

it's CREATIVE SCHOOL.

Fakultät für Physik der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Fortgeschrittenenpraktikum I in Experimentalphysik - Kurs P3B

Blockpraktikum vom 02. August bis 31. August 2021

Name:	<i>Yudong Sun</i>	Gruppe:	L8
-------	-------------------	---------	----

Datum	Versuch	Punkte	Testat
26.08.21	1/2 ROE – Röntgenstrahlung: Bragg-Reflexion & Röntgenfluoreszenzanalyse		
	3A ESR - Elektronenspinresonanz		
	3B NMR-A - Kernspinresonanz (Variante A)		
	3C NMR-B - Kernspinresonanz (Variante B)		
18.08.21	3E ZEE-B - Zeeman-Effekt (Variante B)		
20.08.21	4A/4B FHV - Franck-Hertz-Versuch		
	4C SPL - Spektrallinien		
	4E BAS - Balmer-Serie		
	5B PLP - Plasmaphysik		
	5C PLW - Plancksches Wirkungsquantum		
24.08.21	5D QAL - Quantum Analogs		
	5E MIL - Millikan-Versuch		

Unterschrift der/des
Studierenden:

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum auf.

riert
rand

Teilversuch 6: Phänomenologische Beobachtung zum außeren Zeeman-Effekt.
(Transversale Beobachtung)

Versuchsziel: Anomale Zeeman-Effekt beobachten ✓

Messmethode: Abgennab.

Skizze: TV ④

Durchführung

- ① Übergang: 480,0 nm. Geeignete Bandfilter selektieren in Strahlengang bilden ✓
- ② Elektromagnete wieder in Ausgangsposition bringen ✓
- ③ Strom erhöhen, bis Effekt erkennbar.
- ④ Reaktion Strom auf 0A dann ausschalten.

Geplante Ausmury: - ✓

Laborprotokoll Name: Michael Sm
Datum: 18.8.2021

Teilversuch 1

Testameter O-Wert: $(3,89 \pm 0,02)$ mT Direct Field.
(Schalt 20)

■ O-Wert einstellen

Frage: Testmater ΔB ?

neuer O-Wert: $(0,11 \pm 0,02)$ mT ΔI ?

* (d-Lampe hier eingeschalten, sodass die Lampe auf dem richtigen Betriebstemperatur kommt (orange \rightarrow Blau Licht))

Testameter: Direct Field, Ammeter: A Einstellung / Auto Range.

Warte bis stabil	I/A	B/mT	Schaltereinstellung:	$\Delta I \approx /A$
	1,070	671	200	0,005
	2,096	1298	dazu hinzugelegt.	0,005
	2,995	191(0)	500	0,010
	4,153	270(0)	2000	0,020
2.1				
	5,300	346(0)	2000	0,010
	6,033	395(0)	2000	0,010
	7,89	463(0)	2000	0,01
	8,03	524(0)	2000	0,01
	9,06	575(0)	2000	0,01
	9,48	597(0)	2000	0,01

(auslassen)

AB Abschätzung: ~~100mT~~ $\pm 10\text{mT}$ | Spule: WZ833, 2,66Ω bei 20°C
 $\Delta I = (\text{wie oben})$

(Annahme): Multimeter ist mit 10A gefusst / gesichert \Rightarrow kein Strom $\neq 10\text{A}$.

- Neuer O-Wert unterscheidet sich vom vorherigen O-Wert (Hysteresis?)

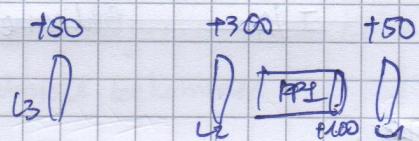
\Rightarrow Strom erhöhen, dann reduzieren. (mehrmales machen)

\Rightarrow kein Effekt.

• Neuer O-Wert = $(1,13 \pm 0,02) \text{ mT}$

• Sinnvoll \Rightarrow ~~Mittelwert~~ Mittelwert?

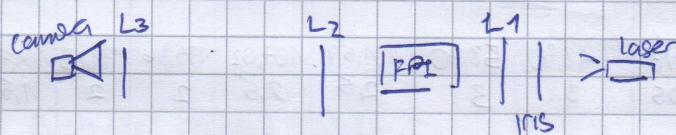
Teilversuch 2:



- * L_1 einsetzen \Rightarrow Sicherstellen, dass Strahl horizontal und feststeht. (durch Rückung vom Tisch)

Rot Tisch ist nun mit ~~klebeband~~ Klebeband geklebt.

\rightarrow



- * Sichere Foto in Ausrichtung

Teilversuch 3:

~~Wiederholen~~ ① L_3 verschieben, bis Muster möglichst groß beobachtet.

② L_2 justieren, bis Linie möglichst schat.

Die Ausrichtung für Foto.

vor. Zeeman: 643,9 nm (rot)

achr. Zeeman: 508,6 nm (grün)

Teilversuch 4:

Normale Zeeman: Rot Path filter.

Filter auf Irisblende mit Klebeband festgeschobt. \times

~~Beobachtung bei~~ Filter in FPI - ist eingestellt.

(710.bmp) überbelichtet \Rightarrow Belichtung: 866,99.

Annahme: Program schon kalibriert.

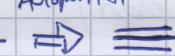
POLfilter rein setzen zw. L_2 und L_3 (812.bmp)

\rightarrow Einstellung: 0°.

(811.bmp)



Beobachtungen:

- ✓ ① Wenn Stromstärke erhöht ist \Rightarrow  \Rightarrow  Hell (814.bmp)
- ② Polfilter reinsetzen. \Rightarrow mittlere Ring weniger hell/dunkler.
- ③ Wenn Stromstärke wieder erniedrigt \Rightarrow kein Aufspaltung mehr.

✓ 813/814.bmp : $\approx 2-3\text{ A}$.

815/816.bmp : $\approx 6\text{ A}$.

Messreihe:

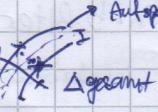
✓ I/A Bildname/nummer $r_1/\mu\text{m}$ $r_2/\mu\text{m}$

BildNr.	I/A	r ₁ /μm		r ₂ /μm		r ₃ /μm		r ₄ /μm		r ₅ /μm	
		z-	z+	z-	z+	z-	z+	z-	z+	z-	z+
817 (±)	1,088 0,00										
817 (±)	1,090 0,005										
817 (±)	2,495 0,005	48,90	58,70	101,59	107,02	135,36	139,63	161,72	164,65	183,72	185,69
818 (±)	4,190 0,010	43,85	62,07	99,09	108,51	134,89	140,23	160,43	165,42	182,71	187,02
819 (±)	5,662 0,010	89,26	64,70	99,88	110,70	132,59	141,91	159,59	166,79	181,31	188,77
820 (±)	7,01 0,01	95,45	66,38	96,26	111,61	130,98	143,36	158,46	168,77	180,88	189,16
821 (±)	8,78 0,01	30,79	69,88	94,15	113,83	129,67	144,56	157,19	168,98	179,64	190,10

sehr dunkel

★ Rechtsseiten vom Bild nur einseitig beleuchtet \Rightarrow r₅ Fehler größer als Linientrenne.

benennung: Rechte Seite vom Bild sind der unten nicht klar aufgespalten.

• Bei äußeren Ringen wird  Δ gesamt / 2 \Rightarrow einzelne Δr .

• Linientrenne nimmt an, je weiter man ist vom Zentrum.

Teilversuch 6.

Grün Polfilter statt rot

(822.bmp) - mit Pol (ca. 100)

(~~824.bmp~~) ohne Pol (822,53)

Betrachtung

Bei $I=7,45A \Rightarrow$ ~~825~~ 823.bmp

Beobachtung: ② Aufspaltung in mehrere neben maxima.

~~Begründung:~~ ② Wenn kein B-Feld angelegt ist, ist der Liniensalon ziemlich breit

\Rightarrow Wahrscheinlich schlechte Röntgenstrahlung?

~~L2~~

(Setup L2 war nachjustiert, aber keine besseren Ergebnisse bekommen)

weniger

Begründung für ①: Bindungsgeraden $g_{1,2} = -2, -1, 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2$

$\Rightarrow 7$ Liniensalon

\uparrow mehr Aufspaltungen

~~Ursprunglinie~~

Linien nicht im Zentrum vom ausgedehnten.

Anomaler Zeeman Effekt.

Teilversuch 5.

Beobachtung: Deutlich dunkler. (Belichtung: 981,63)

$I = 7,31$ (825.bmp)

Pol Filter \rightarrow Belichtung 1473,6

$+45^\circ$ \rightarrow nur innere sichtbar

-45° \rightarrow nur äußere sichtbar

(826.bmp) beide Linien sichtbar

(827.bmp)

(828.bmp)

Worum? \rightarrow $\frac{1}{4}$ Wandelt σ^+ und σ^- ins linear polarisierte Licht \Rightarrow Durch Polfilter raus gefiltert

Mittlere TI-Linien nicht mehr sichtbar.

LMU München
Physikalische Praktika

Versuch: ZEE-B

Datum: 18.08.2021

Betreuer: Shay

Durchführung: 4P/4P

ZEE-B – Zeeman-Effekt (Variant B)

Auswertung

Yudong Sun
Gruppe L8

19. August 2021

Teilversuch 1: Vermessung des Magnetfeldes



Fehler $\Delta B = \pm 10 \text{ mT}$

I/A	1,070	2,096	2,995	4,153	5,300	6,033	7,09	8,03	9,06	9,48
$\Delta I/\text{A}$	0,005	0,005	0,010	0,020	0,010	0,010	0,01	0,01	0,01	0,01
B/mT	671	1298	1910	2700	3460	3950	4630	5240	5750	5970

Als Hintergrund haben wir zwei Messungen:

	Messung	Hintergrund
Davor		$(0,11 \pm 0,02) \text{ mT}$
Danach		$(1,13 \pm 0,02) \text{ mT}$



Da diese Hintergrundwerte deutlich unter der Unsicherheit ΔB liegt, vernägässigen wir den Hintergrund.



