

Versuch 1Aa vom 14.3.11:

Teil 1: Bestimmung der Wellenlängen der K_α und der K_β -Linie.
Aus λ_α ist die Ordnungszahl des Anodenmaterials zu bestimmen

Teil 2: Bestimmung der Planckschen Konstanten h aus der Grenzwellenlänge des Röntgenbremsspektrums für verschiedene Beschleunigungsspannungen.

Versuchsdurchführung:

Teil 1: Mit einer Röntgenröhre wird Röntgenstrahlung erzeugt, die in einem Röntgenspektrograph unter einem bestimmten Winkel reflektiert und die Reflexion gemessen wird.

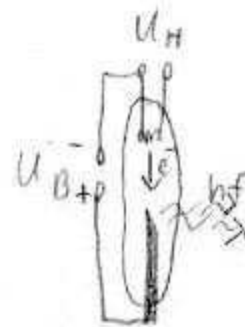
Dabei wird an der Röntgenröhre 220 V Primärspannung angelegt und jeweils von 3° bis 12° in $0,5^\circ$ -Schritten 10s lang die Auftreffenden Impulse gezählt.

Um die K -Linien wird in $0,25^\circ$ -Schritten gemessen. Als Reflexionskristall wird hier LiF ($d = 2,01 \cdot 10^{-10} \text{m}$) verwendet.

Mit der Bragg-Bedingung $n \cdot \lambda = 2d \sin(\alpha)$ ($n=1$) und dem Moseleyschen Gesetz $\frac{1}{\lambda(K_\alpha)} = \frac{3}{4} R (Z-1)^2$ kann nun Z bestimmt werden: $Z = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{1}{\lambda R}} + 1 = \sqrt{\frac{4}{3R} \frac{1}{2d \sin(\alpha)}} + 1$.



K_α und K_β wird aus dem Diagramm $\lambda \rightarrow$ Intensität (Röntgenspektrum) ersichtlich.



Teil 2: Mit dem Aufbau von Teil 1 wird nun für die Primärspannungen 175V, 190V und 205V der kurzwellige Abfall des Bremsspektrums neben der K_β -Linie aufgenommen. Dabei werden von 3° bis 6° in $0,5^\circ$ -Schritten jeweils 10s lang die auftreffenden Impulse gezählt. Am steilen Abfall des Bremsspektrums neben der K_β -Linie liegt λ_{\min} , h kann aus der Steigung der Geraden $eU_{\text{ass}} = f(\lambda_{\max})$ mit $U_{\text{ass}} = 133 \cdot U_{\text{prim}} \cdot \sqrt{Z}$ abgelesen werden.

Messung:

Teil 1:

$d = 201 \text{ pm}$ $U = 220 \text{ V}$

$\vartheta (^\circ)$	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,25	7,5
$I \left(\frac{\text{Imp}}{10\text{s}}\right)$	147	157	194	497	715	839	893	894	707	935	693
$\lambda \text{ (pm)}$	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0	38,5	42,0	45,5	49,0	50,7	52,5

$\vartheta (^\circ)$	7,75	8	8,25	8,5	8,75	9	9,25	9,5	9,75	10	10,25
$I \left(\frac{\text{Imp}}{10\text{s}}\right)$	848	659	660	927	1438	959	776	843	2776	1993	1304
$\lambda \text{ (pm)}$	54,2	55,9	57,7	59,4	61,2	62,9	64,6	66,3	68,1	69,8	71,5

$\vartheta (^\circ)$	10,5	10,75	11	11,25	11,5	11,75	12
$I \left(\frac{\text{Imp}}{10\text{s}}\right)$	818	987	523	931	511	615	511
$\lambda \text{ (pm)}$	73,3	75,0	76,7	78,4	80,1	81,9	83,6

Graphik 1 \Rightarrow $K_\beta = 60,8 \text{ pm}$, $K_\alpha = 67,6 \text{ pm}$

$$Z = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{1}{R \cdot K_\alpha}} + 1 = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{1}{1,097 \cdot 10^7 \cdot 67,6 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}}} + 1 \approx 42 + 1 = 43$$

Teil 2:

$\alpha (^\circ)$	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
$\lambda \text{ (pm)}$	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0	38,5	42,0
220V	147	157	194	497	715	839	893
205V	77	97	112	222	363	586	663
190V	45	63	74	81	237	399	512
175V	28	30	29	42	66	135	273

