

O7 - Optische Instrumente

Julia Mariella Wiest

Gruppe A06

11.12.2024

Mit der Abgabe dieses Protokolls wird bestätigt, dass es kein Plagiat ist. Falls es dennoch eindeutig als Plagiat erkannt werden sollte, ist bekannt, dass das einen Punktabzug von 20 Punkten zur Folge, ohne Möglichkeit der Nachbearbeitung, hat. Diese Bewertung wird ausnahmslos zur Gesamtnote im Anfängerpraktikum beitragen.

1 Physikalische Grundlagen

Der nachstehende Versuch wurde mit dem Ziel durchgeführt, die Vergrößerung verschiedener optischer Instrumente abzuschätzen und diese Schätzungen anschließend rechnerisch zu überprüfen.

Zumeist werden optische Instrumente dafür eingesetzt, um kleine, weit entfernte Objekte besser sichtbar zu machen. Dabei sind diese optischen Instrumente so konstruiert, indem bestimmte Anordnungen von Linsen zu verschiedenen Vergrößerungen führt. Eine Linse wird dabei durch ihre Brennweite charakterisiert. Ist ihre Brennweite positiv, so handelt es sich um eine Sammellinse, ist die Brennweite jedoch negativ, so nennt man dies eine Zerstreuungslinse (Universität Augsburg WiSe 2024).

Es werden zwei Arten von Vergrößerungen unterschieden: Einerseits die Lateralvergrößerung v_L und andererseits die Winkelvergrößerung v_W .

Dabei ist die Lateralvergrößerung v_L in ihrem Abbildungsmaßstab vom Standort des Betrachters unabhängig und gibt das Verhältnis zwischen der Bild- und Gegenstandsgröße an. Um die Vergrößerungszahl bestimmen zu können, ist der sogenannte Sehwinkel φ ausschlaggebend. „Der Sehwinkel ist der Winkel, unter dem ein Gegenstand vom optischen Mittelpunkt des Auges aus gesehen wird. Die Größe des Schwinkels bestimmt die Größe des Bildes eines Gegenstandes auf der Netzhaut“ (Universität Augsburg WiSe 2024). Der Sehwinkel ist graphisch in Abbildung 1.1 visualisiert.

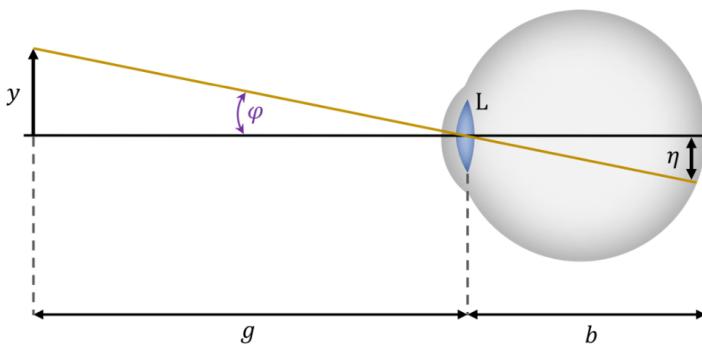


Abb. 1.1: Veranschaulichung des Sehwinkels (Universität Augsburg WiSe 2024).

Die Winkelvergrößerung v_W andererseits beschreibt das Verhältnis der Größe des Bildes mit der Verwendung eines optischen Instruments zu der Größe des Bildes ohne, wobei die Wahrnehmung der Größe subjektiv ist. Mathematisch ausgedrückt entspricht dies dem Verhältnis

$$v_W = \frac{\tan \psi}{\tan \varphi},$$

1 Physikalische Grundlagen

wobei ψ den Sehwinkel mit dem optischen Instrument und φ den Sehwinkel ohne Instrument repräsentiert (Demtröder o. D., S. 335). Dabei stehen beide Sehwinkel in folgendem Zusammenhang:

$$\tan \varphi = \frac{y}{g} = \frac{\eta}{b} \tan \psi = \frac{y'}{g} = \frac{\eta'}{b}.$$

Dabei ist g die Gegenstandsweite, b die Bildweite, y die Größe des Gegenstandes ohne Instrument, y' die Größe des Gegenstandes mit Instrument, η die Bildgröße ohne das Instrument und η' die Bildgröße mit dem Instrument.

Damit lässt sich für die Winkelvergrößerung weiter folgern, dass

$$v_W = \frac{\eta'}{\eta}.$$

gilt.

Für alle nun folgenden Versuche gilt die Vergrößerung $v = v_W$.

2 Optische Instrumente

2.1 Versuchsdurchführung und Auswertung der Messergebnisse

Für alle Versuche wurden alle benötigten Instrumente durch Schraubmechanismen auf einer optischen Bank montiert. Die optischen Bank selber war mit einer Zentimeterskala versehen, sodass genau abgelesen werden konnte, wo genau sich die jeweiligen befestigten Objekte befinden. Hierfür war auf den Schraubzwingen auch ein Messstrich angebracht, um das genaue Ablesen zu erleichtern. Zur Durchführung aller Versuche war es nicht nötig, dass der Raum komplett abgedunkelt ist, da anderweitiger Lichteinfall nicht zur Verfälschung der Ergebnisse führt. Bei den Versuchen eins bis drei war die generelle Abdunklung des Optiklabors vollkommen ausreichend, um die abgebildete Skala des Dias am Schirm gut erkennen zu können. Eine aufkommende Lichtverschmutzung durch die anderen Versuche ist hierbei vollkommen zu vernachlässigen.

Brennweiten von Linsen bei Verwendung dieser als Lupe

Im ersten Teil des Versuches wurden auf der optischen Bank, von links nach rechts wie in Abbildung 2.1 zu sehen, ein Schirm, eine Halterung für die Linsen, das Dia mit der 0,5 cm-Skala und eine Lampe montiert. In die Halterung für Linsen werden nacheinander eine Linse mit einer Brennweite von 100 mm und 150 mm eingesetzt.

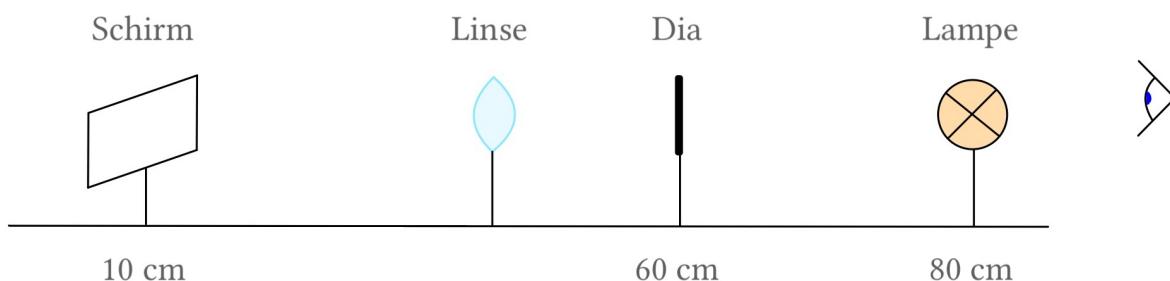


Abb. 2.1: Versuchsaufbau der Lupe.

