

Wärmeleitfähigkeit

David Gutnikov Lasse Sternemann
david.gutnikov@udo.edu lasse.sternemann@udo.edu

Durchführung am 07.01.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Auswertung	3
1.1	Allgemeines	3
1.2	Magnetfelder in einfachen Spulen	3
1.2.1	Magnetfeld einer langen Spule	3
1.2.2	Magnetfeld einer kurzen Spule	4
1.3	Magnetfelder von Helmholtzspulen	7
1.3.1	Spulenabstand 10cm	7
1.3.2	Spulenabstand 15cm	8
1.3.3	Spulenabstand 20cm	11
1.4	Hysteresekurve	12
2	Diskussion	14

1 Auswertung

1.1 Allgemeines

Im folgenden werden mehrfach Magnetfeldstärken bezüglich ihres Abstands zu einer der Spulenöffnungen angegeben. In diesen Fällen befindet sich die Spulenöffnungen bei $x=0$. Negative Werte befinden sich außerhalb der Spule und positive Werte innerhalb, solange sie nicht die Länge der Spule überschreiten.

1.2 Magnetfelder in einfachen Spulen

1.2.1 Magnetfeld einer langen Spule

Um einen Vergleichswert zur Magnetfeldstärke in der langen Spule zu haben, wird über Formel xxx ein Theoriewert berechnet. Dazu werden folgende Eigenschaften der Spule und Experimentierbedingungen verwendet:

$$L = 0,155m \quad N = 300 \quad I = 0,68A$$

Somit ergibt sich für das homogene Magnetfeld innerhalb der langen Spule der Referenzwert:

$$B = 1,65mT \quad (1)$$

Tabelle 1: In der Tabelle ist die Stärke des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Distanz zu einer der Spulenöffnung aufgelistet.

x [m]	B [mT]	x [m]	B [mT]
-0,04	0,088	0,08	1,574
-0,03	0,128	0,09	1,566
-0,02	0,208	0,10	1,552
-0,01	0,377	0,11	1,483
0	0,69	0,12	1,483
0,01	1,08	0,13	1,397
0,02	1,322	0,14	1,217
0,03	1,443	0,15	0,879
0,04	1,506	0,16	0,502
0,05	1,538	0,17	0,272
0,06	1,559	0,18	0,158
0,07	1,569		

