# it's CREATIVE SCHOOL.

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München



Fortgeschrittenenpraktikum I in Experimentalphysik - Kurs P3A

Blockpraktikum vom 01. bis 31. März 2021

Name: Yndong Sun	Gruppe:	14
------------------	---------	----

Datum		Versuch	Punkte	Testat
	1	Mikroskopie@Home		
		Mikroskopie mit dem Foldscope		
	2	BEU - Beugung		
2.MAR 2021	3	LAS - Lasersicherheit		
	4A	INP - Interferenzphänomene		
	4B	MIN - Michelson-Interferometer		
	4D	FPI - Fabry-Pérot-Interferometer		
4 MAR 2021	4E	MZI - Mach-Zehnder-Interferometer		
	5B	LLA - c-Messung/Lambertscher Strahler		
	5C	POL - Polarisation		
	5D	SPG - Spektrogoniometer		
	5E	FFR - Fresnelsches Gesetz der Reflexion		
74				

Unterschrift der/des Studierenden:				
Studier enden.				

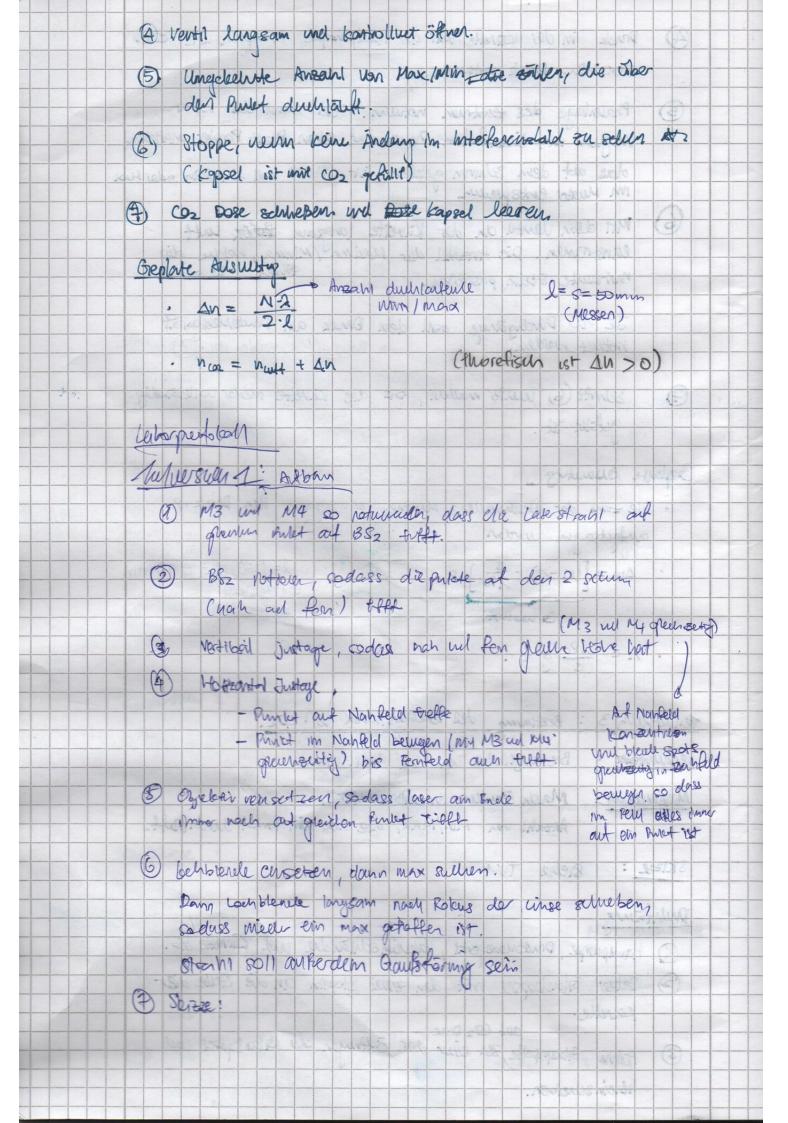
Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum auf.