Graphik 1 \Rightarrow 220V : $\lambda_{\text{min}} = 30 \text{ pm}$

Graphik 2 \Rightarrow 205V : $\lambda_{\text{min}} = 31,9 \text{ pm}$

190V : $\lambda_{\text{min}} = 34,2 \text{ pm}$

175V : $\lambda_{\text{min}} = 37,9 \text{ pm}$

$U_{\text{prim}} \text{ (V)}$	220	205	190	175
$U_{\text{Ass}} \text{ (kV)}$	41,38	38,56	35,74	32,92
$\lambda_{\text{min}} \text{ (pm)}$	30	31,9	34,2	37,9
$\nu \text{ (EHz)}$	9,99	9,40	8,77	7,91
$eU_{\text{Ass}} \text{ (keV)}$	$6,63 \cdot 10^{-18}$	$6,18 \cdot 10^{-18}$	$5,73 \cdot 10^{-18}$	$5,27 \cdot 10^{-18}$

Graphik 3 \Rightarrow $h = \frac{\Delta U}{\Delta \nu} = \frac{8,1 \cdot 10^3 \text{ eV}}{2 \cdot 10^{18} \frac{1}{\text{s}}} = 4,05 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$

$= 6,49 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Rechnung:

Teil 2:

$U_{\text{prim}} \text{ (V)}$	220	205	190	175
$\lambda_{\text{min}} = \frac{h \cdot c}{133 \cdot \sqrt{27} \cdot U_{\text{prim}} \cdot c}$	30 μm	32,2 μm	34,7 μm	37,9 μm

Fehlerrechnung

$$\text{Teil 1: } \frac{\Delta K_{\alpha}}{K_{\alpha}} = \frac{\Delta v_{\alpha}}{v_{\alpha}} = \frac{0,5^{\circ}}{9,68^{\circ}} = 5,2\% \Rightarrow \Delta K_{\alpha} = 3,49 \mu\text{m}$$

$$\frac{\Delta K_{\beta}}{K_{\beta}} = \frac{\Delta v_{\beta}}{v_{\beta}} = \frac{0,5^{\circ}}{8,7^{\circ}} = 5,7\% \Rightarrow \Delta K_{\beta} = 3,49 \mu\text{m}$$

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial \lambda_{\alpha}} \Delta K_{\alpha}\right)^2} = \Delta K_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{1}{3 \cdot R \cdot \lambda_{\alpha}^3}} = 3,49 \mu\text{m} \cdot \sqrt{\frac{1}{3 \cdot 1,097 \cdot 10^8 \frac{1}{\text{m}} \cdot (676 \mu\text{m})^3}}$$
$$= 1,1 \Rightarrow \frac{\Delta z}{z} = \frac{1,1}{43} = 2,6\%$$

Teil 2:

$$\Delta h = \sqrt{\left(\frac{h}{U} \Delta U\right)^2 + \left(\frac{h}{v} \Delta v\right)^2}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{6,49 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{197,5 \text{ V}} \cdot 1 \text{ V}\right)^2 + \left(\frac{6,49 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{4,5^{\circ}} \cdot 0,5^{\circ}\right)^2}$$
$$= 0,72 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$U = (220 \text{ V} + 205 \text{ V} + 190 \text{ V} + 175 \text{ V}) : 4 = 197,5 \text{ V}$$

$$v = \frac{1}{7} \sum_{i=8}^{12} \frac{1}{2}^{\circ} = 4,5^{\circ}$$

Auswertung:

Teil 1:

$$K_{\alpha} = 67,6 \pm 3,49 \mu\text{m} \quad (\text{Lit.: } 73,01 \mu\text{m})$$

$$K_{\beta} = 60,8 \pm 3,49 \mu\text{m} \quad (\text{Lit.: } \quad \quad \quad)$$