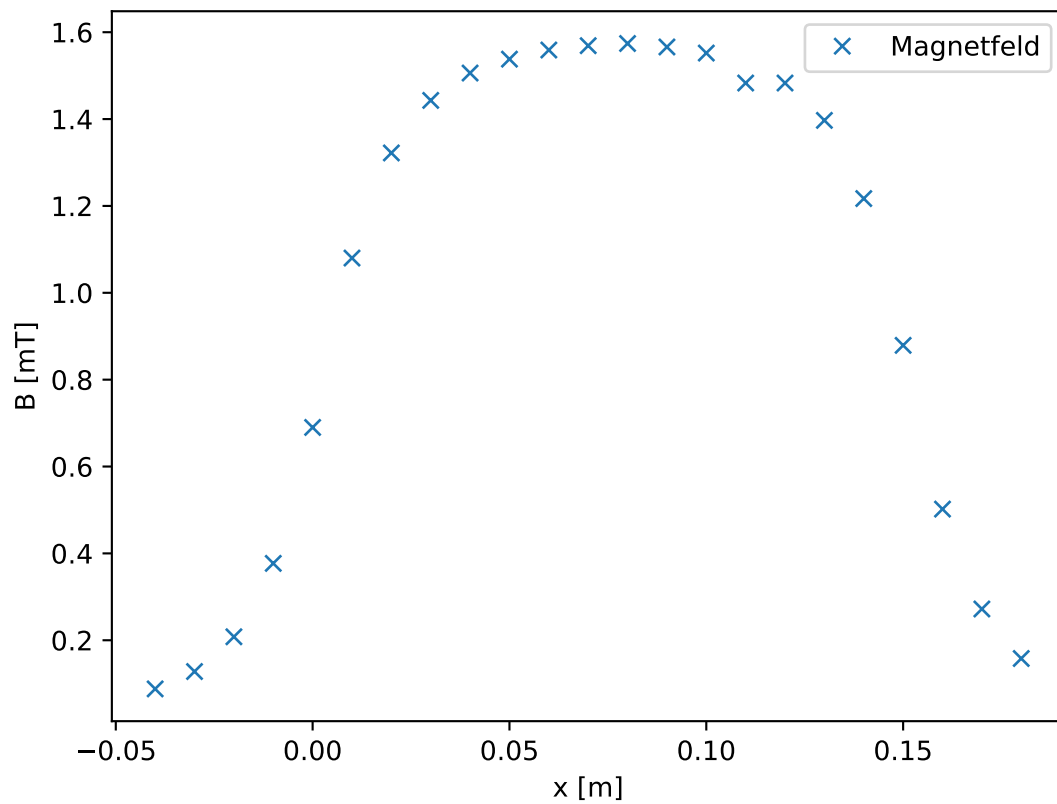


Abbildung 1: In dieser Abbildung sind die Werte aus der obigen Tabelle aufgetragen. Sie zeigen das Magnetfeld abhängig von der Entfernung zur Spulenöffnung, die bei $x=0$ liegt.

1.2.2 Magnetfeld einer kurzen Spule

Auch bei der kurzen Spule wird zuerst über Formel xxx ein theoretischer Referenzwert berechnet.

$$\begin{aligned}
 L &= 0,09\text{cm} & N &= 3400 & I &= 0,08\text{A} \\
 B &= 3,80\text{mT} & & & & (2)
 \end{aligned}$$

Tabelle 2: In der Tabelle ist die Stärke des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Distanz zu einer der Spulenöffnung aufgelistet.

x [m]	B [mT]
-0,04	0,602
-0,03	0,777
-0,02	0,995
-0,01	1,271
0,00	1,579
0,01	1,885
0,02	2,165
0,03	2,375
0,04	2,5
0,05	2,529
0,06	2,462
0,07	2,299
0,08	2,052
0,09	1,761
0,1	1,444
0,11	1,142

