Physikpraktikum II

Versuch „Magnetismus“

von

Roland Steffen
David Geib

1) Messung der magnetischen Induktion $\vec{B}(z)$ an einer stromdurchflossenen Spule unter Variation verschiedener Parameter

a) Wir haben die magnetische Flussdichte B auf der Mittelachse z einer Zylinderspule bei verschiedenen Strömen gemessen. Die Spule hatte eine Länge von l = 25cm, eine Windugszahl von n = 30 und einen Radius von r = 4cm. Die Spule war mit Luft gefüllt und hatte somit eine relative Permeabilität von $\mu_r = 1$.

I = 5.00A

z [cm]	B [mT]	$B_{berechnet}$ [mT]
18,5	0,05	0,06
17,5	0,07	0,08
16,5	0,10	0,11
15,5	0,13	0,15
14,5	0,19	0,20
13,5	0,25	0,28
12,5	0,34	0,37
11,5	0,43	0,46
10,5	0,53	0,54
9,5	0,60	0,60
8,5	0,66	0,64
7,5	0,70	0,66
6,5	0,72	0,68
5,5	0,74	0,70
4,5	0,76	0,70
3,5	0,76	0,71
2,5	0,76	0,71
1,5	0,76	0,72
0,5	0,75	0,72
-0,5	0,74	0,72
-1,5	0,73	0,72
-2,5	0,72	0,71
-3,5	0,71	0,71
-4,5	0,70	0,70
-5,5	0,68	0,70
-6,5	0,67	0,68
-7,5	0,65	0,66
-8,5	0,61	0,64
-9,5	0,57	0,60
-10,5	0,50	0,54
-11,5	0,45	0,46
-12,5	0,37	0,37
-13,5	0,29	0,28

-14,5	0,22	0,20
-15,5	0,16	0,15
-16,5	0,13	0,11
-17,5	0,10	0,08
-18,5	0,08	0,06
-19,5	0,06	0,05
-20,5	0,05	0,04
-21,5	0,05	0,03

