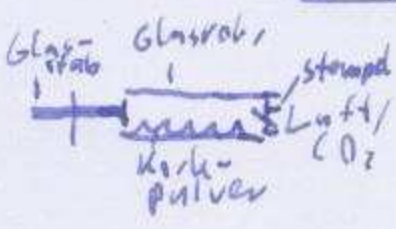


Versuch 3A vom 14.9.10



Teil 1: In einem Glasrohr werden über einen Glasstab Schallwellen zu einer stehenden Welle wie nebenstehend angeregt. Im Glasrohr zeigt Korkstaub Schwingungsknoten und -Bäuche an. Über die Anzahl der Bäuche in einem Abschnitt soll die Frequenz und die Geschwindigkeit der Schallwelle ermittelt werden.

Teil 2: In Teil 1 wird die Schallgeschw. in Glas bestimmt, mit der nur das Elastizitätsmodul E_{Glas} bestimmt wird.

Teil 3: Teil 1 wird mit einem CO_2 gefüllten Glasrohr wiederholt. Die Wellengeschw. in CO_2 ist zu bestimmen.

Teil 4: Mit der Schallgeschw. kann nun der Adiabatenkoeffizient κ bestimmt werden.

Versuchsdurchführung:

Teil 1: Der Glasstab wird mit Ethanol und einem Tuch zur Schwingung angeregt und überträgt diese über eine ebene Platte in das Glasrohr. Mit einem bew. Stempel am anderen Ende kann nun im Glasrohr eine stehende Welle erzeugt werden. Über die Anzahl der durch das Korkpulver angezeigten Bäuche innerhalb einer bestimmten Strecke kann die Wellenlänge der Schw. ermittelt werden. Für die Schwingung im Glasstab gilt $\lambda' = 2L$. Die Wellenlänge im Glasrohr wird 5 mal gemessen. Mittels $v = \lambda \nu$ kann nun v_G und ν ermittelt werden.

Teil 2: Mit v_G kann über $v_G = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ (ρ bekannt) E bestimmt werden.

Teil 3: Der Versuch wird mit CO_2 wiederholt und λ erneut 5 mal gemessen. v_{CO_2} folgt wieder mit $v = \lambda \nu$ und ν konst.

Teil 4: Mit $v = \sqrt{\frac{\kappa R T}{M}}$ (R, T, M bekannt) kann mit v_{Luft} und v_{CO_2} leicht $\kappa_{\text{Luft}} / \kappa_{\text{CO}_2}$ bestimmt werden (v_{Luft} bekannt).

Formeln:

Teil 1: $v = \lambda \nu \Rightarrow v_L = \lambda_L \nu, v_G = \lambda_G \nu \Rightarrow v_G = \frac{\lambda_G}{\lambda_L} v_L$
 $v_L = 331 \sqrt{1 + 0,004t} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \lambda_G = 2L, \lambda = \frac{2a}{n}$

Teil 2: $v_G = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \Rightarrow E = v_G^2 \rho$

Teil 3: $v = \lambda \nu \Rightarrow v_{\text{CO}_2} = \frac{\lambda_{\text{CO}_2}}{\lambda_L} v_L$

Teil 4: $v = \sqrt{\frac{\kappa R T}{M}} \Rightarrow \kappa = \frac{v^2 M}{R T}$

Messungen / Rechnung

Teil 1:

$$t = 24^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$$

$$CO_2: L_{CO_2} = 0,59\text{m} \pm 0,01\text{m}$$

a (in cm)	25	29	25	40,5	34
n (Anzahl)	8	9	8	13	11
$\lambda_{CO_2} = \frac{2a}{n}$ (in cm)	6,25	6,44	6,25	6,23	6,18

$$\Rightarrow \lambda_{CO_2} = 6,27\text{cm}, \Delta\lambda_{CO_2} = 1,17\text{cm}$$

$$\text{Luft: } L_L = 0,65\text{m} \pm 0,01\text{m}$$

a (in cm)	37	41	32	37	33
n (Anzahl)	9	10	8	9	8
$\lambda_L = \frac{2a}{n}$ (in cm)	8,22	8,2	8	8,22	8,25