Zuerst wird der Versuch mit der Linse mit Brennweite 100 mm durchgeführt. Die Linse wird direkt vor dem Dia positioniert und dann langsam vom Dia weg in Richtung des Schirmes geschoben, bis das Bild auf dem Schirm maximal unscharf wird. Dies ist dann der Fall, wenn die abgebildete Skala des Dias auf dem Schirm fast nicht mehr erkennbar ist. Da das Sehen von Unschärfe von jedem Menschen subjektiv anders wahrgenommen wird, wurden die Lenseinstellungen für beide Versuchspartner (Anna und Julia) explizit notiert. Generell lies sich

das Diabild kaum erkennen beziehungsweise scharf stellen, sodass es schwer war abzuschätzen, wann das Bild maximal unscharf war. Dasselbe Vorgehen wird dann mit der Linse der Brennweite 150 mm wiederholt.

Mit den notierten Positionen der Linsen kann nun anhand des entsprechenden Abstandes zwischen dem Dia und der Linse bei maximaler Unschärfe die Brennweite dieser bestimmt werden. Der Schirm befindet sich auf der optischen Achse auf der Position 10 cm und das Dia auf einer Position von 60 cm. Diese beiden Elemente bleiben für beide Linsen an derselben Stelle. Für alle auf der optischen Achse montierten Elemente wird ein Messfehler von $\Delta = 0,15$ cm angenommen. Die Gegenstandweite g entspricht dem Abstand zwischen dem Dia und der Linse beziehungsweise die Bildweite b entspricht dem Abstand zwischen der Linse und dem Schirm. Sowohl für die Gegenstands- wie für die Bildweite wird ein Fehler von $\Delta g = \Delta b = 0,3$ cm angenommen, da sich bei der Berechnung der Fehler von $\Delta = 0,15$ cm verdoppelt.

Die Vergrößerung v wird über die Formel

$$v = \frac{b}{g} \Leftrightarrow f = \frac{b}{v+1}$$

berechnet. Das Umstellen der Formel nach f ergibt wiederrum die Brennweite der Linse. Der Fehler Δv für die Vergrößerung v ergibt sich folgendermaßen:

$$\Delta v = \left| \frac{\partial v}{\partial b} \right| \cdot \Delta b + \left| \frac{\partial v}{\partial g} \right| \cdot \Delta g = \frac{1}{g} \cdot \Delta b + \left| \frac{-b}{g^2} \right| \cdot \Delta g.$$

Ähnlich dazu ergibt sich ebenso der Fehler Δf für die berechnete Brennweite der Linse:

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial b} \right| \cdot \Delta b + \left| \frac{\partial f}{\partial v} \right| \cdot \Delta v = \frac{1}{v+1} \cdot \Delta b + \left| \frac{-b}{(v-1)^2} \right| \cdot \Delta v.$$

Alle Ergebnisse sind in Tabelle 2.1 aufgetragen, wobei die Brennweite f der tatsächlichen Brennweite der Lupe laut Hersteller entspricht, und die Brennweite f' die aus den eigenen Abschätzungen berechnete Brennweite ist. Eine exemplarische Berechnung mit Werten ist im Anhang 3 zu finden.

f in mm	Wer?	Linsenposition in cm	g in cm	b in cm	v	f' in mm
100	Julia	(40,7 ± 0,15)	(19,3 ± 0,3)	(30,7 ± 0,3)	(1,59 ± 0,04)	(118,5 ± 0,030)
100	Anna	(42,3 ± 0,15)	(17,7 ± 0,3)	(32,3 ± 0,3)	(1,83 ± 0,05)	(114,1 ± 0,031)
150	Julia	(37,6 ± 0,15)	(22,4 ± 0,3)	(27,6 ± 0,3)	(1,23 ± 0,03)	(123,8 ± 0,030)
150	Anna	(37,2 ± 0,15)	(22,8 ± 0,3)	(27,2 ± 0,3)	(1,19 ± 0,03)	(124,2 ± 0,031)

Tabelle 2.1: Berechnung der Gegenstandsweite, Bildweite und Brennweite des Versuchsaufbaus der Lupe.

Der Vergleich der Brennweite f , welche vom Hersteller auf den benutzen Linsen aufgedruckt war, zur berechneten Brennweite f' der Schätzungen ergibt, dass die Brennweite f' zwar auch nach Abzug des Fehlerwertes nicht der originalen Brennweite f entspricht, jedoch auch nicht

utopisch weit abweicht. Bei der Linse mit der Brennweite 100 mm wurde etwas besser geschätzt, als bei der Linse mit der Brennweite 150 mm. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Definition von maximaler Unschärfe sehr schwammig ist und von jedem Menschen unterschiedlich wahrgenommen wird. Dadurch kommen auch die unterschiedlichen Schätzungen zwischen Anna und Julia zustande, wobei Anna zusätzlich Brillenträgerin ist.

Bestimmung der Bildgröße bei Abbildung durch einen Diaprojektor

Zur Realisierung des Diaprojektors werden auf der optischen Bank von links nach rechts ein Schirm bei 10 cm, eine Halterung für die Linsen mit den Brennweiten 100 mm und 150 mm, das Dia mit der 0,5 cm-Skala bei 68,5 cm und eine Lampe mit verbautem Kondensor auf der Höhe 80 cm montiert. Das heißt, die Lampe und das Dia sind sehr nah aneinandergebaut, damit das Licht so gut wie möglich ausgenutzt wird. Der gesamte Aufbau ist nochmals in Abbildung 2.2 visualisiert.

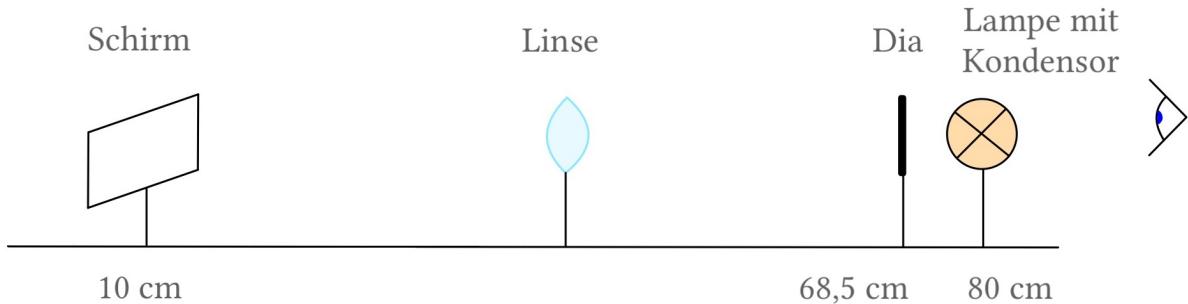


Abb. 2.2: Versuchsaufbau des Diaprojektors.

