

Mikroskopie@Home – Mikroskopie mit dem Foldscope

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München
P3A — Praktikum — Versuch in Eigenregie

14. Februar 2021

Motivation und Versuchsziele

Dieser Versuch findet in Eigenregie zu Hause statt. Sie bauen dabei mit dem zum ersten Präsenzversuch erhaltenen Foldscope-Bausatz ein Mikroskop auf. Anschließend untersuchen Sie einige selbst gewählte Proben. Die Details können und sollten Sie dabei selbst gestalten. Bei der Bewertung wird besonderer Wert auf Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit gelegt. Wenn etwas nicht klappt, versuchen Sie das Problem zu lösen und legen Sie – unabhängig davon, ob Sie das Problem lösen konnten oder nicht – besonderen Wert darauf, dass nachvollzogen werden kann, was Sie versucht haben, um die auftretenden Probleme zu lösen. Inhaltlich beschäftigt sich der Versuch mit der Abbildung durch Linsen.

Teilversuche

1. Aufbau des Foldscope-Mikroskops

Das Mikroskop wird entsprechend der mitgelieferten Anleitung zusammengebaut.

2. Mikroskopieren mit dem Foldscope

Mit dem Foldscope untersuchen Sie einige selbst gewählte Proben. Neben der direkten Betrachtung mit dem Auge erstellen Sie Fotos mit einer Smartphone- oder Tablet-Kamera oder erstellen eine Videodokumentation.

3. Bestimmung der Vergrößerung des Foldscopes

Anhand eines geeigneten Maßstabes wird die Vergrößerung des Foldscopes bestimmt.

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische Grundlagen	3
1.1	Abbildung durch das Auge	3
1.2	Vergrößerung durch ein optisches Instrument	4
1.3	Vergrößerung durch eine Lupe	4
2	Versuchsplanung	5
3	Versuchsdurchführung	6
3.1	Aufbau des Foldsopes	6
3.2	Mikroskopieren mit dem Foldscope	6
3.3	Bestimmung der Vergrößerung des Foldsopes	6

Literatur

- [CCP14] CYBULSKI, James S. ; CLEMENTS, James ; PRAKASH, Manu: Foldscope: Origami-Based Paper Microscope. In: *PLOS ONE* 9 (2014), 06, Nr. 6, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0098781>. – DOI 10.1371/journal.pone.0098781

1 Physikalische Grundlagen

Mit einem Mikroskop sollen kleine, mit bloßem Auge nicht mehr auflösbare Strukturen vergrößert werden. Um den Begriff der **Vergrößerung** sinnvoll zu definieren, werde zunächst die Wirkungsweise des menschlichen **Auges** betrachtet. Für darüber hinausgehende Theorie ist es Ihre Aufgabe, diese selbst zu recherchieren.

1.1 Abbildung durch das Auge

Das Auge besteht im Wesentlichen aus einer abbildenden **Linse** und der dahinter befindlichen **Netzhaut**, auf der das Bild aufgefangen wird (Abbildung 1):

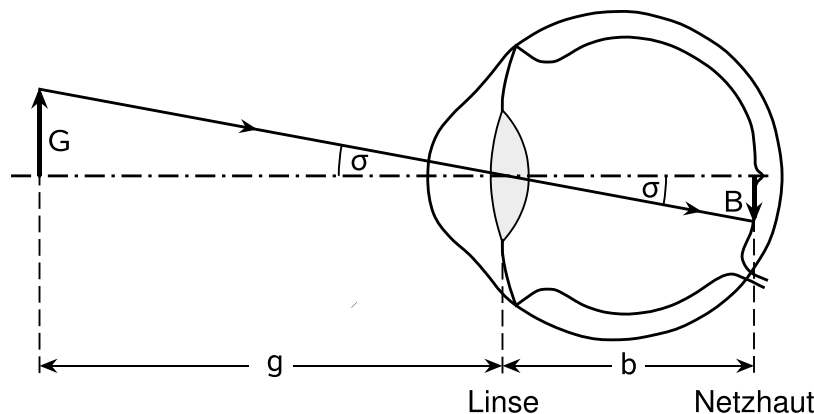


Abbildung 1: Abbildung eines Gegenstandes durch das menschliche Auge

Wie groß ein Objekt bei visueller Betrachtung erscheint, hängt von der **Bildgröße** B auf der Netzhaut und nicht von der tatsächlichen **Größe** G des Objekts ab. Da