$$\Rightarrow \lambda_L = 8,18\text{cm}, \Delta\lambda_L = 0,18\text{cm}$$

$$v_L = 331 \sqrt{1+0,004t} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\lambda_G = 2L_L = 1,3\text{m}, \Delta\lambda_G = 2\Delta L_L = 0,02\text{m}$$

$$v_G = \frac{\lambda_G}{\lambda_L} v_L = \frac{1,3\text{m}}{0,0818\text{m}} \cdot 346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5506,72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu = \frac{v_L}{\lambda_L} = \frac{346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,0818\text{m}} = 4235,9 \text{Hz}$$

$$\text{Teil 2: } E = v_G^2 \rho = (5506,72 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \cdot 2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7,884 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Teil 3: } v_{CO_2} = \frac{\lambda_{CO_2}}{\lambda_L} v_L = \frac{6,27\text{cm}}{8,18\text{cm}} \cdot 346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 265,59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Teil 4: } h_{Luft} = \frac{v_L^2 M_L}{RT} = \frac{(346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \cdot 29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot (297\text{K})} = 1,441$$

$$h_{CO_2} = \frac{v_{CO_2}^2 M_{CO_2}}{RT} = \frac{(265,59 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot (297\text{K})} = 1,285$$

Fehlerrechnung

Teil 1:

$$\Delta\lambda_L = 0,18\text{cm}, \Delta t = 1^\circ\text{C}, \Delta v_L = \frac{\partial v_L(t)}{\partial t} \Delta t$$

$$= \frac{0,662 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{1+0,004 \cdot 24}} \cdot 1^\circ\text{C} = 0,632 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta v_G = \left| \frac{\partial v_G}{\partial \lambda_G} \Delta \lambda_G \right| + \left| \frac{\partial v_G}{\partial \lambda_L} \Delta \lambda_L \right| + \left| \frac{\partial v_G}{\partial v_L} \Delta v_L \right|$$

$$= \left| \frac{v_L}{\lambda_L} \Delta \lambda_G \right| + \left| \left(-\frac{\lambda_G v_L}{\lambda_L^2} \right) \Delta \lambda_L \right| + \left| \frac{\lambda_G}{\lambda_L} \Delta v_L \right|$$

$$= \frac{346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,0818\text{m}} \cdot 0,02\text{m} + \frac{1,3\text{m} \cdot 346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(0,0818\text{m})^2} \cdot 0,0018\text{m} + \frac{1,3\text{m}}{0,0818\text{m}} \cdot 0,632 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$= 215,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta \nu = \left| \frac{\partial \nu}{\partial v_L} \Delta v_L \right| + \left| \frac{\partial \nu}{\partial \lambda_L} \Delta \lambda_L \right| = \frac{1}{\lambda_L} \Delta v_L + \frac{v_L}{\lambda_L^2} \Delta \lambda_L$$

$$= \frac{1}{0,0818\text{m}} \cdot 0,632 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{(0,0818\text{m})^2} \cdot 0,0018\text{m} = 100,94 \text{Hz}$$

$$\text{Teil 2: } \Delta E = \frac{\partial E}{\partial v_G} \Delta v_G = 2\rho v_G \Delta v_G = 2 \cdot 2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 5506,72 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 215,94 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,618 \cdot 10^{10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Teil 3: $\Delta v_{CO_2} = \left| \frac{\partial v_{CO_2}}{\partial \lambda_{CO_2}} \Delta \lambda_{CO_2} \right| + \left| \frac{\partial v_{CO_2}}{\partial \lambda_L} \Delta \lambda_L \right| + \left| \frac{\partial v_{CO_2}}{\partial v_L} \Delta v_L \right|$

$$= \frac{v_L}{\lambda_L} \Delta \lambda_{CO_2} + \frac{v_L \lambda_{CO_2}}{\lambda_L^2} \Delta \lambda_L + \frac{\lambda_{CO_2}}{\lambda_L} \Delta v_L$$

$$= \frac{346,5 \frac{m}{s}}{0,0818 m} \cdot 0,0017 m + \frac{346,5 \frac{m}{s} \cdot 0,0027 m}{(0,0818 m)^2} \cdot 0,0018 m + \frac{0,0627 m}{0,0818 m} \cdot 0,632 \frac{m}{s} = \underline{\underline{13,5 \frac{m}{s}}}$$