Nun wird als erstes die Linse mit der Brennweite 100 mm in die Halterung eingesetzt und so lange vom Dia Richtung Schirm geschoben, bis das Bild auf dem Schirm scharf erscheint. Dann wird die vergrößerte Skala des Dias auf dem Schirm mit einem handelsüblichen Lineal vermessen und der Wert notiert, welcher einem Zentimeter auf der Dia-Skala entspricht. Das heißt, es wurde der Abstand von zwei langen Strichen vermessen wie in Abbildung 2.3 zu sehen ist. Dabei entspricht nun die Originalweite der Skala auf dem Dia mit 1 cm der Gegenstandsgröße G und die gemessene vergrößerte Skala auf dem Schirm der Bildgröße B . Es wird von einem Fehler von $\Delta G = \Delta B = 0,1$ cm ausgegangen. Wie bereits bei der Lupe wird das oben beschriebene Vorgehen analog für die Linse mit der Brennweite 150 mm wiederholt.

Die Vergrößerung v wird mit der Formel

$$v = \frac{B}{G} \pm \left(\left| \frac{\partial v}{\partial B} \right| \cdot \Delta B + \left| \frac{\partial v}{\partial G} \right| \cdot \Delta G = \frac{1}{G} \cdot \Delta B + \left| \frac{-B}{G^2} \right| \cdot \Delta G \right)$$

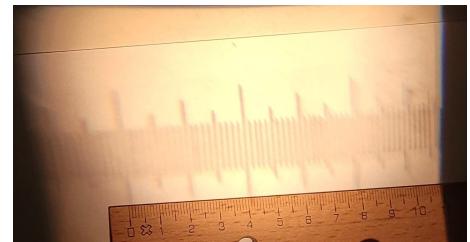


Abb. 2.3: Ausmessen der vergrößerten Skala am Diaprojektor.

berechnet.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.2 zu finden.

f in mm	Linsenposition in cm	G in cm	B in cm	v
100	(56,5 ± 0,15)	(1,0 ± 0,1)	(4,0 ± 0,1)	(4,0 ± 0,50)
150	(44,5 ± 0,15)	(1,0 ± 0,1)	(0,8 ± 0,1)	(0,8 ± 0,18)

Tabelle 2.2: Abgelesene Messwerte des Diaprojektor-Versuchs.

Diese Werte können mit dem theoretisch erwarteten Wert über die Formel

$$v = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

verglichen werden.

Hierfür wird wie bereits bei dem Aufbau für die Lupe die Gegenstandsweite g über den Abstand des Dias zur Linse und die Bildweite b über den Abstand der Linse zum Schirm ermittelt und dann die Formel für die Vergrößerung angewendet. Die Ergebnisse hierfür sind wiederrum in Tabelle 2.3 zu finden. Ein exemplarisches Rechenbeispiel befindet sich im Anhang 3.

f in mm	Linsenposition in cm	g in cm	b in cm	v
100	(56,5 ± 0,15)	(12,0 ± 0,3)	(46,5 ± 0,3)	(3,875 ± 0,122)
150	(44,5 ± 0,15)	(24,0 ± 0,3)	(34,5 ± 0,3)	(1,438 ± 0,301)

Tabelle 2.3: Berechnete Messwerte des Diaprojektor-Versuchs.

Bei der Linse mit der Brennweite 100 mm stimmt die Schätzung nach Abzug des Fehlerwertes mit der tatsächlichen Vergrößerung überein, sodass der Zusammenhang $v = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$ bestätigt werden kann. Im Gegensatz dazu haben wir uns bei der Linse mit der Brennweite 150 mm verschätzt, und konnten den oben genannten Zusammenhang nicht nachweisen. Dies ist eventuell darauf zurückzuführen, dass wie in Abbildung 2.3 zu sehen, das Scharfstellen des Bildes auf dem Schirm nicht exakt funktioniert hat.

Bestimmung der Gesamtvergrößerung durch ein Modell-Mikroskop

Für den Aufbau des Mikroskopes wurde von links nach rechts eine Mattscheibe bei 10 cm, eine Objektivlinse mit der Brennweite 50 mm bei 67,4 cm, das Dia bei 67,4 cm und eine Lampe bei 80 cm auf der optischen Achse installiert (siehe Abbildung 2.4). Zum Betrieb der Lampe wurde eine Spannung von 6 V am Trafo eingestellt. Nun wird durch Verschieben der Linse hin zur Mattscheibe das Bild der 0,5 cm-Skala des Dias wieder scharf gestellt und wie bereits beim Diaprojektor die Vergrößerung mit dem Lineal am Schirm gemessen.

Nun wird die Mattscheibe und die Lampe demontiert und stattdessen die Okularlinse mit der Brennweite 200 mm bei 3,9 cm installiert wie in Abbildung 2.5 zu sehen. Um die Vergrößerung des so gebauten Mikroskops abschätzen zu können, werden nun eine Büroklammer und ein Stift nach folgendem Schema getestet:

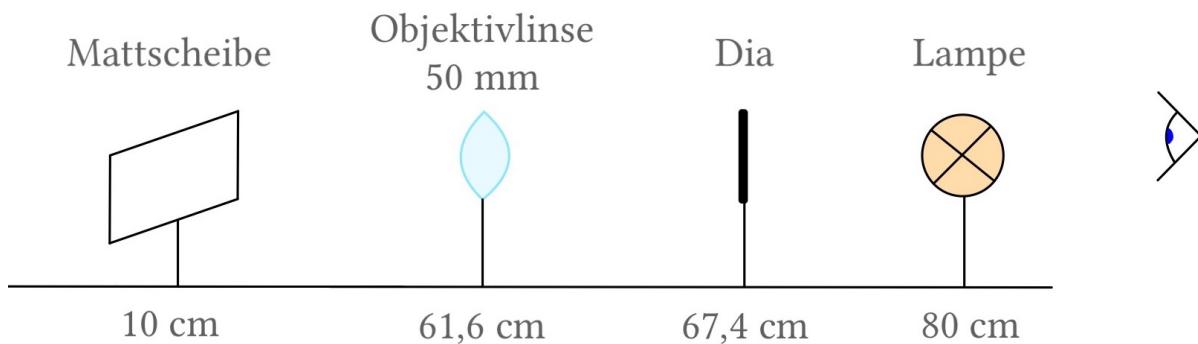


Abb. 2.4: Versuchsaufbau des Mikroskops.

- (1) Der Gegenstand, also der Stift oder die Büroklammer, wird über das Dia gehalten. Der Betrachter schaut nun zuerst durch das Okular auf die Skala des Dias und versucht sich diese einigermaßen einzuprägen um danach beim Obendrüberschauen abzuschätzen, wie breit der Gegenstand auf dieser Skala ist. Die hierbei geschätzte Größe entspricht der Bildgröße B .
- (2) Danach wird der Gegenstand über das Okular und ein Lineal über das Dia gehalten. Durch geschicktes „schießen“ wird nun abgeschätzt, wie breit der Gegenstand in dem entfernt platzierten Lineal erscheint. Hierbei wird zwar vom selben Abstand zwischen Blickwinkel und Dia wie in (1) auf den Gegenstand geschaut, allerdings wird in (2) nicht durch die Linsen geblickt. Die nun abgeschätzte Größe entspricht der Gegenstandsgröße G .