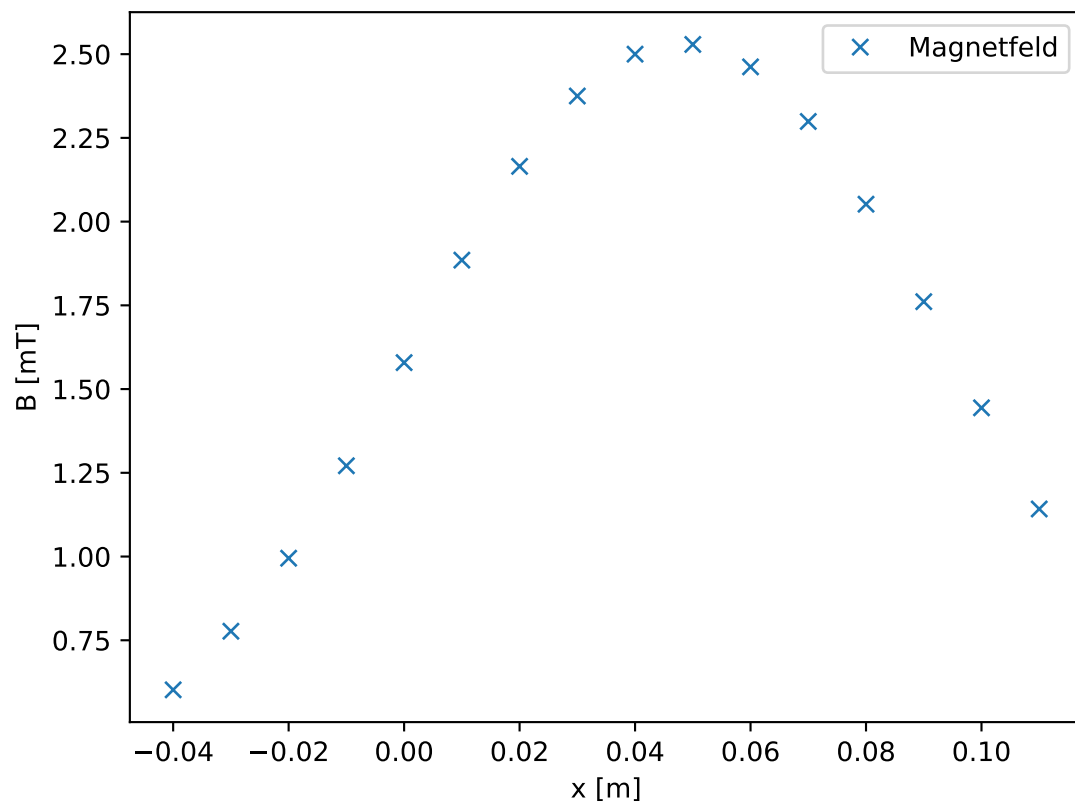


Abbildung 2: In dieser Abbildung sind die Werte aus der obigen Tabelle aufgetragen. Sie zeigen das Magnetfeld abhängig von der Entfernung zur Spulenöffnung, die bei $x=0$ liegt.

1.3 Magnetfelder von Helmholtzspulen

Bei den folgenden Helmholtzspulenpaaren wurde nur der Spulenabstand variiert, demnach haben sie ansonsten die gleichen Eigenschaften und wurden an die gleiche Stromstärke angeschlossen.

$$R = 0,0625m \quad N = 100 \quad I = 1,94A$$

1.3.1 Spulenabstand 10cm

Bei diesem Spulenpaar beträgt der Spulenabstand 0,1m. Mit diesem und den allgemeinen Werten, die für alle Helmholtzspulenpaare gelten, lässt sich folgender Referenzwert für die Mitte zwischen den zwei Spulen berechnen.

$$B_{\text{Mitte}} = 1,86mT \quad (3)$$

Tabelle 3: In der Tabelle ist die Stärke des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Distanz zu einer der Spulenöffnung aufgelistet.

x [m]	B [mT]	x [m]	B [mT]
0,01	2,01	0,12	1,267
0,015	1,968	0,13	1,034
0,02	1,947	0,14	0,837
0,025	1,929	0,15	0,674
0,03	1,934	0,16	0,547
0,035	1,943	0,17	0,444
0,04	1,973	0,18	0,362
0,045	2,006	0,19	0,298
0,05	2,051	0,20	0,245
0,11	1,526		