Wir führen nun eine Kurveanpassung zu $B = mI + c$ mittels gnuplot durch (siehe Appendix A):

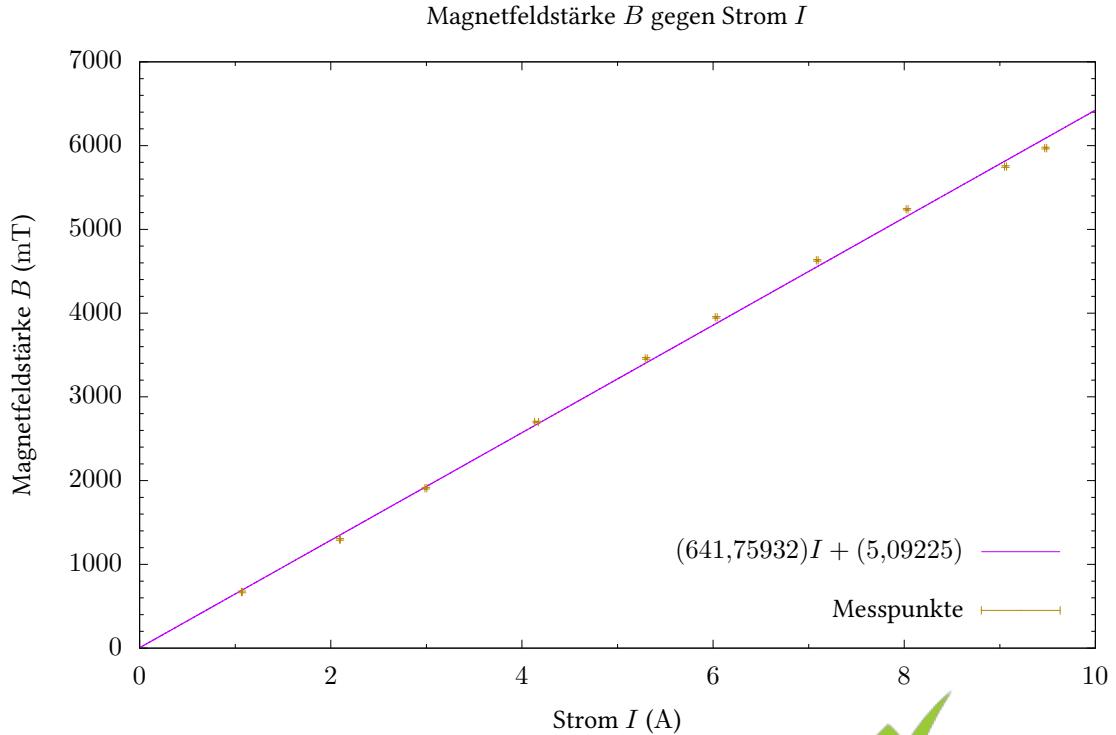


Abbildung 1.1: Magnetfeldstärke gegen Strom
 $(\chi^2_{\text{red}} = 39,1889 \text{ (klein gegen Werten)} \Rightarrow \text{Gute Anpassung})$

Als Endergebnis erhalten wir:

Variable	Roh	Gerundet
m	$(641,759 \pm 8,077) \text{ mT A}^{-1}$	$(641 \pm 9) \text{ mT A}^{-1}$
c	$(5,09 \pm 49,33) \text{ mT}$	$(5 \pm 50) \text{ mT}$

Da 0 im Fehlerintervall von c liegt, ist die Kurveanpassung auch vernünftig. Für die Kalibrierung von Strom zu Magnetfeldstärke dient also die folgende Formel:

$$B/\text{mT} = 641 \times I + 5 \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned} \Delta B/\text{mT} &= \sqrt{\left(\frac{\partial B}{\partial m}\Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial I}\Delta I\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial c}\Delta c\right)^2} \\ &= \sqrt{(I\Delta m)^2 + (m\Delta I)^2 + (\Delta c)^2} \\ &= \sqrt{81I^2 + 410881(\Delta I)^2 + 2500} \end{aligned} \quad (1.2)$$

Teilversuch 2: Kalibrierung des Linsensystems

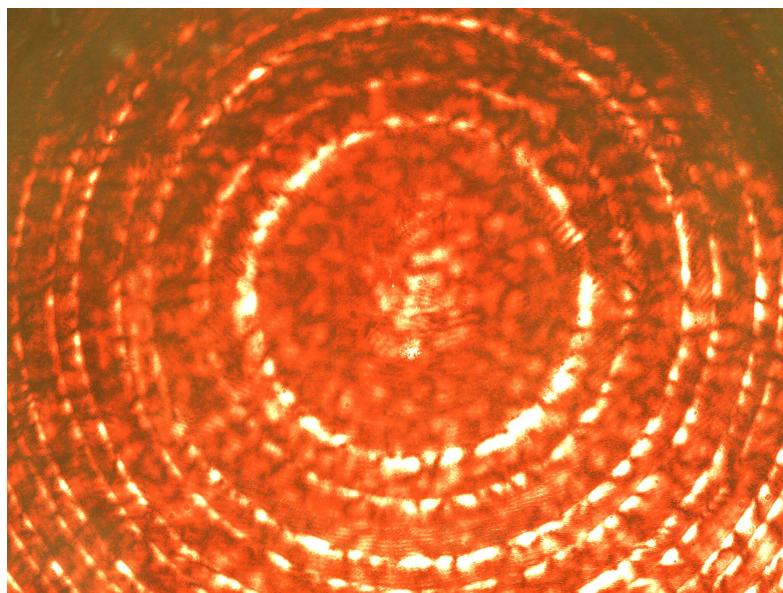


Abbildung 2.1: Interferenzringe mit Laserpointer

Teilversuch 3: Qualitative Betrachtung des Spektrums von Cadmium

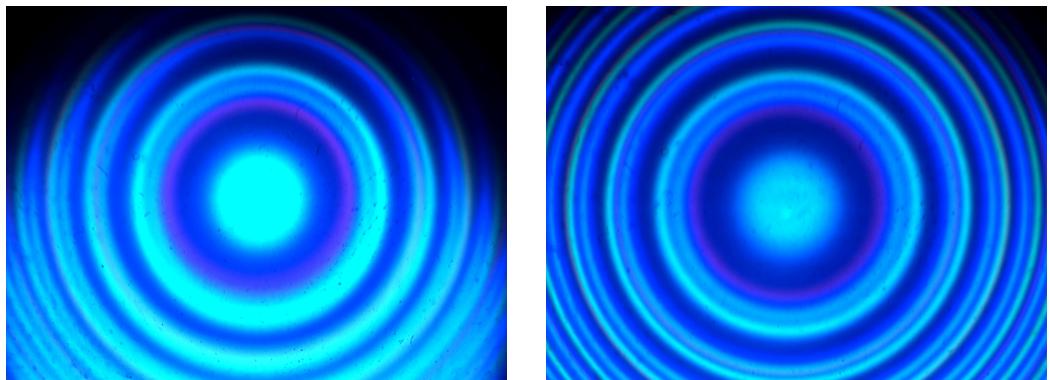


Abbildung 3.1: Interferenzringe mit Cd-Lampe. Vor Justierung (Links). Nach Justierung (Rechts)

Es ist zu bemerken, dass ohne Kamera ist das Interferenzmuster schwer zu sehen. Laut Abbildung 1 der Anleitung gibt es nur 5 Übergänge, die im sichtbaren Bereich liegt. Wir nehmen nun an, dass die Kamera auch nur Licht im sichtbaren Bereich abbilden kann.

Die Zuordnung ist somit:

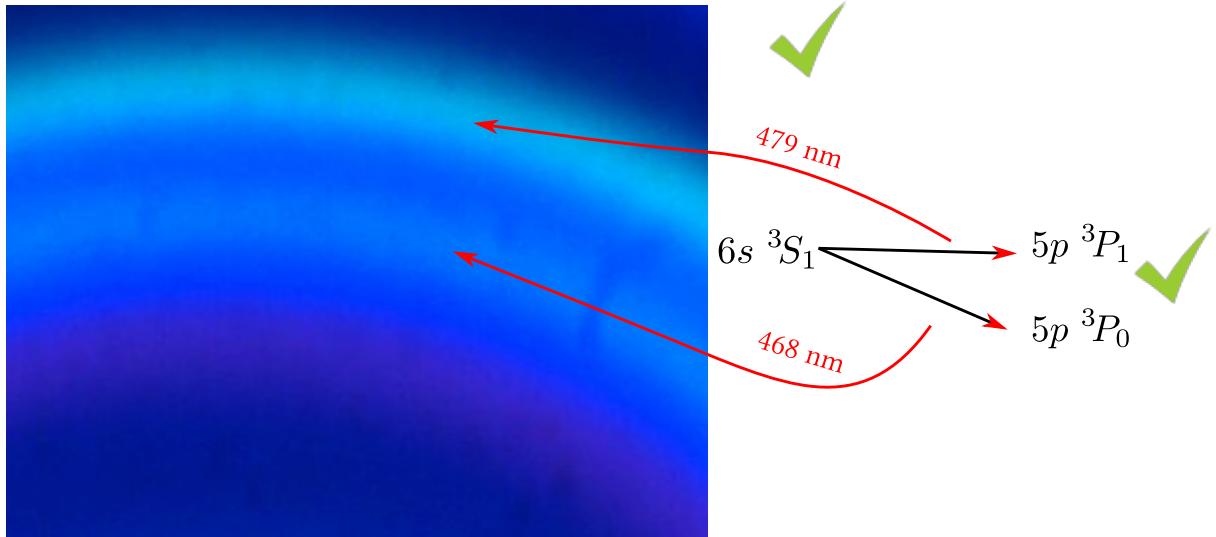


Abbildung 3.2: Zuordnen der sichtbaren Emissionslinien

Die anderen sichtbare Linien (508,59 nm, 515,47 nm, 643,85 nm) sind wahrscheinlich zu schwach, um in diesem Bild zu sehen. Man sieht hier auch zusätzlich eine lila Emissionslinie. Sie liegt vermutlich im unsichtbaren UV Bereich ($300 \text{ nm} < \lambda < 450 \text{ nm}$). Da es mehrere Emissionslinie in diesem Bereich liegt, lässt diese Linie nicht so gut zuordnen.