Dabei wird von einem Ablesefehler von $\Delta B = \Delta G = 0,3 \text{ cm}$ ausgegangen.

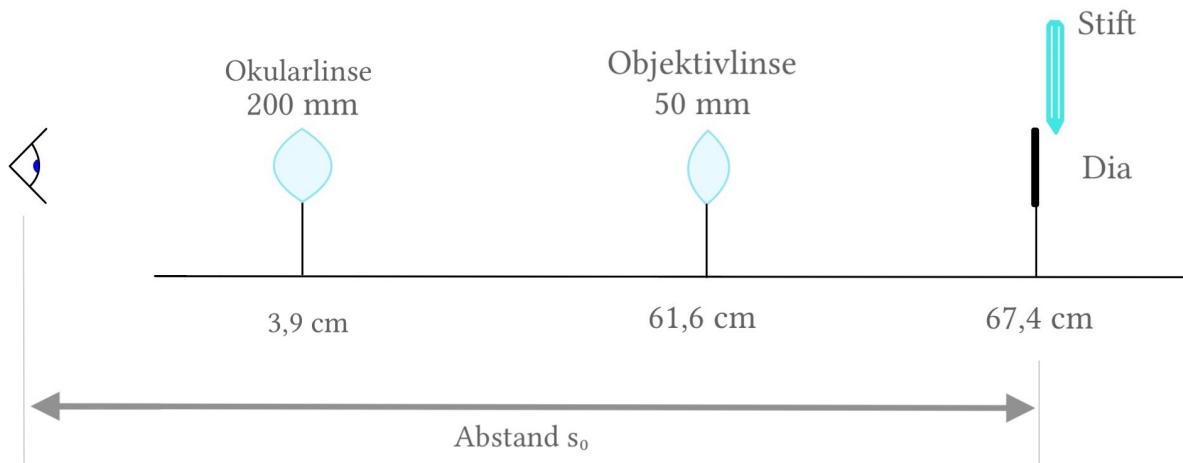


Abb. 2.5: Versuchsaufbau des Mikroskops.

Die Vergrößerung v lässt sich wieder mit der Formel

$$v = \frac{B}{G} \pm \left(\left| \frac{\partial v}{\partial B} \right| \cdot \Delta B + \left| \frac{\partial v}{\partial G} \right| \cdot \Delta G = \frac{1}{G} \cdot \Delta B + \left| \frac{-B}{G^2} \right| \cdot \Delta G \right)$$

berechnen.

2 Optische Instrumente

Die abgelesenen Bild- und Gegenstandsgrößen lassen sich Tabelle 2.4 entnehmen. Ein exemplarisches Rechenbeispiel ist wieder im Anhang 3 zu finden.

Gegenstand	Bildgröße B in cm		Gegenstandsgröße G in cm		Vergrößerung v	
	Julia	Anna	Julia	Anna	Julia	Anna
Dia	(3,0 ± 0,3)	(3,0 ± 0,3)	(1,0 ± 0,3)	(1,0 ± 0,3)	(3,0 ± 1,2)	(3,0 ± 1,2)
Büroklammer	(1,0 ± 0,3)	(1,0 ± 0,3)	(0,5 ± 0,3)	(0,4 ± 0,3)	(2,0 ± 1,8)	(2,5 ± 2,6)
Stift	(1,5 ± 0,3)	(1,5 ± 0,3)	(0,6 ± 0,3)	(0,5 ± 0,3)	(2,5 ± 1,75)	(3,0 ± 2,4)

Tabelle 2.4: Geschätzte Bild- und Gegenstandsgrößen durch das Mikroskop.

Um die tatsächliche Vergrößerung des Modell-Mikroskops zu berechnen, wird die Formel

$$v = \frac{\delta}{f_1 f_2} \pm \left(\frac{s_0}{f_1 \cdot f_2} \cdot \Delta\delta + \frac{\delta}{f_1 \cdot f_2} \cdot \Delta s_0 \right)$$

benutzt, wobei der Fehler Δv über

$$\Delta v = \left| \frac{\partial v}{\partial \delta} \right| \cdot \Delta \delta + \left| \frac{\partial v}{\partial s_0} \right| \cdot \Delta s_0$$

berechnet wird.

Der Abstand s_0 von Annas Blickwinkel zum Dia beträgt 92,4 cm, bei Julia nur 88,4 cm. Für den Versuch wurde, wie in Abbildung 2.5 zu sehen, ein Okular der Brennweite 200 mm (= 20 cm) und ein Objektiv der Brennweite 50 mm (= 5 cm) benutzt. Die Länge l zwischen dem Okular und dem Objektiv beträgt 57,7 cm, wobei sich die Größe l auch über folgenden Zusammenhang ausdrücken lässt:

$$l = f_1 + f_2 + \delta \Rightarrow \delta = l - f_1 - f_2 = 32,7 \text{ cm}$$

Damit ergibt sich für die tatsächliche Vergrößerung für Julias und Annas Blickwinkel

$$v_{\text{Julia}} = (28,91 \pm 0,25) \quad v_{\text{Anna}} = (30,22 \pm 0,26).$$

Beim Vergleich der tatsächlichen Vergrößerung des Mikroskops mit den geschätzten Vergrößerungen fällt eine sehr große Abweichung auf. Die Realisation des zweiten Aufbaus wie in Abbildung 2.5 fiel uns schwer, um überhaupt ein scharfes Bild beim Blick durch das Okular und das Objektiv auf das Dia zu erlangen. Beim ersten Aufbauversuch wurde für das Okular eine Linse mit der Brennweite 500 mm gewählt, wodurch beim Durchsehen die Skala des Dias wie durch ein Fischauge erschien und eine Abschätzung sehr schwierig machte. Deswegen haben wir uns durch Ausprobieren letztendlich für die Linse mit der Brennweite 200 mm entschieden. Dabei gab es zwar weiterhin einen leichten Fischaugeeffekt, dieser war allerdings nicht mehr so extrem wie zuvor. Um die Wölbung der Skala auszugleichen, haben wir vermutlich deswegen eine kleinere Vergrößerung geschätzt, als tatsächlich vorherrschte. Eine weitere Fehlerquelle war, dass der Abstand zwischen Auge und Dia beim Durchsehen für alle Gegenstände und

beider Abschätzungsschritte (Gegenstand über dem Dia und Gegenstand über dem Okular mit zusätzlichem Lineal) nicht variiert werden sollte. Einerseits musste der Abstand zwischen dem Auge und dem Anfang der optischen Bank mit einem zusätzlichen Lineal gemessen und hinzuaddiert werden, da die optische Bank hierfür zu kurz war. Andererseits fiel es uns schwer, den Kopf hierfür ganz ruhig zu halten, sodass vermutlich für jeden Durchgang ein Fehler von $\Delta 5$ cm zustande kam. Jedoch würde auch der Einbezug dieses großen Fehlers die gigantische Abweichung der Vergrößerung nicht ausbügeln. Insgesamt lässt sich festhalten, dass uns die Abschätzung hier überhaupt nicht gelungen ist.

