



UNIVERSITÄT REGENSBURG

Naturwissenschaftliche Fakultät II - Physik

Anleitung zum Anfängerpraktikum **B**

Versuch „og“: Optische Geräte

4. Auflage 2019

Dr. Stephan Giglberger

Inhaltsverzeichnis

og	Optische Geräte	3
og.1	Lernziele	3
og.2	Vorbereitung	3
og.2.1	Literatur	4
og.2.2	Grundlagen	4
og.2.3	Fragen zur Vorbereitung	8
og.2.4	Aufgaben zur Vorbereitung	9
og.3	Durchführung	11
og.3.1	Lupe	11
og.3.2	Astronomisches Fernrohr	11
og.3.3	Terrestrisches Fernrohr	11
og.3.4	Holländisches Fernrohr	11
og.3.5	Spiegelteleskop	12
og.3.6	Diaprojektor	12
og.3.7	Mikroskop	13

og Optische Geräte

og.1 Lernziele

Bei diesem Versuch sollten Sie die Gelegenheit nutzen, selbständig mit einfachen, aber grundsätzlich wichtigen optischen Geräten zu experimentieren. Im Vordergrund steht hier also das eigene Beobachten. Die quantitative Auswertung beruht auf den Gesetzen der geometrischen Optik. Konkret lässt sich dies an folgenden Aufgaben festmachen:

- Theoretische Überlegungen und Berechnungen experimentell überprüfen
- Grundgesetze der geometrischen Optik durch Anwenden besser verstehen
- Probleme der geometrischen Optik praktisch lösen
- Versuchsaufbauten justieren und optimieren
- Wichtige optische Geräte und Instrumente (Lupe, Fernrohre, Projektionsapparat, Mikroskop) in offener Versuchsanordnung nachbauen

og.2 Vorbereitung

Lesen Sie sich mit Hilfe der angegebenen Literatur in folgende Begriffe ein:

- Wirkung und der Abbildungsgleichungen von dünnen Sammell- und Zerstreuungslinsen
- Linsenfehler und Möglichkeiten ihrer Beseitigung, Schärfentiefe, Blenden
- Physiologie des Auges

og.2.1 Literatur

- [1] Bergmann-Schaefer: Optik 84UC 143 B 499-3(6)+3
- [2] Pohl: Optik und Atomphysik 84UC 127 P 748-3(12)
- [3] Gerthsen: Physik 84UC 156 G 384
- [4] Zinth / Körner, Physik III, Optik 84UC 174 D 764
- [5] G. Schröder: Technische Optik 84UH 5000 S 381

og.2.2 Grundlagen

Die Grundlagen für den Versuch finden Sie in [1] und [2]. Hier werden die Strahlengänge durch einige optische Geräte gezeigt.

Bemerkung: Der alte Begriff *Vergrößerung* sollte - außer bei Geräten mit direkter Beteiligung des Auges - durch den zutreffenderen Ausdruck *Abbildungsmaßstab* ersetzt werden.

Die Lupe

Die Lupe ist eine Konvexlinse. Sie erzeugt ein vergrößertes virtuelles Bild des Gegenstandes. Der Gegenstand befindet sich innerhalb der Brennweite f . Meistens wählt man die Gegenstandsweite g so, dass die virtuelle Bildweite b bei ca. 25 cm liegt. Dies entspricht der deutlichen Sehweite eines normalsichtigen Auges. Der Strahlengang ist in Abb. og.1 skizziert.