$$B = b \cdot \tan(\sigma) \quad 1 \text{ arcminute} = \frac{1}{60}^\circ \quad (1)$$

ist und die **Bildweite** b einen konstanten Wert hat, ist für die in Abbildung 1 wahrgenommene Größe des Objekts allein der **Sehwinkel** σ maßgebend.

Zwei Objektpunkte können mit dem Auge gerade noch getrennt wahrgenommen werden, wenn ihre Bildpunkte auf **zwei benachbarte Sehzellen** fallen. Deren Abstand entspricht einem **Sehwinkel von $1'$** , der für ein deutliches Erkennen einer Objektstruktur nicht unterschritten werden darf. Wenn dies aber doch der Fall ist, gibt es Möglichkeiten, den Sehwinkel zu vergrößern. Die einfachste besteht darin, das Objekt näher zum Auge zu schieben. Die Augenlinse ändert dabei durch elastische Deformation mithilfe eines Muskels ihre Brennweite, sodass das Bild trotz der konstanten Bildweite scharf bleibt (Zoomfunktion). Dieser Akkommodationsfähigkeit des Auges sind jedoch Grenzen gesetzt. Der durch sie gerade noch einstellbare kleinste Abstand beträgt **z. B. im Alter von 20 Jahren 10 cm**. Er lässt sich aber nur kurzzeitig unter Anstrengung aufrechterhalten. Für Dauerbeobachtungen mit größtmöglichem Sehwinkel bei **nicht angestregtem Auge** ist es üblich, als »**deutliche Sehweite**« **$l = 25 \text{ cm}$** anzugeben.

1.2 Vergrößerung durch ein optisches Instrument

Da das menschliche Auge die deutliche Sehweite $l = 25\text{ cm}$ nicht unterschreiten kann, ist der Sehwinkel ohne Hilfsmittel durch $\tan(\sigma) = G/l$ beschränkt (Abbildung 2, oben). Möchte man den Wert des Sehwinkels darüber hinaus vergrößern, muss man ein **optisches Instrument** benutzen. Es ist sinnvoll, dessen **Vergrößerung** Γ' als das Verhältnis der Bildgröße B' auf der Netzhaut, die sich bei Betrachtung des Objekts durch das Instrument ergibt, zur Bildgröße B für Betrachtung mit bloßem Auge **in deutlicher Sehweite** zu definieren. Diesen Bildgrößen entsprechen die Sehwinkel σ' bzw. σ . Mit (1) ergibt sich:

$$\Gamma' = \frac{B'}{B} = \frac{\tan(\sigma')}{\tan(\sigma)} = \frac{25\text{ cm}}{f} \quad \frac{B}{B'} = \frac{\tilde{B}}{\tilde{B}'} \quad (2)$$