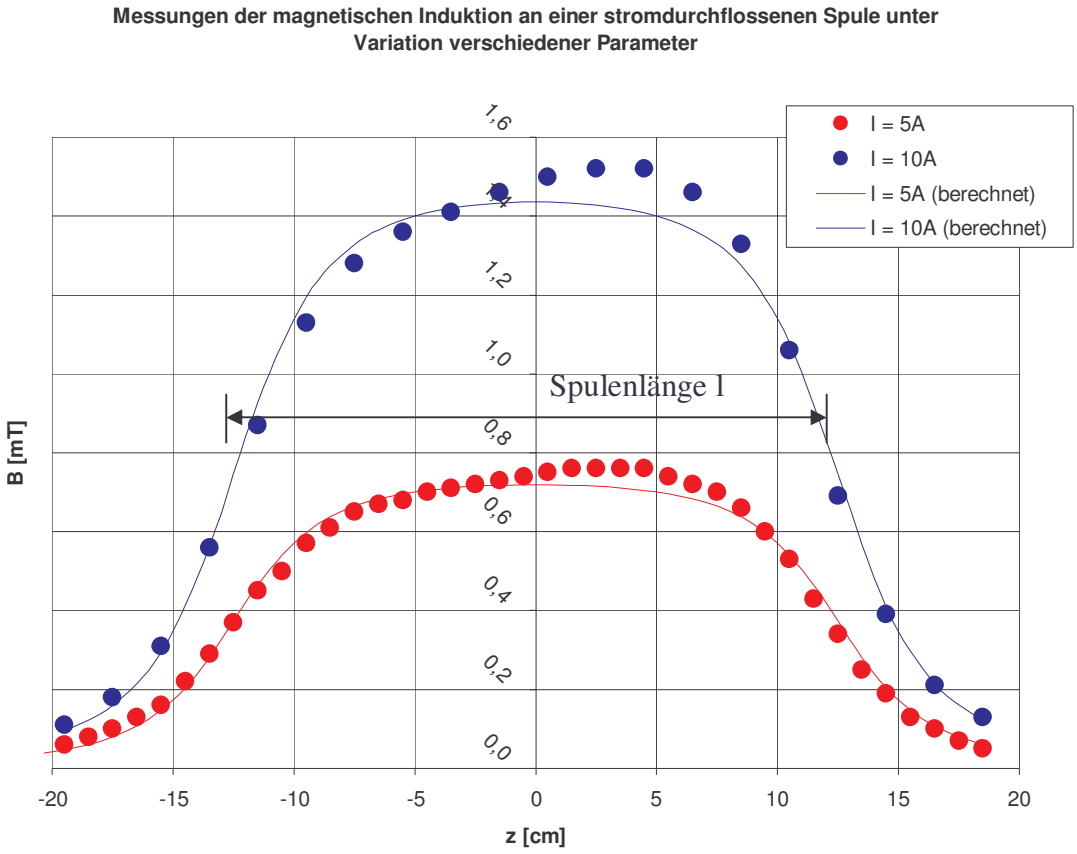
I = 10.00A

z [cm]	B [mT]	$B_{berechnet}$ [mT]
18,5	0,13	0,12
16,5	0,21	0,21
14,5	0,39	0,41
12,5	0,69	0,74
10,5	1,06	1,08
8,5	1,33	1,27
6,5	1,46	1,37
4,5	1,52	1,41
2,5	1,52	1,43
0,5	1,50	1,44
-1,5	1,46	1,43
-3,5	1,41	1,42
-5,5	1,36	1,39
-7,5	1,28	1,33
-9,5	1,13	1,19
-11,5	0,87	0,93
-13,5	0,56	0,56
-15,5	0,31	0,29
-17,5	0,18	0,16
-19,5	0,11	0,09

Die magnetische Flussdichte $\vec{B}(z)$ ist im inneren der Spule am höchsten und nimmt zum Rand hin stark ab. Bei größerem Strom hat auch die Flussdichte einen größeren Wert.
Die mit folgender Gleichung berechneten Werte haben wir mit unseren Messungen verglichen.

$$B(z) = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{I \cdot N}{2 \cdot l} \left(\frac{z + \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(z + \frac{l}{2}\right)^2}} - \frac{z - \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(z - \frac{l}{2}\right)^2}} \right)$$

Die Differenzen zwischen errechneten und gemessenen Werten sind durch die nicht konstante Widerstandsdichte der Spule zu erklären.



b) Wir haben jetzt die gleiche Messung aus Versuch a) bei verschiedenen Windungsdichten n/l und gleichem Strom I = 5.00A durchgeführt.

