Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler SS 26

MI – Mikroskop und Fernrohr

Gruppe:	21
Betreuer:	Calik, Mert
Verfasser:	[redacted]
Versuchsdatum:	07.05.2026
Abgabedatum:	13.05.2026

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
1. Zielsetzung 3
2. Bedienung des Labormikroskops 3
    2.1 Versuchsbeschreibung 3
    2.2 Bestimmung Detailvergrößerung 4
    2.3 Messung der Haardicke 4
3. Selbstgebautes Mikroskop 5
    3.1 Versuchsbeschreibung 5
    3.2 Auswertung 5
4. Winkelvergrößerung Selbstgebautes Fernrohr 9
    4.1 Versuchsbeschreibung 9
    4.2 Auswertung 9
5. Winkelauflösung Selbstgebautes Fernrohr 12
    5.1 Versuchsbeschreibung 12
    5.2 Auswertung 12
6. Fazit 16
7. Anhang 17

1. Zielsetzung

Optische Instrumente wie Mikroskope und Fernrohre ermöglichen die Untersuchung kleiner oder weit entfernter Objekte und stellen wichtige Anwendungen der geometrischen Optik dar. Dabei spielen insbesondere die Vergrößerung sowie das Auflösungsvermögen optischer Systeme eine zentrale Rolle.

Ziel des vorliegenden Versuchs ist die experimentelle Untersuchung verschiedener optischer Systeme und ihrer charakteristischen Kenngrößen. Zunächst wird mithilfe eines Lichtmikroskops die Detailvergrößerung bestimmt und daraus die Dicke eines Haares berechnet.

Anschließend werden an einem selbstgebauten Mikroskop die Winkelvergrößerung M sowie die optische Tubuslänge t bestimmt und miteinander in Beziehung gesetzt. Die experimentell ermittelten Werte werden anschließend mit den theoretischen Zusammenhängen verglichen.

Im weiteren Verlauf wird die Winkelvergrößerung eines selbstgebauten Fernrohrs experimentell und theoretisch bestimmt. Anschließend wird die Winkelauflösung des Fernrohrs untersucht, wobei insbesondere der Zusammenhang zwischen dem inversen Blendendurchmesser D^{-1} und der minimal auflösbaren Winkelgröße $\theta\,\mathrm{min}$ betrachtet wird.

2. Bedienung des Labormikroskops

2.1 Versuchsbeschreibung

Im ersten Versuchsteil wird die Bedienung eines kommerziellen Lichtmikroskops untersucht. Ziel ist zunächst die Kalibrierung der im Okular befindlichen Skala, um anschließend Längenmessungen durchführen zu können. Hierzu wird ein Objektmikrometer auf dem Objekttisch positioniert und mit der Okularskala verglichen. Der bekannte Strichabstand des Objektmikrometers dient dabei als Referenz zur Bestimmung der Länge eines kleinen Skalenteils der Okularskala.

Anschließend wird ein Haar auf einem Objektträger befestigt und unter dem Lichtmikroskop betrachtet. Mithilfe der zuvor kalibrierten Okularskala wird die Anzahl der von dem Haar bedeckten Skalenteile bestimmt, sodass daraus die reale Haardicke berechnet werden kann.

Im letzten Teil des Versuchs wird freiwillig ein beliebiges Präparat mikroskopisch betrachtet.

2.2 Bestimmung Detailvergrößerung

Zur Durchführung von Längenmessungen mit dem Lichtmikroskop muss zunächst die Okularskala kalibriert werden. Hierzu wird ein Objektmikrometer verwendet, dessen Strichabstand bekannt ist.

Die Skala des Objektmikrometers besitzt insgesamt 10 Abstände mit jeweils 0,01 mm Abstand zwischen zwei Teilstrichen. Bei der gewählten 10-fachen Vergrößerung entspricht die gesamte Okularskala 100 kleinen Skalenteilen.

Daraus ergibt sich für einen kleinen Skalenteil der Okularskala:

$$s = 0{,}01\,\text{mm}$$

2.3 Messung der Haardicke

Nach der Kalibrierung wird ein Haar auf einem Objektträger befestigt und mithilfe der Okularskala vermessen. Dabei bedeckt das vermessene Haar 8 kleine Skalenteile der Okularskala.

