Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler

Blockpraktikum Wintersemester 2022/23

Mikroskop und Fernrohr

22.02.2023

Studiengang: Medizintechnik B.Sc

Gruppe 1

Betreut durch

Einleitung

Lichtmikroskope und Fernrohre spielen eine bedeutsame Rolle für die Naturwissenschaften, der Einsatz von Lichtmikroskopen macht Objekte im Nanometer Bereich für das Menschliche Auge sichtbar, ein Fernrohr hin wieder ermöglicht die Forschung vom Makrokosmos.

In diesem Praktikumsversuchs werden wir Lichtmikroskope und Fernrohre untersuchen um so unsere Kenntnisse zu ihren Aufbauten und Funktionsweisen experimentell nachzuvollziehen und zu vertiefen.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Mikroskop

Benötigte Komponente: Bedienung eines Labormikroskops

- Lichtmikroskop (Labormikroskop)
- Objektträger
- Objektmikrometer
- Präparate mit unterschiedlichen Bildern

Versuchsdurchführung: Bedienung eines Labormikroskops

Zu Beginn der Versuchsdurchführung Kalibrieren wir das Labormikroskops mithilfe eines Objektmikrometers. Es wird eine geeignete Vergrößerung und gewählt damit die Skala am Objektmikrometer gut sichtbar ist, dies erleichtert uns das zweite Teil der Aufgabe. Ein Haar wird an einem Objektträger fixiert, mittels dem Labormikroskops kann die Dicke des Haars in Okulareinheiten bestimmt werden und daraufhin in mm umgerechnet werden. Im Letzen Teil dieses Versuches wird ein willkürliches Präparat gewählt und am Objekttisch platziert, nun ist es möglich das Bild auf der Präparat zu identifizieren.

Benötigte Komponente: Selbstgebautes Mikroskop

- Lampe mit Kondensor
- Objekt
- Objektiv
- Okular
- Mattscheibe und Sammellinse („Künstliches Auge“)
- Verschiebbare Reiter
- Messschiebers

Versuchsdurchführung: Selbstgebautes Mikroskop

Ziel dieses Versuches ist um ein einfaches Mikroskop selber zu bauen, hierzu wird eine Lampe mit Kondensor am linken Ende der optischen Bank fixiert. Die Mattscheibe wird in einem verschiebbaren Reiter fixiert und am rechtes Ende der optischen Bank platziert. Der Kondensor (Eine Sammellinse) erzeugt ein Bild von einer Glühwendel die auf der Mattscheibe abgebildet wird. Die Mattscheibe wird nach links geschoben umso den Brennpunkt der Lampe zu finden, sobald der Glühwendel scharf sichtbar ist wird das Objektiv an dieser Stelle platziert. Zwischen Lampe und Objektiv wird ein Objektträger befestigt (für die Dia/mm-skala), Das Okular wird hinter dem Objektiv befestigt. Ein „Künstliches Auge“ wird aus der Mattscheibe und einer Sammellinse konstruiert. Indem abwechselnd die Positionen vom Objektiv und Okular angepasst werden ist es möglich 8

unterschiedliche Positionen entlang der Optischen Bank zu bestimmen wo das Bild der Glühwendel scharf und vergrößert dargestellt wird. Diese Positionen werden in der Messwertetabelle notiert. Zusätzlich wird mithilfe eines Messschiebers die Bildgröße auf der Mattscheibe gemessen und notiert.

Astronomisches Fernrohr

Benötige Komponente: Winkelauflösung eines Fernrohrs

- Lampe mit Kondensor
- Optische Bank
- Mattscheibe und Sammellinse („Künstliches Auge“)
- Okular und Objektiv
- Verschiebbare Reiter
- Farbfilter

Versuchsdurchführung:

Die Lampe mit Kondensor ist weiterhin an linken Ende der optischen Bank fixiert. Die Lampe wird auf eine weit entfernte Wand gerichtet und die Glühwendel verschoben bis diese an der Wand sichtbar ist, die Position wird fixiert und die Lampe wieder in die ursprüngliche Richtung am Arbeitsplatz ausgerichtet.
Das Künstliche Auge wird in den Strahlengang auf der optischen Bank fixiert, hier wird die Bildposition und die Ausdehnung von der Glühwendel an der Mattscheibe vermessen. Objektiv und Okular werden an der optischen Bank fixiert, und diese abwechselnd verschoben bis ein scharfes, vergrößertes Bild der Glühwendel an der Mattscheibe zu sehen ist, nun werden erneut Bildposition und die Ausdehnung der Glühwendel gemessen und notiert.
Während diesem Versuch wird von einem Farbfilter Gebrauch gemacht und so die Lichtintensität zu verringern