9.1

Teilversuch 4: Quantitative Vermessung des normalen Zeeman-Effekts (transversale Beobachtung)

Es gab am Anfang eine Überbeleuchtung:



Abbildung 4.1: Überbeleuchtete Interferenzringe von rote Emissionslinie

Nach Anpassung der Beleuchtung im Program.

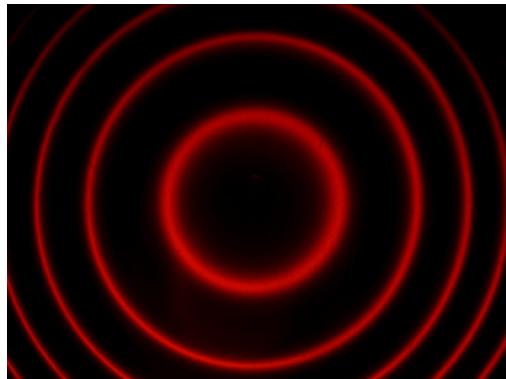
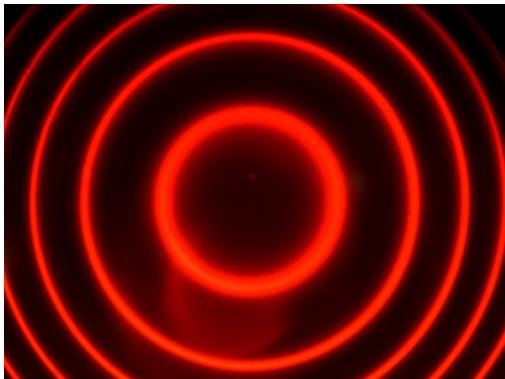


Abbildung 4.2: Interferenzringe von rote Emissionslinie. Ohne Polarisationsfilter (Links). Mit Polarisationsfilter (Rechts)

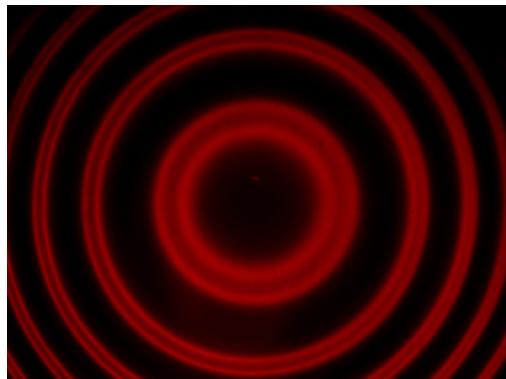
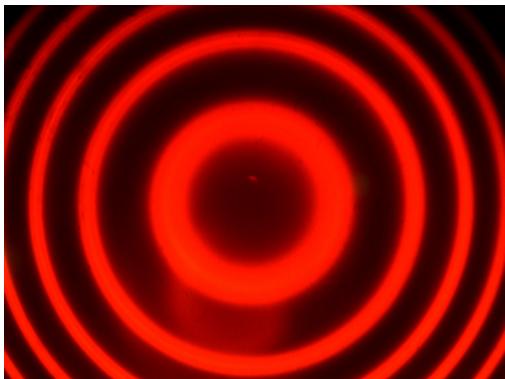


Abbildung 4.3: Interferenzringe von rote Emissionslinie im Magnetfeld $B \approx 2 - 3$ A. Ohne Polarisationsfilter (Links). Mit Polarisationsfilter (Rechts)

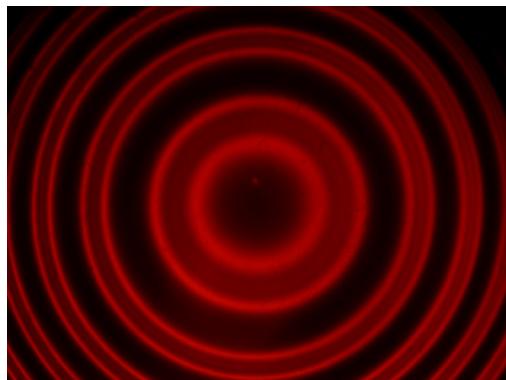
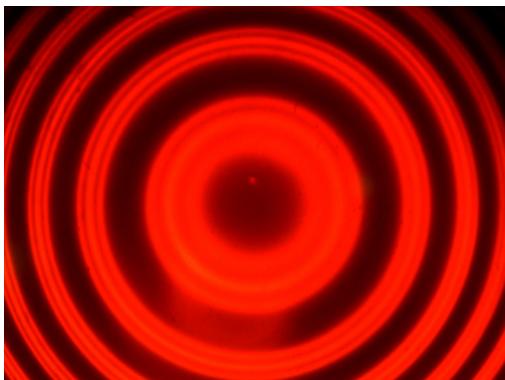
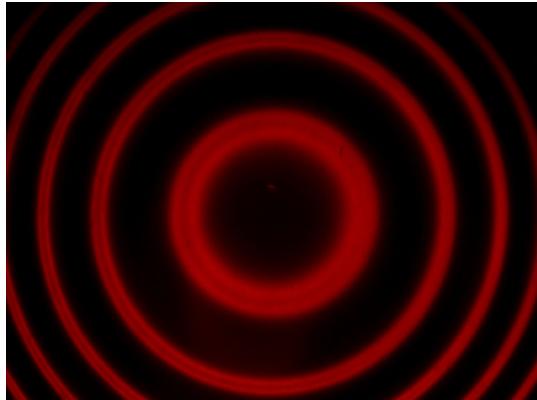
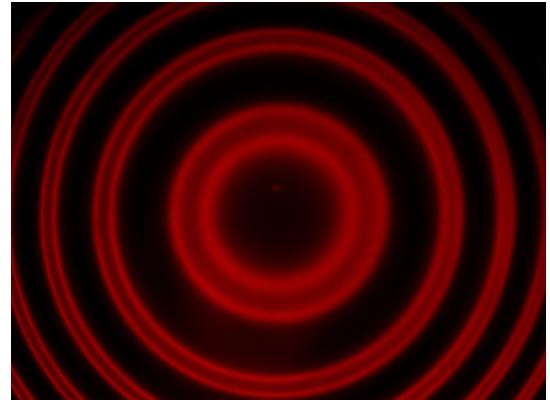


Abbildung 4.4: Interferenzringe von rote Emissionslinie im Magnetfeld $B \approx 6$ A. Ohne Polarisationsfilter (Links). Mit Polarisationsfilter (Rechts)

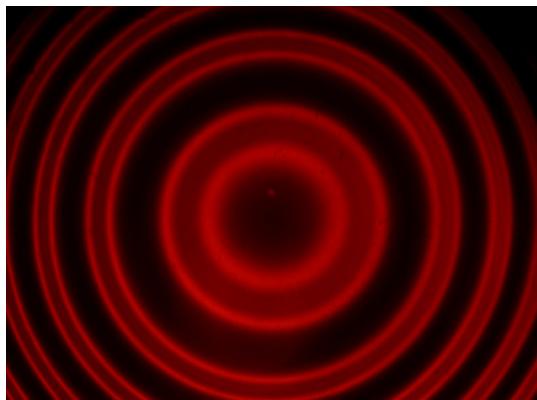
Für die eigentliche Messung:



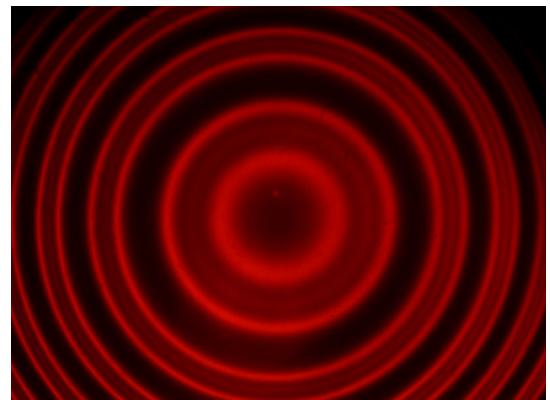
(a) $I = (2,495 \pm 0,005) \text{ A}$



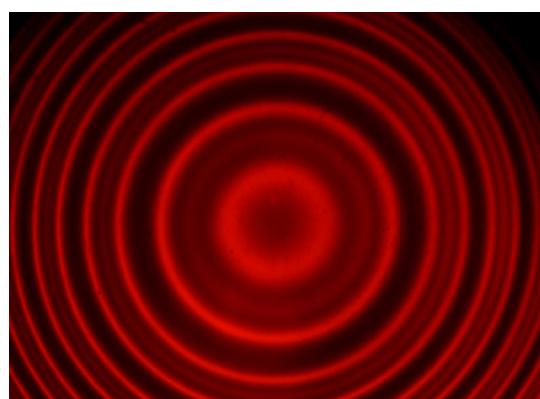
(b) $I = (4,190 \pm 0,010) \text{ A}$



(c) $I = (5,662 \pm 0,010) \text{ A}$



(d) $I = (7,01 \pm 0,01) \text{ A}$



(e) $I = (8,78 \pm 0,01) \text{ A}$

Abbildung 4.5: Messungen

Da die Messreihe zu lang ist, wird sie hier nicht wieder formatiert. Sie finden die Messreihe im Laborprotokoll unter Teilversuch 4. Alle Rechnungen für r_m^2 und $\Delta r_m^2 = 2r_m(\Delta r_m)$ werden direkt in gnuplot berechnet und somit hier nicht weiter beschrieben.