l = 6,1cm

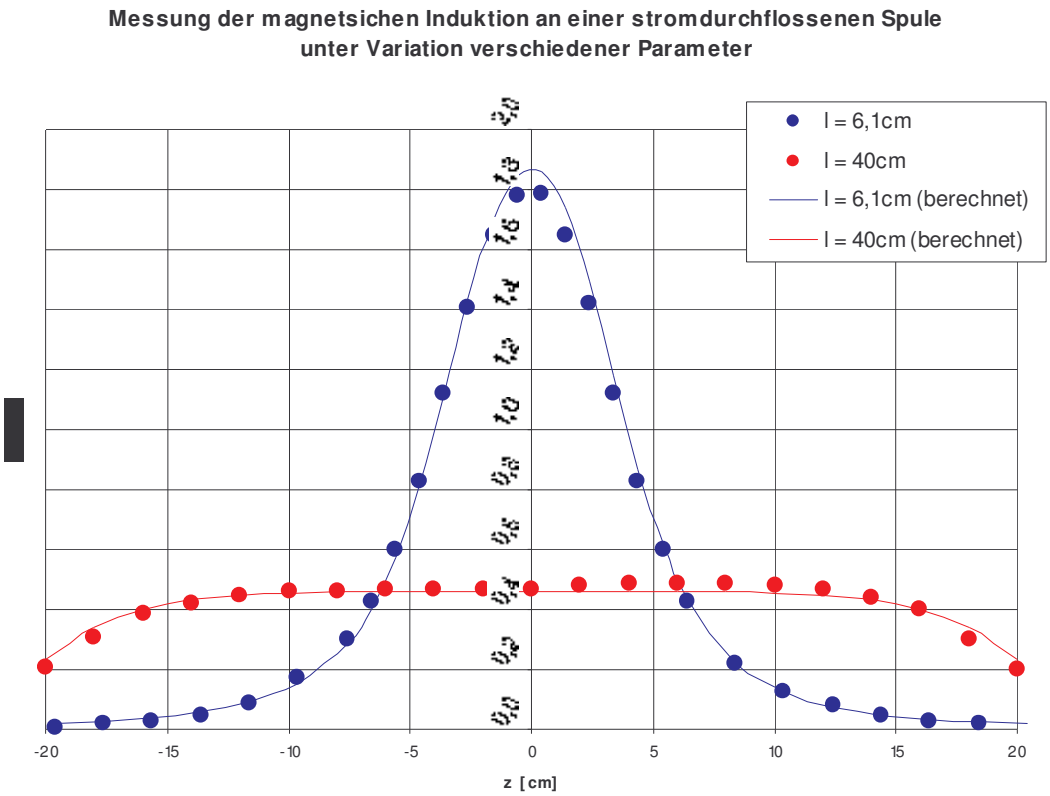
z [cm]	B [mT]	$B_{berechnet}$ [mT]
20,4	0,02	0,02
18,4	0,02	0,02
16,4	0,03	0,03
14,4	0,05	0,05
12,4	0,08	0,08
10,4	0,13	0,12
8,4	0,22	0,22
6,4	0,43	0,43
5,4	0,60	0,61
4,4	0,83	0,87
3,4	1,12	1,18
2,4	1,42	1,49
1,4	1,65	1,74
0,4	1,79	1,86
-0,6	1,78	1,85
-1,6	1,65	1,70
-2,6	1,41	1,43
-3,6	1,12	1,11
-4,6	0,83	0,81
-5,6	0,60	0,57
-6,6	0,43	0,40

-7,6	0,30	0,29
-9,6	0,17	0,15
-11,6	0,09	0,09
-13,6	0,05	0,06
-15,6	0,03	0,04
-17,6	0,02	0,03
-19,6	0,01	0,02