Bestimmung der Vergrößerung durch verschiedene Fernrohre

Für die Aufbauten der verschiedenen Fernrohre werden auf die optische Bank verschiedene Linsenkombinationen aufgeschraubt. Als Beobachtungsobjekt wurde ein Haus auf der anderen Straßenseite des Labors gewählt, wobei sich auf immer das gleiche Fenster fokussiert wurde, um die Vergrößerung des jeweiligen Fernrohres zu schätzen. Da im Optiklabor für alle anderen Versuche Dunkelheit von Nöten war, war dort die Fensterverdunklung unten, sodass alle Beobachtungen aus dem Fenster des hellen Nebenraums getätigten wurden.

Der Aufbau des **galileischen Fernrohrs** besteht aus einem Objektiv der Brennweite 200 mm und einem Okular der Brennweite -100 mm, wobei die negative Brennweite des Okulars bedeutet, dass es sich hierbei um eine Zerstreuungslinse handelt. Die Abstände l der Linsen wurden vor dem Versuch folgendermaßen berechnet:

$$l = f_1 - |f_2| = 200 \text{ mm} - |-200 \text{ mm}| = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}.$$

Damit müssen die Linsen genau 10 cm voneinander entfernt platziert werden, um den Zusammenfall der beiden Brennpunkte f'_1 und f_2 zu erhalten, da sonst das Fernrohr nicht funktionieren würde. Der Aufbau ist nochmals in Abbildung 2.6 visualisiert.



Abb. 2.6: Versuchsaufbau des Galileischen Fernrohrs.

Für das Galilei-Fernrohr wurde folgende Vergrößerung abgeschätzt:

$$v_{\text{Julia}} = v_{\text{Anna}} = 3.$$

2 Optische Instrumente

Die tatsächliche Vergrößerung des galileischen Fernrohrs beträgt

$$v = \frac{f_1}{f_2} = \frac{200 \text{ mm}}{-100 \text{ mm}} = -2$$

Das negative Vorzeichen ist darauf zurückzuführen, dass das Bild beim Durchsehen verkehrt-herum erscheint.

Für die Umsetzung des **keplerschen Fernrohrs** wurde ein Objektiv der Brennweite 200 mm und ein Okular der Brennweite 50 mm gewählt. Der Abstand l der Linsen berechnet sich über die Formel

$$l = f_1 + f_2 = 200 \text{ mm} + 50 \text{ mm} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}.$$

Der realisierte Aufbau ist Abbildung 2.7 zu entnehmen.



Abb. 2.7: Versuchsaufbau des Keplerschen Fernrohrs.

Diesmal wurde eine Vergrößerung von

$$v_{\text{Julia}} = v_{\text{Anna}} = 2$$

geschätzt.

Die tatsächliche Vergrößerung des keplerschen Fernrohrs wiederum beträgt

$$v = \frac{f_1}{f_2} = \frac{200 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 4.$$

Zuletzt wurde der Aufbau des **terrestrischen Fernrohrs** realisiert. Hierfür wurde ein Objektiv mit der Brennweite 50 mm, ein Okular mit der Brennweite 100 mm und eine weitere Linse der Brennweite 200 mm benutzt. Die Abstände l der Linsen berechnen sich folgendermaßen:

$$l_1 = f_3 + 2 \cdot f_2 = 50 \text{ mm} + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$l_2 = f_1 + 2 \cdot f_2 = 200 \text{ mm} + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

Der gesamte Aufbau ist in Abbildung 2.8 zu sehen.

2.1 Versuchsdurchführung und Auswertung der Messergebnisse

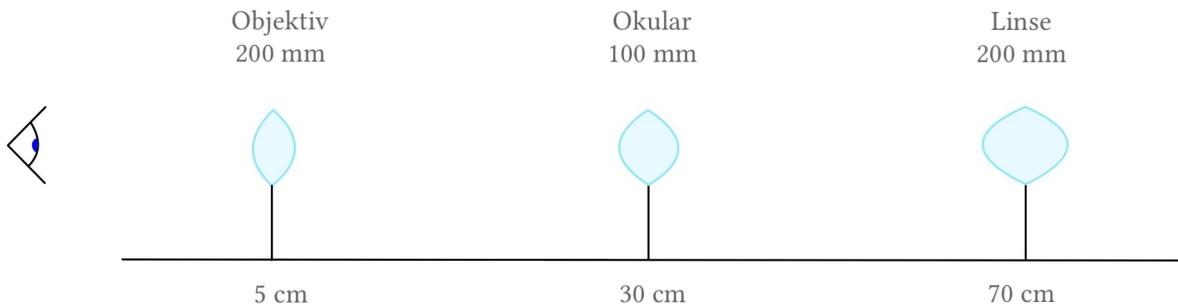


Abb. 2.8: Versuchsaufbau des Terrestrischen Fernrohrs.

Für das terrestrische Fernrohr wurde eine Vergrößerung von

$$v_{\text{Julia}} = v_{\text{Anna}} = 6$$

geschätzt.

Die tatsächliche Vergrößerung des terrestrischen Fernrohrs beträgt

$$v = \frac{f_1}{f_3} = \frac{200 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 4.$$

Insgesamt lagen wir bei den Abschätzungen leider jedes mal daneben, jedoch haben wir uns nicht übermäßig verschätzt und lagen zumindest einigermaßen nah an den realen Werten. Vor allem der gedankliche Vergleich im Kopf des vergrößerten Bildes durch die Fernrohre mit dem nichtvergrößerten Bild durch das aus dem Fenster schauen ohne optisches Instrument fiel uns sehr schwer. Generell lässt sich festhalten, dass das Abschätzen von Vergrößerungen sehr willkürlich geschieht.

Strahlengänge durch verschiedene optische Instrumente

Als letztes finden sich in diesem Kapitel alle Strahlengänge der bereits betrachteten optischen Instrumente.

Lupe

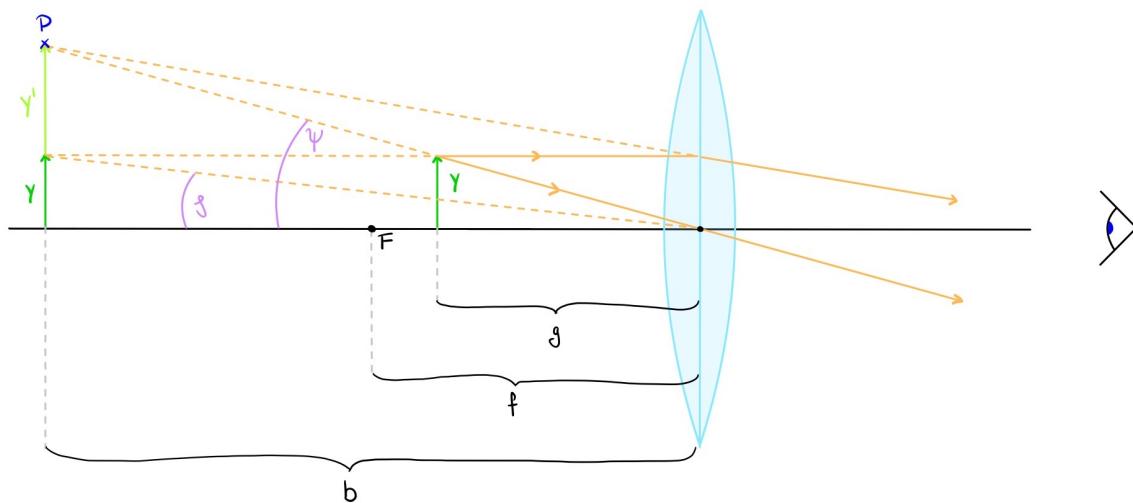


Abb. 2.9: Strahlengang der Lupe.