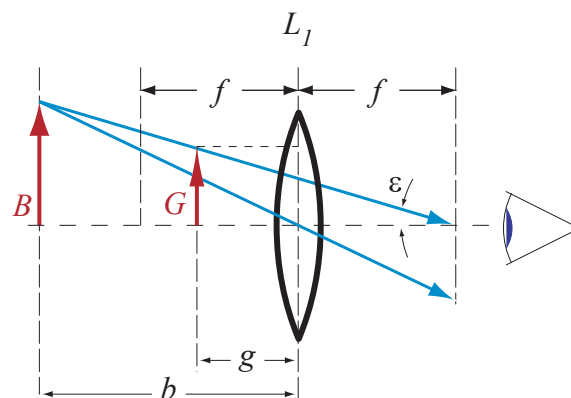


Abbildung og.1: Vergrößerung einer Lupe

Das astronomische Fernrohr

Das astronomische Fernrohr (auch Keplersches Fernrohr genannt) besteht aus zwei Sammellinsen. Es ist in Abb. og.2 gezeigt.

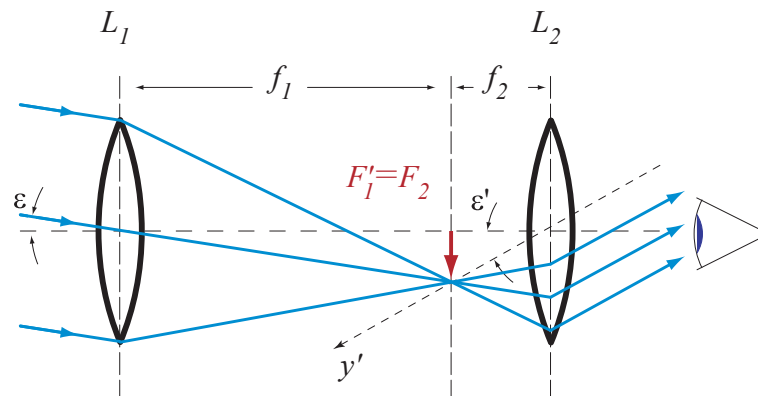


Abbildung og.2: Astronomisches (Keplersches) Fernrohr

Das terrestrische Fernrohr

Das terrestrische Fernrohr (og.3) ist aus drei Linsen aufgebaut, wobei die Zwischenlinse der Bildumkehr dient (1:1 Abbildung von B in F_1 nach B' in F_3).

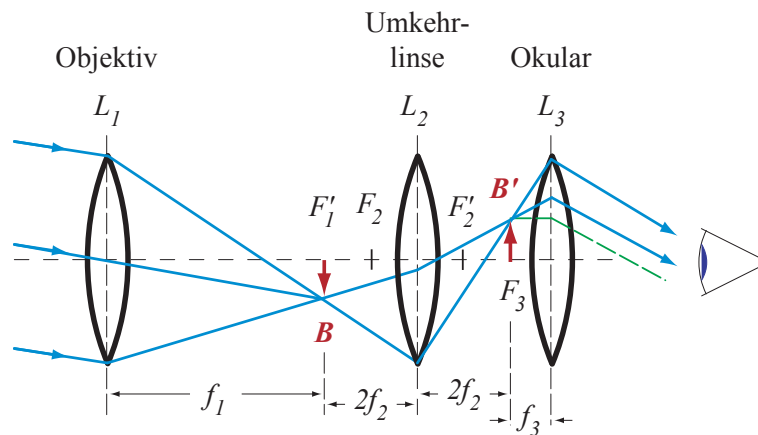


Abbildung og.3: Terrestrisches Fernrohr

Das holländische Fernrohr

Das Holländische Fernrohr oder Galileische Fernrohr ist aus einer Sammellinse und einer Zerstreuungslinse aufgebaut. Es ist in Abb. og.4 gezeigt. Dieses Verfahren wird auch beim Opernglas benutzt.