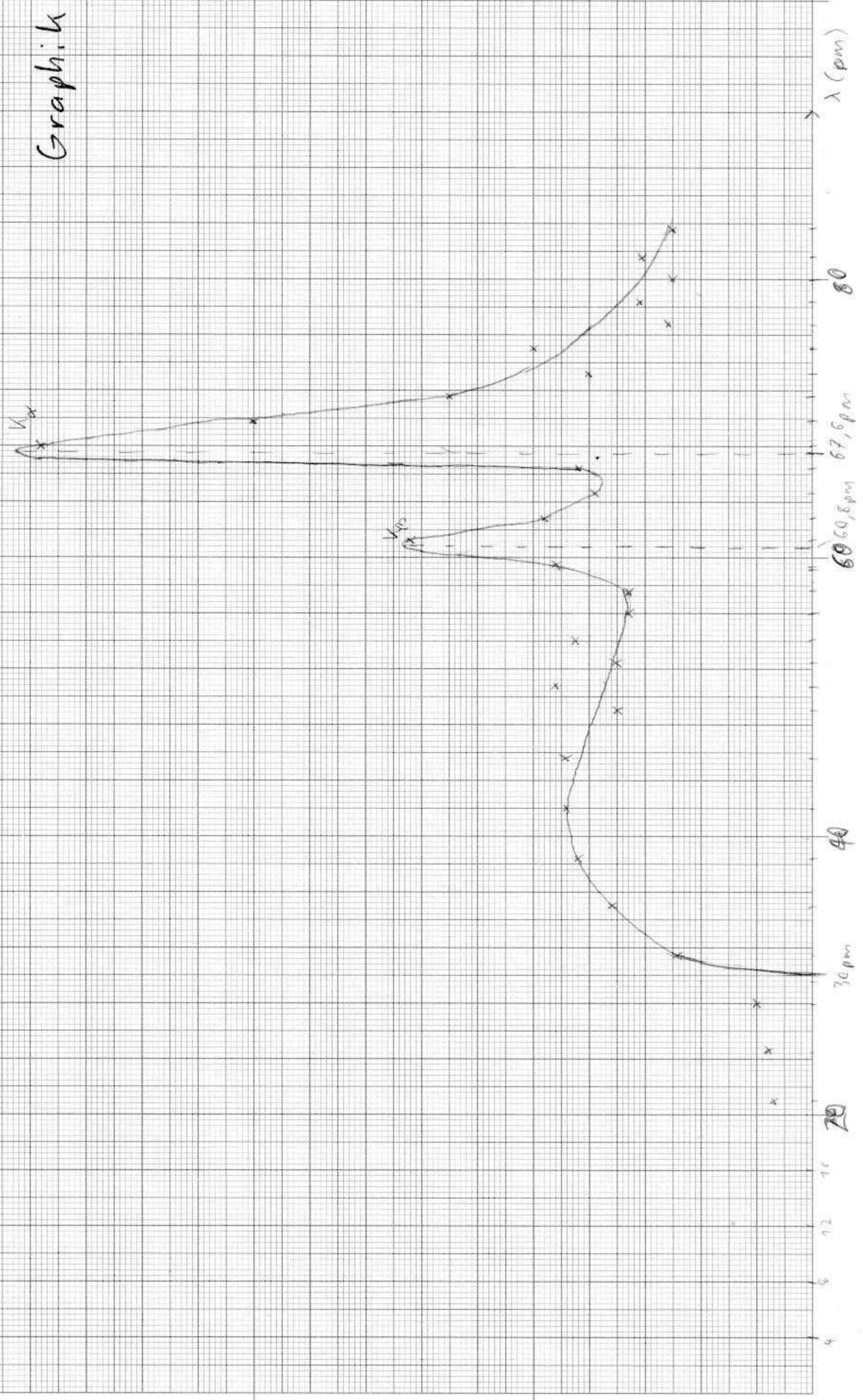
$$z = 43 \pm 1 \quad (\text{Lit.: } M_0 : 42)$$

Teil 2:

$$h = 6,49 \cdot 10^{-34} \pm 0,72 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad (\text{Lit.: } 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js})$$