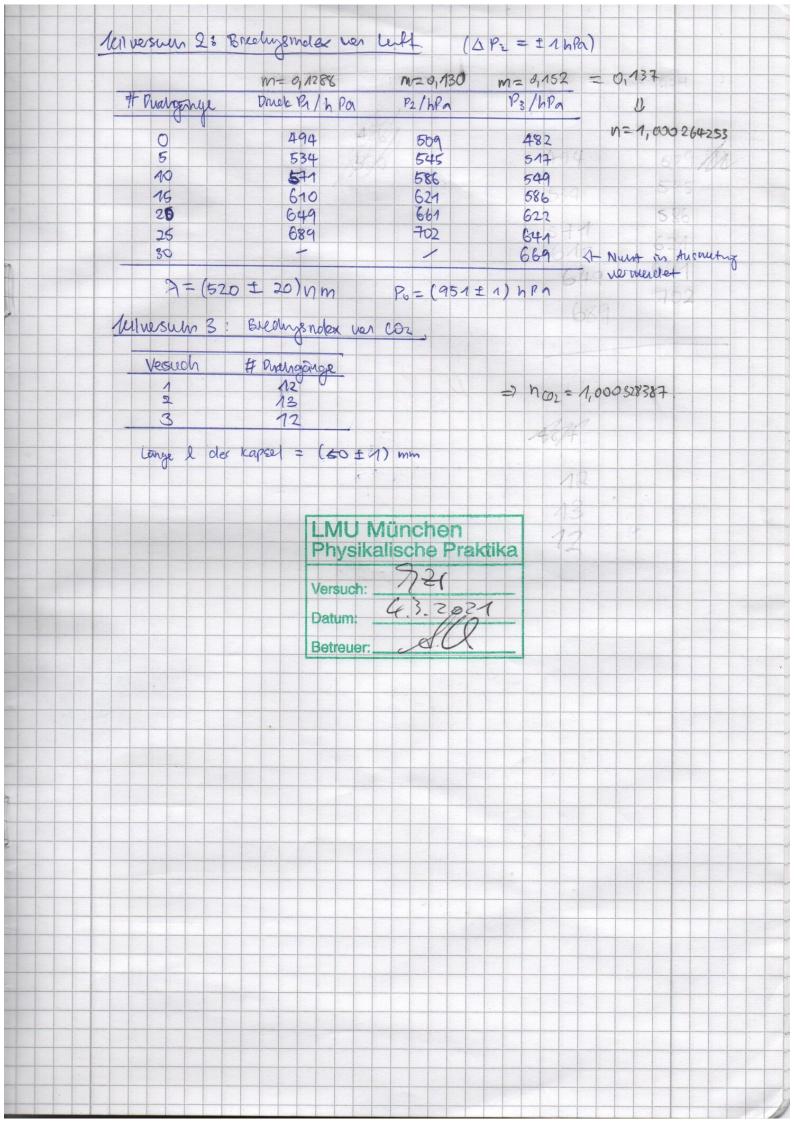
ariert elrand

www. Paperzone .de

Messactivele: Keine  Stiese'  My Shutter  My Street  My	Veaung	ziel: Ein Mach-Zender-Interferounter aufbauen.	
May 83 SCHIRM  May 100 May	Messme	hoele: Keine	
May 83 SCHIRM  May 100 May	Skizze	2 Shutter	
My Stanker will gesture so dass storm aut 852 profit  Bullithing  Debton we in stazze mit stormengan wine 180 mm.  Stormengany mittels my will me gusturer sodass storm parallet  Bullithing  Bullithing  Debton we in stazze mit stormengan wine 180 mm.  Stormengany mittels my will me gusturer sodass storm parallet  Bullithing  Bull		Nh I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	
Descriptions  Descriptions  Descriptions  Descriptions  Descriptions  Descriptions  Descriptions  Descriptions  Descriptions  May einsetzen und gestuum, so dass stoom and BS2 forfet  BS1 envertzen, so dass stoomengens much versinerent  My einsetzen, so dass stoomen out BS2 stifft  My einsetzen, so dass stoomen out BS2 stifft  Decholerate einsetzen (Stoom authorityssystem) much justwerten  So dass lasts stoom danst dum des system ländt.  Teil versuur 2: Bestmung des Breumysmule von helf  Versuursen: Breums much was been wie den der system ländt.  Messmethaele: Mach-zender-Interferometer  Arealu van Max Min, die oher ein Ambet dum land  Dumptung:  Descriptions  Descriptions  Die steen Sütette un Lassestoom Euntellen BS2 und M3 Stahl  sich neut versuusen.  Die steen Sütette un Lassestoom Euntellen BS2 und M3 Stahl  sich neut versuusen.		M4 852	
Duchting  Dauton we in stiere mit stonnergan with 180 mm.  Dauton we in stiere mit stonnergan with 180 mm.  Stonnergany mottet m, un me justwern, sedess stonn parallet  Me einsetzen und Justwer, so dass stonn auf 852 forfet  Best ewisetzen, so dass stonn auf 852 forfet  My einsetzen, so dass stonn auf 853 stifft  My einsetzen, so dass stonn auf 953 stifft  My einsetzen, so dass stifft  My einsetzen, so dass stifft  My einsetzen, so dass stifft  My einsetzen,		SCHIRM	
Duchthun  Duchthun  Duchthun  Davison we in steize mit stonlengan with 180 mm.  Duchthun  Duchthun  Duchthun  Be einsetzen und Justum, so dass Stonn auf BS2 frifft  BS1 einsetzen, sodass Stonn auf BS2 frifft  My einsetzen, sodass Stonn auf BS2 trifft  Duchthende einschzen (Stonn aufenen Sygnem) und Justuerlen  So dass Lases of conn ander duch das System läuft.  Teil wesum 2: Bestmun des Breumysmuk un half  Versumzee: Breums mehr un hat bestimmen.  Messunthaele: Mach Zender- Intenferoneter  Areacht um Max (Min, die dier ein Prinkt duchtaut  Bus sleize : We in an			
Duchtitung  Derholman mie im skieste mit stonhengangnishe 180 mm.  Derholman mie im skieste mit stonhengangnishe 180 mm.  Derholman mit der Handvakluum pumpe mu eine Ofthum  Duchtitung:  Describer im Skieste mit gestam gestam eine der System  Duchtitung:  Describer den gereich Ams breung nung hat:  Describer den gereich Ams breung nung hat:  Describer den gereich dans breung nung hat:  Describer den gereich Ams der Breunder den Bestung deutscher Ansahl und Han Ams Min, die dier ein Ducht deutscher Ansahl und Han Max Min, die dier ein Ducht deutscher Ansahl und Han Tung Min die dier ein Ducht deutscher Ansahl und Han Tung Min die dier ein Ducht deutsche Min nicht unschelen Bestung den Oftwaren gemen der deutsche Min nicht unschelen Bestung den Oftwaren gemen deutsche deutsche Gestam deutsche Bestung des Gereiche Gestam deutsche Min nicht unschelen der Handvalchum pumpe und eine Oftwaren gemen den Gestam deutsche Min der Bestung den Gestam deutsche Min der Bestung den Gestam deutsche Min der Bestung deutsche Min der Bestung der Gestam deutsche Min der G		M <sub>2</sub> 000 M <sub>3</sub>	
Description we in state mit standergay who he too mm.  Arother gany mittels Mr with Mr Jestmern, sodess stand parallet  But einsetzen will justien, so dass stand auf BS2 frifft.  BS1 einsetzen, sodess standergene micht verähelet.  My einsetzen, sodess standergene micht verähelet.  My einsetzen, sodess standergene, sodess die Ausgeno Stander den glerten Abestand justien, sodess die Ausgeno Stander den glerten Abestandergesten wir justierlen, Sodess die Ausgeno Stander den glerten Abestander den des System ländt.  Messuntheele einstlesen (Standambuelogsgeben) und justierlen, Sodess lases of sond dandet durch den des System ländt.  Messuntheele: Bledung nelex von lutt bestimmen.  Messuntheele: Bledung nelex von lutt bestimmen.  Messuntheele: Mach-zender-Intenferrunter  Ausahn von Max Min, die siew ein fruiet durchen bit siem ein fruiet durchen bit nelet uranden.  Durchstang:  Teten Krinette na Laserstand zuwellen BS1 und Mz Stand		The state of the s	