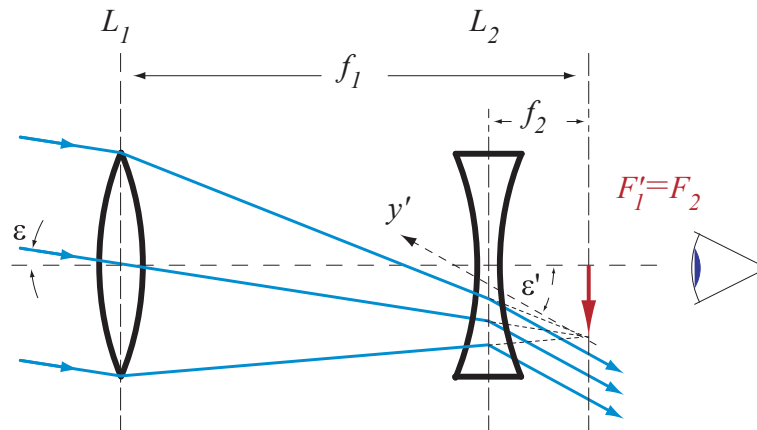


Abbildung og.4: Holländisches (Galileisches) Fernrohr

Der Diaprojektor

Der Diaprojektor erzeugt ein vergrößertes, auf dem Kopf stehendes, seitengedrehtes Bild auf der Leinwand. In Abb. og.5 ist der beleuchtende (blau) und der abbildende Strahlengang (grün) gezeigt.

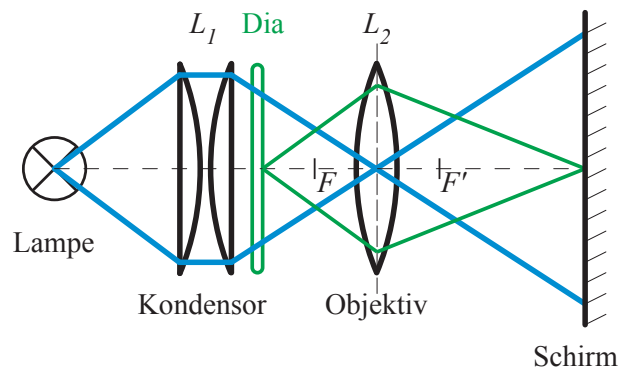


Abbildung og.5: Diaprojektor

Das Mikroskop

Das Objektiv des Mikroskops entwirft ein reelles Zwischenbild in vergrößertem Maßstab. Dieses Zwischenbild wird mit einer Lupe (Abstand zwischen Bild und Linse = Brennweite des Okulars) angesehen. Der Strahlengang ist in Abb. 6 skizziert. Die Vergrößerung des Mikroskops ist das Produkt

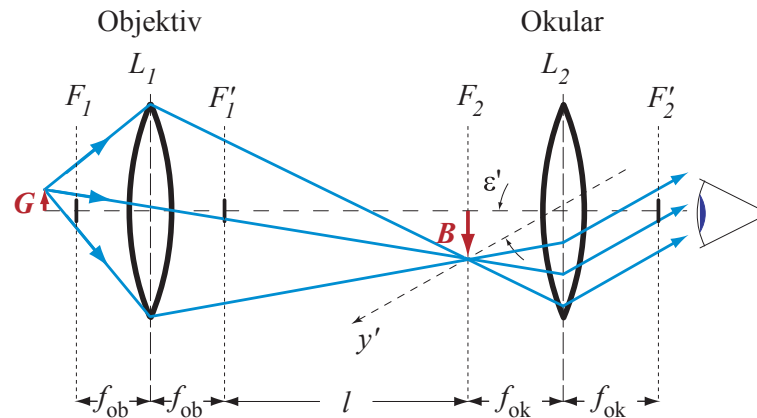


Abbildung og.6: Mikroskop

aus den Abbildungsmaßstäben des Objektivs, $V_{obj} = l/f_{obj}$, und des Okulars (Lupe), $V_{ok} = s/f_{ok}$, wobei $s = 25$ cm die deutliche Sehweite ist. Es gilt