Wir führe nun die benötigte Kurveanpassungen zu $r_m^2 = mp + c$ durch. Der p -Achsenabschnitt p_0 ist somit gegeben durch:

$$p_0 = -\frac{c}{m} \quad (4.1)$$

$$\Delta p_0 = |p_0| \sqrt{\left(\frac{\Delta c}{c}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2} \quad (4.2)$$

und im gnuplot direkt berechnet.

Für λ_- :

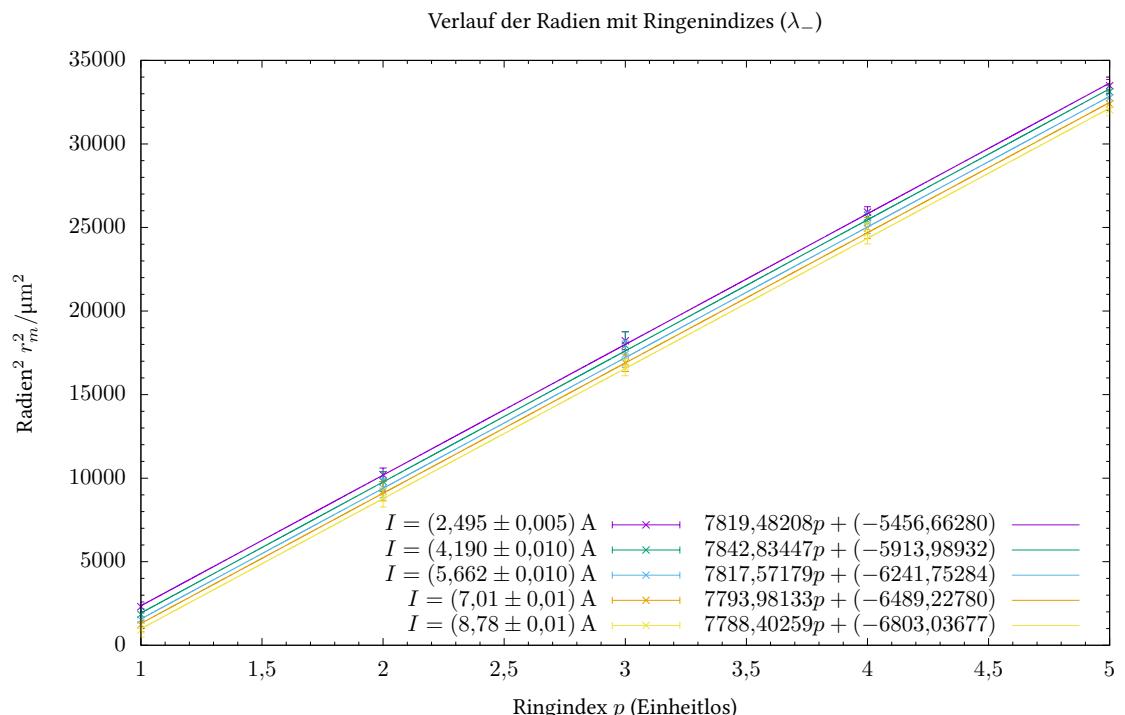


Abbildung 4.6: Verlauf der Ringräden

Strom I / A	$m / \mu\text{m}^2$	$c / \mu\text{m}^2$	p_0	χ^2_{red}
$2,495 \pm 0,005$	$7819,482\,08 \pm 41,582\,14$	$-5456,662\,80 \pm 135,037\,26$	$0,697\,83 \pm 0,017\,66$	0,160 85
$4,190 \pm 0,010$	$7842,834\,47 \pm 54,297\,14$	$-5913,989\,32 \pm 192,436\,57$	$0,754\,06 \pm 0,025\,09$	0,223 24
$5,662 \pm 0,010$	$7817,571\,79 \pm 40,499\,64$	$-6241,752\,84 \pm 142,581\,67$	$0,798\,43 \pm 0,018\,70$	0,101 89
$7,01 \pm 0,01$	$7793,981\,33 \pm 42,734\,37$	$-6489,227\,80 \pm 151,477\,92$	$0,832\,59 \pm 0,019\,96$	0,106 81
$8,78 \pm 0,01$	$7788,402\,59 \pm 46,191\,94$	$-6803,036\,77 \pm 163,696\,71$	$0,873\,48 \pm 0,021\,65$	0,125 85

Die kleine χ^2_{red} 's zeigt eine gute Kurveanpassung.

Für λ_+ :

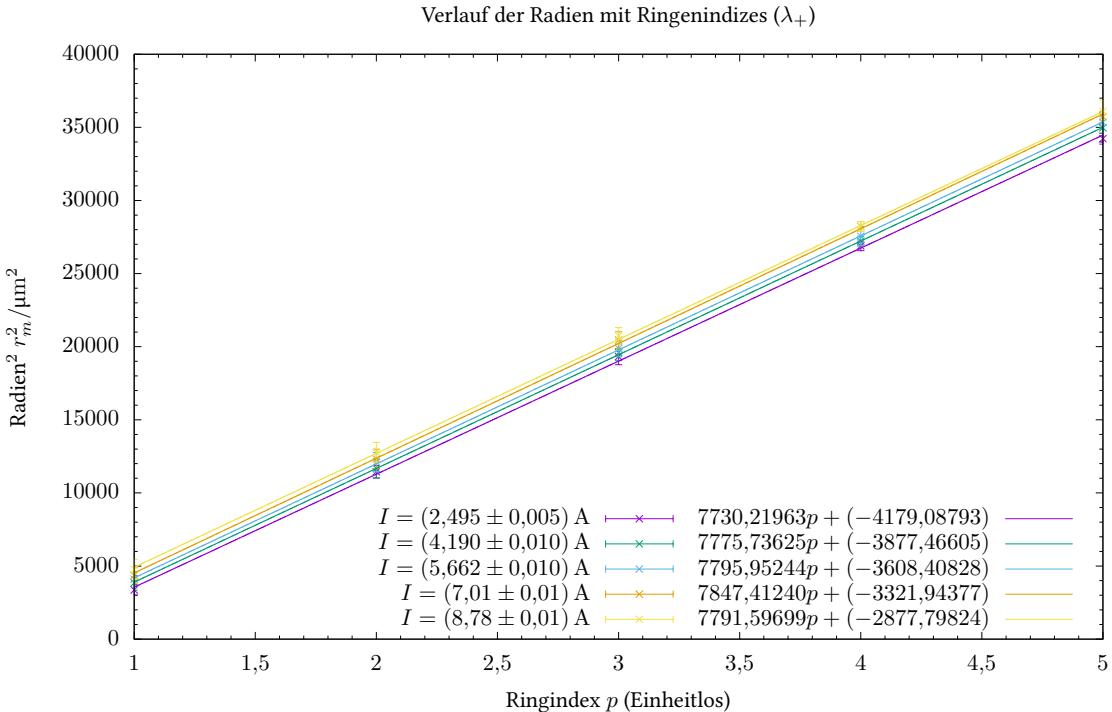


Abbildung 4.7: Verlauf der Ringradien

Strom I / A	$m / \mu\text{m}^2$	$c / \mu\text{m}^2$	p_0	χ_{red}^2
$2,495 \pm 0,005$	$7730,21963 \pm 78,43301$	$-4179,08793 \pm 267,59715$	$0,54062 \pm 0,03505$	0,47301
$4,190 \pm 0,010$	$7775,73625 \pm 24,72955$	$-3877,46605 \pm 93,08847$	$0,49866 \pm 0,01208$	0,03054
$5,662 \pm 0,010$	$7795,95244 \pm 27,19018$	$-3608,40828 \pm 100,57227$	$0,46286 \pm 0,01300$	0,03390
$7,01 \pm 0,01$	$7847,41240 \pm 73,53670$	$-3321,94377 \pm 279,18566$	$0,42332 \pm 0,03580$	0,24968
$8,78 \pm 0,01$	$7791,59699 \pm 60,48853$	$-2877,79824 \pm 213,59518$	$0,36935 \pm 0,02756$	0,08922

Die kleine χ_{red}^2 's zeigen eine gute Kurveanpassung.

Die Quellcodes finden Sie im Appendix B.1.

Aus Gleichungen (34) und (35) der Anleitung ist:

$$\Delta p_0 = p_0^+ - p_0^- = -2dn(k^+ - k^-) = 2dn\Delta k \quad (4.3)$$

$$\Rightarrow \Delta k = \frac{\Delta p_0}{2dn} \quad (4.4)$$

Wir bezeichnen Δk und ΔP_0 als K und P , sodass keine Verwechslungsgefahr bei der Berechnung der Unsicherheiten entsteht:

$$K = \frac{P}{2dn} \quad \Rightarrow \quad \Delta K = \frac{\Delta P}{2dn} \quad (4.5)$$

Dabei gilt:

$$\Delta P = \sqrt{(\Delta p_0^+)^2 + (\Delta p_0^-)^2} \quad (4.6)$$

Es ist hier zu bemerken, dass λ_+ und λ_- während des Versuchs vertauscht waren. K ist somit:

$$K = \frac{p_0^- - p_0^+}{2dn} \quad \Delta K = \frac{\sqrt{(\Delta p_0^+)^2 + (\Delta p_0^-)^2}}{2dn} \quad (4.7)$$

wobei p_0^+ und p_0^- die experimentelle + und – sind. Wegen zeitliche Gründen sind die Auswertung hier nicht neu gemacht.