$\log\left(\frac{I_{\text{ref}}}{I_{\text{0.5}}}\right)$

Graphik \rightarrow



Graphik 2

$I \left(\frac{\text{LMP}}{200} \right)$

A

1000

500

0

20

25

30

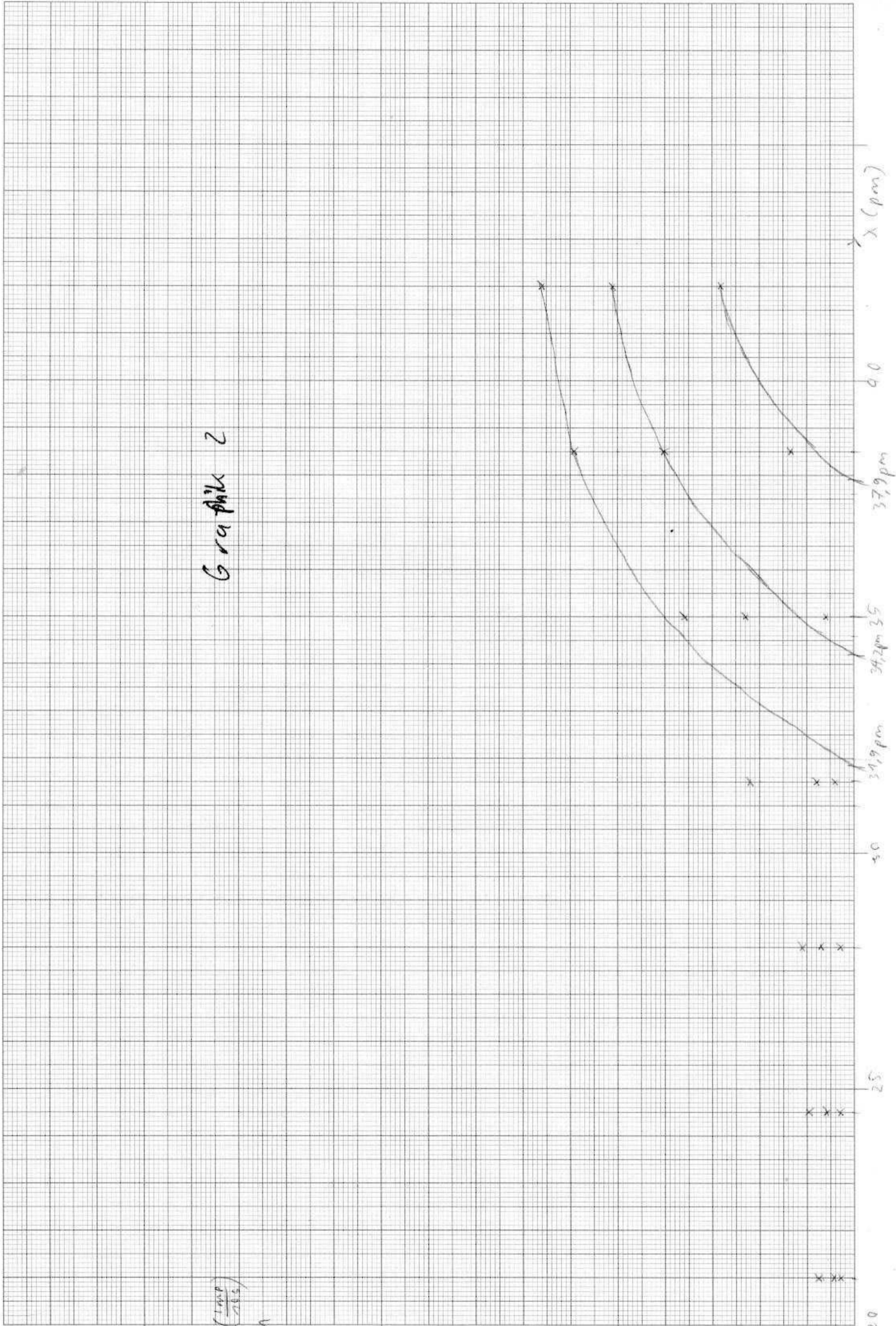
34,9 pm

34,2 pm 35

37,9 pm

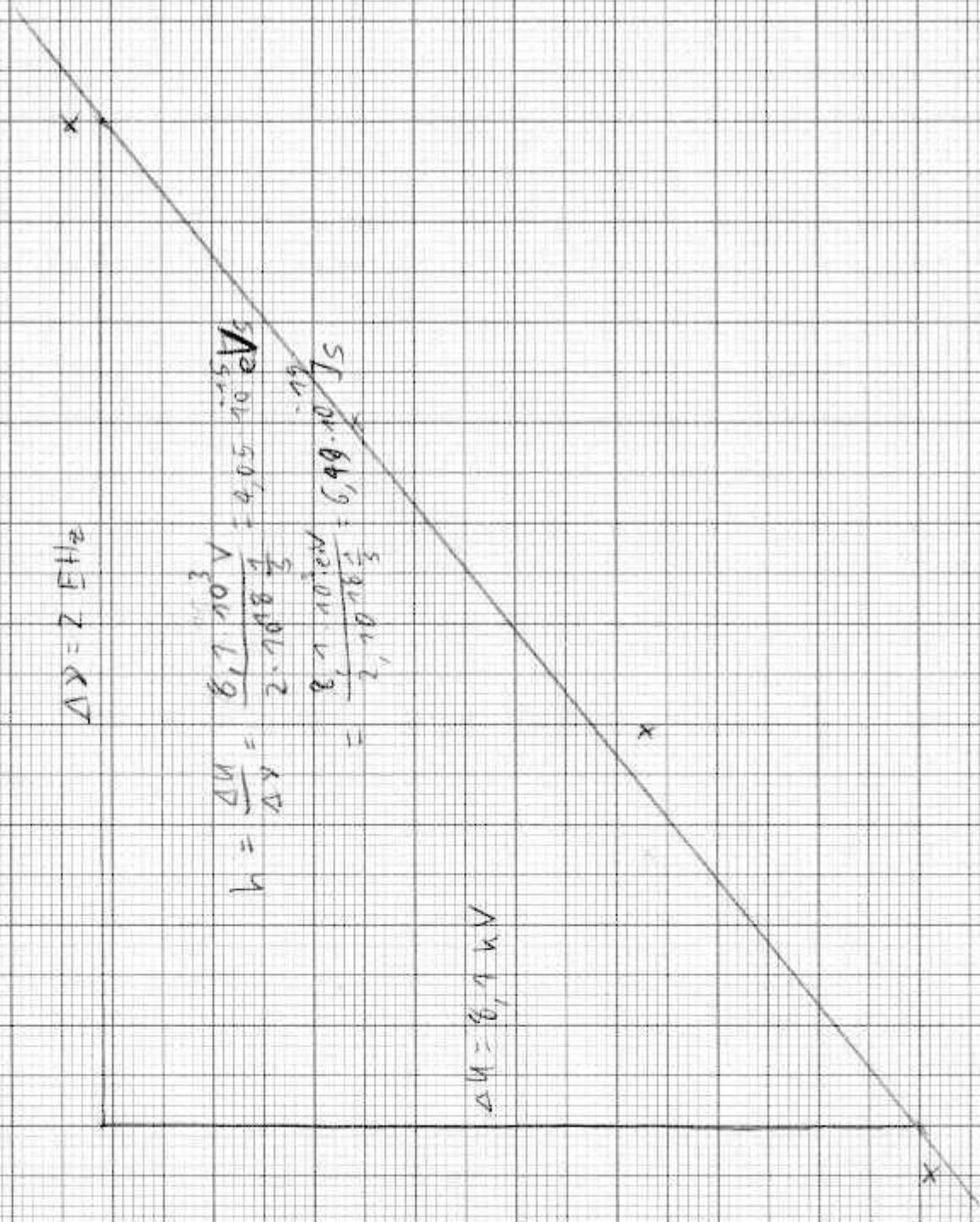
40

x (pm)



Graphik 3

$U_{in} (kV)$



$\Delta \nu = 2 \text{ EHz}$

$\Delta U = 8.1 \text{ kV}$

ν (EHz)
 $\frac{1}{10^{10}}$

30
35
40

7
8
9
10

Versuch 1 Ab vom 14.3.11:

Mit Hilfe der Elektronenstrahlbeugung sollen 2 Gitterkonstanten des Graphitgitters ermittelt werden.

Versuchsdurchführung:

Durch eine Glühkathode werden Elektronen durch eine Graphitfolie geschossen und erzeugen, nachdem sie dort gebeugt wurden, auf einem Schirm grüne Ringe. Zur höheren Genauigkeit werden die Elektronen durch elektrische Linsen (Elektroden) fokussiert und der Versuch findet im evakuierten Glaszylinder statt.

Indem nun die Radien der erschienenen grünen Kreise gemessen wird, kann mit $d = n\lambda \cdot (2 \cdot \sin(\frac{1}{2} \cdot \arcsin(R/L)))^{-1}$ für jeden Ring die Gitterkonstante bestimmt werden.

Messung:

U (kV)	3	3,5	4	4,5	5
r_1 (cm)	1,45	1,28	1,23	1,17	1,15
r_2 (cm)	2,63	2,48	2,24	2,04	1,96

$$L = 13,5 \text{ cm}, \quad n = 1, \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot e \cdot U}}$$