Description we in state mit standergay who he too mm.  Arother gany mittels Mr with Mr Jestmern, sodess stand parallet  But einsetzen will justien, so dass stand auf BS2 frifft.  BS1 einsetzen, sodess standergene micht verähelet.  My einsetzen, sodess standergene micht verähelet.  My einsetzen, sodess standergene, sodess die Ausgeno Stander den glerten Abestand justien, sodess die Ausgeno Stander den glerten Abestandergesten wir justierlen, Sodess die Ausgeno Stander den glerten Abestander den des System ländt.  Messuntheele einstlesen (Standambuelogsgeben) und justierlen, Sodess lases of sond dandet durch den des System ländt.  Messuntheele: Bledung nelex von lutt bestimmen.  Messuntheele: Bledung nelex von lutt bestimmen.  Messuntheele: Mach-zender-Intenferrunter  Ausahn von Max Min, die siew ein fruiet durchen bit siem ein fruiet durchen bit nelet uranden.  Durchstang:  Teten Krinette na Laserstand zuwellen BS1 und Mz Stand	Duch for	ma	
Description and mittels my in the justiment, sides storm parallet  By Ensetzen und Justim , so dass storm aut BS, frifft  BS1 emsetzen, sodass stormengene munt verändent.  My emsetzen, sodass storm out BS, stifft  My emsetzen, sodass storm out BS, stifft  My my My Lase storm justiment, coclass die Ausgene Storm den gletzen Ausbendigspremig hart.  Detrolende emsetzen: (Stormandenbergsprem) und justimenten, sodass lases storm druct dum der system läuft.  Teilwesum 2: Bestimm der Breumssmur von halt liersunszuel : Bledung mulex un latt bestimmen.  Messunstraele: Bledung mulex un latt bestimmen.  Messunstraele: Mach-zender-Intenferrunter  Ausahr um Max Min, die siner ein findet dum läut Strahl  Dumbling:  Teten Künette im Laserstorm zuwellen BS, und Mz Strahl  But siese im Künette im Laserstorm zuwellen BS, und Mz Strahl  Dumbling:			
(3) M3 einsetzen und gustuch, so dass stronn aut 852 frifft  (4) BS1 einsetzen, so dass stronnengung munt verzinetunt  (5) M4 einsetzen, so dass stronn aut BS2 trifft  (6) M17 M3 mm M4 Laser stronm justner, sodass die Ausgeno  Stronlen den glereun flost beneung hung hart:  (7) Lochbiende einsetzen (Stronhautouelgesistem) mu justnerlen,  Sa dass Lesses stronn dunch dum dass system läuft.  (8) Leinsuln 2: Bestimmy des Breumysmulx von huft  Versulszer: Bledung melex von Lutt bestimmen.  Messmothaele: Mach zender und Max (Min, die über ein Prulet duchetzut  Ausahi von Max (Min, die über ein Prulet duchetzut  Duchstung;  (7) Setzen Küretle m. Laser stronn zuwellen BS1 und M3. Strahl  Dich nicht weränden.			et -
BS1 emsetzen, sodas Starnengene munt verindent  (E) My emsetzen, sodas Starnengene munt verindent  (E) My emsetzen, sodas Starnengenen munt verindent  (E) My emsetzen, sodas Starnengenen, sodas die Ausgana  Starnen den gleichn frusbrentigenung hart.  (F) Loethblendle emschzen (Starnendendysgesem) mun justnerein,  Sodas Lase death daust dum der system ländt.  (Ein wesum 2: Bestimm der Breumysmux von huft  Versumszel: Breumschelx von Lutt bestimmen.  Messmathaele: Mach-Zendu-Intenferoruster  Arsald von Max Min, die über ein mulet duchläut  Duchfühung:  (F) Setzen Lünthe um Laserstad zuwellen BS1 und M3. Strahl  Buchfühung:  (F) Setzen Lünthe um Laserstad zuwellen BS1 und M3. Strahl  Buchfühung:			- 0
(S) My emsetzen, sodass strom out 1882 triffet  (B) Mr M3 www My Laser of comm justness, codoxs die Ausgeno Sterner den gereur Ausbreutzenung hart.  (F) Locholende emschech (Sternhaufenetyssystem) www justnessen  Sodass Lases of can downed durn des System land.  (Eil westun 2: Bestimm, des Breuwysmille von Luft  Verseulszeet: Bledwys melex von Luft bestimmen.  Messunthaede: Mach Zender - Intenferometer  Ansalu von Max (Min, die vieer ein Frunkt ducheauf  Duchtamys;  (P) Setzen Killette von Laser stoam zemzellen BS1 und M3. Strahl  Duchtamys;  (P) Setzen Killette von Laser stoam zemzellen BS1 und M3. Strahl  Duchtamys;  (P) Setzen Killette von Laser stoam zemzellen BS1 und M3. Strahl  Duchtamys;  (P) Setzen Killette von Laser stoam zemzellen BS1 und M3. Strahl  Duchtamyschaulth mit des Handvalchum pumpe und einer Offman	0	Single of the All - tolk was a very line of the	
Stephen den gereun Ansbreung mung hant.  (F) Lochbende emschæn (Stranhaufenetysgesem) mu justnersen, sodas Laser stranh druct dum das system länt.  [Ein westun 2: Bestman des Breumsmuk von huft Versulszee: Breumsmehr von Lutt bestimmen.  Messmetneele: Mach-zendur-Interfermeter  Ansahr von Max (Minn, die vier ein Pruket ducheaut  Duchschung:  (F) Setzen Künetle nu Laser stranh zentelnen BS: und M3. Strahl  sich nicht versunden.		V	