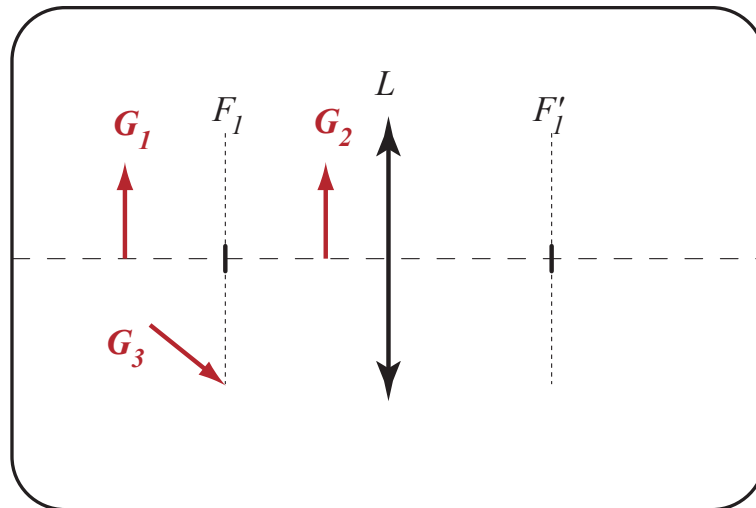
$$V = V_{obj} \cdot V_{ok} = \frac{l}{f_{obj}} \frac{s}{f_{ok}} \quad (og.1)$$

og.2.3 Fragen zur Vorbereitung

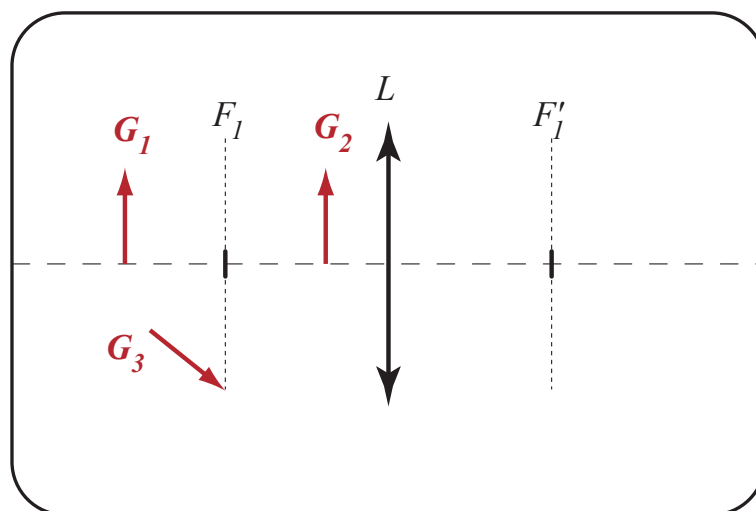
1. Wie lautet die Abbildungsgleichung für dünne Sammel- und Zerstreuungslinsen? Welche Näherungen werden bei der Herleitung gemacht? Was ist die *Hauptebene* einer Linse?
2. Wodurch werden die Bildhelligkeit und das Gesichtsfeld beeinflusst bzw. begrenzt?
3. Leiten Sie die Formeln für die Vergrößerung von Lupe, den Fernrohren und dem Mikroskop her. Berücksichtigen Sie beim Fernrohr insbesondere die großen Gegenstandsweiten.
4. In welche Entfernungsbereiche - bezogen auf die Brennweite der Lupe - können der zu betrachtende Gegenstand und das Auge gebracht werden?
5. Warum benutzt man in der Praxis meist Prismenfernrohre? Zeichnen Sie den Strahlengang!
6. Erläutern Sie anhand einiger einfacher optischer Abbildungsanordnungen die Begriffe Apertur- und Gesichtsfeldblende. Was will man mit ihnen bezwecken?
7. Wie lassen sich in optischen Systemen mit einem vorgegebenen Linsensatz kurze Brennweiten erzielen?
8. Welche Linsenfehler gibt es? Nennen Sie Möglichkeiten zu ihrer Beseitigung!
9. Erläutern Sie, warum Präzisionsfernrohre für die Astronomie nicht mit Linsen sondern mit Spiegeln gebaut werden.
10. Zeichnen und erläutern Sie die Optik im menschlichen Auge! Erörtern Sie Kurz- und Weitsichtigkeit sowie Astigmatismus.
11. Warum besteht der Kondensator eines Diaprojektors aus zwei plankonvexen Linsen? (Hinweis: Berücksichtigen Sie die Reflexionsverluste!)
12. Wie kann man die Vergrößerung eines Fernrohrs ohne Kenntnis der Brennweiten messen?
13. Schätzen Sie die Größenordnung der Objektivbrennweite für einen Heimdiaprojektor ab, wenn Sie Raumgröße, Dia- und Leinwandgröße in Betracht ziehen.