Teil 4: $\Delta K = \left| \frac{\partial K}{\partial v} \Delta v \right| + \left| \frac{\partial K}{\partial T} \Delta T \right| = \frac{2vM}{RT} \Delta v + \frac{v^2 M}{RT^2} \Delta T$

$$\Delta K_L = \frac{2 \cdot 346,5 \frac{m}{s} \cdot 0,029 \frac{kg}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol K} \cdot 297 K} \cdot 0,632 \frac{m}{s} + \frac{(346,5 \frac{m}{s})^2 \cdot 0,029 \frac{kg}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol K} \cdot (297 K)^2} \cdot 1 K$$

$$= \underline{\underline{0,00989}}$$

$$\Delta K_{CO_2} = \frac{2 \cdot 265,59 \frac{m}{s} \cdot 0,044 \frac{kg}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol K} \cdot 297 K} \cdot 13,5 \frac{m}{s} + \frac{(265,59 \frac{m}{s})^2 \cdot 0,044 \frac{kg}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol K} \cdot (297 K)^2} \cdot 1 K$$

$$= \underline{\underline{0,132}}$$

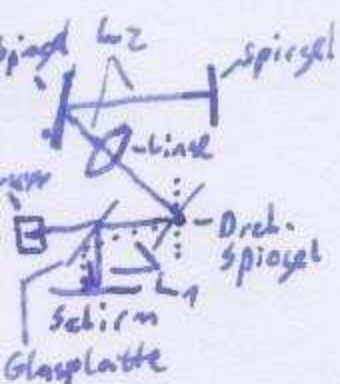
Antwortung

		gemessen	Fehler abs.	rel.	Literaturwert
Teil 1:	v_G	$5506,72 \frac{m}{s}$	$215,94 \frac{m}{s}$	3,9%	$5300 \frac{m}{s}$
	ν	$4235,9 Hz$	$100,94 Hz$	2,4%	/
Teil 2:	E	$7,884 \cdot 10^{10} \frac{N}{m^2}$	$0,678 \cdot 10^{10} \frac{N}{m^2}$	7,8%	$5-9 \cdot 10^{10} \frac{N}{m^2}$
Teil 3:	v_{CO_2}	$265,59 \frac{m}{s}$	$13,5 \frac{m}{s}$	5,1%	$266 \frac{m}{s}$
Teil 4:	K_L	1,441	0,00989	0,7%	1,4
	K_{CO_2}	1,285	0,132	10,3%	1,3

Versuch 3B

Mithilfe des Messprinzips von Foucault-Michelson soll anhand von einem Laser, Spiegel und einem Drehspiegel die Lichtgeschwindigkeit gemessen werden

Versuchsaufbau:



Ein Laser strahlt durch eine halbdurchlässige Glasplatte auf einen rotierenden Spiegel, der das Licht in einem (hier 2, da Doppelspiegel) Stellung zu einem anderen Spiegel leitet, der dem Lichtverlauf umkehrt. Das zurückkehrende Licht trifft den Drehspiegel nun in einem anderen Winkel, sodass der Lichtstrahl nicht genau auf dem Laser trifft. Mit der halbdurchlässigen Glasplatte wird der ausgehende und der wiederkehrende Lichtstrahl auf einem Schirm umgelenkt. Durch den Abstand der beiden Lichtstrahlen auf dem Schirm, dem zurückgelegten Weg d des Lichts und der Umdrehungsfrequenz des Drehspiegels kann nun mittels $c = \frac{8\pi f L_1 L_2}{d}$ die Lichtgeschwindigkeit ermittelt werden. Mit einem Umkehrspiegel kann L_2 in einem kleinen Raum größer gewählt werden. Die Linse dient dabei der Schärfe des Laserstrahls.

Der Versuch wird für 3 f durchgeführt und L_1, L_2 und jeweils s gemessen. $\frac{s}{s}$ ist danach grafisch zu bestimmen, L_1, L_2 haben Ablesegenauigkeit.