Wir runden nun alle Werten entsprechend die gewöhnte Rundungsregeln und wandeln die Stromwerte in Magnetfeldstärke gemäß Gleichungen (1.1) und (1.2). Alle Rechnungen erfolgt im Libreoffice Calc. Die m und c -Werten werden hier nicht gerundet, da wir sowieso die Werte direkt im gnuplot auswerten.

Gegeben sei $d = 3 \cdot 10^{-3}$ m und $n = 1,45$:

I/A	P_0^-	P_0^+	B/T	K/m^{-1}
$2,495 \pm 0,005$	$0,698 \pm 0,018$	$0,54 \pm 0,04$	$1,60 \pm 0,06$	18 ± 6
$4,190 \pm 0,010$	$0,754 \pm 0,026$	$0,499 \pm 0,013$	$2,69 \pm 0,07$	29 ± 4
$5,662 \pm 0,010$	$0,798 \pm 0,019$	$0,463 \pm 0,014$	$3,63 \pm 0,08$	$38,5 \pm 2,8$
$7,01 \pm 0,01$	$0,833 \pm 0,020$	$0,42 \pm 0,04$	$4,50 \pm 0,09$	47 ± 6
$8,78 \pm 0,01$	$0,873 \pm 0,022$	$0,369 \pm 0,028$	$5,63 \pm 0,10$	58 ± 5

Damit mit Appendix B.2:

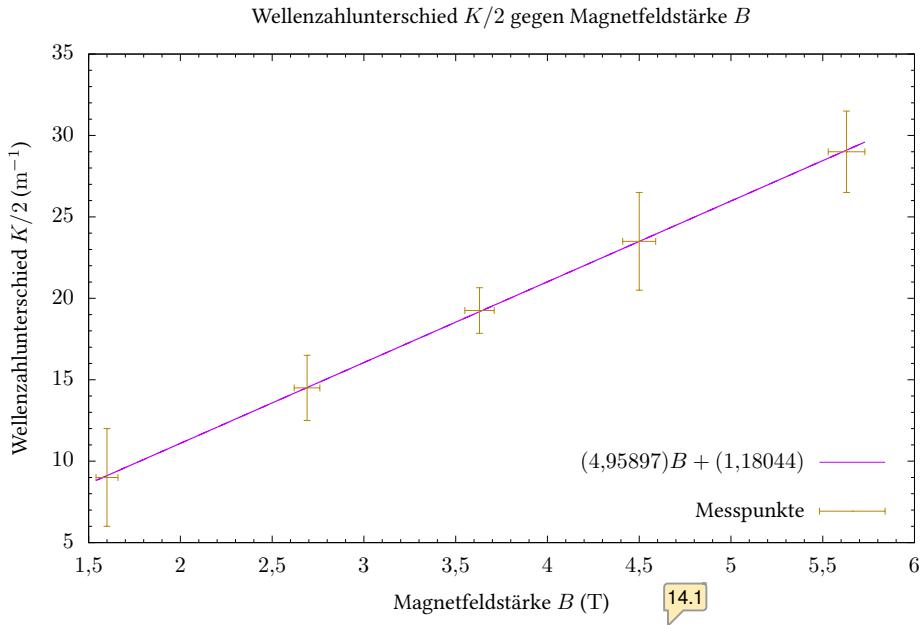


Abbildung 4.8: Gute Kurveanpassung $K = mB + c$, $\chi_{\text{red}}^2 = 0.0017626 << 1$

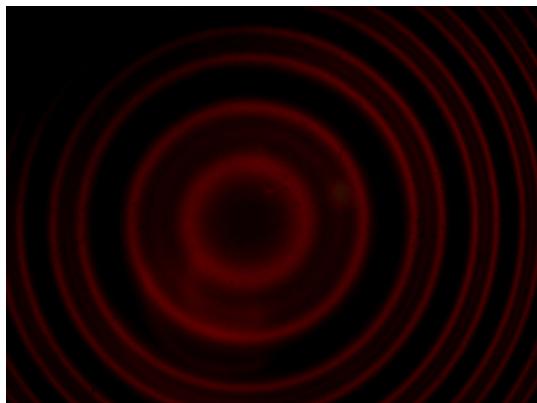
Daraus erhalten wir: $m = (4,958\,97 \pm 0,035\,95) T^{-1} m = (4,96 \pm 0,04) T^{-1} m$ und $c = (1,180 \pm 0,135) m^{-1} = (1,18 \pm 0,14) m^{-1}$.

 Damit ist $g_{1 \rightarrow 2} = 0,1060 \pm 0,0009$ nach Gleichung (21) der Anleitung, was sich mit unseren theoretisch erwarteten Wert $-1,0,1$ signifikant unterscheidet.

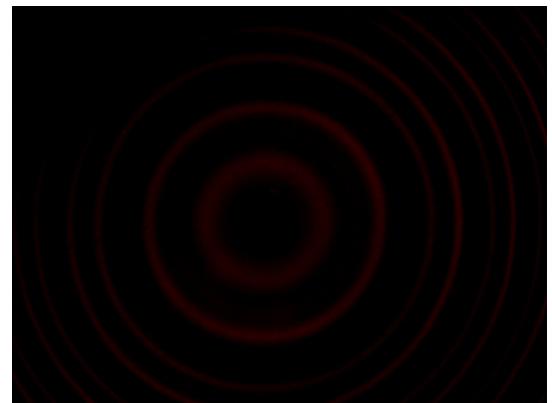
Dieser Unterschied liegt vielleicht an folgenden Gründen:

-  • Kamera/Programm war nicht kalibriert \Rightarrow Radienwerte entsprechen nicht die Wahrheit.
-  • Ungenaue Schätzung der Radien aus dem Programm
-  • Die Justierung der Linsen hat ein großer Einfluss auf den Radien. Vielleicht war die Justierung nicht richtig.
-  • Rechenfehler ist unterlaufen.

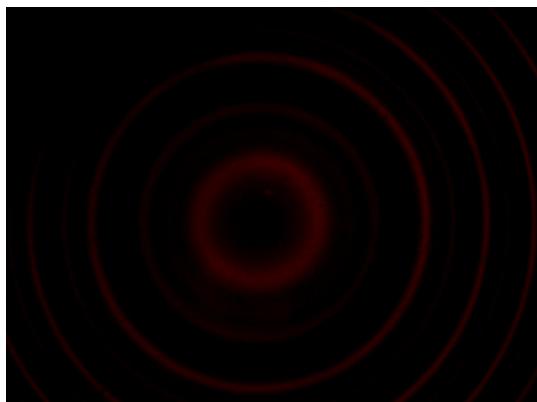
Teilversuch 5: Phänomenologische Beobachtung der zirkularen Polarisation (longitudinale Beobachtung)



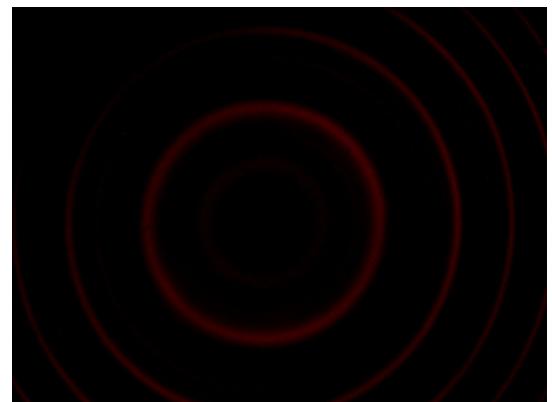
(a) $I = (7,31 \pm 0,01) A$



(b) Beide Linien sichtbar (Polarisationsfilter eingesetzt)



(c) $+45^\circ$ Nur innere Ring sichtbar

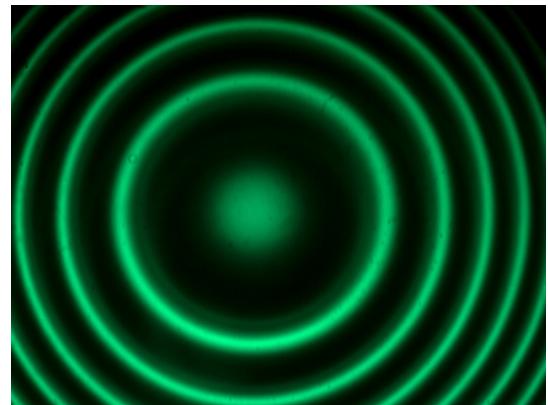


(d) -45° Nur äußere Ring sichtbar

Abbildung 5.1: Teilversuch 5

Teilversuch 6: Phänomenologische Beobachtung zum anomalen Zeeman-Effekt (transversale Beobachtung)