Diaprojektor

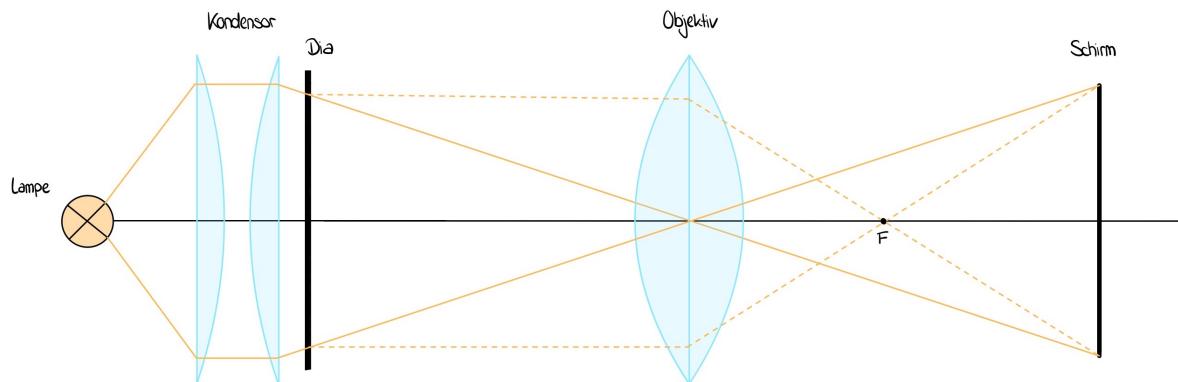


Abb. 2.10: Strahlengang des Diaprojektors.

Mikroskop

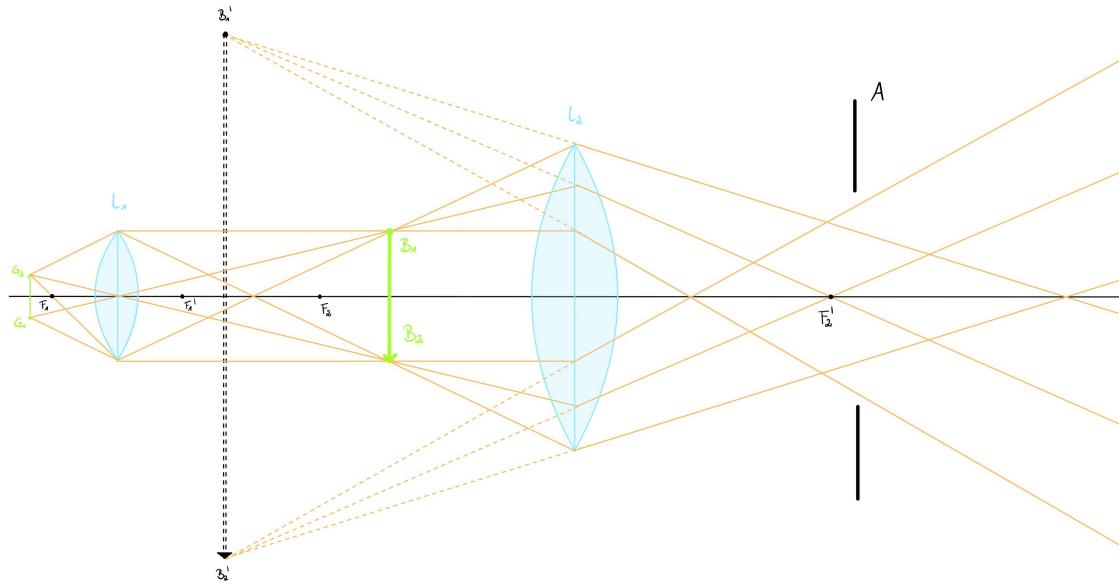


Abb. 2.11: Strahlengang des Mikroskops.

Galileisches Fernrohr

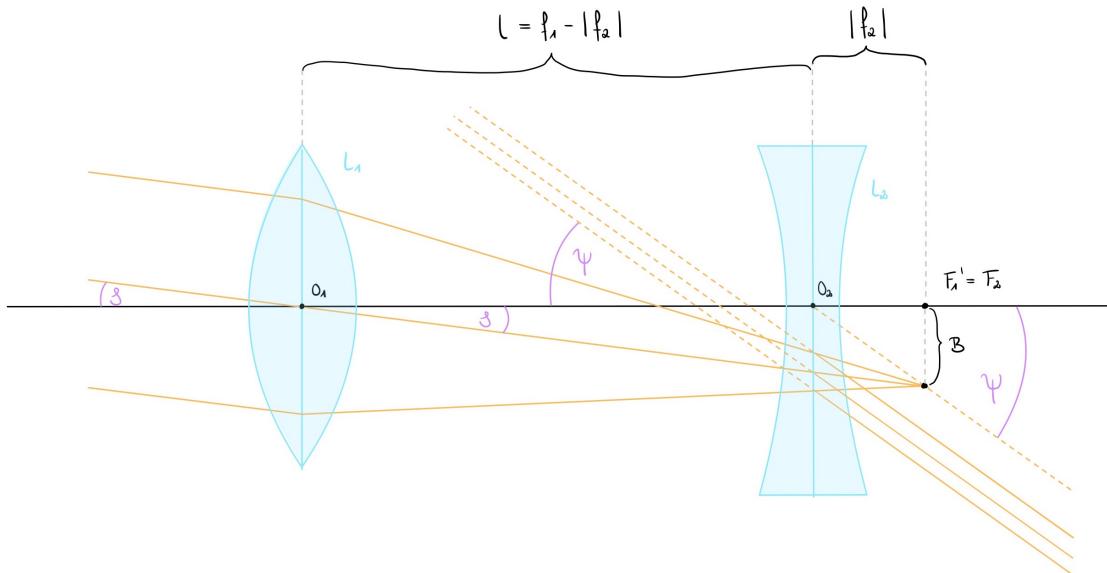


Abb. 2.12: Strahlengang des Galileischen Fernrohrs.

