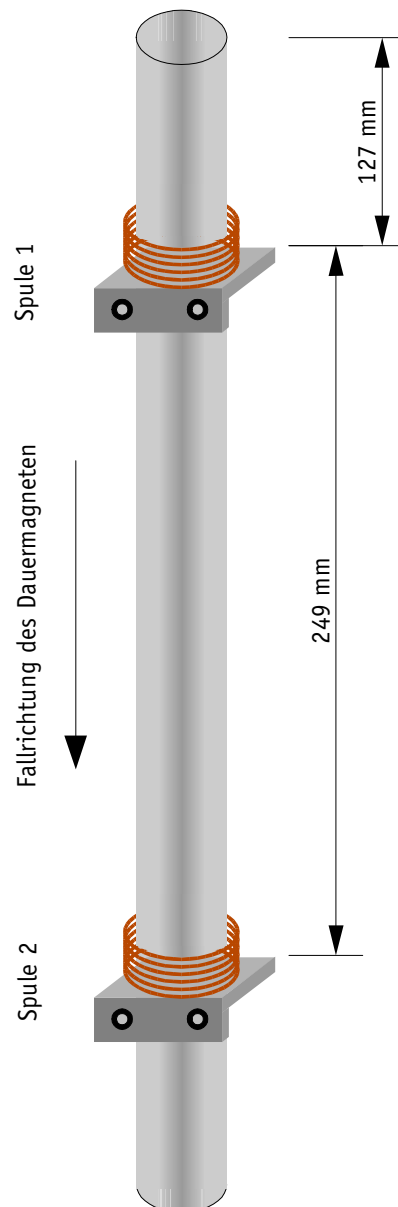
Messobjekte

- Runder Dauermagnet:



Viel Aufwand für wenig?!