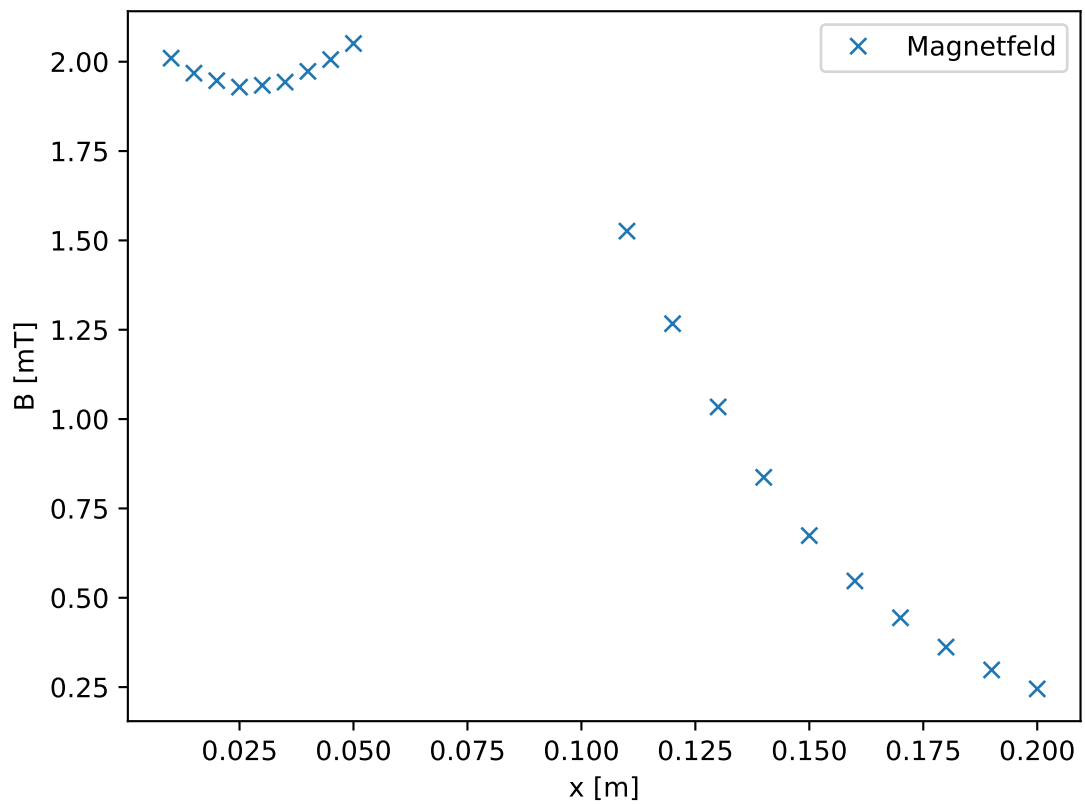


Abbildung 3: In dieser Abbildung sind die Werte aus der obigen Tabelle aufgetragen. Sie zeigen das Magnetfeld abhängig von der Entfernung zur Spulenöffnung, die bei $x=0$ liegt.

1.3.2 Spulenabstand 15cm

Hier wird die Magnetfeldstärke im Mittelpunkt analog zur ersten Helmholtzspule berechnet. Der Spulenabstand beträgt nun jedoch 0,15m.

$$B_{\text{Mitte}} = 1,023 \text{ mT} \quad (4)$$

Tabelle 4: In der Tabelle ist die Stärke des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Distanz zu einer der Spulenöffnung aufgelistet.

x [m]	B [mT]	x [m]	B [mT]
0,01	1,579	0,07	1,207
0,02	1,403	0,075	1,245
0,03	1,261	0,08	1,329
0,035	1,207	0,09	1,489
0,04	1,165	0,10	1,670
0,045	1,131	0,16	1,420
0,05	1,123	0,17	1,173
0,055	1,113	0,18	0,959
0,06	1,137	0,19	0,770
0,065	1,152	0,20	0,618