Stonles den glereur Ausschertz nung hart.  (2) Lochberde ernscheur (Stranhautwelgsgstem) und Justwerlen, So dass Lases Arahi drucht dum des system läuft.  Teil westun 2: Bestmung des Breuwysmulk von huft Versuuszeel: Breuwerneux von Lutt bestimmen.  Messmethaele: Mach-Zender- unterferondeter  Arsahi von Max (Min, die viber ein millet duuteläut  Druchfolming:  (3) Setzen Künetle no Laserstoom zunschen BSg und M3. Strahil zich nituit versunden.  (3) Valauunschauch mit der Hanelvakkunn pumpe und einer Öftung		My emsetzen, sodass stroim out BS2 Briffs	
Stories den glereur Ausbreitig nung hart.  Dechberde ernscheur (Strantautouet-gegerem) und Justwerlen, So dass Lases Arahi druch dum des system läuft.  Teil westun 2: Bestimmy des Breuwysmuke von huft Verseurszel: Breuwerneux von Lutt bestimmen.  Messuustneele: Mach-zender- unterferondeter  Ausahi von Mase (Min, die viver ein mulet duutelant  Duulfolming:  Duulfolming:  Detrem kowette no Laserstoom zunschen BS1 und M3. Strahil soll nicht veranden.  Valouumschaulen mit der Handvalchum pumpe und einer Oftman	0	mit M3 mu M4 Laser Asam justness socioss die Ausgana	
Duchtende emschan (Stanhautenetysgstem) und Justneren, Sadass Lases Hank dundt dum des system läuft.  Teil nesum 2: Bestmung des Breungsmulx von huft Versunszel: Bleelungsmelex von Lutt bestimmen.  Messmatneele: Mach-Zender-Interferoneter  Arzahr von Max (Min, die über ein Probet duchläuf  Duchtung:  Duchtung:  The Seizee: We in ton  Duchtung:  The seizee: We in ton  Duchtung:  The seizee: We in ton  Duchtung:  The seizee the first and senselven BS1 und M3. Strahl  Sich nicht veränden.  The seizee was the hard senselven bestimmen eine Offing		Stonier den glerdur Amsbreitigsnung hart.	
So dass lases frank doubt dum das system läuft.  Teil residen 2: Bestimm des Breutrysmus von huft Versunsziel: Bleelingsmehr von luft bestimmen.  Messmethaele: Mach-Zender-Unterferometer  Anzahl von Max (Min, die vier ein Frust dumlant  Dumfahrus;  Dumfahrus;  Text stiete na Laser stank zungehen BS: und M3. Strahl  sich nicht veränden.  Text varanden mit des Handvakknum pumpe und einer Offmag	6	HARRING AND SALES AND SALE	0.
Teil ressul 2: Bestman des Breungsmuch von haft Versulaziet: Breulung mehr von hat bestimmen.  Messmethaele: Mach-Zender-Interferonteter  Arealis von Hax Min, die oner ein bruket duchlant  Duchfolding:  Duchfolding:  The Setzen Küstetle von Laserstechn Zentelen BS1 und M3. Stahl  Bill nicht weränden.  3 Valeumsschaueh mit der Handvaleum punpe und einer Offman	0	Combiende emsersen. L'Strahl autouel (35/stem) un justien	W,
Versulezier: Bredingernetex von Lutt bestimmen.  Messmithaele: Mach-Zender-Interferonieter  Areald von Max Min, die über ein Prutet duchlant  Duchführung:  Duchführung:  Duchführung:  Dicteon Küllette nur Lasersteam Zenschen BS1 und M3. Strahl  Büh nühtt veränden.  Dickenum schaueh mit der Hanelvakluum pumpe und einer Öffung		seems lasts oran and dun des system lants.	
Versulezier: Bredingernetex von Lutt bestimmen.  Messmithaele: Mach-Zender-Interferonieter  Areald von Max Min, die über ein Prutet duchlant  Duchführung:  Duchführung:  Duchführung:  Dicteon Küllette nur Lasersteam Zenschen BS1 und M3. Strahl  Büh nühtt veränden.  Dickenum schaueh mit der Hanelvakluum pumpe und einer Öffung	Asil	Citle 2 . Rechard dos Righted Challet Challet . D. A. J. J.	
Messmethaele: Mach-Zender-Interferonseter  Arzahl von Max Min, die viver ein Pruset duchelink  Duchführung:  Duchführung:  Dichten Küllette im Lasersteam zungeleen BS1 und M3 Strahl  Dich nicht veränden.  Dichten küllet veränden.	CONTRA	2 Destination are Oremond strang and mode	- 1
Ansahi van Max Min, die vier ein Andet duchland  Duchführeng:  Duchführeng:  Detrem Küllette nur Laserstonth zentellen BS1 und M3. Strahl  zuch nicht weränden.  Detrem schauel mit der Handvalchum punpe nu einer Offmig	Versulus	zier: Bredungemelex von luft bestimmen.	
Ansahl van Max Min, die über ein Prulet duchläute  Duchführen ;  Duchfüh	Messu	straele: Mach-Zender-Interferoneter	
Dungling;  Dungling;  Dungling;  Deten kinette un Loserston zonzehen BS1 und M3. Strahl sich nicht veränden.  Die Valsuumschauch mit der Handvalchum punpe und einer Offmag			wh
Dungsthing;  3 Setzen küllette im Laserstein zemellen BS1 und M3 Strahl  3 Valsuum schauen mit der Handvalchum punpe nu einer Offmig			A L
1) Setzen Küllette nn Laserstont zentellen BS1 und M3. Strahl 3 Valsuumschault mit der Handvalchum pumpe nu einer Offma	Da Shi	zze: We as Tun	
1) Setzen Küllette nn Laserstont zentellen BS1 und M3. Strahl 3 Valsuumschault mit der Handvalchum pumpe nu einer Offma	Dung	Imp;	
3 Valeum schauch mit der Handrakum pumpe mu einer Offmig			
3 Valeumschlauch mit des Handrakunn pumpe nu einer Offing	1 8	then fillette un Laserstoam zentellen BS1 und M3. Stral	11 6
CO CONCIL VOUNTER.			
		SO SOLVELLE VENTRUM.	
		Andre Offenny Was civen mertere schlauen mit dem	