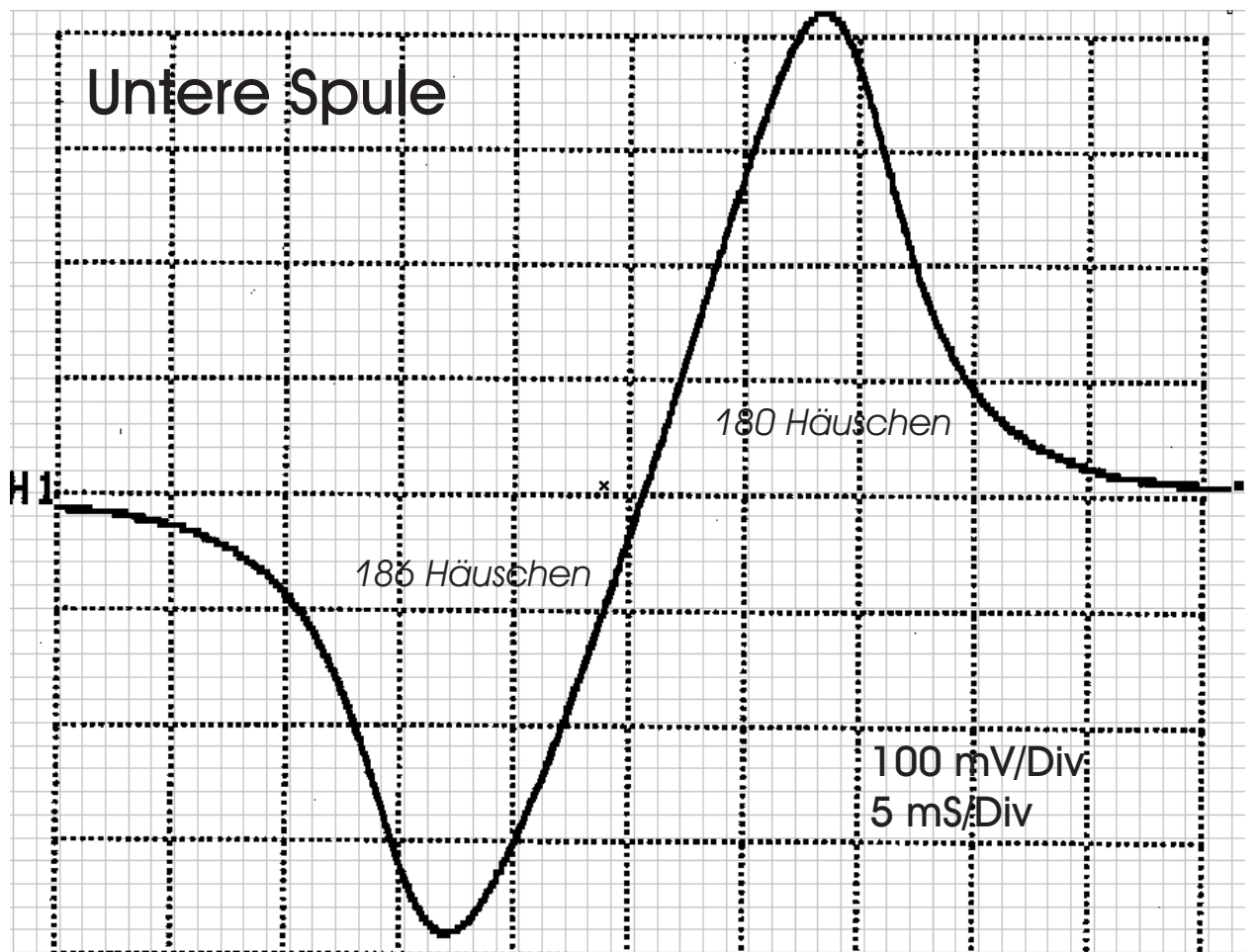
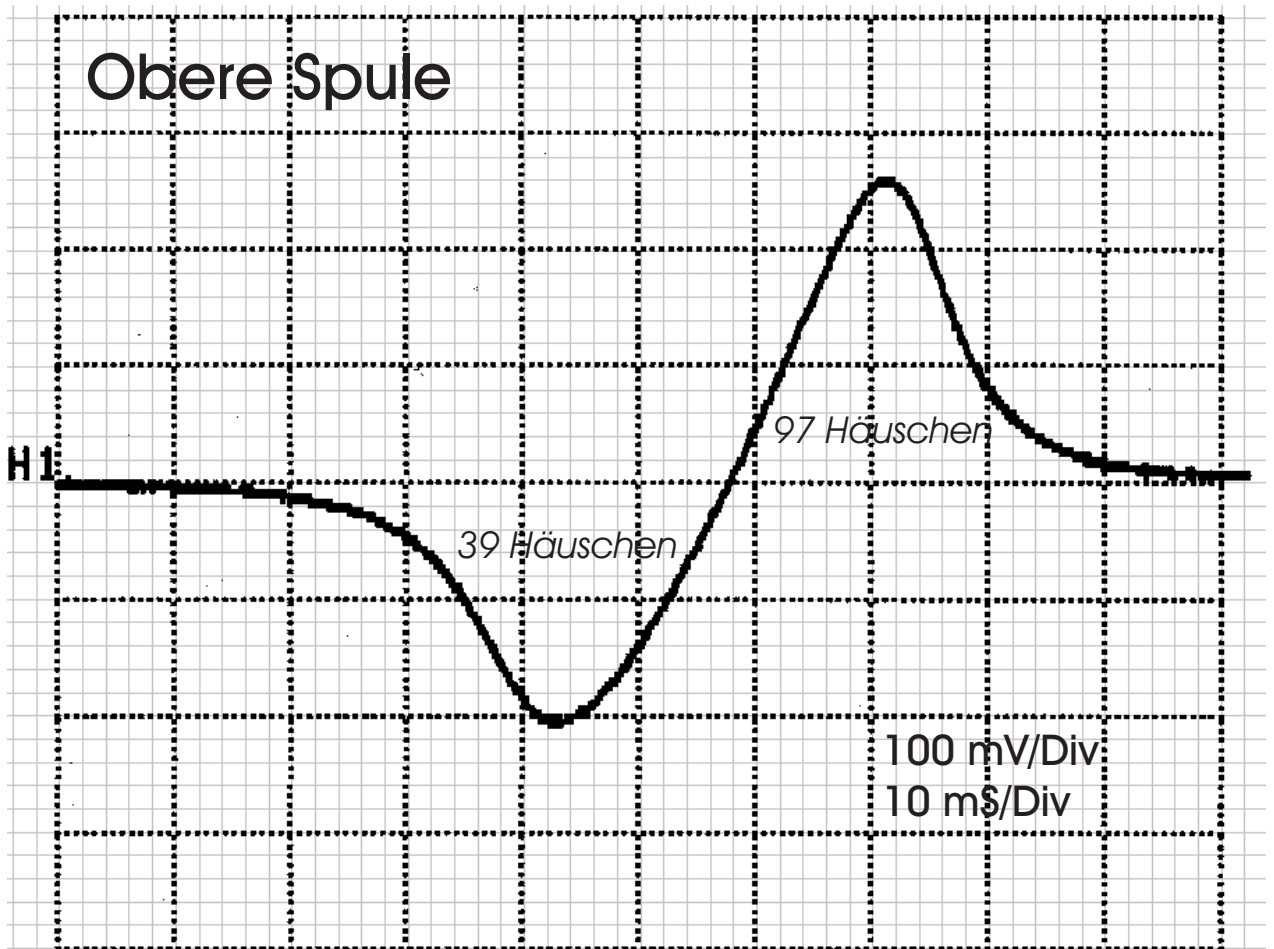
- Kunststoffrohr mit verschiebbaren Spulen:



Anhang

- Blatt mit numerischer Integration der Flächen.
- Datenblatt über *Magnetische und physikalische Werte der Magnetwerkstoffe*
(Quelle: <http://www.ibsmagnet.de>)

Datum: 18.06.04Unterschrift: George Ruinelli



Magnetische und physikalische Werte der Magnetwerkstoffe

Das Energieprodukt (B x H) max. ist der Gütewert. Je größer das Energieprodukt ist, umso mehr Energie ist im Magnetwerkstoff gespeichert. Es resultiert aus dem größtmöglichen B und H auf der Entmagnetisierungskennlinie.