og.2.4 Aufgaben zur Vorbereitung

1. Konstruieren Sie die Bilder der Gegenstände in Abb. 1 nach einer Sammellinse.



2. Konstruieren Sie die Bilder der Gegenstände in Abb. og.8 nach einer Zerstreuungslinse



3. Konstruieren Sie das Bild G'' des Gegenstandes G durch ein einfaches System einer dünnen Zerstreuungslinse und einer dünnen Sammellinse (Abb. og.7, Modell eines Achromaten). Erzeugen Sie zunächst das Bild $B1$ durch die Zerstreuungslinse, wobei Sie den gegenstandsseitigen Brennpunkt $F1'$ benutzen. Dieses Bild bilden Sie dann durch die Sammellinse zum Bild $B2$ ab. Das obige Linsensystem hat eine gemeinsame Brennweite

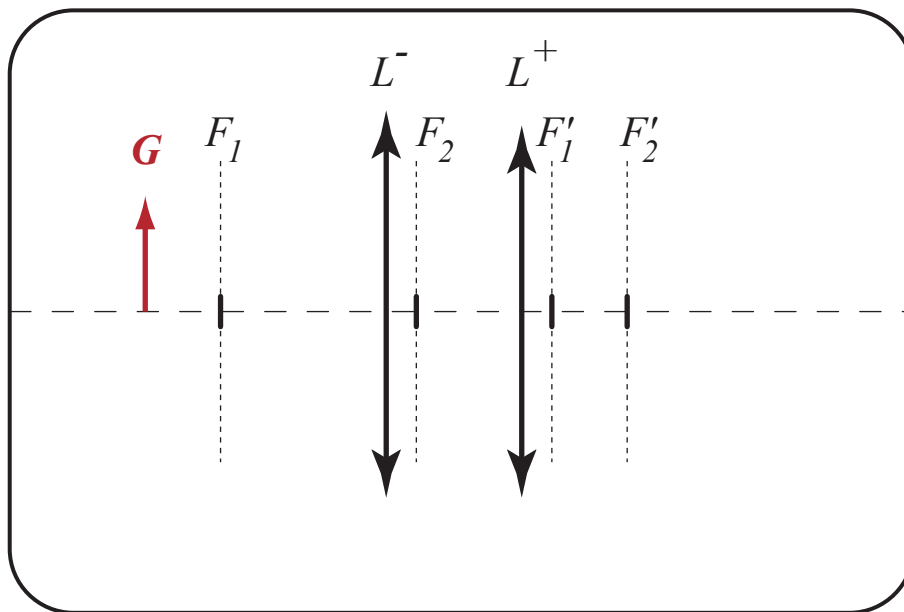


Abbildung og.7: Bildkonstruktion mit einem einfachen Linsensystem

$$f = \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2} \right)^{-1}, \quad (\text{og.2})$$

wobei d der Abstand der beiden dünnen Linsen ist. Entnehmen Sie f_1 , f_2 , d und g der Zeichnung und berechnen Sie damit die Bildgröße $B2$ und die Bildweite $b2$.