Die reale Dicke des Haares ergibt sich somit zu:

$$d = 8 \cdot 0{,}01\,\text{mm} = 0{,}08\,\text{mm}$$

3. Selbstgebautes Mikroskop

3.1 Versuchsbeschreibung

Für den Versuch wird eine optische Bank verwendet, auf der ein beleuchteter Gegenstand, ein Objektiv, ein Okular sowie ein künstliches Auge angeordnet werden. Das künstliche Auge besteht aus einer Sammellinse und einem Schirm, deren Abstand konstant bleibt, um die Netzhaut des menschlichen Auges zu simulieren.

Das selbstgebaute Mikroskop setzt sich aus dem Objektiv und dem Okular zusammen. Zur Untersuchung der Abbildungseigenschaften wird für einen festen Gegenstand an mehreren Positionen jeweils ein scharfes Bild erzeugt. Hierzu wird insbesondere die Position des Okulars entlang der optischen Bank verändert, wodurch unterschiedliche optische Tubuslängen entstehen.

Während des Versuchs werden die Positionen von Objekt, Objektiv und Okular abgelesen und dokumentiert. Zusätzlich werden die Bildgrößen auf dem Schirm sowohl mit als auch ohne Mikroskop bestimmt. Außerdem werden die Brennweiten des Objektivs, des Okulars sowie der Linse des künstlichen Auges erfasst. Die aufgenommenen Werte dienen anschließend der Berechnung der Winkelvergrößerung und der optischen Tubuslänge des Mikroskops.

3.2 Auswertung

Bei den Messungen mit dem selbstgebauten Mikroskop wurden folgende Messwerte erfasst.

Tabelle 1: Erfasste Messwerte für selbstgebautes Mikroskop

Messung	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Pos. Objekt / mm	*296*	*296*	*295*	*294*	*292*	*285*	*270*	*296*
Pos. Objektiv / mm	*336*	*336*	*336*	*336*	*336*	*336*	*336*	*336*
Pos. Okular / mm	*1100*	*950*	*800*	*700*	*600*	*500*	*465*	*1200*
Objektgröße G */ mm*	*1*	*1*	*1*	*2*	*2*	*2*	*2*	*1*
Bildgröße B_{mit} */ mm*	*82*	*60*	*41*	*62*	*35*	*14*	*6*	*97*
Bildgröße B_{ohne} */ mm*	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*1,6*	*1,6*	*1,6*	*1,6*	*0,8*

Die angegebenen Werte für B_{ohne} wurden durch folgende, in der Versuchsvorbereitung gegebene Formel, berechnet. Für s gilt 250 mm.

$$B_{ohne} = \frac{f_{kA}}{s} \cdot G$$

Tabelle 2: Brennweiten der verwendeten Linsen

	Okular	Objektiv	Linse künstliches Auge
Brennweite / mm	58	28	200

Anschließend werden die Winkelvergrößerung $M_{Mikroskop}$ mittels der Gleichung (MI.1) sowie die optische Tubuslänge t berechnet. Die Tubuslänge beschreibt dabei den Abstand zwischen den Brennpunkten von Objekt und Okular und ergibt sich aus den Positionen der beiden Linsen entlang der optischen Bank. Somit gilt:

$$t = \left|x_{Okular} - x_{Objektiv}\right| - f_{Okular} - f_{Objektiv}$$

Tabelle 3: Berechnete Werte für Winkelvergrößerung und Tubuslänge

Messung	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
$M_{Mikroskop}$	*102,5*	*75*	*51,25*	*38,75*	*21,875*	*8,75*	*3,75*	*121,25*
Tubuslänge t / mm	*678*	*528*	*378*	*278*	*178*	*78*	*43*	*778*

Vergleicht man die optische Tubuslänge t mit der Winkelgröße M des Mikroskops, zeigt sich mit zunehmender Tubuslänge ein Anstieg der Winkelvergrößerung.
Dies deutet auf einen näherungsweise linearen Zusammenhang zwischen beiden Größen hin. Zur Untersuchung dieses Zusammenhangs werden die berechneten Werte im folgenden Diagramm dargestellt.