Rechnung:

r_1 (cm)	1,45	1,28	1,23	1,17	1,15
d_1 (pm)	210,6	218	213	211	203
r_2 (cm)	2,63	2,48	2,24	2,04	1,96
d_2 (pm)	114	112	116	121	119

$$d = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot e \cdot U} \cdot 2 \sin(\frac{1}{2} \arcsin(\frac{R}{L}))}$$

$$\bar{d}_1 = 210,6 \text{ pm}, \quad \Delta d_1 = 7,6 \text{ pm}$$

$$\bar{d}_2 = 116,4 \text{ pm}, \quad \Delta d_2 = 4,6 \text{ pm}$$

Auswertung:

$$d_1 = 210,6 \pm 7,6 \text{ pm}$$

$$(\text{Lit.: } 2,13 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 213 \text{ pm})$$

$$d_2 = 116,4 \pm 4,6 \text{ pm}$$

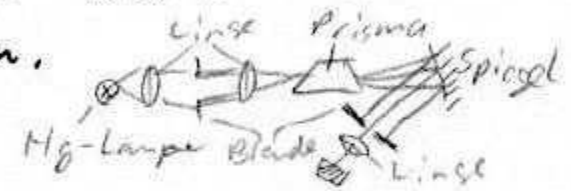
$$(\text{Lit.: } 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 123 \text{ pm})$$

Versuch 1B:

Das Plancksche Wirkungsquantum soll mit Hilfe des Photoeffektes bestimmt werden.

Versuchsdurchführung

Eine Hg-Hochdrucklampe emittiert Photonen deren Spektrum durch ein Prisma aufgespalten wird, sodass die einzelnen Spektralfarben gezielt auf eine Photozelle gerichtet werden können. Den in der Photozelle ausgelösten Elektronen wird ein elektrisches Feld mit U_{Brems} entgegen gerichtet und $U_{\text{Brems}} \rightarrow I_{\text{photo}}$ graphisch dargestellt. Durch Fitten per Geraden kann mithilfe der Nullstelle U_0 mit der Formel $eU_0 = h\nu - \phi$ aus einer Geraden durch $\nu \rightarrow U_0 \cdot e$ h als Steigung ermittelt werden.



Messung:

	U (V)												
Farbe	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	
632 nm	5,2	3,6	2,1	1,0	0,4	0							
578 nm	100,0	77,3	56,6	36,3	19,7	6,8	0,3						
546 nm	152,0	102,5	79,6	57,4	39,3	21,5	7,6						
436 nm	139	112,8	98,3	84,4	55,6	43,7	34,6	26,2	16,6	10,6	4,8	0	

I (μA)

$$\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{300 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{632 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\nu_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{300 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{578 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 5,19 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\nu_3 = \frac{c}{\lambda_3} = \frac{300 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{546 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 5,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\nu_4 = \frac{c}{\lambda_4} = \frac{300 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{436 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 6,88 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Graphik 4 $\Rightarrow U_{0,1} = 0,55 \text{ V}$, $U_{0,2} = 0,65 \text{ V}$, $U_{0,3} = 0,69 \text{ V}$, $U_{0,4} = 1,06 \text{ V}$

Graphik 5: $S = \frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = \frac{1,005 \text{ V}}{2,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 3,72 \cdot 10^{-15} \text{ Vs}$

$$h = \frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} e = S \cdot e = 3,72 \cdot 10^{-15} \text{ Vs} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 5,96 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