Benötigte Komponente: Winkelvergrößerung eines Fernrohrs

- Blatt mit 4 Abbildungen mit unterschiedlichen Linienmuster
- Objektiv und Teleskopokular
- Irisblende mit Blendendurchmesser
- Flur mit ca. 31m länge

Versuchsdurchführung:

In diesem Praktikumsversuch wird ein Astronomisches Fernrohr aufgebaut mit dem Ziel um ein experimentell den Zusammenhang zwischen Objektivdurchmesser D und der Winkelauflösung zu beobachten. In 31m Entfernung vor dem Fernrohr befindet sich ein Blatt mit 4 Linienmuster mit jeweils unterschiedlichen abständen zwischen den Linien. Es wird durch eine Objektiv- und Teleskopokular geschaut und das Okular verschoben bis ein Linienmuster erkannt werden kann. Die Irisblende mit Blendendurchmesser wird vor die Objektivlinse gestellt und eingestellt bis das Muster nicht mehr scharf zu erkennen sind, dieser Ablauf wird für alle vier Linienmuster wiederholt und die Werte in der Messwertetabelle notiert.

Versuchsauswertung

Mikroskop

Kalibrierung

Skala des Objektmikrometers beträgt 0,01mm (Länge insgesamt: 0,1mm)
Eine Länge von 10 Einheiten auf der Okularskala wird mit einem Okular mit 10-facher Vergrößerung gemessen. Daraus ergibt sich eine Okularskalengröße von 0,1mm

Bedienung des Labormikroskops

Die Dicke eines Haars beträgt 7 Einheiten auf der Okularskala. Daraus ergibt sich eine reale Größe von 0,07mm

Bildbetrachtung:

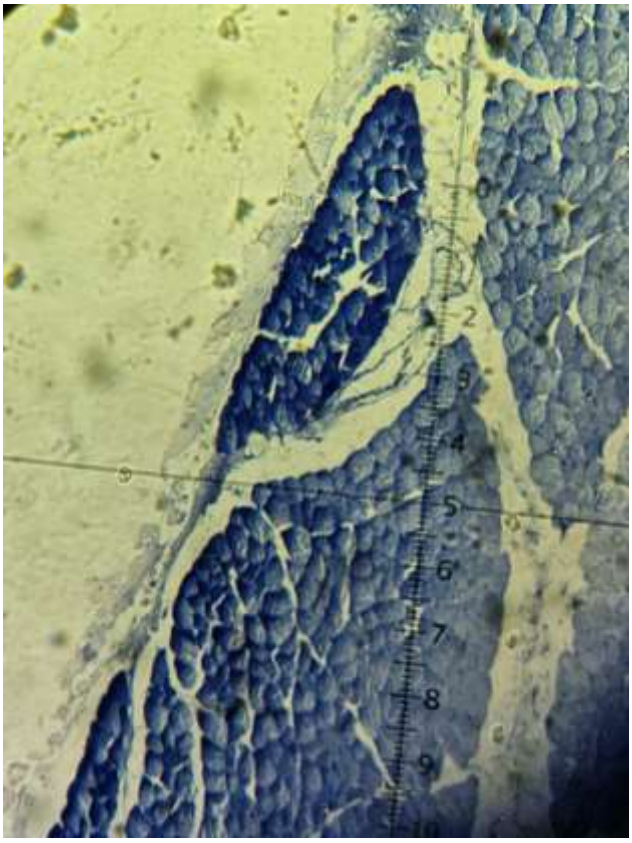


Abbildung 1: Skelettmuskelgewebe Präparat unter einem Labormikroskop

Selbstgebautes Mikroskop

Mittels folgender Gleichungen können die Winkelvergrößerungen (M) und Optische Tubuslängen (t) aus unseren Messergebnissen berechnet werden:

$B_{ohne} = \frac{f_{KA}}{s} . G$ mit s = 250mm

$$M = \frac{B_{mit}}{B_{ohne}} = \frac{\tan\varphi_{mit}}{\tan\varphi_{ohne}} \quad [M1]$$

$$t = (P_{oku} - P_{Obj}) - (f_{Obj} - f_{Oku})$$

Tabelle 1: Ergebnisse der obigen Rechnungen zu Messwerten eines Selbstgebauten Mikroskops

	Messung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Winkelvergrößerung $M_{Mikroskop}$	3,3	14,61	26,67	36,92	51,83	65	64,33	75,33
Optische Tubuslänge t/mm	176	276	376	476	576	676	776	876

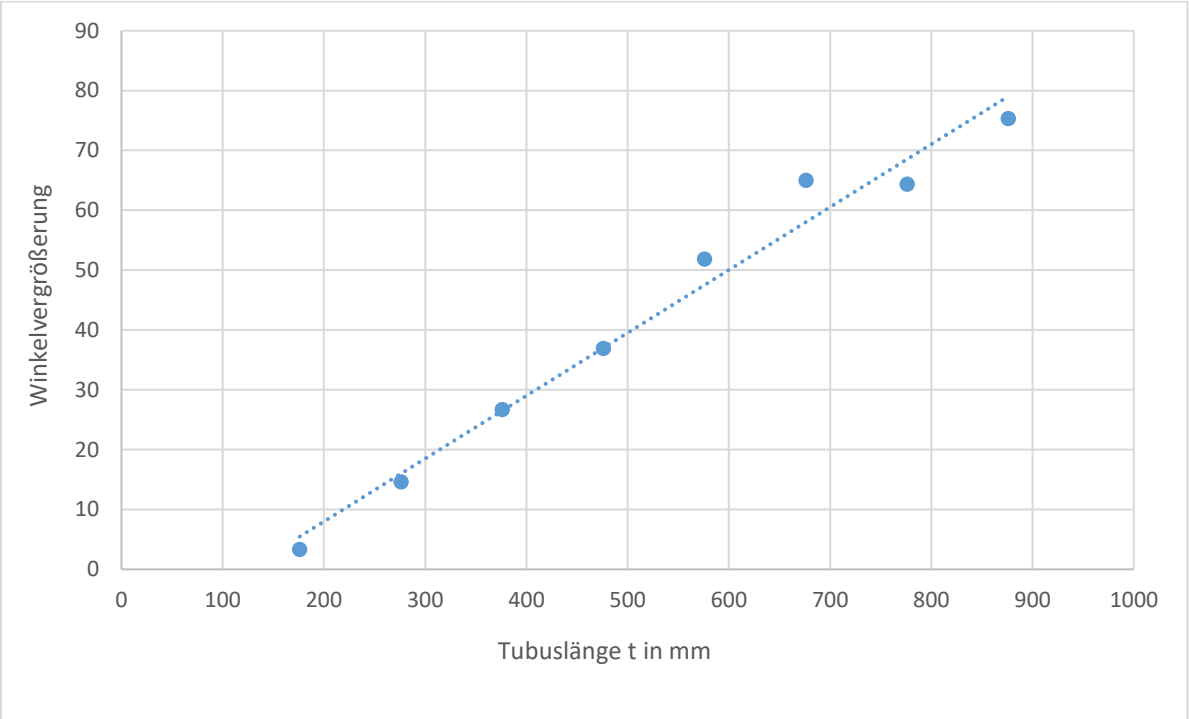


Abbildung 2: Winkelvergrößerung $M_{Mikroskop}$ als Funktion der Tubuslänge t

Der Experimentelle steigungswert und die Messunsicherheit der Ausgleichgeraden lässt sich mithilfe Excel mittels dem „RGP-Befehl“ bestimmen:

$$m = \frac{M_{Mikroskop}}{t} = 1{,}05145 \ldots \ mm^{-1}$$

Dabei ergibt sich die Messunsicherheit der Steigung unter Berücksichtigung des Studentenfaktors als:

$$2 \times \triangle m = 0{,}01293 \ldots mm^{-1}$$

$m_{experimentell}$ = (1,051 ± 0,013) mm^{-1}

=1,051 (1 ± 1,2%) mm^{-1}

Der Theoretische steigungswert lässt sich mit der folgenden Formel berechnen:

$$m_{Mikroskop} = \frac{M_{Mikroskop}}{t} = \frac{s}{f_{Oku} \cdot f_{Obj}} = 0{,}1231 \ldots \ mm^{-1}$$ [MI7]