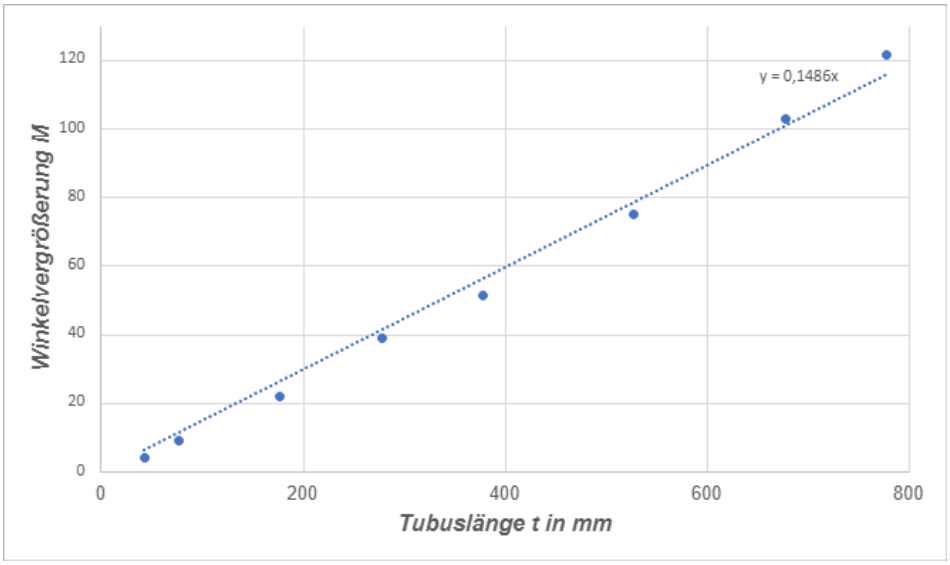


Diagramm 1: Winkelvergrößerung über Tubuslänge mit Ausgleichsgerade

Die Ausgleichsgerade des Diagramms zeigt einen näherungsweise linearen Zusammenhang zwischen der Tubuslänge t und der Winkelvergrößerung M des Mikroskops.

Der experimentell bestimmte Wert für $\frac{M_{Mikroskop}}{t}$ entspricht der Steigung der linearen Ausgleichsgeraden. Diese wird mithilfe des “RGP-Befehls” in Excel zusammen mit ihrer Unsicherheit bestimmt.

$$\mathrm{m} = \frac{M_{Mikroskop}}{t} = 0{,}14861\ldots\ \mathrm{mm}^{-1}$$

$$\Delta\mathrm{m} = 0{,}00318\ldots\ \mathrm{mm}^{-1}$$

Daraus ergibt sich:

$$\mathrm{m}_{exp.} = (0{,}149 \pm 0{,}004)\ \mathrm{mm}^{-1}$$

$$\mathrm{m}_{exp.} = 0{,}149 \cdot (1 \pm 2{,}7\%)\ \mathrm{mm}^{-1}$$

Der theoretische Wert für $\frac{M_{Mikroskop}}{t}$ kann mithilfe der Gleichung (MI.7) berechnet werden. Dabei besitzen die Brennweiten des Objektivs und des Okulars Messunsicherheiten von 2% beziehungsweise 5%.

Für den theoretischen Wert ergibt sich somit:

$$\left(\frac{M_{Mikroskop}}{t}\right)_{theorie} = \frac{s}{f_{Objektiv} \cdot f_{Okular}} = \frac{250\ \mathrm{mm}}{28\ \mathrm{mm} \cdot 58\ \mathrm{mm}} = 0{,}15394\ldots\ \mathrm{mm}^{-1}$$

Für die Unsicherheit kann die Gauß´sche Fehlerfortpflanzung nach Gleichung (GR.23) herangezogen werden.