Die beiden Hauptebenen liegen im jeweiligen bildseitigen Abstand

$$h_1 = \frac{f \cdot d}{f_2} \quad \text{bzw.} \quad h_2 = -\frac{f \cdot d}{f_1} \quad (\text{og.3})$$

von den beiden Linsen. Zeichnen Sie die Hauptebenen in die obige Abbildung ein und konstruieren Sie damit das Bild $B2$. Vergleichen Sie mit den oben berechneten Werten für Bildgröße und -weite.

og.3 Durchführung

og.3.1 Lupe

Betrachten Sie Gegenstände mit und ohne Lupe. Bestimmen Sie bei den verschiedenen Beobachtungsarten jeweils die subjektiv ermittelten Vergrößerungen an.

og.3.2 Astronomisches Fernrohr

Material: 2 Achromate $f = 500$ mm, 60 mm und $f = 40$ mm, 10 mm Bikonvexlinse $f = 500$ mm, 38 mm 2 Bikonvexlinsen $f = 40$ mm, = 24 mm 2 Iris-Blenden, Ständer mit Schiene und Reiter

1. Bauen Sie ein astronomisches Fernrohr von mehr als 10-facher Vergrößerung aus zwei Bikonvexlinsen.
2. Benutzen Sie eine Gesichtsfeldblende. Wo muss sie stehen, damit eine Gesichtsfeldbegrenzung bei Betrachtung sehr weit entfernter Gegenstände entsteht?
3. Benutzen Sie als Objektivlinse eine achromatische Linse. Beschreiben Sie die Unterschiede in der Bildgüte und bestimmen Sie die Vergrößerung experimentell.
4. Stellen Sie eine Blende vor die Objektivlinse und betrachten Sie das Bild mit verschiedenen Durchmessern der Blende vor dem Objektiv.
5. Benutzen Sie als Okularlinse einen Achromaten.

og.3.3 Terrestrisches Fernrohr

Bauen Sie ein terrestrisches Fernrohr gem. Abb. *og.3* auf. Diskutieren Sie insbesondere die Rolle der mittleren Linse und ihren Einfluss auf die Vergrößerung. Untersuchen Sie die Einflüsse von Linsenqualität (Achromate) und Blenden wie beim Astronomischen Fernrohr.

og.3.4 Holländisches Fernrohr

Material: Achromat $f = 500$ mm, Bikonkavlinse $f = -100$ mm Bikonkavlinse $f = -200$ mm, Blende, Ständer mit Schiene und Reitern

1. Welchen Einfluss hat der Objektivdurchmesser auf den Gesichtsfelddurchmesser?
2. Bestimmen Sie den Durchmesser des Gesichtsfeldes bei 5-facher Vergrößerung und bei 2,5-facher Vergrößerung (in beiden Fällen gleicher Objektivdurchmesser von 32 mm). Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Durchmesser des Gesichtsfeldes und der Vergrößerung?
3. Bestimmen Sie in beiden Fällen die Vergrößerung experimentell.

og.3.5 Spiegelteleskop

Beobachten Sie weit entfernte Gegenstände mit dem Spiegelteleskop. Beurteilen Sie Vor- und Nachteile gegenüber den vorher gebauten Fernrohren.

og.3.6 Diaprojektor

Vorhandene Komponenten: Bikonvexlinse $f = 80$ mm Optische Bank Achromat $f = 80$ mm Lampe Kondensator $f = 130$ mm Diahalter mit Diapositiv Iris-Blende Schirm

Erzeugen Sie ein vergrößertes Bild des Diapositivs auf dem Schirm.