(a) mit Pol-Filter



(b) ohne Pol-Filter

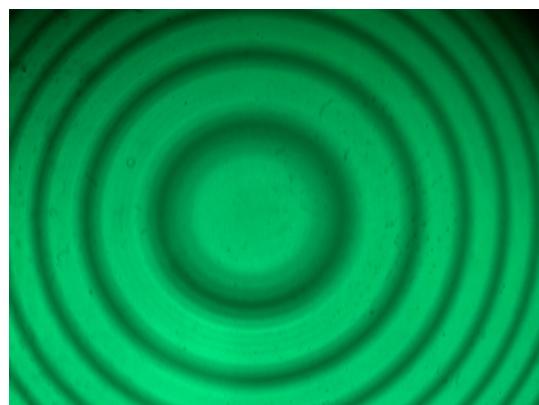
(c) $I = (7,45 \pm 0,01) \text{ A}$

Abbildung 6.1: Teilversuch 6

16.1

A gnuplot Quellcode zur Auswertung von Teilversuch 1

```

1 #!/usr/bin/env gnuplot
2
3 set term epslatex color size 6in, 4in
4 set output "tv1.tex"
5 set decimalsign locale 'de_DE.UTF-8'
6
7 set title "Magnetfeldstärke $B$ gegen Strom $I$"
8 set ylabel "Magnetfeldstärke $B$ ($\text{milli}\text{tesla}$)"
9 set xlabel "Strom $I$ ($\text{ampere}$)"
10
11 set mxtics
12 set mytics
13 set samples 10000
14
15 f(x) = m*x + c
16
17 # (x, y, xdelta, ydelta)
18 fit f(x) "tv1.dat" u 1:2:3:4 xyerrors via m,c
19
20 set xrange [0:10]
21
22 # Linien
23 set key bottom right spacing 2
24
25 titel = "$(.gprintf(\"%.5f\", m).)I + (.gprintf(\"%.5f\", c).)$"
26 plot f(x) title titel lc rgb 'dark-magenta', \
27     "tv1.dat" u 1:2:3:4 with xyerrorbars title "Messpunkte" pointtype 0 lc
→      rgb 'dark-goldenrod'

mit tv1.dat:
```

	# I/A	B/mT	delta I	delta B	7	6,033	3950	0,010	10
1	1,070	671	0,005	10	8	7,09	4630	0,01	10
2	2,096	1298	0,005	10	9	8,03	5240	0,01	10
3	2,995	1910	0,010	10	10	9,06	5750	0,01	10
4	4,153	2700	0,020	10	11	9,48	5970	0,01	10
5	5,300	3460	0,010	10					

Rohausgabe:

```

1 After 4 iterations the fit converged.
2 final sum of squares of residuals : 313.511
3 rel. change during last iteration : -4.72691e-06
4
5 degrees of freedom (FIT_NDF) : 8
6 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 6.2601
7 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 39.1889
8 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0
9
```

```

10  Final set of parameters           Asymptotic Standard Error
11  =====
12  m          = 641.759            +/- 8.077      (1.259%)
13  c          = 5.09225            +/- 49.33     (968.7%)
14
15 correlation matrix of the fit parameters:
16          m       c
17  m       1.000
18  c      -0.880  1.000

```



B gnuplot Quellcodes zur Auswertung von Teilversuch 4

B.1 Ringradien gegen Ringenindizes

```

1  #!/usr/bin/env gnuplot
2  # Version >= 5.2
3
4  lambda_minus = 1 # bzw. 0
5
6  if (lambda_minus) {
7      set term epslatex color size 7in, 4.5in
8      set output "tv4-l-minus.tex"
9
10     set title "Verlauf der Radien mit Ringenindizes ($\\lambda_-")"
11 } else {
12     set term epslatex color size 7in, 4.5in
13     set output "tv4-l-plus.tex"
14
15     set title "Verlauf der Radien mit Ringenindizes ($\\lambda_+$)"
16 }
17
18 set decimalsign ","
19
20 set ylabel "Radien$^2$ $r_m^2/\si{\micro\meter\squared}"
21 set xlabel "Ringindex $p$ (Einheitlos)"
22
23 set mxtics
24 set mytics
25 set samples 10000
26
27 f(x) = m*x + c # Linear fit
28
29 array A_m[5]
30 array A_m_err[5]
31 array A_c[5]
32 array A_c_err[5]
33 array chisq[5]
34 array title[5]
35 array input_mp[5]

```



```

36   array titel_mp[5]
37   array A_p0[5]
38   array A_p0_err[5]
39
40   # http://gnuplot.info/demo_5.4/array.1.gnu
41   array strom[5]      = ["2.495", "4.190", "5.662", "7.01", "8.78"]
42   array strom_err[5] = ["5", "10", "10", "1", "1"]
43
44   # https://stackoverflow.com/a/17884635
45   do for [t=1:5] {
46       inp = "tv4-".t.".dat"
47       input_mp[t] = inp
48       titel_mp[t] = "$I = \\SI{" . strom[t] . " ." . strom_err[t] . "}{\\ampere}"
49
50       m = 1; c = 1;
51       if (lambdaminus) {
52           fit f(x) inp u 1:($2*$2):(2*$2*$3) yerrors via m,c
53       } else {
54           fit f(x) inp u 1:($4*$4):(2*$4*$5) yerrors via m,c
55       }
56
57       A_m[t] = m
58       A_m_err[t] = m_err
59       A_c[t] = c
60       A_c_err[t] = c_err
61       chisq[t] = FIT_STDFIT**2
62       titel[t] = "$" . gprintf("%.5f", m) . "p + (" . gprintf("%.5f", c) . ")$"
63
64       A_p0[t] = -c/m
65       A_p0_err[t] = abs(A_p0[t]) * sqrt((c_err/c)**2 + (m_err/m)**2)
66   }
67
68   set key bottom right vertical maxrows 5 width -7
69
70
71   if (lambdaminus) {
72       plot for [i=1:5] input_mp[i] u 1:($2*$2):(2*$2*$3) with yerrorbars title
73           → titel_mp[i] pointtype 77 lc i, for [i=1:5] A_m[i]*x+A_c[i] title
74           → titel[i] lc i
75   } else {
76       plot for [i=1:5] input_mp[i] u 1:($4*$4):(2*$4*$5) with yerrorbars title
77           → titel_mp[i] pointtype 77 lc i, for [i=1:5] A_m[i]*x+A_c[i] title
78           → titel[i] lc i
79   }
80
81   print ""
82   if (lambdaminus) { print "lambda-" } else { print "lambda+" }
83
84   # Raw data output

```



```

81 print A_m
82 print A_m_err
83
84 # LaTeX table output
85 print "\\\toprule"
86 print "Strom $I/\si{\ampere} & $m/\si{\micro\meter\squared} &
87   \rightarrow $c/\si{\micro\meter\squared} & $p_0 & $\chi^2_{\text{red}} \\ \\
88 print "\\\midrule"
89 do for [t=1:5] {
90     print "\t\\num{".strom[t]."(."strom_err[t].")} & \\num{".gprintf("%.5f",
91       \rightarrow A_m[t])."(."gprintf("%.0f", A_m_err[t]*10**5).")} &
92       \rightarrow \\num{".gprintf("%.5f", A_c[t])."(."gprintf("%.0f",
93         \rightarrow A_c_err[t]*10**5).")}." & \\num{".gprintf("%.5f",
94         \rightarrow A_p0[t])."(."gprintf("%.0f", A_p0_err[t]*10**5).")} &
95         \rightarrow \\num{".gprintf("%.5f", chisq[t])."} \\ \\
96 }
97 print "\\\bottomrule"
98 print ""

# Raw data output in table form
print "# Nr\um^2 \tm_err/um^2 \tc/um^2 \t c_err/um^2 \t p \t p_err"
do for [t=1:5] {
    print "\t."sprintf("%.10f", A_m[t])."\t".sprintf("%.10f",
    \rightarrow A_m_err[t])."\t".sprintf("%.10f", A_c[t])."\t".sprintf("%.10f",
    \rightarrow A_c_err[t])."\t".sprintf("%.10f", A_p0[t])."\t".sprintf("%.10f",
    \rightarrow A_p0_err[t])
}

```

mit

tv4-1.dat:

	#	lambda -	lambda +			
	#	p	r/um	dr	r/um	dr
1	1	48,30	3	58,70	3	
2	2	101,59	2,5	107,02	2,5	
3	3	135,36	2	139,63	2	
4	4	161,72	1,5	164,65	1,5	
5	5	183,72	1,5	185,69	1,5	

tv4-2.dat:

	#	lambda -	lambda +			
	#	p	r/um	dr	r/um	dr
1	1	43,85	4	62,07	4	
2	2	99,09	3	108,51	3	
3	3	134,89	3	140,23	2	
4	4	160,43	1,5	165,42	1,5	
5	5	182,71	1,5	187,02	1,5	

tv4-3.dat:

	#	lambda -	lambda +			
	#	p	r/um	dr	r/um	dr
1	1	39,26	5	64,70	4	
2	2	97,88	3	110,70	3	
3	3	132,59	3	141,91	2	
4	4	159,59	2	166,79	2	
5	5	181,31	1,5	188,77	1,5	

tv4-4.dat:

	#	lambda -	lambda +			
	#	p	r/um	dr	r/um	dr
1	1	35,45	6	66,38	4	
2	2	96,26	3	111,61	3	
3	3	130,98	2	143,36	2	
4	4	158,46	2	168,27	1,5	
5	5	180,88	1,5	189,16	1,5	

tv4-5.dat:

```

1 # lambda - lambda +
2 # p r/um dr r/um dr
3 1 30,79 7 69,88 5
4 2 94,15 3 113,33 3
5 3 129,67 2 144,56 2
6 4 157,19 2 168,98 1,5
7 5 179,64 1,5 190,10 2