4)	Druck in des landerster unit des Handpumpe vernnigen bis ca.
	500 hPa. Duck votaum.
(5)	Phasenage des Zentrum noturn. Octer mens des nint
5 100	mogher 1st, liven festen Punct aut erhen Blatt Parpier markum,
	das aut dem Schrin gelelet ist. Punkt soll ein Min oder Max
0	Im Muster entspreum.
6)	Mit dem Ventu an der Knivette laneram take unt
	larstomen. Die Arread der Maxima / Minma, welche die markunte Stelle passieren.
	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
	De 10 Durchgange oal den Druck am Druckenessgerat notwet worden.
	notured werden> Ponkt-Max, solder min ?)
<b>(E)</b>	Schnot & white mention, ois due lawette meder wilstanding
	getilet tet.
	te bunulg
	Die Zahl der Weschmillene Maxima soll gegen den Druck P
	autgetragen weden
	$\Delta m = [(n-1)] - \frac{3}{2}$   P   $l = (256, 38 \pm 0.03)  \text{mm}$
	Garaelient
10 0	
	$n = \frac{\lambda P_0}{s} g + 1$
Tellwin	um 3: Bestimmy des Breetry (holex von co2.
Versun	nsere: Bredwysihelex van Qz bestiummen
Messin	ethere: Mach Zender Interscroulter,
1 30 30 x	Anzahl von Min/Max, die über ein Punkt durchläuft.
SKIZH	e: Prelie TVA
Prulyf	
0	Handpunge, Dructurasseperint, Vakuim schländle und Keivette alb.
	Setzer Glosscopsel mit den zwei Stopen an die Stelle dier
	kowelle.
	Filme Glaspopette, Eh einer des ötenmen der Glaspopet und
(3)	to a compare to plus ou orman au ous passe mu