Formeln: $t = \frac{2L_2}{c}$, $\alpha = 2\pi f \cdot \frac{2L_2}{c} = \frac{4\pi f L_2}{c}$, $2\alpha = \frac{d}{L_1} \Rightarrow c = \frac{8\pi f L_1 L_2}{d}$

Messungen/Rechnung:

d (in mm)	$2f_1$ (Hz)	$2f_2$ (Hz)	$2f_3$ (Hz)	$\Delta 2f$ (Hz)	Δf (Hz)
3	582,8	591,2	596,9	590,3	295,15
4	781,3	804,6	803,7	796,5	398,25
4,5	940,2	954,9	954,3	949,8	474,9

Grafisch: $\frac{\Delta f}{\Delta d} = \frac{200 \text{ Hz}}{0,0017 \text{ m}} = 117647 \frac{1}{\text{ms}}$

$L_1 = L_{11} + L_{12} = 5,44 \text{ m} + 2,355 \text{ m} = 7,795 \text{ m}$, $\Delta L_1 = 0,02 \text{ m}$

$L_2 = L_{21} + L_{22} = 6,87 \text{ m} + 6,93 \text{ m} = 13,8 \text{ m}$, $\Delta L_2 = 0,02 \text{ m}$

$c = 8\pi \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \frac{f}{d} = 8\pi \cdot 7,795 \text{ m} \cdot 13,8 \text{ m} \cdot 117647 \frac{1}{\text{ms}} = \underline{\underline{318 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

Fehlerrechnung:

$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta f}{f} = \frac{2 \cdot 0,08 \text{ mm}}{4,5 \text{ mm} - 3 \text{ mm}} = 10,7\% \Rightarrow \Delta \frac{f}{d} = 12588 \frac{1}{\text{ms}}$

$\Delta c = \frac{\partial c}{\partial L_1} \Delta L_1 + \frac{\partial c}{\partial L_2} \Delta L_2 + \frac{\partial c}{\partial \frac{f}{d}} \Delta \frac{f}{d} = 8\pi (L_2 \frac{f}{d} \Delta L_1 + L_1 \frac{f}{d} \Delta L_2 + L_1 L_2 \Delta \frac{f}{d})$

$= 8\pi (13,8 \text{ m} \cdot 117647 \frac{1}{\text{ms}} \cdot 0,02 \text{ m} + 7,795 \text{ m} \cdot 117647 \frac{1}{\text{ms}} \cdot 0,02 \text{ m} + 13,8 \text{ m} \cdot 7,795 \text{ m} \cdot 12588 \frac{1}{\text{ms}}) = \underline{\underline{35,3 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

Antwortung:

	gemessen	Fehler abs.	rel.	Literaturwert
c	$318 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$35,3 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	11,1%	$299,8 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

f in Hz

500

437,5

375

312,5

250

250

$\Delta f = 2000 \text{ Hz}$

$$f = \frac{2000 \text{ Hz}}{0,0017 \text{ m}} = 117647 \frac{\text{m}}{\text{ms}}$$