```

Rohausgabe: λ_- :

```

1 iter      chisq      delta/lim  lambda   m           c
2     0 1.6686639557e+04  0.00e+00  6.69e-03  1.000000e+00  1.000000e+00
3     1 4.5514983573e+02  -3.57e+06  6.69e-04  5.626171e+03  3.729550e+02
4     2 1.3254968490e+00  -3.42e+07  6.69e-05  7.733635e+03  -5.147936e+03
5     3 4.8256122798e-01  -1.75e+05  6.69e-06  7.819436e+03  -5.456495e+03
6     4 4.8256097818e-01  -5.18e-02  6.69e-07  7.819482e+03  -5.456663e+03
7 iter      chisq      delta/lim  lambda   m           c
8
9 After 4 iterations the fit converged.
10 final sum of squares of residuals : 0.482561
11 rel. change during last iteration : -5.17652e-07
12
13 degrees of freedom (FIT_NDF) : 3
14 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.401066
15 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.160854
16 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.922706
17
18 Final set of parameters          Asymptotic Standard Error
19 =====
20 m          = 7819.48          +/- 41.58          (0.5318%)
21 c          = -5456.66         +/- 135          (2.475%)
22
23 correlation matrix of the fit parameters:
24      m       c
25 m      1.000
26 c      -0.879  1.000
27 iter      chisq      delta/lim  lambda   m           c
28     0 1.5474967614e+04  0.00e+00  6.39e-03  1.000000e+00  1.000000e+00
29     1 3.8640256958e+02  -3.90e+06  6.39e-04  5.622902e+03  4.773145e+02
30     2 1.8368825165e+00  -2.09e+07  6.39e-05  7.729605e+03  -5.474338e+03
31     3 6.6970959016e-01  -1.74e+05  6.39e-06  7.842753e+03  -5.913672e+03
32     4 6.6970898273e-01  -9.07e-02  6.39e-07  7.842834e+03  -5.913989e+03
33 iter      chisq      delta/lim  lambda   m           c
34
35 After 4 iterations the fit converged.
36 final sum of squares of residuals : 0.669709
37 rel. change during last iteration : -9.07016e-07
38
39 degrees of freedom (FIT_NDF) : 3
40 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.472479

```

41 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.223236
 42 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.880304

43

Final set of parameters		Asymptotic Standard Error	
m	= 7842.83	+/- 54.3	(0.6923%)
c	= -5913.99	+/- 192.4	(3.254%)

44

45 correlation matrix of the fit parameters:

	m	c
m	1.000	
c	-0.894	1.000

46

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
0	1.0526830137e+04	0.00e+00	5.33e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
1	3.0771158033e+02	-3.32e+06	5.33e-04	5.601429e+03	2.472810e+02
2	1.0177570375e+00	-3.01e+07	5.33e-05	7.721799e+03	-5.865193e+03
3	3.0567896612e-01	-2.33e+05	5.33e-06	7.817514e+03	-6.241526e+03
4	3.0567870771e-01	-8.45e-02	5.33e-07	7.817572e+03	-6.241753e+03

47

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
0	1.0526830137e+04	0.00e+00	5.33e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
1	3.0771158033e+02	-3.32e+06	5.33e-04	5.601429e+03	2.472810e+02
2	1.0177570375e+00	-3.01e+07	5.33e-05	7.721799e+03	-5.865193e+03
3	3.0567896612e-01	-2.33e+05	5.33e-06	7.817514e+03	-6.241526e+03
4	3.0567870771e-01	-8.45e-02	5.33e-07	7.817572e+03	-6.241753e+03

48

49 After 4 iterations the fit converged.

50 final sum of squares of residuals : 0.305679

51 rel. change during last iteration : -8.45339e-07

52

53 degrees of freedom (FIT_NDF) : 3

54 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.319207

55 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.101893

56 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.958957

57

58

Final set of parameters		Asymptotic Standard Error	
m	= 7817.57	+/- 40.5	(0.5181%)
c	= -6241.75	+/- 142.6	(2.284%)

59

60

61 correlation matrix of the fit parameters:

	m	c
m	1.000	
c	-0.874	1.000

62

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
0	1.0976687949e+04	0.00e+00	5.54e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
1	3.1709119045e+02	-3.36e+06	5.54e-04	5.484630e+03	3.421966e+02
2	1.2906238259e+00	-2.45e+07	5.54e-05	7.676945e+03	-6.033082e+03
3	3.2044487748e-01	-3.03e+05	5.54e-06	7.793900e+03	-6.488908e+03
4	3.2044440168e-01	-1.48e-01	5.54e-07	7.793981e+03	-6.489228e+03

63

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
0	1.0976687949e+04	0.00e+00	5.54e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
1	3.1709119045e+02	-3.36e+06	5.54e-04	5.484630e+03	3.421966e+02
2	1.2906238259e+00	-2.45e+07	5.54e-05	7.676945e+03	-6.033082e+03
3	3.2044487748e-01	-3.03e+05	5.54e-06	7.793900e+03	-6.488908e+03
4	3.2044440168e-01	-1.48e-01	5.54e-07	7.793981e+03	-6.489228e+03

64

65 After 4 iterations the fit converged.

66 final sum of squares of residuals : 0.320444

67 rel. change during last iteration : -1.48482e-06

68

69

degrees of freedom (FIT_NDF) : 3
 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.326825
 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.106815
 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.956139

Final set of parameters		Asymptotic Standard Error
		=====
m	= 7793.98	+/- 42.73 (0.5483%)
c	= -6489.23	+/- 151.5 (2.334%)

correlation matrix of the fit parameters:

	m	c
m	1.000	
c	-0.891	1.000

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
0	1.0836599662e+04	0.00e+00	5.57e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
1	3.3516021190e+02	-3.13e+06	5.57e-04	5.418597e+03	2.913066e+02
2	1.4395131509e+00	-2.32e+07	5.57e-05	7.666430e+03	-6.327888e+03
3	3.7754029575e-01	-2.81e+05	5.57e-06	7.788317e+03	-6.802702e+03
4	3.7753977043e-01	-1.39e-01	5.57e-07	7.788403e+03	-6.803037e+03

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
------	-------	-----------	--------	---	---

After 4 iterations the fit converged.
 final sum of squares of residuals : 0.37754
 rel. change during last iteration : -1.39141e-06

Final set of parameters		Asymptotic Standard Error
		=====
m	= 7788.4	+/- 46.19 (0.5931%)
c	= -6803.04	+/- 163.7 (2.406%)

correlation matrix of the fit parameters:

	m	c
m	1.000	
c	-0.892	1.000

lambda-
[7819.48207698864, 7842.83446531683, 7817.57179454737, 7793.98133299567, 7788.40258574259]
[41.582142626232, 54.2971415193017, 40.4996415277695, 42.7343688524447, 46.1919447295457]

\toprule

✓

```

138 Strom $I/\si{\ampere} & $m/\si{\micro\meter\squared} &
139   → $c/\si{\micro\meter\squared} & $p_0 & $\chi^2_{\text{red}} \\ 
140 \midrule
141   \num{2.495(5)} & \num{7819,48208(4158214)} &
142   → \num{-5456,66280(13503726)} & \num{0,69783(1766)} & \num{0,16085}
143   → \\
144   \num{4.190(10)} & \num{7842,83447(5429714)} &
145   → \num{-5913,98932(19243657)} & \num{0,75406(2509)} & \num{0,22324}
146   → \\
147   \num{5.662(10)} & \num{7817,57179(4049964)} &
148   → \num{-6241,75284(14258167)} & \num{0,79843(1870)} & \num{0,10189}
149   → \\
150   \num{7.01(1)} & \num{7793,98133(4273437)} &
151   → \num{-6489,22780(15147792)} & \num{0,83259(1996)} & \num{0,10681}
152   → \\
153   \num{8.78(1)} & \num{7788,40259(4619194)} &
154   → \num{-6803,03677(16369671)} & \num{0,87348(2165)} & \num{0,12585}
155   → \\
156 \bottomrule
157
158 # Nr      m/um^2          m_err/um^2        c/um^2          c_err/um^2
159   →      p                  p_err
160 1       7819.4820769886    41.5821426262    -5456.6628032539  135.0372595466
161 2       7842.8344653168    54.2971415193    -5913.9893218755  192.4365696268
162 3       7817.5717945474    40.4996415278    -6241.7528405377  142.5816729242
163 4       7793.9813329957    42.7343688524    -6489.2277952663  151.4779180213
164 5       7788.4025857426    46.1919447295    -6803.0367673382  163.6967074291

```

λ_+ :

```

1 iter      chisq      delta/lim  lambda   m           c
2   0 1.7290333963e+04  0.00e+00  6.51e-03  1.000000e+00  1.000000e+00
3   1 3.1739184179e+02 -5.35e+06  6.51e-04  5.803695e+03  7.564391e+02
4   2 2.1264580056e+00 -1.48e+07  6.51e-05  7.642359e+03 -3.852195e+03
5   3 1.4190371838e+00 -4.99e+04  6.51e-06  7.730160e+03 -4.178863e+03
6   4 1.4190368504e+00 -2.35e-02  6.51e-07  7.730220e+03 -4.179088e+03
7 iter      chisq      delta/lim  lambda   m           c
8
9 After 4 iterations the fit converged.
10 final sum of squares of residuals : 1.41904
11 rel. change during last iteration : -2.34937e-07
12
13 degrees of freedom (FIT_NDF) : 3
14 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.687759
15 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.473012
16 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.701079
17
18 Final set of parameters      Asymptotic Standard Error
19 =====      =====
20 m          = 7730.22      +/- 78.43      (1.015%)

```

21 | c = -4179.09 +/- 267.6 (6.403%)

22 |

23 | correlation matrix of the fit parameters:

24	m	c
25	m	1.000
26	c	-0.896 1.000

27 | iter chisq delta/lim lambda m c

28 0	1.7151333909e+04	0.00e+00	6.28e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
29 1	2.3309007856e+02	-7.26e+06	6.28e-04	5.929880e+03	1.026471e+03
30 2	1.1034685800e+00	-2.10e+07	6.28e-05	7.641657e+03	-3.341991e+03
31 3	9.1627152079e-02	-1.10e+06	6.28e-06	7.775578e+03	-3.876831e+03
32 4	9.1625731428e-02	-1.55e+00	6.28e-07	7.775736e+03	-3.877466e+03
33 *	9.1625731429e-02	2.82e-09	6.28e-06	7.775736e+03	-3.877466e+03
34 5	9.1625731428e-02	-3.33e-10	6.28e-07	7.775736e+03	-3.877466e+03

35 | iter chisq delta/lim lambda m c

36 |

37 | After 5 iterations the fit converged.