$$\Delta u_{\frac{M}{t}} = \sqrt{\left(\frac{\partial \frac{M_{Mikroskop}}{t}}{\partial f_{Objektiv}} \cdot \Delta u_{Objektiv}\right)^2 + \left(\frac{\partial \frac{M_{Mikroskop}}{t}}{\partial f_{Okular}} \cdot \Delta u_{Okular}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(-\frac{s}{f_{Objektiv}^2 \cdot f_{Okular}} \cdot f_{Objektiv} \cdot 0{,}02\right)^2 + \left(-\frac{s}{f_{Objektiv} \cdot f_{Okular}^2} \cdot f_{Okular} \cdot 0{,}05\right)^2}$$

$$= 0{,}00828\ldots\ \mathrm{mm}^{-1}$$

Daraus ergibt sich das Endergebnis:

$$\left.\frac{M_{Mikroskop}}{t}\right|_{theorie} = (0{,}154 \pm 0{,}009)\ \mathrm{mm}^{-1}$$

$$\left.\frac{M_{Mikroskop}}{t}\right|_{theorie} = 0{,}154 \cdot (1 \pm 5{,}8\%)\ \mathrm{mm}^{-1}$$

Vergleicht man die theoretisch und experimentell bestimmten Wertebereiche für $\frac{M_{Mikroskop}}{t}$, so zeigt sich, dass sie die Unsicherheitsintervalle nur geringfügig beziehungsweise nahezu nicht überschneiden. Dies deutet auf Abweichungen zwischen Theorie und Experiment hin. Ursachen hierfür können insbesondere in der subjektiven Beurteilung der Bildschärfe liegen, da nicht eindeutig festgelegt werden kann, ab wann ein Bild als exakt scharf wahrgenommen wird. Zusätzlich können äußere Einflüsse wie eine hohe Umgebungshelligkeit oder kleine Ungenauigkeiten beim Ablesen der Position entlang der optischen Bank zu weiteren Messunsicherheiten führen.

Die maximale im Versuch erreichte Winkelgröße beträgt $M_{\max} = 121{,}25$

Die Winkelvergrößerung des vorliegenden Versuchsaufbaus wird dabei insbesondere durch die begrenzte Länge der optischen Bank eingeschränkt, da größere Tubuslängen experimentell nicht realisiert werden können.

4. Winkelvergrößerung selbstgebautes Fernrohr

4.1 Versuchsbeschreibung

Zur Untersuchung der Winkelvergrößerung wird ein selbstgebautes astronomisches Fernrohr verwendet, das aus einer Sammellinse als Objektiv und einer weiteren Sammellinse als Okular besteht. Zusätzlich wird ein künstliches Auge eingesetzt, um die Bildgröße auf einem Schirm sichtbar zu machen.

Zunächst wird die Grühwendel der Lampe so positioniert, dass ein scharfes Bild auf dem Schirm des künstlichen Auges entsteht. Die Bildgröße wird dabei ohne Fernrohr bestimmt und dokumentiert. Anschließend werden Objektiv und Okular in den Strahlengang eingebracht und so justiert, dass erneut ein scharfes Bild entsteht. Die vergrößerte Bildgröße wird anschließend ebenfalls gemessen.

Zusätzlich werden die Brennweiten der verwendeten Linsen sowie der Abstand zwischen Objektiv und Okular dokumentiert. Die aufgenommenen Werte dienen anschließend zur experimentellen und theoretischen Berechnung der Winkelvergrößerung des Fernrohrs.

4.2 Auswertung

In dem Versuch wurden folgende Messwerte aufgenommen.