## MZI – Mach-Zender-Interferometer Auswertung

Yudong Sun Gruppe I4

5. März 2021

### Teilversuch 1: Aufbau eines Mach-Zender-Interferometers

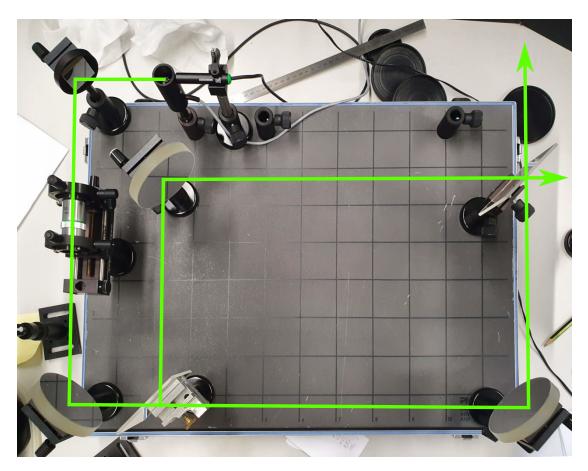


Abbildung 1.1: Mach-Zender-Interferometer Aufbau

Yudong Sun Auswertung – MZI

#### Teilversuch 2: Bestimmung des Brechungsindex von Luft

Aus der Anleitung ist der Brechungsindex von Luft gegeben durch:

$$n_{\text{Luft}} = \frac{\lambda P_0}{s} \cdot g + 1 \tag{2.1}$$

mit dem entsprechen Fehler:

$$\Delta n_{\text{Luft}} = n_{\text{Luft}} \sqrt{\left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P_0}{P_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta s}{s}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2}$$
(2.2)

wobei g die Steigung des Graphs von  $\Delta m$  (die Anzahl der Durchgänge) gegen P (Druck) ist.

Wir plotten zunächst die Messwerten und führe mittels gnuplot eine Kurveanpassung der Form  $\Delta m=gP+c$  durch (Siehe Appendix A). Ein Messfehler von  $\Delta P_i=1\,\mathrm{hPa}$  wird bei der Kurvenanpassung wegen der höhe Anzahl von Messwerten nicht berücksichtigt.

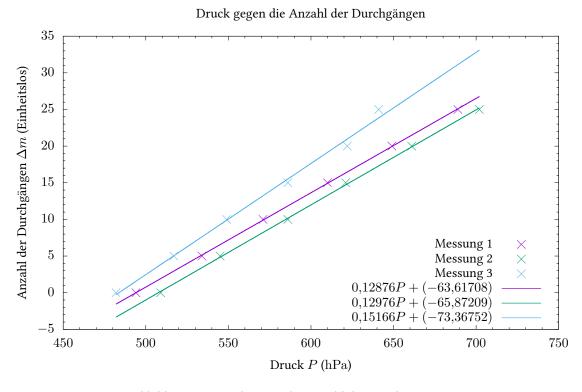


Abbildung 2.1: Druck gegen die Anzahl der Durchgängen

Als Ergebnis erhalten wir:

Messung	$g/hPa^{-1}$	c	$\chi^2_{ m red}$
1	$0,12876 \pm 0,00067$	$-63,61708 \pm 0,39587$	0,01169
2	$0,\!12976\pm0,\!00147$	$-65,87209 \pm 0,89462$	$0,\!05631$
3	$0{,}15166\pm0{,}00586$	$-73,36752 \pm 3,33679$	$0,\!65034$

Auswertung – MZI Yudong Sun

Gerundet:

Messung	$g/\mathrm{hPa^{-1}}$	c
1	$0,1288 \pm 0,0007$	$-63,6 \pm 0,4$
2	$0,\!1298 \pm 0,\!0015$	$-65,9 \pm 0,9$
3	$0{,}152 \pm 0{,}006$	$-73 \pm 4$

Nun berechnen wir den Mittelwert von g. Wir vernachlässigen jegliche Fehler bei der einzelnen g-Werten und nehmen die statische Schwankung

$$\Delta g = \frac{g_{\text{max}} - g_{\text{min}}}{2}$$

als der Fehler, da diese Schwankung viel große ist. Es ist in diesem Fall wegen der niedrigen Anzahl von g-Werten nicht sinnvoll, die Standardabweichung zu nehmen.

Wir erhalten somit  $\overline{g} = (0.137 \pm 0.012) \, \text{hPa}^{-1}$ . Im Folgenden ist  $g = \overline{g}$ .

Mit der Messwerten:

Variable	Wert	Bedeutung
λ	$(520 \pm 20)  \text{nm}$	Wellenlänge des Lasers
$P_0$	$(9.51 \pm 0.01) \cdot 10^4  \mathrm{Pa}$	Atmosphäredruck im Raum
s	$(256,38 \pm 0.03) \mathrm{mm}$	Optische Länge der Küvette
g	$(1,37 \pm 0,12) \cdot 10^{-3} \mathrm{Pa^{-1}}$	Durchschnittliche Steigung

erhalten wir:

$$n_{\text{Luft}} = \frac{(520 \cdot 10^{-9} \,\text{m})(9,51 \cdot 10^4 \,\text{Pa})}{256,38 \cdot 10^{-3} \,\text{m}} \cdot (1,37 \cdot 10^{-3} \,\text{Pa}^{-1}) + 1$$

$$= 1,000 \, 264 \, 253 \quad \text{(10 sig. Zif.)}$$

$$\Delta n_{\text{Luft}} = (1,000 \, 264 \, 253) \sqrt{\left(\frac{20}{520}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{9.51}\right)^2 + \left(\frac{0.03}{256.38}\right)^2 + \left(\frac{0.12}{1.37}\right)^2}$$

$$= 0,10 \quad \text{(2 sig. Zif.)}$$
(2.4)

Somit erhalten wir als Endergebnis:  $n_{\text{Luft}} = 1,00 \pm 0,10$ .

Dieses Ergebnis stimmt mit der Literaturwert  $n_{\text{Luft, Lit}} = 1.000269$  überein. Der Fehler ist aber sehr groß, was hauptsächlich zur

- Unsicherheit in der Wellenlänge des Lasers und
- Unsicherheit bei dem selbstständigen Zählen der Durchgängen

zurückzuführen ist.

Yudong Sun Auswertung – MZI

#### Teilversuch 3: Bestimmung des Brechungsindex von CO<sub>2</sub>

Aus der Anleitung ist der Brechungsindex von CO2 gegeben durch:

$$n_{\rm CO_2} = n_{\rm Luft} + \frac{N\lambda}{2l} \equiv n_{\rm Luft} + \varepsilon$$
 (3.1)

mit dem entsprechenden Fehler:

$$\Delta n_{\rm CO_2} = \sqrt{\left(\Delta n_{\rm Luft}\right)^2 + \left(\Delta \varepsilon\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\Delta n_{\rm Luft}\right)^2 + \varepsilon^2 \left[ \left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 \right]}$$
(3.2)

Aus dem Versuch haben wir einen Durchschnitt von  $N=12\pm 1$ , wobei  $\Delta N=1$  die Schwankung ist. Die Schwankung ist hier als Unsicherheit genommen, da n=3 zu klein einer Datensatz ist, um die statische Unsicherheit als Unsicherheit zu betrachten.