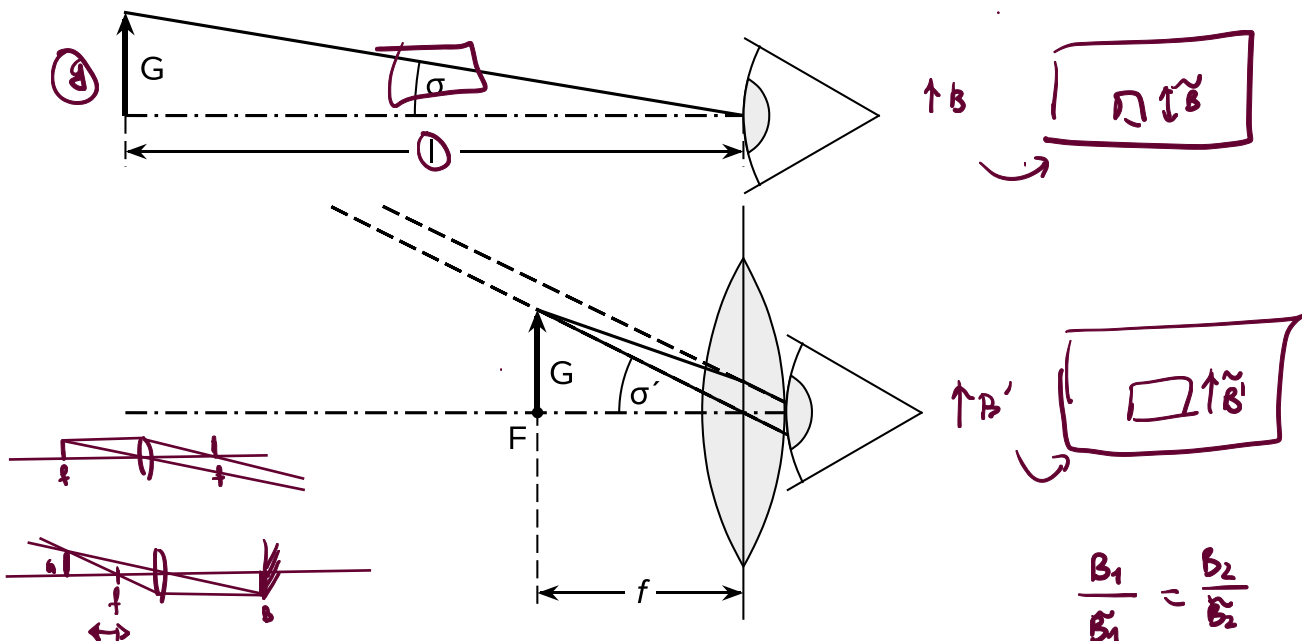


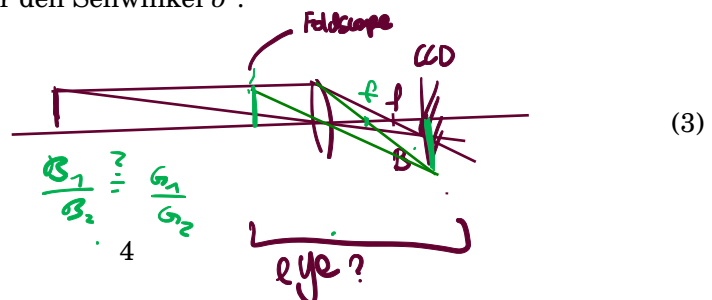
Abbildung 2: Vergrößerung des Sehwinkels durch eine Lupe

1.3 Vergrößerung durch eine Lupe

Mit bloßem Auge werde das Objekt aus der deutlichen Sehweite l betrachtet (Abbildung 2, oben). Daraus ergibt sich der Sehwinkel σ .

Wird das Objekt in die Brennebene der **Lupe** gesetzt (Abbildung 2, unten), so verlassen die von einem bestimmten Punkt des Gegenstandes ausgehenden Strahlen die Linse als Parallelstrahlbündel. Damit folgt für den Sehwinkel σ' :

$$\tan(\sigma') = \frac{G}{f}$$



2 Versuchsplanung

Die Vergrößerung ist damit gegeben durch:

$$\Gamma'_L = \frac{\tan(\sigma')}{\tan(\sigma)} = \frac{G/f}{G/l} = \frac{l}{f} \quad (4)$$

$$\Gamma'_L = \frac{l}{f} \quad (5)$$

Die Wirkungsweise der Lupe besteht also lediglich darin, es zu ermöglichen, das Objekt ohne Anstrengung des Auges näher an dieses heranzubringen.