$\Delta \lambda = 1,7 \text{ mm}$

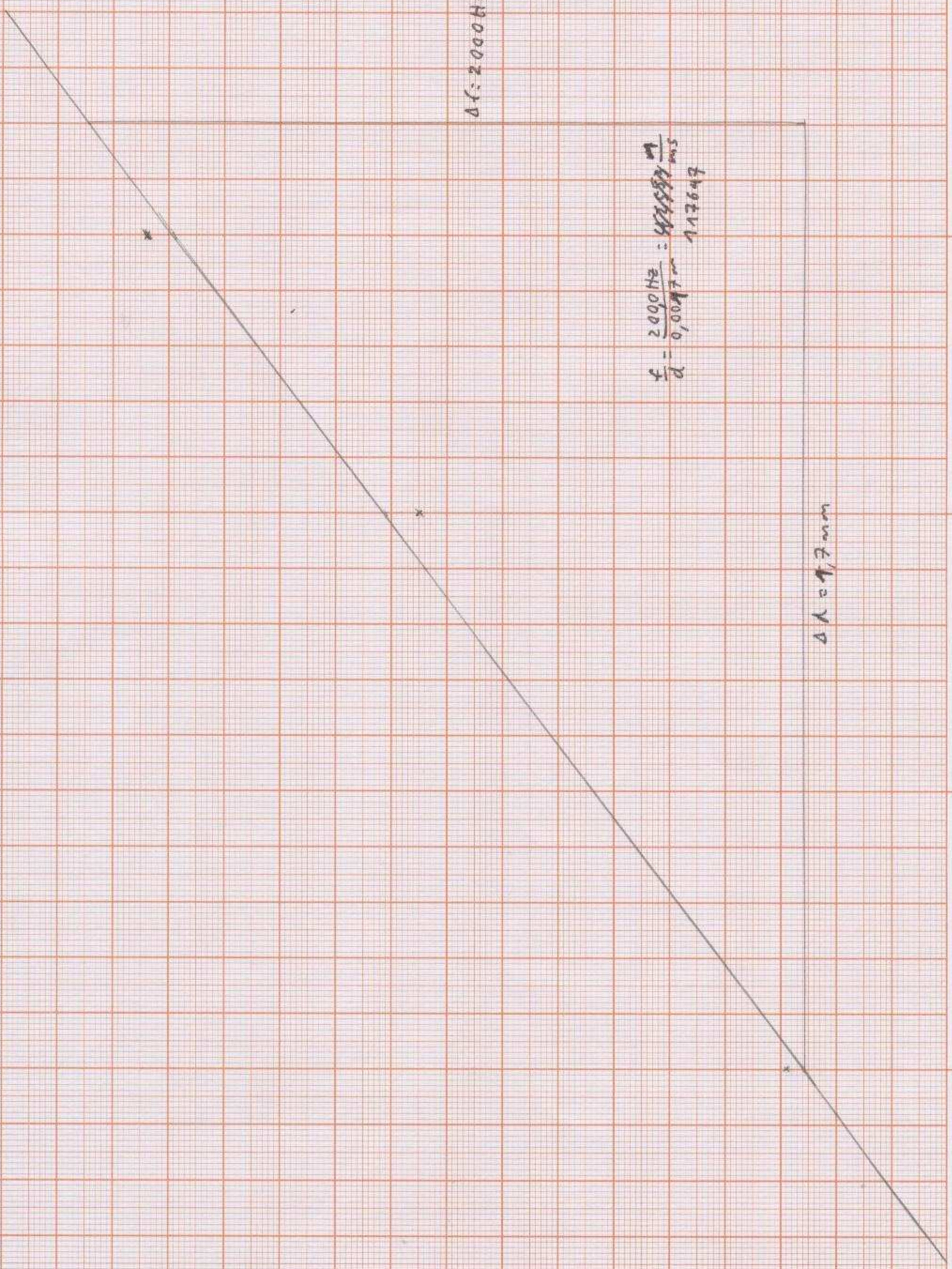
3 mm

5,5 mm

4 mm

4,5 mm

d



Protokoll Versuch 3B

$L_{11} = 5,44 \text{ m}$ $L_{21} = 6,87 \text{ m}$ $L_{22} = 6,93 \text{ m}$
 $L_{12} = 2,355 \text{ m}$

bei 105 d = 3mm $f_{11} = 7813$ $f_{12} = 5912$; $f_{13} = 5969$
 halbieren da Doppelspiegel 5828

d = 4mm $f_{21} = 7813$; $f_{22} = 8046$; $f_{23} = 8037$

d = 45mm $f_{31} = 9402$; $f_{32} = 9549$; $f_{33} = 9543$

3A:

24°C

Cl ₂	1	25 cm	8 Bündel	
	2	29 cm	9 Bündel	GS 59 cm
	3	25 cm	8 Bündel	
	4	40,5 cm	13 Bündel	
	5	34 cm	11 Bündel	

Luft	1	37 cm	9 Bündel	
		41 cm	10 Bündel	
		32 cm	8 Bündel	
		37 cm	9 Bündel	GS 65 cm
		33 cm	8 Bündel	

19.05.2010