Die Brennweite ist von f_{Obj} auf 2% und die Brennweite von f_{Oku} auf 3% genau bekannt, also $f_{Obj} = (35{,}0 \pm 0{,}7)\text{mm}$ und $f_{Oku} = (58{,}00 \pm 1{,}74)\text{mm}$. Es bedarf deshalb eine Fehlerrechnung, durch das umformen der Gleichung [MI7] mithilfe der Gauß´schen Fehlerfortpflanzungsgezetztes ergibt sich die folgende Formel:

$$\triangle \frac{M_{Mikroskop}}{t} = \sqrt{\left(\frac{s\triangle f_{Obj}}{{f_{Obj}}^2 f_{Oku}}\right)^2 + \left(\frac{s\triangle f_{Oku}}{{f_{Oku}}^2 f_{Obj}}\right)^2}$$

$$= 4{,}44033 \ldots \times 10^{-3}\ \text{mm}^{-1}$$

Somit gilt für den Theoretischen wert:

$$m_{Theoretisch} = (0{,}213 \pm 0{,}005)\text{mm}^{-1}$$

$$= 0{,}213\ (1 \pm 2{,}3\%)\text{mm}^{-1}$$

Der Experimentelle steigungswert weicht um mehr als das das 8-fache vom Theoretischen Steigungswert ab. Dies kann aufgrund einer Kombination aus Messfehlern entstanden sein Beispiele hierfür wären Fehler beim Ablesen der Positionen des Objekts/Okulars und Fehler bei Messung von Bildgrößen. Die Bestimmung der Messwerte war auch davon abhängig ob die Bilder scharf gesehen werden, dies ist jedoch nicht objektiv bewertbar sondern hängt vom beobachtenden Individuum ab. Eine Wiederholung der Versuche würde zu einer Minimierung der aufgetretenen Fehler führen.

Die Maximal erreichte Winkelvergrößerung ist 75,33. Die Winkelvergrößerung wird aufgrund der Länge der verfügbaren optischen Bank beschränkt.

Versuchsauswertung

Fernrohr

Die Winkelvergrößerung [$M_{Experimentell}$] kann mittels der gegeben Formel berechnet werden:

$$M_{Experimentell} = \frac{B_{mit}}{B_{ohne}} \qquad \text{[MI1]}$$

$$M_{Experimentell} = 8{,}25$$

Angenommen B_{mit} und B_{ohne} werden auf 3% genau gemessen, lauten die Werte wie folgt:

$$B_{mit} = (33 \pm 1)\text{mm} \text{ und } B_{ohne} = (4{,}00 \pm 0{,}12)\text{mm}$$

$$= 33\ (1 \pm 3{,}0\%)\text{mm} \qquad = 4{,}00\ (1 \pm 3\%)\text{mm}$$

Die Messunsicherheit lässt sich berechnen indem mithilfe der Gauß´schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes die Gleichung [MI1] umgeformt wird zu:

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

$$\triangle M = 0.2551 \ldots$$

Daraus folgt, M= (8,25± 0,26)

= 8,25(1 ± 3,2%)

Die Winkelvergrößerung [$M_{Theorie}$] kann mittels der folgenden gegebenen Formel berechnet werden

$$M_{Theorie} = \frac{f_{Obj}}{f_{Oku}} = \frac{\tan\varepsilon_{mit}}{\tan\varepsilon_{ohne}} \qquad [MI9]$$

$$M_{Theorie} = 8{,}6206 \ldots$$

Angenommen f_{Obj} und f_{Oku} werden auf 10% genau gemessen, dann ergeben sich die Werte wie folgt:

$$f_{Obj} = (500 \pm 50)\text{mm} \quad \text{und} \quad f_{Oku} = (58 \pm 6)\text{mm}$$

$$= 500\,(1 \pm 10\%)\text{mm} \qquad = 58\,(1 \pm 10\%)\text{mm}$$

Die Messunsicherheit lässt sich durch das Umformen der Gleichung [MI9] mithilfe der Gauß´schen Fehlerfortpflanzungsgezetztes berechnen.

$$\triangle M_{Theorie} = \sqrt{\left(\frac{\triangle f_{Obj}}{f_{Oku}}\right)^2 + \left(\frac{f_{Obj} \cdot \triangle f_{Oku}}{{f_{Oku}}^2}\right)^2}$$

$$\triangle M_{Theorie} = 1{,}2191 \ldots$$

Daraus folgt: $M = (8{,}6 \pm 1{,}3)$

$$= 8{,}6\,(1 \pm 15\%)$$

Der experimentelle Wert befindet sich innerhalb der Messunsicherheit vom Theoretischen wert.