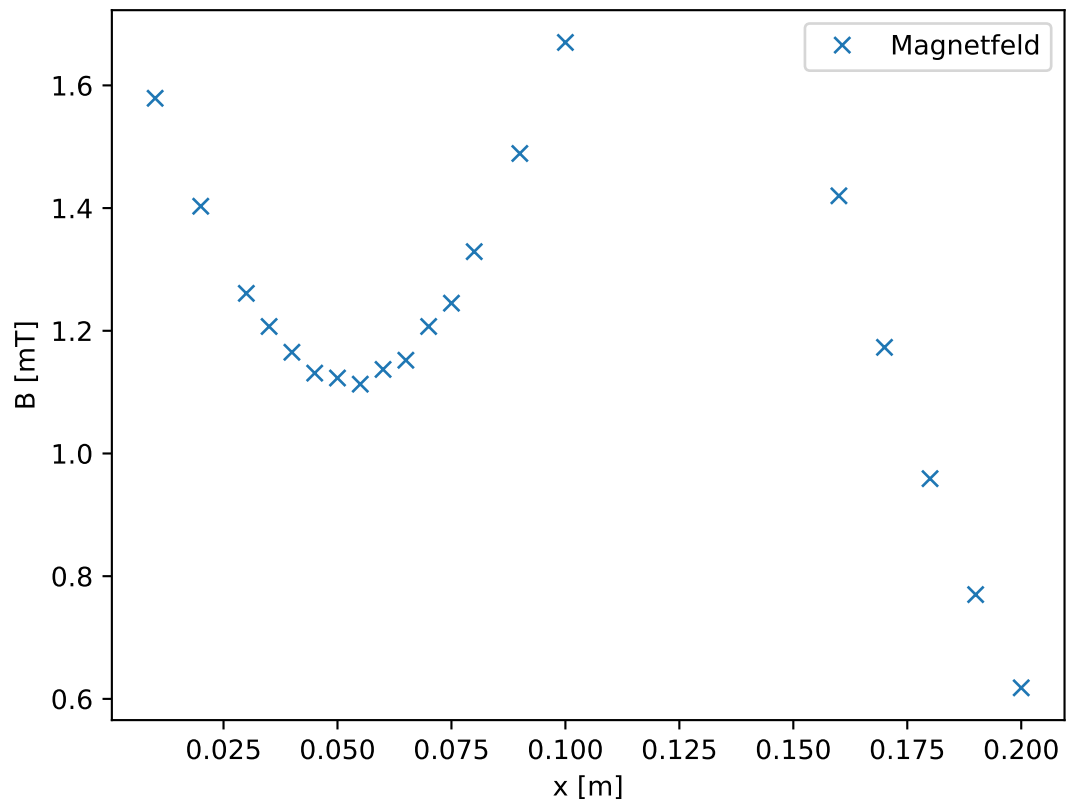


Abbildung 4: In dieser Abbildung sind die Werte aus der obigen Tabelle aufgetragen. Sie zeigen das Magnetfeld abhängig von der Entfernung zur Spulenöffnung, die bei $x=0$ liegt.

1.3.3 Spulenabstand 20cm

Nun beträgt der Spulenabstand 0,2m und die Berechnung erfolgt wieder analog zu den anderen Rechnungen.

$$B_{\text{Mitte}} = 0,58mT \quad (5)$$

Tabelle 5: In der Tabelle ist die Stärke des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Distanz zu einer der Spulenöffnung aufgelistet.

x [m]	B [mT]	x [m]	B [mT]
0,01	1,458	0,11	0,832
0,02	1,250	0,12	0,965
0,03	1,058	0,13	1,131
0,04	0,906	0,14	1,330
0,05	0,791	0,15	1,534
0,06	0,714	0,21	1,366
0,07	0,672	0,22	1,135
0,08	0,661	0,23	0,917
0,09	0,684	0,24	0,737
0,10	0,742	0,25	0,585