2 Versuchsplanung

Zur Vorbereitung auf diesen Versuch müssen Sie sich neben den physikalischen Grundlagen auch mit der Organisation bzw. Beschaffung der notwendigen Versuchsmaterialien befassen. Lesen Sie dazu wie für eine gründliche Vorbereitung üblich das gesamte Skript inklusive Durchführung während Ihrer Vorbereitung durch und identifizieren dabei das notwendige Material und planen Sie den Ablauf der Durchführung. Recherchieren Sie die notwendige Theorie zur **Brennweite einer Kugellinse** sowie notwendige ggf. Ihnen noch unbekannte Materialparameter anhand von **Datenblättern zum Material BK7**. Dokumentieren Sie dabei auch Ihre Überlegungen.

Sie dürfen gerne bereits vor dem im Zeitplan genannten Termin Ihre Experimente starten. Achten Sie im Vorfeld im Alltag auf mögliche Proben, die Sie mit dem Foldscope untersuchen könnten.

In diesem Versuch kann es auch sinnvoll sein, Ihre **Erkenntnisse bei der Nutzung des Foldsopes in Form einer Videodokumentation festzuhalten**. Ihrer Kreativität sind dabei keine Grenzen gesetzt. Achten Sie dabei jedoch auf mögliche Gefahren und auf Ihre Sicherheit!

Was bedeutet das hier?

we recorded building
the foldscope.

① Dokumentation d
how Foldscope is
made

3 Versuchsdurchführung

3.1 Aufbau des Foldscopes

- Geben Sie die Linsengleichung für eine bikonvexe Linse an.
- Bauen Sie Ihr Foldscope anhand der beiliegenden Anleitung auf. Erstellen Sie dabei eine kurze Fotodokumentation in Ihrem Protokoll. Dokumentieren Sie auch die Seriennummer Ihres Foldscopes.

3.2 Mikroskopieren mit dem Foldscope

- **Sicherheitshinweis: Blicken Sie niemals direkt in die Sonne oder andere helle Lichtquellen.**
- Mikroskopieren Sie mit Ihrem fertigen Foldscope verschiedene Objekte (z. B. Zwiebelhaut, Haar, Wassertropfen eines Heuaufgusses ...). Dokumentieren Sie in Ihrem Protokoll die untersuchten Proben und dabei gewonnene Erkenntnisse zur Funktionsweise des Foldscopes. Erstellen Sie für mindestens drei unterschiedliche Objekte mit einer Smartphone- oder Tablet-Kamera Fotos der von Ihnen untersuchten Mikroskopie-Bilder und fügen diese in Ihr Protokoll ein.
- Zum Beispiel im Falle von bewegten Objekten (wie beispielsweise Wimperntierchen in einem Heuaufguss) kann eine Videodokumentation sinnvoll sein.

3.3 Bestimmung der Vergrößerung des Foldscopes

- Bestimmen Sie mit Hilfe eines geeigneten Maßstabes (z.B. Liniengitter oder Haar) die Vergrößerung des Foldscopes inklusive Abschätzung der dazugehörigen Messunsicherheit.
- Das Foldscope verwendet eine Kugellinse aus Borsilikatglas (BK7), die einen Durchmesser von 2,38 mm (3/32 inch) hat [CCP14]. Berechnen Sie die Brennweite dieser Kugellinse und die erwartete Vergrößerung des Foldscopes.
- Vergleichen Sie Ihre im Experiment abgeschätzte Vergrößerung mit der theoretisch erwarteten Vergrößerung.
- Worin besteht der Unterschied zwischen dem Foldscope und klassischen Mikroskopen?

$$V_t = \frac{f}{f-g}$$

manuskript

Is the Smartphone Camera a good model for the eye?