Tabelle 4: erhobene Messwerte Winkelvergrößerung

Bildgröße B_{mit} des Objekts / mm	38
Bildgröße des Objekts B_{ohne} / mm	5
Abstand der Linsen / mm	542
Brennweite des Objektivs / mm	600
Brennweite des Okulars / mm	58

Mit den gemessenen Werten lässt sich der experimentell bestimmte Wert für die Winkelvergrößerung mit der Formel (MI.1) berechnen.

$$M_{exp.} = \frac{B_{mit}}{B_{ohne}} = \frac{38\ \text{mm}}{5\ \text{mm}} = 7{,}6$$

Für die zugehörige Messunsicherheit wird angenommen, dass die beiden verwendeten Werte für B_{mit} und B_{ohne} auf 3% genau bestimmt werden können. Daraus ergibt sich folgende Messunsicherheit.

$$\Delta M_{exp.} = \sqrt{\left(\frac{\partial \frac{B_{mit}}{B_{ohne}}}{\partial B_{ohne}} \cdot \Delta B_{mit}\right)^2 + \left(\frac{\partial \frac{B_{mit}}{B_{ohne}}}{\partial B_{ohne}} \cdot \Delta B_{ohne}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\Delta B_{mit}}{B_{ohne}}\right)^2 + \left(\frac{B_{mit} \cdot \Delta B_{ohne}}{B_{ohne}^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{5\ \text{mm} \cdot 0{,}03}{5\ \text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{38\ \text{mm} \cdot (5\ \text{mm} \cdot 0{,}03)}{(5\ \text{mm})^2}\right)^2}$$

$$= 0{,}22996...$$

Daraus ergibt sich ein experimentell bestimmter Wert von

$$M = (7{,}6 \pm 0{,}5)$$

$$M = 7{,}6 \cdot (1 \pm 6{,}6\%)$$

Die Winkelvergrößerung kann ebenso theoretisch berechnet werden mittels der Gleichung (MI.9). Hierzu werden die zuvor bestimmten Brennweiten des Objektivs und des Okulars verwendet.

$$M_{Theorie} = \frac{f_{Objektiv}}{f_{Okular}} = \frac{600\ \text{mm}}{58\ \text{mm}} = 10{,}34482\ldots$$

Die Messunsicherheit für die Winkelvergrößerung ergibt sich aus der Formel der Fehlerfortpflanzung und die Ungenauigkeit der beiden Brennweiten $f_{Objektiv}$ und f_{Okular} ist mit 10% vorgegeben.

$$\Delta M_{Theorie} = \sqrt{\left(\frac{\Delta f_{Objektiv}}{f_{Okular}}\right)^2 + \left(\frac{f_{Objektiv} \cdot \Delta f_{Okular}}{f_{Okular}^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{600\ \text{mm} \cdot 0{,}10}{58\ \text{mm}}\right)^2 + \left(\frac{600\ \text{mm} \cdot (58\ \text{mm} \cdot 0{,}10)}{(58\ \text{mm})^2}\right)^2}$$

$$= 1{,}4629...$$

Daraus ergibt sich ein theoretisch bestimmter Wert von

$$M = (10{,}3 \pm 1{,}5)$$

$$M = 10{,}3 \cdot (1 \pm 14{,}6\%)$$

Vergleicht man den theoretisch bestimmten Wert der Winkelvergrößerung mit dem experimentell ermittelten Ergebnis, so zeigt sich, dass sich die jeweiligen Unsicherheitsintervalle knapp nicht überschneiden. Zwischen beiden Intervallen liegt eine Differenz von etwa 0,7.

Die Abweichung kann insbesondere auf Messunsicherheiten beim Ablesen der Bildgrößen, Ungenauigkeiten bei der Justierung des Fernrohrs sowie auf die subjektive Beurteilung der Bildschärfe zurückgeführt werden. Trotz der Abweichung liegen beide Ergebnisse in derselben Größenordnung und stimmen somit näherungsweise mit den theoretischen Erwartungen überein.

5. Winkelauflösung Selbstgebautes Fernrohr

5.1 Versuchsdurchführung

Für die Untersuchung der Winkelauflösung wird ein bereits aufgebautes astronomisches Fernrohr verwendet. Dieses besteht aus zwei Sammellinsen, wobei eine Linse als Objektiv mit großer Brennweite und die zweite Linse als Okular mit kleiner Brennweite dient. Das Fernrohr wird auf ein etwa 31m entferntes Linienmuster ausgerichtet. Dieses enthält mehrere Felder mit unterschiedlichen Linienabständen a .