Die Remanenz Br wird in **Tesla (T)** oder **Millitesla (mT)** im cgs-Maßsystem in Gauß (G) angegeben. Die Remanenz ist die in einem Magnet, der im geschlossenen Kreis bis zur Sättigung aufmagnetisiert wurde, verbleibende Magnetisierung oder Flußdichte.

Die Koerzitivfeldstärke H ist die benötigte Gegenfeldstärke in kA/m (oder Oersted Oe), die man aufwenden muß, um einen Magnet wieder zu entmagnetisieren. Je höher der Wert, umso besser ist die Entmagnetisierungsbeständigkeit. Man unterscheidet νH_c und JH_c . Die Koerzitivfeldstärke JH_c ist bei allen Magnetwerkstoffen mit kleiner Remanenz und großer Koerzitivfeldstärke, z. B. BaFe von Bedeutung. JH_c ergibt sich aus der Hystereseschleife.

Die Permeabilität ist die „magnetische Leitfähigkeit“. Bei fast allen Magnetwerkstoffen ist die Permeabilität nur wenig größer als bei Luft, während sie bei Eisen ein Tausendfaches und mehr beträgt.

Der Temperaturbeiwert gibt die reversible Abnahme der Remanenz, ausgehend von der Raumtemperatur (20°C) in Prozent pro 1°C zunehmender Temperatur an.

Die max. Einsatztemperatur ist nur ein ungefährer Wert, da eine Abhängigkeit zur Dimensionierung des Magneten besteht (L/D-Verhältnis). Der angegebene Wert wird nur erreicht, wenn das Produkt aus B und H ein Maximum erreicht ([siehe Magnetdimensionierung](#)).

Die Dichte oder das spezifische Gewicht wird in g/cm³ angegeben.

Wird **die Curietemperatur** erreicht, verliert jeder Magnetwerkstoff den Magnetismus.

Magnet-Werkstoff	Energieprodukt (B x H) max		Remanenz Br		Koerzitivfeldstärke (T = 20 °C)				Relative remanente Permeabilität $\frac{mT}{kA/m}$	Temperaturbeiwert der Remanenz pro °C	Max. Einsatztemperatur °C	Dichte g/cm ³	Curie-Temperatur °C
	$\frac{kJ}{m^3}$	MGOe	mT	G	$\frac{kA}{m}$	Oe	$\frac{kA}{m}$	Oe					
Betaflex BaFe kunststoffgeb. anisotrop	12	1,5	245	2 450	175	2 200	207	2 600	1,40	-0,20%	100°	3,7	450°
Hartferrit (SrFe)	27	3,4	380	3 800	225	2 800	240	3 000	1,35	-0,20%	ca. 200°	5,0	450°
AlNiCo 500 Feinguß	36	4,5	1 150	11 500	48	600	50	630	5,00	-0,02%	450°	7,4	860°
AlphaMagnet Samarium-Cobalt kunststoffgebunden	56 - 64	7 - 8	550 - 590	5 500 - 5 900	360 - 416	4 500 - 5 900	600	7 500	1,05 - 1,10	- 0,04%	80°	5,1	725°
NeoAlphaMagnet Neodymium-Eisen-Bor kunststoffgebunden	80	10	680	6 800	460	5 780	820	10 300	1,25	-0,10% (25-90°)	150°	6,0	340°
DeltaMagnet Samarium-Cobalt SmCo ₅	180	23	950	9 500	720	9 000	1 800	22 500	1,02	- 0,04% (20-100°)	ca. 250°	8,3	725°
DeltaMagnet 22 Samarium-Cobalt Sm ₂ Co ₁₇	195 - 225	22 - 28	1 000 - 1 100	10 000 - 11 000	690 - 820	8 700 - 10 300	1 200 - 2 070	15 070 - 26 000	1,04	- 0,03% (20-100°)	ca. 300°	8,4	750° - 800°
NeoDeltaMagnet Neodymium-Eisen-Bor NdFeB	220 - 245	28 - 31	1 080 - 1 150	10 800 - 11 500	795 - 860	10 000 - 10 800	≥1 300	≥16 000	1,07	- 0,10%	100° - 180°	7,4	310°