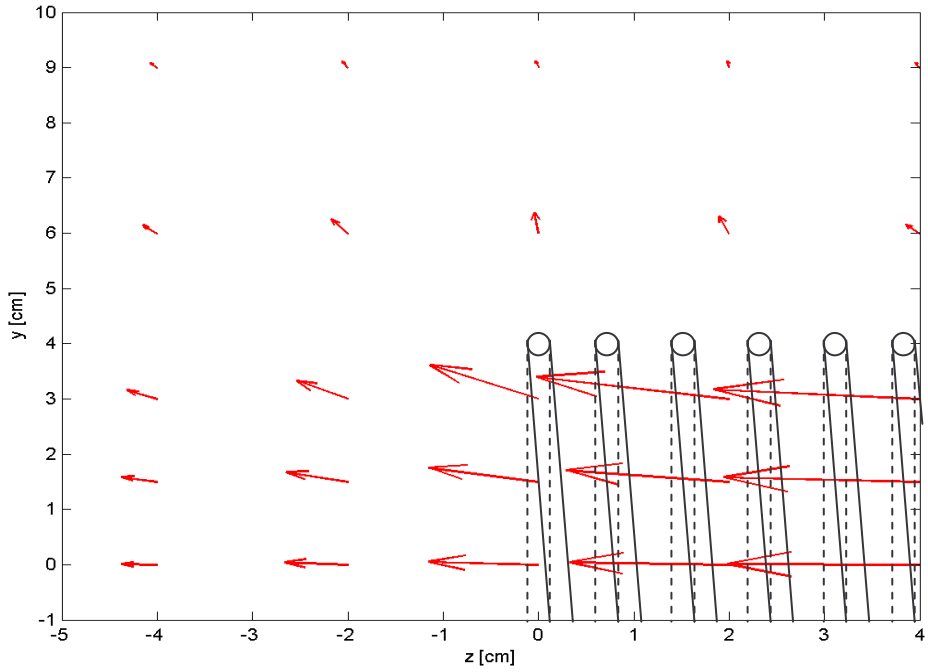
l = 40cm

z [cm]	B [mT]	$B_{berechnet}$ [mT]
20,0	0,20	0,23
18,0	0,30	0,34
16,0	0,40	0,40
14,0	0,44	0,43
12,0	0,47	0,44
10,0	0,48	0,45
8,0	0,49	0,46
6,0	0,49	0,46
4,0	0,49	0,46
2,0	0,48	0,46
0,0	0,47	0,46
-2,0	0,47	0,46
-4,0	0,47	0,46
-6,0	0,47	0,46
-8,0	0,46	0,46
-10,0	0,46	0,45
-12,0	0,45	0,44
-14,0	0,42	0,43
-16,0	0,39	0,40
-18,0	0,31	0,34
-20,0	0,21	0,23

Bei höherer Windungsdichte ist die Flussdichte B(z) größer, wie im folgenden Diagramm gut zu erkennen ist.



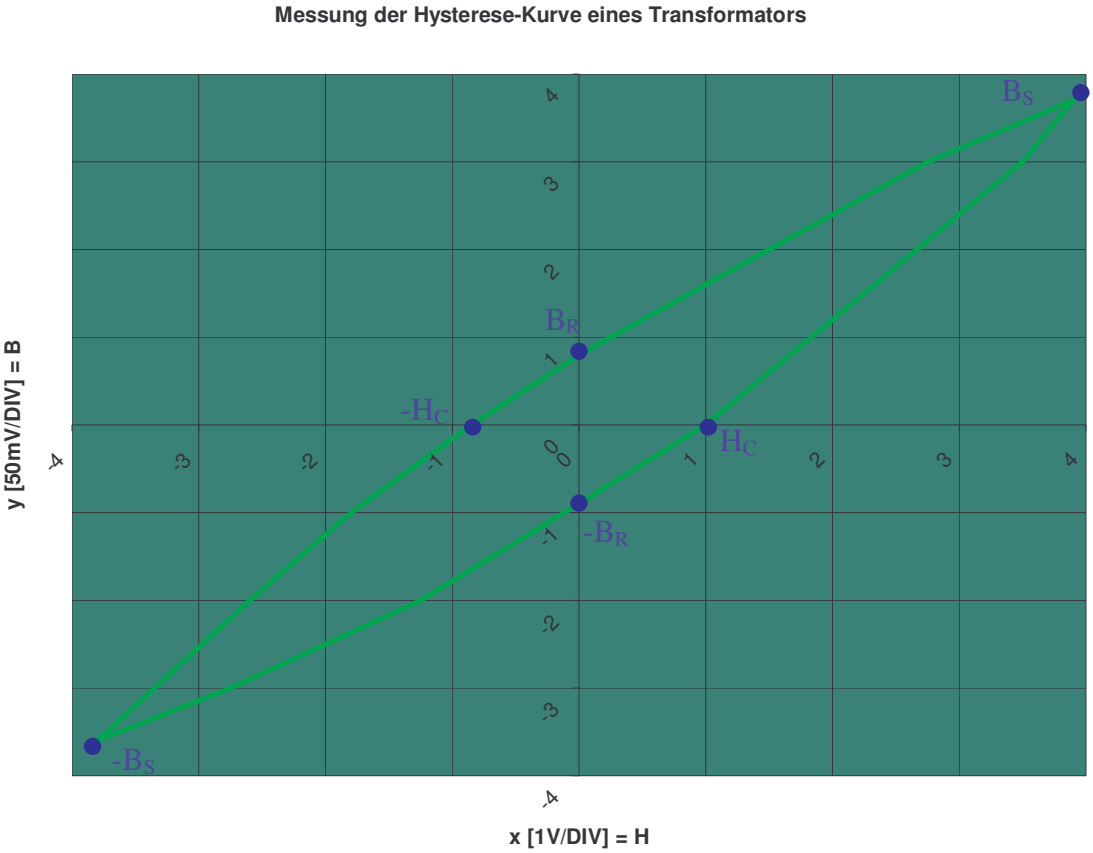
c) Wir haben die Flussdichte B(z) und B(y) im Außen- und Innenbereich der Spule gemäß dem vorgegebenen Raster gemessen. Der Strom betrug dabei I = 10.00A und bei einer Länge l = 22cm.
Wir haben die gemessenen Vektoren des B-Feldes in folgendem Diagramm dargestellt.