Zunächst wird das Okular so eingestellt, dass das Linienmuster möglichst scharf erkannt werden kann. Dabei ist darauf zu achten, dass ausschließlich das Okular zu Beginn verschoben wird und die übrigen Komponenten des Fernrohrs unverändert bleiben. Zu Beginn ist die vor dem Okular befestigte Blende vollständig geöffnet.

Anschließend wird der Blendendurchmesser schrittweise verkleinert. Für jedes Feld wird beobachtet, ab welchem Blendendurchmesser die einzelnen Linien nicht mehr getrennt voneinander erkannt werden können. Der jeweilige Blendendurchmesser wird dokumentiert. Dieser Vorgang wird für alle vorgegebenen Linienabstände wiederholt-

Die aufgenommenen Werte dienen anschließend zur Berechnung der experimentellen Winkelauflösung des Fernrohrs.

5.2 Auswertung

In dem Versuch wurden folgende Werte ermittelt.

Tabelle 5: erhobene Messwerte Winkelauflösung

Linienabstand a / mm	0,4	0,5	0,6	0,7
Blendendurchmesser D / mm	48,0	41,9	39,8	31,6
Objektbrennweite / mm	1185	1185	1185	1185
Okularbrennweite / mm	15	15	15	15
Abstand d / m	31	31	31	31

Die Winkelauflösung kann durch trigonometrische Betrachtung des Versuchsaufbaus folgendermaßen berechnet werden.

$$\tan\left(\frac{\theta_{min,exp}}{2}\right) = \frac{\frac{a}{2}}{d}$$

Mit der Kleinwinkelnäherung ergibt sich

$$\theta_{min,\exp} = \frac{a}{d}$$

Tabelle 6: Linienabstand a, regulärer/ inverser Blendendurchmesser D, Berechnete Winkelauflösung und Winkelvergrößerung

a / mm	Blendendurchmesser D / mm	Inverser Blendendurch-messer D^{-1} / m^{-1}	$\theta_{min,exp}$ in rad	Winkel-vergrößerung Fernrohr
0,4	48,0	20,8333...	0,1290... · 10^{-4}	79
0,5	41,9	23,8663...	0,1612... · 10^{-4}	79
0,6	39,8	25,1256...	0,1935... · 10^{-4}	79
0,7	31,6	31,6455...	0,2258... · 10^{-4}	79

Für die Berechnung der Winkelvergrößerung wurde die Gleichung (MI.9) verwendet.

Als Vermutung kann ein linearer Zusammenhang zwischen dem Inversen Blendendurchmesser und der Winkelauflösung abgeschätzt werden. Diese Vermutung kann in dem nachfolgenden Diagramm untersucht werden.