Keplersches Fernrohr

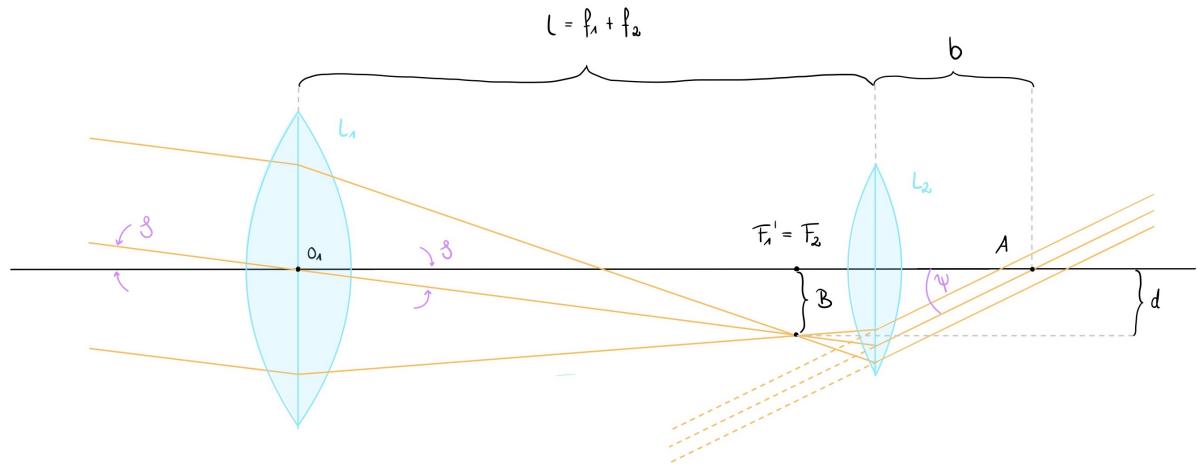


Abb. 2.13: Strahlengang des Keplerschen Fernrohrs.

Terrestrisches Fernrohr

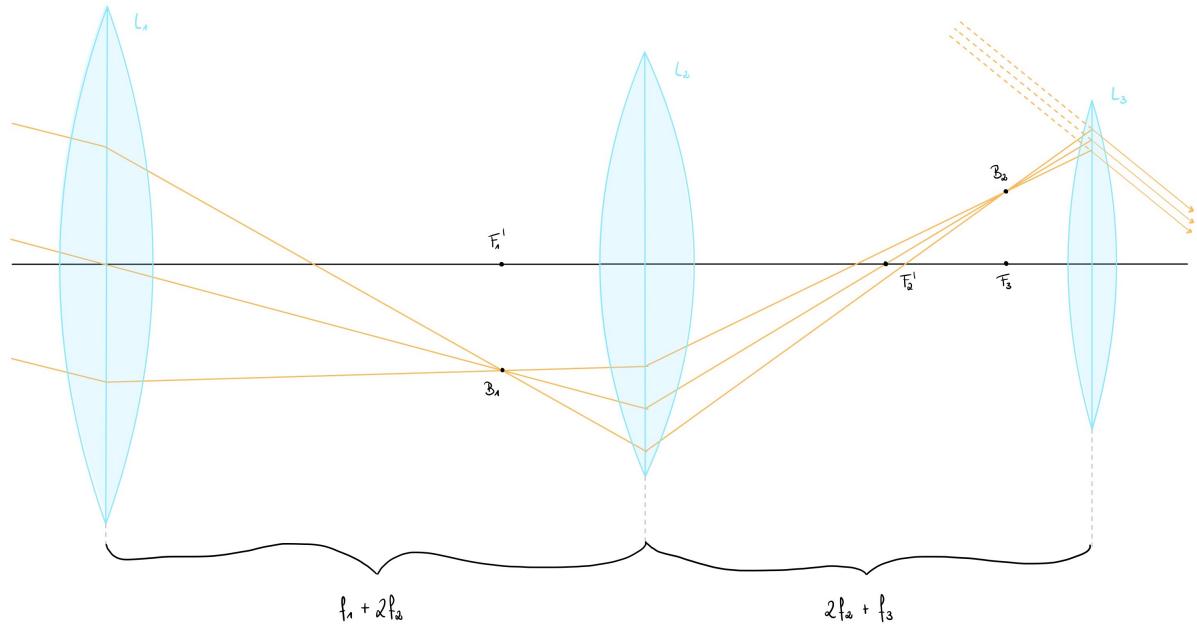


Abb. 2.14: Strahlengang des Terrestrischen Fernrohrs.

Literatur

Demtröder, Wolfgang (o. D.). *Experimentalphysik 2*. 7. Aufl. Kaiserslautern: Springer Spektrum.
Universität Augsburg (WiSe 2024). *Versuchsanleitung O7 - Optische Instrumente*.

3 Anhang

Brennweiten von Linsen bei Verwendung dieser als Lupe

Exemplarische Rechnung für die Linse mit der Brennweite 100 mm mit den Werten von Julia:

$$\text{Gegenstandsweite } g = \text{Abstand Dia - Linse} \pm \Delta g$$

$$= (60,0 \pm 0,15) \text{ cm} - (40,7 \pm 0,15) \text{ cm} = (19,3 \pm 0,3) \text{ cm}$$

$$\text{Bildweite } b = \text{Abstand Linse - Schirm} \pm \Delta b$$

$$= (40,7 \pm 0,15) \text{ cm} - (10,0 \pm 0,15) \text{ cm} = (30,7 \pm 0,3) \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Vergrößerung } v &= \frac{b}{g} \pm \left(\frac{1}{g} \cdot \Delta b + \left| \frac{-b}{g^2} \right| \cdot \Delta g \right) \\ &= \frac{30,7 \text{ cm}}{19,3 \text{ cm}} \pm \left(\frac{1}{19,3 \text{ cm}} \cdot 0,3 \text{ cm} + \frac{-30,7 \text{ cm}}{(19,3 \text{ cm})^2} \cdot 0,3 \text{ cm} \right) = (1,59 \pm 0,081) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brennweite } f' &= \frac{b}{v+1} \pm \left(\frac{1}{v+1} \cdot \Delta b + \left| \frac{-b}{(v-1)^2} \right| \cdot \Delta v \right) \\ &= \frac{30,7 \text{ cm}}{1,59+1} \pm \left(\frac{1}{1,59+1} \cdot 0,3 \text{ cm} + \frac{-30,7 \text{ cm}}{(1,59+1)^2} \cdot 0,04 \text{ cm} \right) = (11,85 \pm 0,30) \text{ cm} \end{aligned}$$