38 | final sum of squares of residuals : 0.0916257

39 | rel. change during last iteration : -3.33216e-15

40 |

41 | degrees of freedom (FIT_NDF) : 3

42 | rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.174762

43 | variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.0305419

44 | p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.992823

45 |

46 Final set of parameters	Asymptotic Standard Error
47 =====	=====
48 m = 7775.74	+/- 24.73 (0.318%)
49 c = -3877.47	+/- 93.09 (2.401%)

50 |

51 | correlation matrix of the fit parameters:

52	m	c
53	m	1.000
54	c	-0.930 1.000

55 | iter chisq delta/lim lambda m c

56 0	1.2196569842e+04	0.00e+00	5.23e-03	1.000000e+00	1.000000e+00
57 1	1.7571218655e+02	-6.84e+06	5.23e-04	6.038880e+03	9.227500e+02
58 2	5.6628399866e-01	-3.09e+07	5.23e-05	7.703106e+03	-3.236405e+03
59 3	1.0169424967e-01	-4.57e+05	5.23e-06	7.795873e+03	-3.608087e+03
60 4	1.0169390349e-01	-3.40e-01	5.23e-07	7.795952e+03	-3.608408e+03

61 | iter chisq delta/lim lambda m c

62 |

63 | After 4 iterations the fit converged.

64 | final sum of squares of residuals : 0.101694

65 | rel. change during last iteration : -3.40417e-06

66 |

67 | degrees of freedom (FIT_NDF) : 3

68 | rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.184114

69 | variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.033898

70 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.991633

71

72 Final set of parameters Asymptotic Standard Error

73 ===== =====

74 m = 7795.95 +/- 27.19 (0.3488%)

75 c = -3608.41 +/- 100.6 (2.787%)

76

77 correlation matrix of the fit parameters:

m	c
m	1.000
c	-0.905 1.000

78

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
------	-------	-----------	--------	---	---

79 0 1.7668396390e+04 0.00e+00 6.18e-03 1.000000e+00 1.000000e+00

80 1 2.1600955001e+02 -8.08e+06 6.18e-04 6.101670e+03 1.126831e+03

81 2 1.6023889616e+00 -1.34e+07 6.18e-05 7.718917e+03 -2.806139e+03

82 3 7.4905507827e-01 -1.14e+05 6.18e-06 7.847251e+03 -3.321293e+03

83 4 7.4905371928e-01 -1.81e-01 6.18e-07 7.847412e+03 -3.321944e+03

84

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
------	-------	-----------	--------	---	---

85

86

87 After 4 iterations the fit converged.

88 final sum of squares of residuals : 0.749054

89 rel. change during last iteration : -1.81428e-06

90

91 degrees of freedom (FIT_NDF) : 3

92 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.499684

93 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.249685

94 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.86161

95

96

97 Final set of parameters Asymptotic Standard Error

98 ===== =====

99

m	c
m	1.000
c	-0.933 1.000

100

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
------	-------	-----------	--------	---	---

101 0 1.1006598138e+04 0.00e+00 4.91e-03 1.000000e+00 1.000000e+00

102 1 1.2855999927e+02 -8.46e+06 4.91e-04 6.030397e+03 1.275157e+03

103 2 7.6302629260e-01 -1.67e+07 4.91e-05 7.655422e+03 -2.374837e+03

104 3 2.6765082271e-01 -1.85e+05 4.91e-06 7.791418e+03 -2.877135e+03

105 4 2.6764996182e-01 -3.22e-01 4.91e-07 7.791597e+03 -2.877798e+03

106

iter	chisq	delta/lim	lambda	m	c
------	-------	-----------	--------	---	---

107

108

109

110

111

112

113

114

115 After 4 iterations the fit converged.

116 final sum of squares of residuals : 0.26765

117 rel. change during last iteration : -3.21646e-06

118

degrees of freedom (FIT_NDF) : 3
 rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.298692
 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.0892167
 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.965993

Final set of parameters		Asymptotic Standard Error
		=====
m	= 7791.6	+/- 60.49 (0.7763%)
c	= -2877.8	+/- 213.6 (7.422%)

correlation matrix of the fit parameters:

	m	c
m	1.000	
c	-0.944	1.000

lambda+

[7730.21963446915, 7775.73624531868, 7795.95243793266, 7847.41240195937, 7791.596990915]

[78.4330147740594, 24.7295464306261, 27.190181003849, 73.5366995800329, 60.4885315766415]

\toprule

Strom \$I/\text{ampere} \\$ & \$m/\text{micro\meter\squared} \\$ &
 $\hookrightarrow c/\text{micro\meter\squared} \$ & $p_0 \$ & $\chi^2_{\text{red}} \$ \\$

\midrule

\num{2.495(5)} & \num{7730,21963(7843301)} &
 $\hookrightarrow \num{-4179,08793(26759715)} & \num{0,54062(3505)} & \num{0,47301}$
 $\hookrightarrow \\$
\num{4.190(10)} & \num{7775,73625(2472955)} &
 $\hookrightarrow \num{-3877,46605(9308847)} & \num{0,49866(1208)} & \num{0,03054}$
 $\hookrightarrow \\$
\num{5.662(10)} & \num{7795,95244(2719018)} &
 $\hookrightarrow \num{-3608,40828(10057227)} & \num{0,46286(1300)} & \num{0,03390}$
 $\hookrightarrow \\$
\num{7.01(1)} & \num{7847,41240(7353670)} &
 $\hookrightarrow \num{-3321,94377(27918566)} & \num{0,42332(3580)} & \num{0,24968}$
 $\hookrightarrow \\$
\num{8.78(1)} & \num{7791,59699(6048853)} &
 $\hookrightarrow \num{-2877,79824(21359518)} & \num{0,36935(2756)} & \num{0,08922}$
 $\hookrightarrow \\$

\bottomrule

# Nr	m/um ²	m_err/um ²	c/um ²	c_err/um ²
	p	p_err		
1	7730.2196344692	78.4330147741	-4179.0879252342	267.5971535148
2	7775.7362453187	24.7295464306	-3877.4660484435	93.0884721173
3	7795.9524379327	27.1901810038	-3608.4082794282	100.5722674516
4	7847.4124019594	73.5366995800	-3321.9437703410	279.1856585427
5	7791.5969909150	60.4885315766	-2877.7982375139	213.5951810253

B.2 gnuplot Quellcode zur Auswertung von $g_{1 \rightarrow 2}$

```

1 #!/usr/bin/env gnuplot
2
3 set term epslatex color size 6in, 4in
4 set output "tv4-B-K.tex"
5 set decimalsign locale 'de_DE.UTF-8'
6
7 set title "Wellenzahlunterschied $K/2$ gegen Magnetfeldstärke $B$"
8 set ylabel "Wellenzahlunterschied $K/2$ ($\text{per}\text{meter})$"
9 set xlabel "Magnetfeldstärke $B$ ($\text{tesla})$"
10
11 set mxtics
12 set mytics
13 set samples 10000
14
15 f(x) = m*x + c
16
17 # (x, y, xdelta, ydelta)
18 fit f(x) "tv4-B-K.dat" u 1:(\$3/2):2:(\$4/2) xyerrors via m,c
19
20 # Linien
21 set key bottom right spacing 2
22
23 titel = "\$("%.gprintf("%.5f", m).")B + (%.gprintf("%.5f", c).")\$"
24 plot f(x) title titel lc rgb 'dark-magenta', \
25     "tv4-B-K.dat" u 1:(\$3/2):2:(\$4/2) with xyerrorbars title "Messpunkte"
     ↳ pointtype 0 lc rgb 'dark-goldenrod'
```

mit tv4-B-K.dat:

	# B/T	delB	K	del K	4	3,63	0,08	38,5	2,8
1	1,60	0,06	18	6	5	4,50	0,09	47	6
2	2,69	0,07	29	4	6	5,63	0,10	58	5

Rohausgabe:

```

1 iter      chisq      delta/lim  lambda   m                  c
2      0 2.5833233603e+02  0.00e+00  1.31e+00  1.000000e+00  1.000000e+00
3      1 2.1302132977e+00 -1.20e+07  1.31e-01  4.426298e+00  1.833777e+00
4      2 6.6462394827e-03 -3.20e+07  1.31e-02  4.928417e+00  1.298707e+00
5      3 5.2878052841e-03 -2.57e+04  1.31e-03  4.958905e+00  1.180707e+00
6      4 5.2877921906e-03 -2.48e-01  1.31e-04  4.958969e+00  1.180442e+00
7 iter      chisq      delta/lim  lambda   m                  c
8
9 After 4 iterations the fit converged.
10 final sum of squares of residuals : 0.00528779
11 rel. change during last iteration : -2.47619e-06
12
13 degrees of freedom      (FIT_NDF)          : 3
14 rms of residuals        (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf)    : 0.0419833
```

15 variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.0017626
16 p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.999898
17
18 Final set of parameters Asymptotic Standard Error
19 ====== ======
20 m = 4.95897 +/- 0.03595 (0.725%)
21 c = 1.18044 +/- 0.135 (11.44%)
22
23 correlation matrix of the fit parameters:
24 m c
25 m 1.000
26 c -0.955 1.000

Index der Kommentare

- 2.1 Eine Größenordnung zu viel... ich erinnere mich an die 0.06-0-6 Tesla...
- 9.1 Könnte vielleicht auch als farbliche Überlagerung von roter und blauer angesehen werden?
- 14.1 Magnetfeldstärke von 6 Tesla? Sicher?
- 15.1 Folgefehler...
- 16.1 Erklärungen fehlen...