Mit der Werten:

Variable	Wert	Bedeutung
λ	$(520\pm20)\mathrm{nm}$	Wellenlänge des Lasers
l	$(50 \pm 1) \mathrm{mm}$	Optische Länge der Kapsel
$n_{ m Luft}$	$1,00 \pm 0,10$	Brechungsindex von Luft
N	$12 \pm 1$	Durchschnittliche Anzahl von Durchgänge

erhalten wir:

$$n_{\text{CO}_2} = 1,00 + \frac{12(520 \cdot 10^{-9} \,\text{m})}{2(50 \cdot 10^{-3} \,\text{m})} = 1,000\,062\,4$$

$$\Delta n_{\text{CO}_2} = \sqrt{(0,10)^2 + \left(6,24 \cdot 10^{-5}\right)^2 \left[\left(\frac{1}{12}\right)^2 + \left(\frac{20}{520}\right)^2 + \left(\frac{1}{50}\right)^2\right]}$$

$$= 0,11 \quad (2 \text{ sig. Zif.})$$
(3.3)

Somit ist  $n_{\text{CO}_2} = 1,00 \pm 0,11$ , was mit dem Litaturwert von  $n_{\text{CO}_2,\,\text{Lit}} = 1,000\,416$  übereinstimmt. Unserer Mach-Zender-Interferometer ist aber einfach zu ungenau, um ein besseres Ergebnis zu erhalten.

Auswertung – MZI Yudong Sun

#### A gnuplot Quellcode zur Auswertung von Teilversuch 2

```
#!/usr/bin/env qnuplot
     # Version >= 5.2
     set term epslatex color size 6in, 4in
     set output "tv2-plot.tex"
     set decimalsign locale 'de_DE.UTF-8'
     set title "Druck gegen die Anzahl der Durchgängen"
     set ylabel "Anzahl der Durchgängen $\\Delta m$ (Einheitslos)"
     set xlabel "Druck $P$ ($\\si{\\hecto\\pascal}$)"
11
     set mxtics
12
     set mytics
13
     set samples 10000
14
15
     f(x) = g*x + c
16
17
     array A_m[4]
18
     array A_m_err[4]
19
     array A_c[4]
20
     array A_c_err[4]
21
     array chisq[4]
22
     array titel[4]
23
24
     # https://stackoverflow.com/a/17884635
25
     do for [t=2:4] {
26
         g = 0.130; c = 60; # Reset params
27
         fit f(x) "tv2.dat" u t:1 via g,c
28
         A_m[t] = g
29
         A_m_{err}[t] = g_{err}
30
         A_c[t] = c
31
         A_c_err[t] = c_err
32
         chisq[t] = FIT_STDFIT**2
33
         titel[t] = "$".gprintf("%.5f", g)."P + (".gprintf("%.5f", c).")$"
34
     }
35
     # Linien
37
     set key bottom right vertical maxrows 10 width -8
38
     plot for [i=2:4] "tv2.dat" u i:1 title "Messung ".(i-1) pointtype 77 lc (i-1)
      \rightarrow ps 2, for [i=2:4] A_m[i]*x+A_c[i] title titel[i] lc (i-1) lw 2
   mit tv4.dat:
     # m P1/hPa P2/hPa P3/hPa
                                                     610
                                                              621
                                                                       586
                                                 15
                                                                       622
     0
         494
                  509
                           482
                                                 20
                                                      649
                                                              661
2
     5
         534
                  545
                           517
                                                 25
                                                      689
                                                              702
                                                                       641
     10 571
                  586
                           549
```

Yudong Sun Auswertung – MZI

#### Rohausgabe:

```
After 5 iterations the fit converged.
     final sum of squares of residuals : 0.0467405
     rel. change during last iteration : -2.826e-12
    degrees of freedom
                          (FIT_NDF)
    rms of residuals
                          (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf)
                                                         : 0.108098
                                                         : 0.0116851
     variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf
    Final set of parameters
                                      Asymptotic Standard Error
     _____
                                      _____
                                      +/- 0.0006655
                                                      (0.5168\%)
                    = 0.128757
                                      +/- 0.3959
                    = -63.6171
                                                      (0.6223\%)
12
13
     correlation matrix of the fit parameters:
14
                    g
                    1.000
16
     g
                   -0.994 1.000
     С
17
     After 5 iterations the fit converged.
19
     final sum of squares of residuals : 0.225243
20
     rel. change during last iteration : -9.26777e-13
21
22
     degrees of freedom
                          (FIT_NDF)
     rms of residuals
                          (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf)
                                                         : 0.237299
24
     variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf
                                                         : 0.0563106
     Final set of parameters
                                      Asymptotic Standard Error
     -----
                                      _____
28
                   = 0.129755
                                      +/- 0.001472
                                                      (1.135\%)
29
                    = -65.8721
                                      +/- 0.8946
                                                      (1.358\%)
31
     correlation matrix of the fit parameters:
32
33
                    1.000
                   -0.994 1.000
35
36
     After 5 iterations the fit converged.
37
     final sum of squares of residuals : 2.60135
     rel. change during last iteration : -1.65252e-13
     degrees of freedom
                          (FIT_NDF)
                          (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf)
    rms of residuals
                                                         : 0.806435
     variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf
                                                         : 0.650338
44
    Final set of parameters
                                      Asymptotic Standard Error
45
     ______
                                      +/- 0.005865
                    = 0.151665
                                                      (3.867\%)
```

Auswertung – MZI Yudong Sun