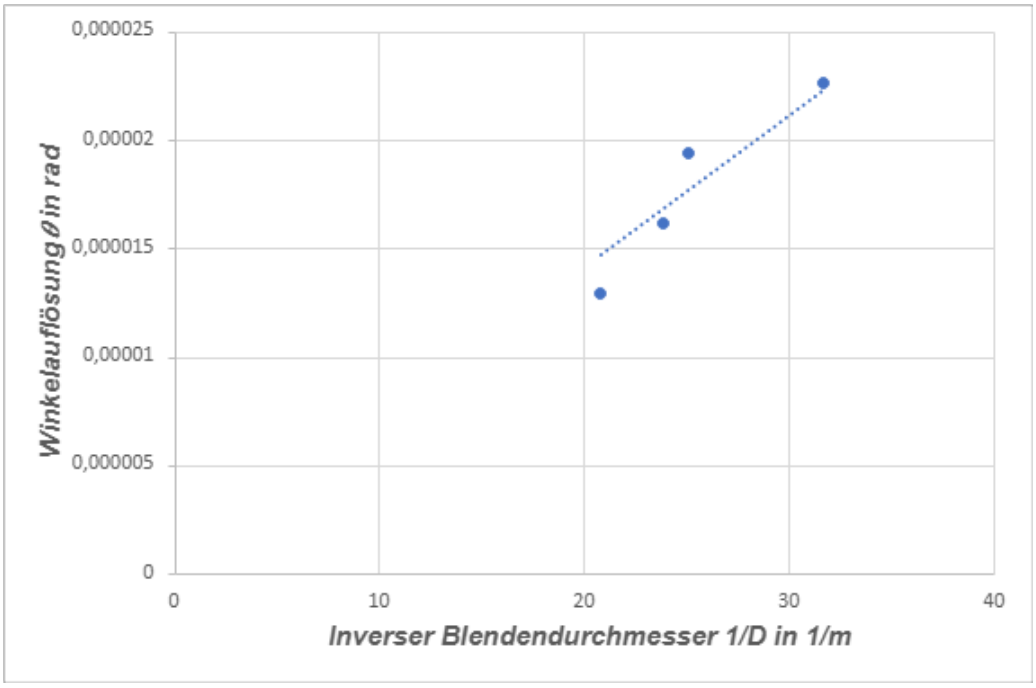


Diagramm 2: Winkelauflösung gegen den inversen Blendendurchmesser mit Ausgleichsgeraden

Aus dem Diagramm kann die vermutete Linearität aufgezeigt werden.

Die Steigung und dessen Messunsicherheit der Geraden wurde mit dem “RGP-Befehl” in Excel berechnet und trägt folgende Werte.

$$m = 7{,}03322\ldots \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

$$\Delta m = 0{,}28527\ldots \cdot 10^{-7\ \text{m}}\ \text{m}$$

Daraus ergibt sich

$$m = (7{,}04 \pm 0{,}29) \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

$$m = 7{,}04 \cdot (1 \pm 4\%) \cdot 10^{-7}\ \text{m}$$

Der theoretische Zusammenhang für das Auflösungsvermögen des Fernrohrs kann mithilfe der Gleichung (MI.10) beschrieben werden. Dabei entspricht der Faktor 1,22 λ der Steigung der theoretischen Ausgleichsgeraden. Dies kann anschließend mit der experimentell bestimmten Steigung aus dem Diagramm verglichen werden.

$$\theta_{min,exp.} = \frac{1{,}22 \cdot \lambda}{D}$$

$$1{,}22 = \frac{\theta_{min,exp.} \cdot D}{\lambda}$$

Das berechnete m ist dabei $\theta_{min,exp.} \cdot D$ und die Wellenlänge ist vorgegeben.

$$n = \frac{m}{\lambda} = \frac{7{,}03322\ldots \cdot 10^{-7}\ \text{rad m}}{550 \cdot 10^{-9}\ \text{m}} = 1{,}2788\ldots$$

Die dazugehörige Unsicherheit lässt sich durch Einsetzen in die Gleichung (GR.23) berechnen.

$$\Delta u_{\frac{m}{\lambda}} = \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda} \cdot \Delta u_m\right)^2} = \frac{1}{\lambda} \cdot \Delta u_m$$

$$\Delta n = \frac{\Delta u_m}{\lambda} = \frac{0{,}28527\ldots \cdot 10^{-7\ \text{m}}}{550 \cdot 10^{-9}\ \text{m}} = 0{,}0519\ldots$$

Daraus folgt

$$n = (1{,}28 \pm 0{,}06)$$

$$n = 1{,}28 \cdot (1 \pm 4{,}7\%)$$

Der theoretische Wert von 1,22 liegt innerhalb des experimentell bestimmten Unsicherheitsintervalls. Somit stimmen Theorie und Experiment unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten näherungsweise überein.

6. Fazit

Im Praktikumsversuch „Mikroskop und astronomisches Fernrohr“ werden verschiedene optische Systeme und deren Abbildungseigenschaften experimentell untersucht. Dabei stehen insbesondere die Vergrößerung, die Bildentstehung sowie das Auflösungsvermögen optischer Geräte im Mittelpunkt. Die durchgeführten Experimente verdeutlichen die grundlegenden Zusammenhänge der geometrischen Optik und zeigen, wie stark die Bildqualität und Genauigkeit optischer Systeme von deren Aufbau und Justierung abhängen.