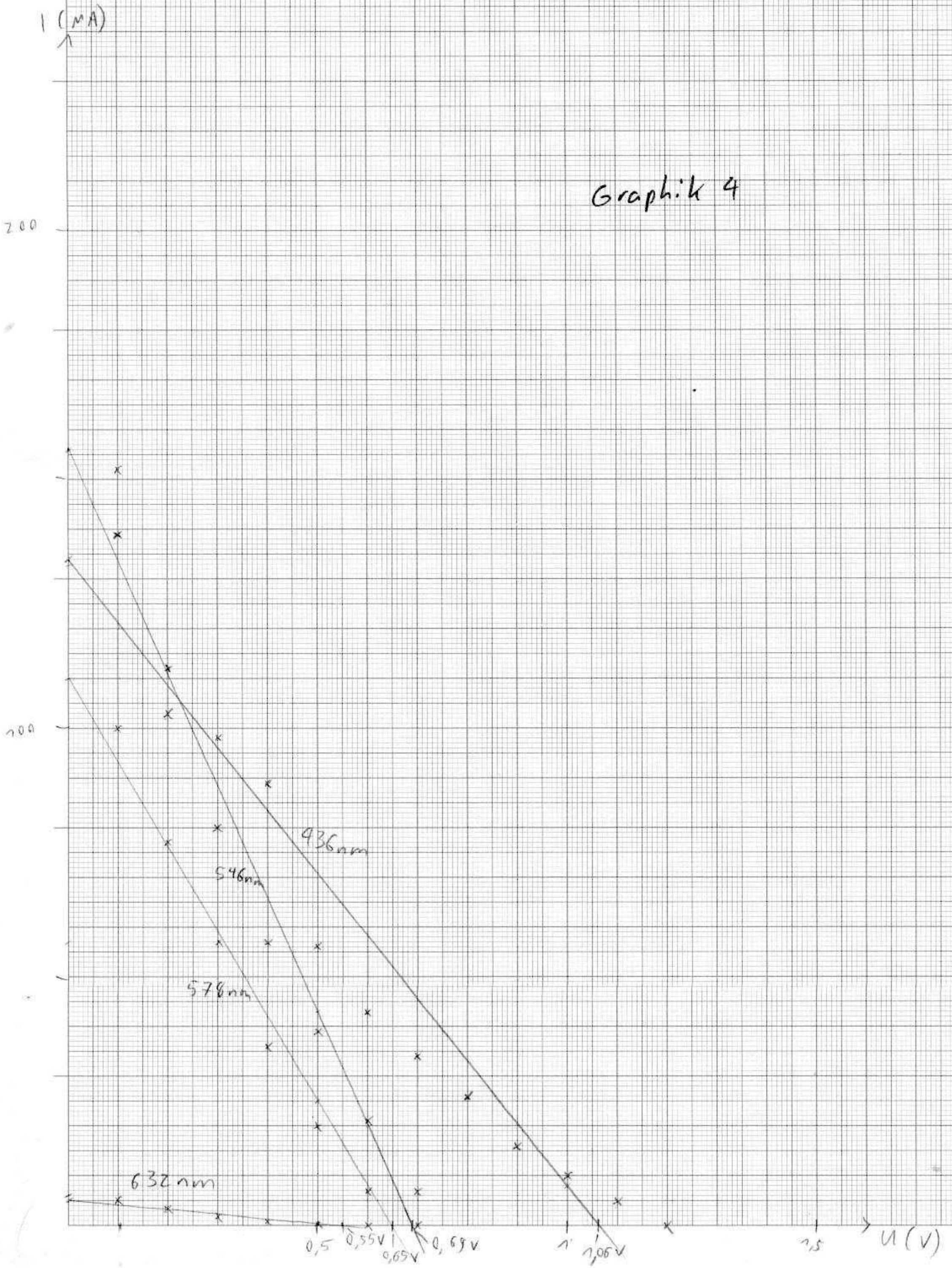
Fehlerrechnung:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{2 \cdot \Delta x}{x_2 - x_1} = \frac{2 \cdot 0,11 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}{(7-5) \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 11\% \quad \Rightarrow \quad \Delta h = 0,66 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