Das Vektorfeld wurde aus den folgenden Werten errechnet. Man sieht, dass das B-Feld in der Spule am stärksten ist und nach vorne stark abnimmt. Über der Spule ist so gut wie kein Feld vorhanden.

B(z) B(y) |B|	-4,0 cm	-2,0 cm	0,0 cm	2,0 cm	4,0 cm	← **z**
9,0 cm	-0,05 mT 0,06 mT 0,08 mT	-0,04 mT 0,08 mT 0,09 mT	-0,02 mT 0,08 mT 0,08 mT	-0,01 mT 0,08 mT 0,08 mT	-0,03 mT 0,06 mT 0,07 mT	
6,0 cm	-0,10 mT 0,10 mT 0,14 mT	-0,12 mT 0,18 mT 0,22 mT	-0,03 mT 0,26 mT 0,26 mT	0,07 mT 0,02 mT 0,07 mT	0,10 mT 0,11 mT 0,15 mT	
3,0 cm	-0,22 mT 0,11 mT 0,25 mT	-0,57 mT 0,23 mT 0,61 mT	-0,79 mT 0,43 mT 0,90 mT	-1,27 mT 0,28 mT 1,30 mT	-1,50 mT 0,12 mT 1,50 mT	
1,5 cm	-0,26 mT 0,06 mT 0,27 mT	-0,45 mT 0,12 mT 0,47 mT	-0,80 mT 0,18 mT 0,82 mT	-1,19 mT 0,15 mT 1,20 mT	-1,43 mT 0,06 mT 1,43 mT	
0,0 cm	-0,26 mT 0,01 mT 0,26 mT	-0,46 mT 0,03 mT 0,46 mT	-0,80 mT 0,04 mT 0,80 mT	-1,16 mT 0,03 mT 1,16 mT	-1,40 mT 0,01 mT 1,40 mT	
↑ **y**						

2) Messung der Hysterese-Kurve eines Transformators



Die Hyterese-Kurve eines Transformators wurde mit einem Oszilloskop aufgenommen. Das Transformatormaterial wurde im Punkt B_S mit der maximalen Induktion B und maximaler Feldstärke H beaufschlagen. Anschließend vermindert sich die Feldstärke durch absenken des Spulenstroms auf Null, es beleibt eine Restinduktion (Punkt B_R) zurück, die man Remanenzflussdichte B_R nennt. Um die Remanenzflussdichte aufzuheben, muss sich eine negative Feldstärke einstellen die einen magnetischen Fluss induziert, der die Remanenzflussdichte aufhebt. Diese Feldstärke heißt Koerzitivfeldstärke H_C.