Im ersten Versuchsteil zur Bedienung des Labormikroskops gelingt die Kalibrierung der Okularskala mithilfe eines Objektmikrometers. Dadurch können kleine Strukturen sichtbar gemacht und vermessen werden. Es zeigt sich jedoch, dass die Genauigkeit der Messung stark von der exakten Fokussierung sowie von der subjektiven Wahrnehmung der Bildschärfe abhängt.

Beim selbstgebauten Mikroskop wird ein Zusammenhang zwischen der Tubuslänge und der Winkelvergrößerung untersucht. Die experimentellen Ergebnisse bestätigen dabei den theoretisch erwarteten linearen Verlauf. Mit zunehmender Tubuslänge steigt die Winkelvergrößerung des Mikroskops an. Abweichungen zwischen Theorie und Experiment können insbesondere auf Messunsicherheiten beim Ablesen der Bildgrößen sowie auf kleine Ungenauigkeiten bei der Positionierung der optischen Komponenten zurückgeführt werden.

Auch beim astronomischen Fernrohr zeigt sich, dass die experimentell bestimmte Winkelvergrößerung näherungsweise mit den theoretischen Erwartungen übereinstimmt. Die auftretenden Unterschiede lassen sich vor allem durch Justierfehler, begrenzte Schärfewahrnehmung sowie allgemeine Messungenauigkeiten erklären. Zusätzlich wird deutlich, dass die maximal erreichbare Vergrößerung durch den praktischen Versuchsaufbau begrenzt ist.

Bei der Untersuchung der Winkelauflösung bestätigt sich der theoretische Zusammenhang zwischen der Auflösung und dem Durchmesser der Objektivblende. Mit kleiner werdendem Blendendurchmesser verschlechtert sich die Fähigkeit des Fernrohrs, nahe beieinanderliegende Strukturen getrennt wahrzunehmen. Die experimentellen Ergebnisse stimmen dabei gut mit der theoretischen Beschreibung des Auflösungsvermögens optischer Systeme überein.

Insgesamt zeigen alle Versuchsteile, dass sich die theoretischen Grundlagen der geometrischen Optik experimentell nachvollziehen lassen. Gleichzeitig wird deutlich, dass reale Messungen stets durch praktische Einflüsse und subjektive Wahrnehmungen beeinflusst werden.

7. Anhang

Messwerte - Versuch Mikroskop

Datum Versuchstag: 07.05.26
Gruppennummer: 21
Teilnehmer: [redacted]
Unterschrift Assistent: [redacted]

Bedienung des Labormikroskops

Gewählte Vergrößerung	10	fach (0,25)
Gesamtanzahl kleiner Skalenteile der Okularskala	100	→ 1x ≙ 0,01
Länge der gesamten Okularskala entspricht	1	mm
Dicke des Haars auf der Okularskala	8	kleine Skalenteile

Selbstgebautes Mikroskop

	Messung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Position des Objekts / mm	296	296	295	294	292	285	270	296
Position des Objektivs / mm	336							
Position des Okulars / mm	1100	950	800	700	600	500	465	1200
Objektgröße G / mm	1	1	1	2	2	2	2	1
Bildgröße B_{mit} des Objekts / mm	82	60	41	62	35	14	6	97
Bildgröße des Objekts B_{ohne} / mm	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6	1,6	0,8

Okular Brennweite 58mm
→ auf der Opt. Bank
→ in mm

$B_{ohne} = \frac{F_{LA}}{S} \cdot G \cdot C_{250\,mm}$

Brennweiten /mm:	Okular:	58	Objektiv:	~~200~~ 28	Linse künstliches Auge:	200

Selbstgebautes Fernrohr

Winkelvergrößerung	
Bildgröße B_{mit} des Objekts / mm	38 mm
Bildgröße des Objekts B_{ohne} / mm	5 mm
Abstand der Linsen / mm	542
Brennweite des Objektivs / mm	600
Brennweite des Okulars / mm	58

Winkelauflösung				
Linienabstand a /mm	0,4	0,5	0,6	0,7
Blendendurchm. D /mm	480	419	398	346
Objektivbrennweite /mm	1185	1185	1185	1185
Okularbrennweite /mm	15	15	15	15
Abstand d /m	31	31	31	31