Winkelauflösung Astronomisches Fernrohr

Tabelle 1: Winkelauflösung für verschiedene Blendendurchmesser:

Linienabstand a/mm	Blendendurchmesser D /mm	Inverser Blendendurchmesser D^{-1} /m^{-1}	θmin,exp /[10^{-5} rad]	Winkelvergrößerungs-Fernrohr
0,4	41,9	23,86634…	1,2903…	79
0,5	37,8	26,45502…	1,6129…	
0,6	27,6	36,23188…	1,9354…	
0,7	23,5	42,55319…	2,2580…	

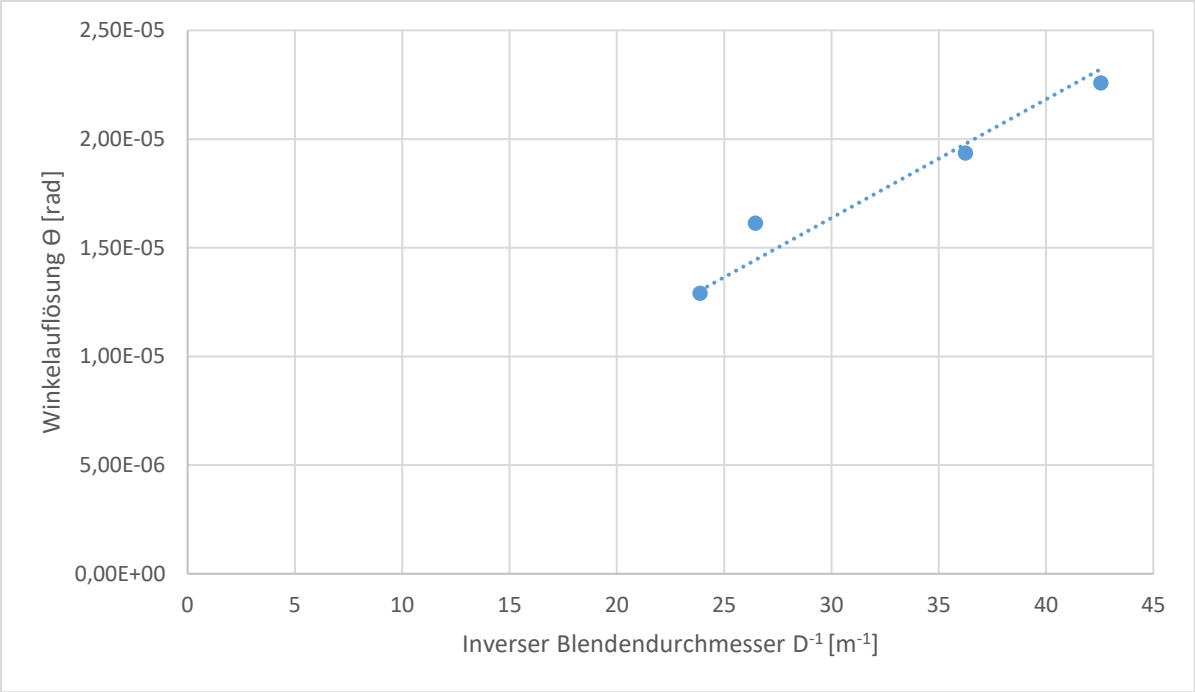


Abbildung 3: Winkelauflösung $\theta_{min,exp}$ als Funktion vom Inversen Blendendurchmesser D^{-1}

Die obigen Werte wurden mithilfe folgender Formeln berechnet:

Winkelauflösung $[\theta_{\mathrm{min,exp}}]$

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

Der Experimentelle steigungswert der Ausgleichgeraden lässt sich mithilfe Excel mittels dem „RGP-Befehls“ bestimmen:

$$\mathrm{m} = 4{,}7018\ldots \times 10^{-7}\ \mathrm{m}^{-1} = 0{,}0000047018\ldots \mathrm{m}^{-1}$$