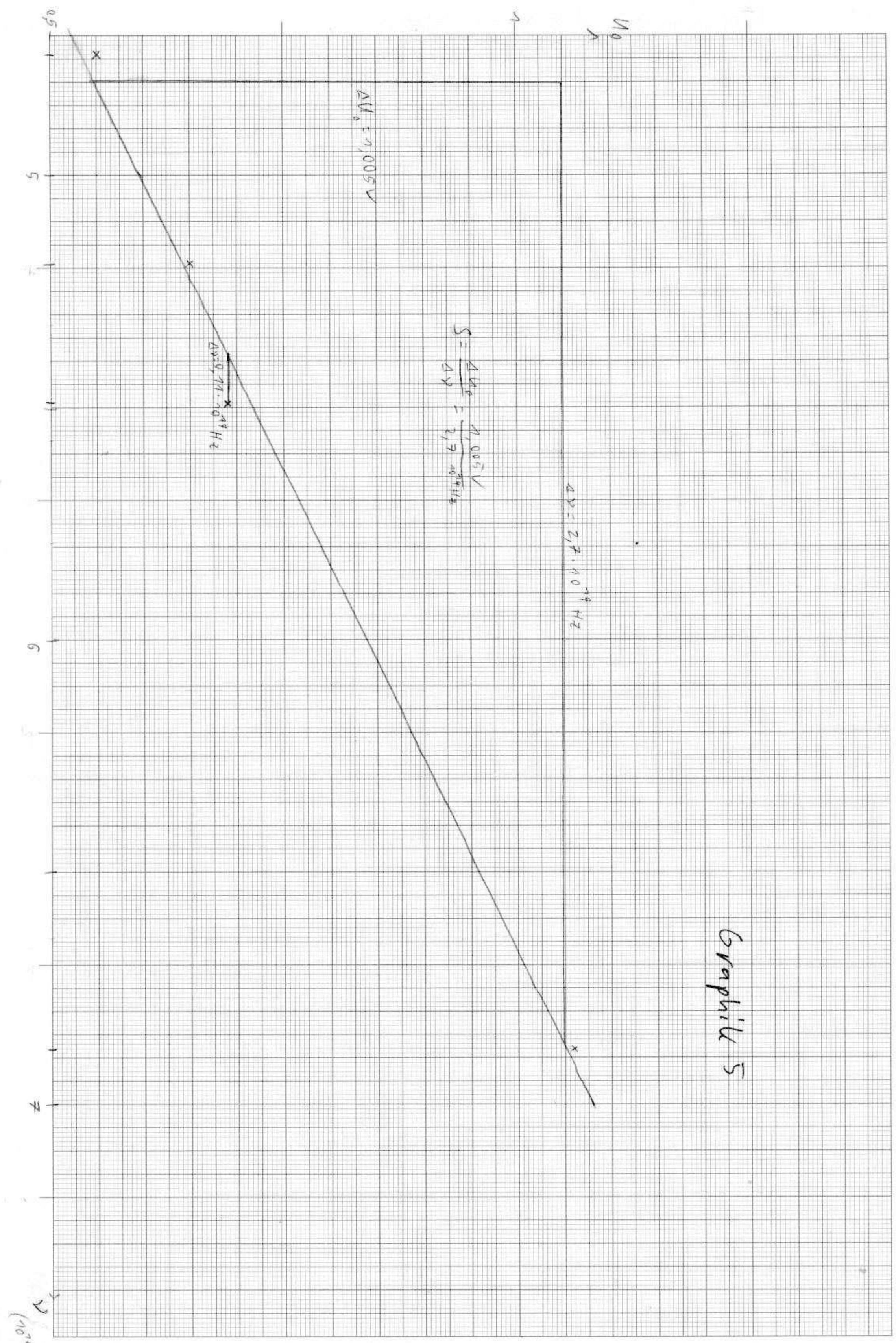
Auswertung:

$$h = 5,96 \cdot 10^{-34} \pm 0,66 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad (\text{Lit.: } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js})$$

Graphik 4



Graphite 5



Jalisco Diagramm

AA

LIF $\Rightarrow d = 20 \mu m$

105, 8

3 - 147	8 - 659
3,5 - 157	8,5 - 927
4 - 174	9 - 959
4,5 - 417	9,5 - 843
5 - 715	10 - 1993
5,5 - 835	10,5 - 818
6 - 893	11 - 523
6,5 - 844	11,5 - 517
7 - 707	12 - 511
7,5 - 693	

~~234~~
~~905 - 311~~
~~975~~
~~20~~
~~10,25 -~~
~~10,54~~
~~10,75 -~~
~~11~~

7,25 - 935
7,75 - 848
8,25 - 660
8,75 - 1438
9,25 - 776
9,75 - 2776
10,25 - 1304
10,75 - 987
11,25 - 737
11,75 - 675

7 :

3 - 77
3,5 - 97
4 - 172
4,5 - 222
5 - 363
5,5 - 586
6 - 663

8 :

3 - 45
3,5 - 63
4 - 74
4,5 - 81
5 - 231
5,5 - 399
6 - 512

5 :

3 - 28
3,5 - 30
4 - 29
4,5 - 42
5 - 66
5,5 - 125
6 - 273

A2

3kV: $r_1 = 1,45 \text{ cm}$ $r_2 = 2,63 \text{ cm}$

3,5kV

U	r_1	r_2
3kV	1,45 cm	2,63 cm
3,5kV	1,26 cm	2,48 cm
4kV	1,23 cm	2,24 cm
4,5kV	1,17 cm	2,04 cm
5kV	1,15 cm	1,96 cm

B

Farbe	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1 (rot)	5,2 mA	3,6 mA	2,7	1,0	0,4	0									
2	100,0	77,3	56,6	36,3	19,7	6,8	0,3	-2							
3	1520	226,8	183	141,6	87,9	27,5	7,6	-0,4							
4	139	922,8	79,6	57,4	39,3	4	3,7	34,8	26,2	16,6	10,0	4,8	0		
		112,8	98,3	64,4	55,6										



Vortestat
14.03.2011
S. Diehl