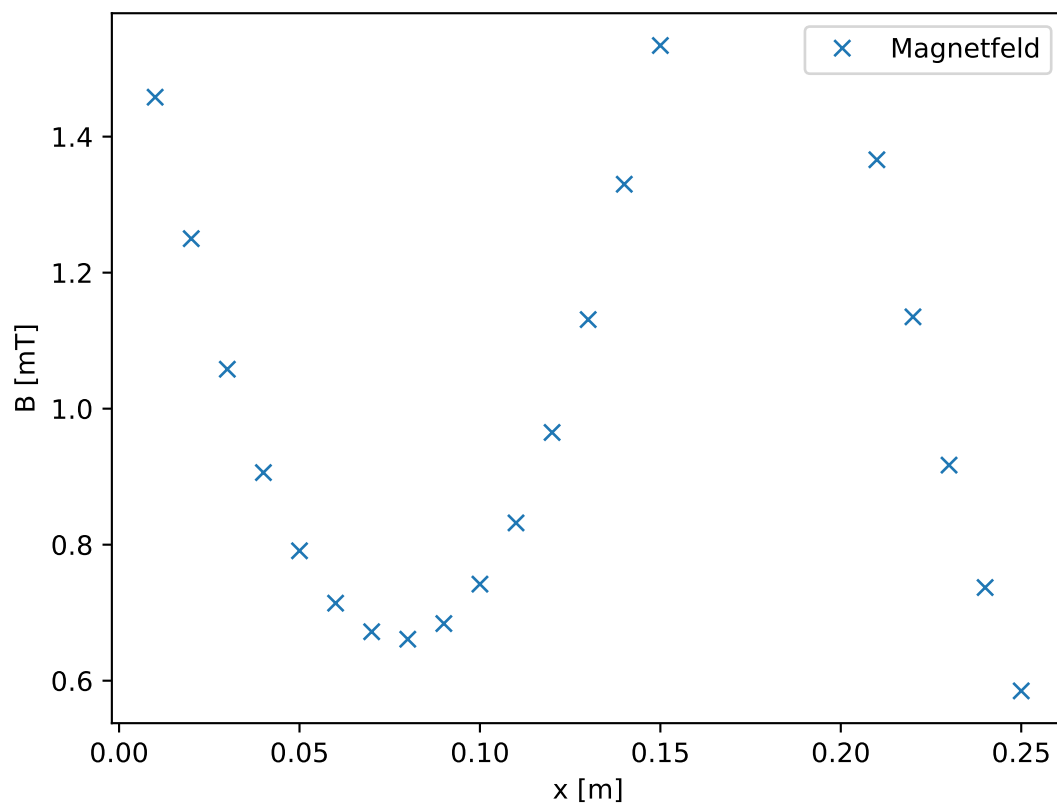


Abbildung 5: In dieser Abbildung sind die Werte aus der obigen Tabelle aufgetragen. Sie zeigen das Magnetfeld abhängig von der Entfernung zur Spulenöffnung, die bei $x=0$ liegt.

1.4 Hysteresekurve

Die durch Auftragen der in Tabelle 6 eingetragenen Werte wird die Hysteresekurve modelliert. Sie beinhaltet 4 gesonderte Werte. Die Remanenz, die die Magnetfeldstärke bei nicht vorhandener Stromstärke angibt.

$$B_{R1} = 131 \text{ A} \quad (6)$$

$$B_{R2} = -133 \text{ A} \quad (7)$$

Die zwei anderen ausgezeichneten Werte beschreiben die Koerzitivkraft, die dem gegebenen magnetischen Feld so entgegenwirkt, dass die gesamte Magnetfeldstärke null ist. Diese

Punkte liegen bei folgenden Stromstärken.

$$I_{C1} = -0,65 \text{ A} \quad (8)$$

$$I_{C2} = 0,68 \text{ A} \quad (9)$$

Tabelle 6: In der Tabelle ist die Stärke des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Distanz zu einer der Spulenöffnung aufgelistet.

x [m]	B [mT]	x [m]	B [mT]
0	2,7	-6	-599
1	149	-7	-640
2	350	-8	-672
3	446	-9	-702
4	508	-10	-730
5	560	-9	-711
6	605	-8	-693
7	640	-7	-671
8	670	-6	-645
9	700	-5	-617
10	726	-4	-580
9	709	-3	-533
8	691	-2	-467
7	668	-1	-331
6	644	0	-133
5	614	0,68	0
4	576	1	81
3	520	2	258
2	464	3	391
1	327	4	489
0	131	5	549
-0,65	0	6	595
-1	-70	7	638
-2	-256	8	696
-3	-392	9	699
-4	-490	10	725
-5	-552		