Bestimmung der Bildgröße bei Abbildung durch einen Diaprojektor

Exemplarische Rechnung für die Linse mit der Brennweite 100 mm :

$$\begin{aligned} v_{\text{gem}} &= \frac{B}{G} \pm \left(\left| \frac{\partial v}{\partial B} \right| \cdot \Delta B + \left| \frac{\partial v}{\partial G} \right| \cdot \Delta G = \frac{1}{G} \cdot \Delta B + \left| \frac{-B}{G^2} \right| \cdot \Delta G \right) \\ &= \frac{4,0 \text{ cm}}{1,0 \text{ cm}} \pm \left(\frac{1}{1,0 \text{ cm}} \cdot 0,1 \text{ cm} + \frac{-4,0 \text{ cm}}{(1,0 \text{ cm})^2} \cdot 0,1 \text{ cm} \right) = (4,0 \pm 0,5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gegenstandsweite } g &= \text{Abstand Dia - Linse} \pm \Delta g \\
 &= (68,5 \pm 0,15) \text{ cm} - (56,5 \pm 0,15) \text{ cm} = (12,0 \pm 0,3) \text{ cm} \\
 \text{Bildweite } b &= \text{Abstand Linse - Schirm} \pm \Delta b \\
 &= (56,5 \pm 0,15) \text{ cm} - (10,0 \pm 0,15) \text{ cm} = (46,5 \pm 0,3) \text{ cm} \\
 \text{Vergrößerung } v_{\text{ber}} &= \frac{b}{g} \pm \left(\frac{1}{g} \cdot \Delta b + \left| \frac{-b}{g^2} \right| \cdot \Delta g \right) \\
 &= \frac{46,5 \text{ cm}}{12,0 \text{ cm}} \pm \left(\frac{1}{12,0 \text{ cm}} \cdot 0,3 \text{ cm} + \frac{-46,5 \text{ cm}}{(12,0 \text{ cm})^2} \cdot 0,3 \text{ cm} \right) = (3,875 \pm 0,122)
 \end{aligned}$$

Bestimmung der Gesamtvergrößerung durch ein Modell-Mikroskop

Exemplarische Rechnung der Abschätzung der Büroklammer für Anna:

$$\begin{aligned}
 v_{\text{gem}} &= \frac{B}{G} \pm \left(\left| \frac{\partial v}{\partial B} \right| \cdot \Delta B + \left| \frac{\partial v}{\partial G} \right| \cdot \Delta G = \frac{1}{G} \cdot \Delta B + \left| \frac{-B}{G^2} \right| \cdot \Delta G \right) \\
 &= \frac{1,0 \text{ cm}}{0,4 \text{ cm}} \pm \left(\frac{1}{0,4 \text{ cm}} \cdot 0,3 \text{ cm} + \frac{-1,0 \text{ cm}}{(0,4 \text{ cm})^2} \cdot 0,3 \text{ cm} \right) = (2,5 \pm 2,6)
 \end{aligned}$$

Exemplarische Rechnung der Vergrößerung durch das Mikroskop für Julia:
Länge l als Abstand zwischen dem Okular und dem Objektiv:

$$l = 61,6 \text{ cm} - 3,9 \text{ cm} = 57,7 \text{ cm}.$$

Berechnung der Größe δ :

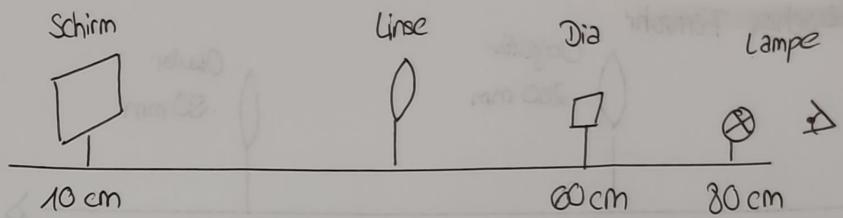
$$l = f_1 + f_2 + \delta \Rightarrow \delta = l - f_1 - f_2 = 57,7 \text{ cm} - 20,0 \text{ cm} - 5,0 \text{ cm} = 32,7 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 v_{\text{Julia}} &= \frac{\delta}{f_1 f_2} \frac{s_0}{s_0} \pm \left(\frac{s_0}{f_1 \cdot f_2} \cdot \Delta \delta + \frac{\delta}{f_1 \cdot f_2} \cdot \Delta s_0 \right) \\
 &= \frac{32,7 \text{ cm}}{20,0 \text{ cm}} \frac{88,4 \text{ cm}}{5,0 \text{ cm}} \pm \left(\frac{88,4 \text{ cm}}{20,0 \text{ cm} \cdot 5,0 \text{ cm}} \cdot 0,1 \text{ cm} + \frac{32,7 \text{ cm}}{20,0 \text{ cm} \cdot 5,0 \text{ cm}} \cdot 0,5 \text{ cm} \right) \\
 &= (28,91 \pm 0,25)
 \end{aligned}$$

Versuch 1

Gruppe A06

11.12.2024



Ablesefehler $\pm 0,3$ cm

Linse 100 mm

Julia: 40,7 cm

Anna: 42,3 cm (Brille)

Linse 150 mm

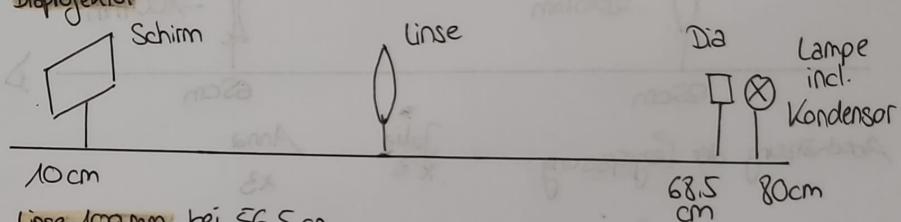
Julia: 37,6 cm

Anna: 37,2 cm

\hookrightarrow generell lässt sich Diabild kaum erkennen bzw. scharf stellen

Versuch 2

Diaprojektor



Linse 100 mm bei 56,5 cm

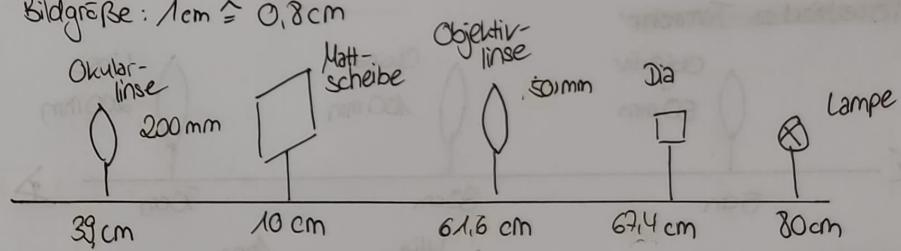
Bildgröße: 1 cm \leq 4 cm

$\pm 0,5$ cm Ablesefehler

Linse 150 mm bei 44,5 cm

Bildgröße: 1 cm \leq 0,8 cm

Versuch 3



Dia: Bildgröße: 1 cm \leq 3 cm auf Mattscheibe

Büroklammer $\xrightarrow{0,7}$ Büche $\xrightarrow{0,7}$

Julia $\xrightarrow{1,5}$

Anna $\xrightarrow{0,4}$

1,0 cm $\xrightarrow{1,0}$

1,0 cm $\xrightarrow{1,0}$

1,0 cm $\xrightarrow{1,0}$

Stift $\xrightarrow{0,9}$

0,6 cm $\xrightarrow{0,6}$

1,5 cm $\xrightarrow{1,5}$

0,5 cm $\xrightarrow{0,5}$

1,5 cm $\xrightarrow{1,5}$

Abstand A

$$A = 21 \text{ cm} + 67,4 \text{ cm} \\ = 88,4 \text{ cm}$$

$$A = 25 \text{ cm} + 67,4 \text{ cm} \\ = 92,4 \text{ cm}$$