1. Beginnen Sie ohne Kondensorlinse mit einer Bikonvexlinse als Objektiv. Bilden Sie zunächst möglichst scharf ab bei einer Bildgröße von ca. 10 cm. Verschieben Sie jetzt den Schirm so, dass das Bild etwas unscharf wird und verkleinern Sie dann mit der Irisblende den Linsendurchmesser. Beschreiben Sie die beobachteten Effekte.
2. Benutzen Sie nun bei voller Objektivöffnung den Kondensator zur Beleuchtung des Diapositives und beschreiben Sie die Veränderungen im Bild gegenüber Aufgabe 1.
3. Ändern Sie wieder wie in Aufgabe 1 den Objektivdurchmesser. Beschreiben Sie die beobachteten Effekte.
4. Benutzen Sie nun als Objektiv eine korrigierte Linse (Achromat) mit gleicher Brennweite unter Konstanthalten der Abstände. Diskutieren Sie die Bildfehler (Farbfehler, Verzerrungen, fehlende Schärfentiefe).

og.3.7 Mikroskop

Geräte: Lampe (mit Kondensator), Dia mit Strichgitter $d = 0,1$ mm halbdurchlässiger Spiegel mit Halterung, Beobachtungsschirm Okular $f = 25$ mm ($V = 10\times$), Objektiv $f = 40$ mm, 10 mm

Berechnen Sie die optischen Parameter eines Mikroskops für die Vergrößerung $V = 50$. Bestimmen Sie die Vergrößerung experimentell mit Hilfe der modifizierten Mikroskopanordnung in Abb.10: Nach der Okularlinse wird eine Sammellinse L ($f_L = 100$ mm) platziert. Ein Beobachtungsschirm S

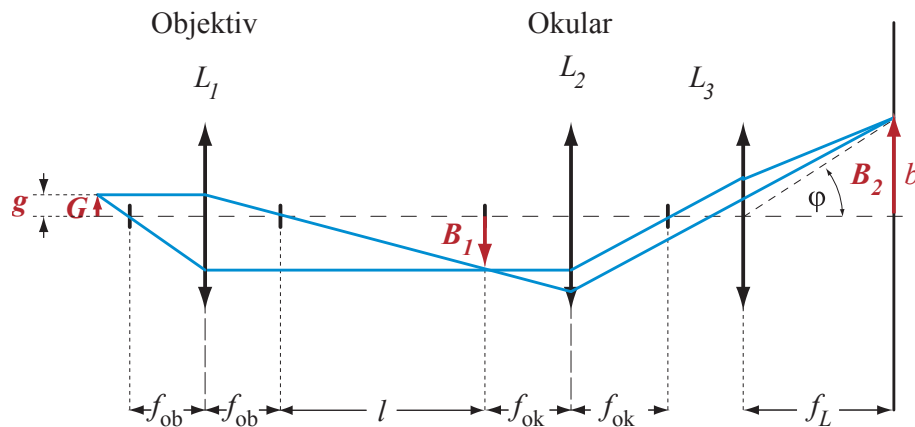


Abbildung og.8: Experimentelle Bestimmung der Vergrößerung des Mikroskop: F_{ob} , F_{ok} , F_L : Brennweiten der benutzten Linsen, l : Tubuslänge, g : Gegenstandsgröße, b : Größe des Bildes B_2 auf dem Schirm.

wird im Abstand der Brennweite f_L aufgestellt.

Durch die Wirkung dieser Sammellinse werden die parallelen Lichtbündel, die die Okularlinse unter dem Winkel φ verlassen auf einen Punkt am Beobachtungsschirm fokussiert. Die Vergrößerung V des Mikroskopes kann bestimmt werden aus dem Verhältnis des Winkels φ und dem Winkel, unter dem der Gegenstand G dem unbewaffneten Auge im Abstand der deutlichen Sehweite, s erscheint:

$$V = \frac{\varphi}{\arctan g/s} \quad (og.4)$$

Als Objekt benutzen Sie am besten das Strichgitter. Um den Winkelabstand zweier Gitterlinien auf dem Schirm zu messen, bestimmen Sie die Höhe b , die von mehreren Gitterstrichen auf dem Beobachtungsschirm eingenommen wird, und dividieren sie durch die Zahl der Zwischenräume zwischen den betrachteten Gitterstrichen.