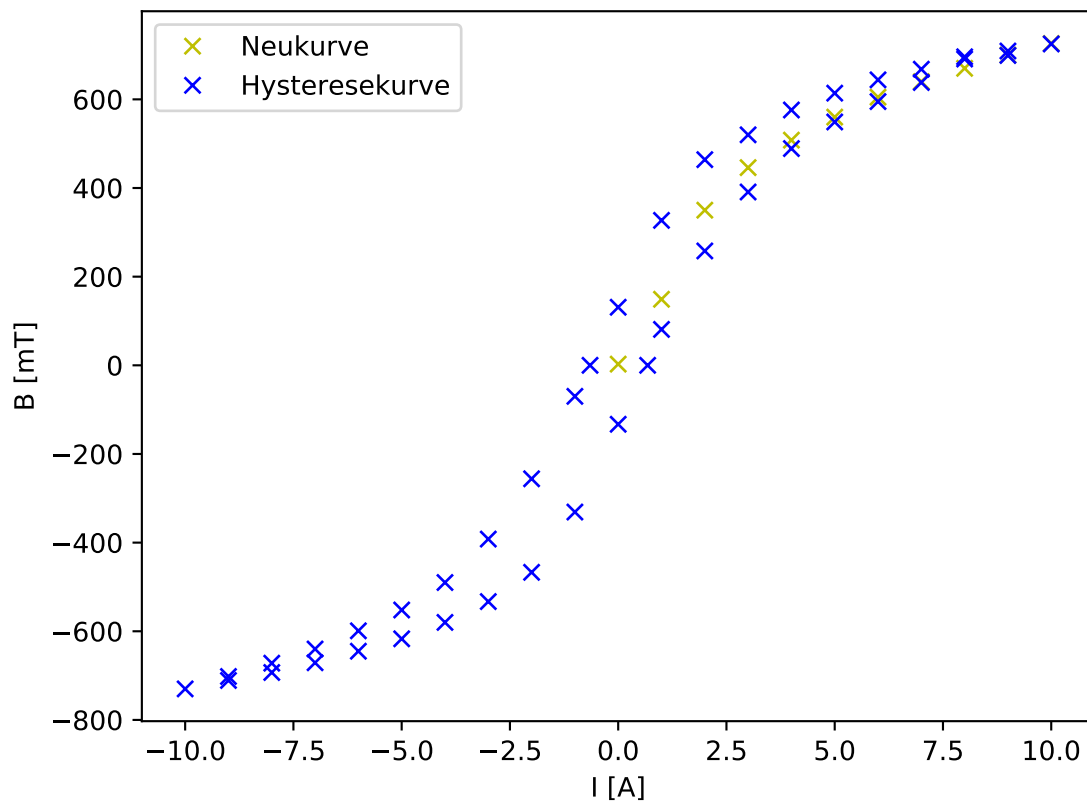


Abbildung 6: In dieser Abbildung sind die Werte aus der obigen Tabelle aufgetragen. Sie zeigen das Magnetfeld abhängig von der Entfernung zur Spulenöffnung, die bei $x=0$ liegt.

2 Diskussion

Zur Verifizierung der Messreihen werden die Theoriewerte mit den gemessenen Werten verglichen. Bei den beiden normalen Spulen wird der Theoriewert mit dem Wert in der Mitte der Spule verglichen. So weicht die Magnetfeldstärke der langen Spule, $B_{\text{Messung}} = 1,574\text{mT}$, um 4,81 % von dem errechneten Wert 1 ab. Der Wert der kurzen Spule, $B_{\text{Messung}} = 2,529\text{mT}$, weicht um 43,45 % vom Theoriewert 2 ab. Während der Wert der langen Spule gut mit dem Theoriewert übereinstimmt, weicht der der kurzen Spule stärker von dessen Theoriewert ab. Dies könnte daran liegen, dass bei dieser Messreihe ein weiterer Spule des Nachbar-experiments aktiv war. Dies war bei der Messreihe zur langen Spule nicht der Fall. Quantitativ liefern beide Kurven das erwartete Ergebnis. Die lange Spule weist ein Plateau auf, das bei der kurzen Kurve verschwindet und nur noch als Peak zu sehen ist. Bei den Helmholtzspulenpaaren werden die theoretischen Werte mit

den gemessenen Werten in den Zentren der Helmholtzspulenpaaren verglichen.

10cm	$B_{\text{Messung}} = 2,051mT$	$B_{\text{Theorie}} = 1,86mT$	Abweichung : 9,31%
15cm	$B_{\text{Messung}} = 1,245mT$	$B_{\text{Theorie}} = 1,02mT$	Abweichung : 17,83%
20cm	$B_{\text{Messung}} = 0,742mT$	$B_{\text{Theorie}} = 0,58mT$	Abweichung : 21,83%

Unter Rücksichtnahme auf die äußeren Faktoren wie die Magnetfelder der anderen Gruppenexperimente bestätigen auch diese Theoriewerte die Messung. Unterstützt wird dies durch die erwartete Form der Plots in den Graphen 3, 4 und 5. Die Feldstärke wird zu den Spulen maximal und sinkt gegen das Zentrum. Wie zu erwarten sinkt die Kurve stärker bei größeren Spulenabständen. Die letzte Messung liefert die Hysteresekurve, welche ebenfalls der erwarteten Form entspricht. Auch die zu erwartende Symmetrie lässt sich durch die Ähnlichkeit der Remanenzen 7, die um 1,5 % voneinander abweichen und die Ähnlichkeit der Koerzitivstromstärken 9, die um 4,41 % voneinander abweichen.