Dabei ergibt sich die Messunsicherheit der Steigung unter Berücksichtigung des Studentenfaktors als:

$$2 \times \triangle\, \mathrm{m} = 1{,}3660088\ldots \times 10^{-7}\ \mathrm{m}^{-1} = 0{,}00000013660088\ldots \mathrm{m}^{-1}$$

Daraus folgt $\mathrm{m_{experimentell}} = (4{,}7 \times 10^{-7} \pm 1{,}4 \times 10^{-7})\mathrm{m}^{-1}$

$$= 4{,}7 \times 10^{-7}(1 \pm 30\%)\mathrm{m}^{-1}$$

Damit unser persönliches Auflösungsvermögen [n] mit dem berechneten Theoretischen Wert verglichen werden kann wird $\mathrm{m_{experimentell}}$ durch die Wellenlänge von Licht geteilt:

$$\mathrm{n} = \frac{4{,}7 \times 10^{-7}}{5{,}5 \times 10^{-7}}$$

=0,8545…

Zuletzt muss die Messunsicherheit mithilfe der Gauß´schen Fehlerfortpflanzung berechnet werden:

$$\triangle n = \sqrt{(\frac{1}{\lambda} \times \triangle m)^2}$$

$\triangle n$ =0,2483….

Daraus folgt $n = (0{,}85 \pm 0{,}25)$
$= 0{,}85\ (1 \pm 30\%)$

Unser persönliches Auflösungsvermögen von 0,85 weicht um 0,37 von dem theoretischen Wert von 1,22 ab, unter Berücksichtigung der Messunsicherheit weicht unser berechneter Wert um ein Minimum von 0,12 vom theoretischen Wert von 1,22 ab. Die Abweichung lässt sich auf Fehler während des Versuches zurückführen, zum Beispiel die Bestimmung der Messwerte (Blendendurchmesser) waren davon abhängig bis zu welchen Durchmesser die Linienabstände scharf gesehen werden, dies ist jedoch nicht objektiv bewertbar sondern hängt vom beobachtenden Individuum ab. Der Abstand d könnte sich während des Versuches minimal geändert haben. Eine Wiederholung der Versuche würde zu einer Minimierung der aufgetretenen Fehler führen.

Fazit

In dem Praktikumsversuch zu Mikroskope und Fernrohre wurden die Aufbauten, Funktionsweisen von beeinflussende Faktoren zu diese untersucht. Um möglichst fehlerarme Ergebnisse zu gewährleisten wurde während alle Versuche auf intakte und saubere Komponente geachtet, es wurde auch dafür gesorgt das der Raum während den versuchen Dunkel war. Es sind jedoch wie bereits im Verlauf dieses Protokolls beschrieben zu Messfehlern gekommen, eine Wiederholung der Versuche würden zu einer Minimierung der Fehlerquellen führen.

Messwerte - Versuch Mikroskop

Bedienung des Labormikroskops	
Dicke des Haares	0,07 mm.

Abbildung des Präparates
Skelettmuskelgewebe

Selbstgebautes Mikroskop

	Messung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Position des Objekts / mm	195	217	222	223	224	225	225	225
Position des Objektivs / mm	267							
Position des Okulars / mm	420	520	620	720	820	920	1020	1120
Objektgröße G / mm	3	3	2	2	1	1	0,5	0,5
Bildgröße B_{mit} des Objekts / mm	0,6	2,63	3,2	4,43	3,11	3,9	1,93	2,26
Bildgröße des Objekts B_{ohne} / mm	1,8	1,8	1,2	1,2	0,6	0,6	0,3	0,3

Brennweite /mm:	Okular:	58mm	Objektiv:	35 mm	Linse künstliches Auge:	150mm

Selbstgebautes Fernrohr

Winkelvergrößerung

Bildgröße B_{mit} des Objekts / mm	33
Bildgröße des Objekts B_{ohne} / mm	14
Abstand der Linsen / mm	460
Brennweite des Objektivs / mm	500
Brennweite des Okulars / mm	58

Winkelauflösung

Linienabstand a /mm	0,4	0,5	0,6	0,7
Blendendurchm. D /mm	41,9 mm	37,8 mm	27,6	23,5
Objektivbrennweite /mm	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm
Okularbrennweite /mm	1185mm	1185	1185	1185
Abstand d /m	31	31	31	31