

Ausführliche Anleitung – CoreBox openUC2

Lichtwelten entdecken – Optische Systeme verstehen, bauen und anwenden

Material:

openUC2 CoreBox - modularer Optikbaukasten

Zielgruppe:

- Sekundarstufe I
- Sekundarstufe II

Umfang:

1-8 Unterrichtsstunden (modular); geeignet für:

- Einzelstunden
- Doppelstunden
- Projekttag
- AGs/Forscherkurse/MINT-Labore

Fachbereiche:

Physik, Biologie, Technik, Sachunterricht, Informatik

Das macht die CoreBox vergleichbar mit einem **optischen LEGO-System**: Bauteile können in beliebiger Reihenfolge kombiniert werden, ohne zusätzliche Werkzeuge.

1.2 Komponenten der CoreBox

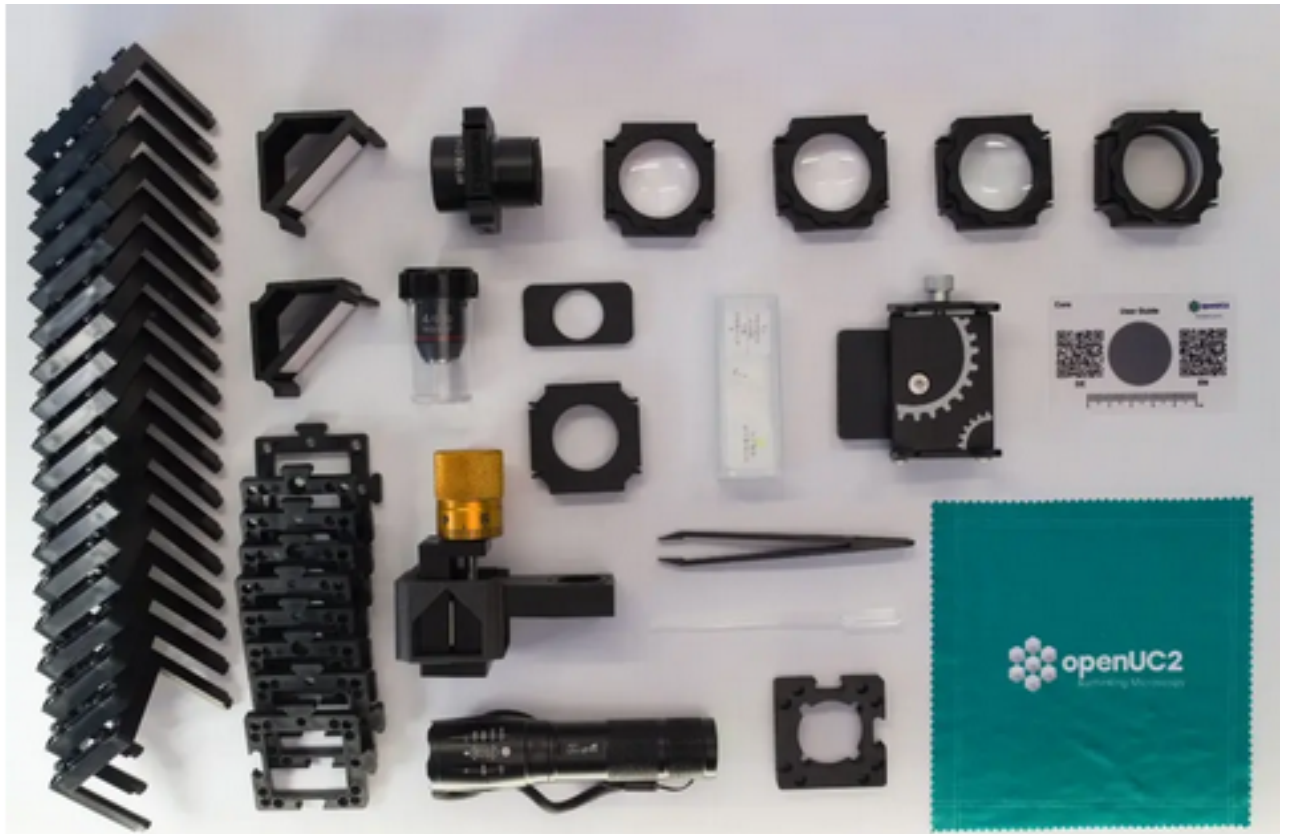
Die CoreBox enthält grundlegende optische Komponenten, mit denen Schüler optische Systeme selbst zusammenbauen können. Diese sind:

Würfelmodule

- 2x 45°-Spiegel (feststehend, Frontfläche)
- 2x 50-mm-Linse
- 1x 100-mm-Linse
- 1x -50-mm-Linse
- 1x Okular
- 1x universelle Smartphone-Halterung
- 1x Probenhalterung
- 1x Z-Stage (25 mm Verfahrweg)

Zusätzliches Zubehör

- 10x Puzzle-Grundplatten
- 2x Biologische Probe in 1x Probenbox
- 1x Objektiv (4x, NA = 0,1, endlich)
- 1x Taschenlampe mit Halterung
- Linsenreinigungstuch
- QR-Code (für Dokumentation und Tutorials)

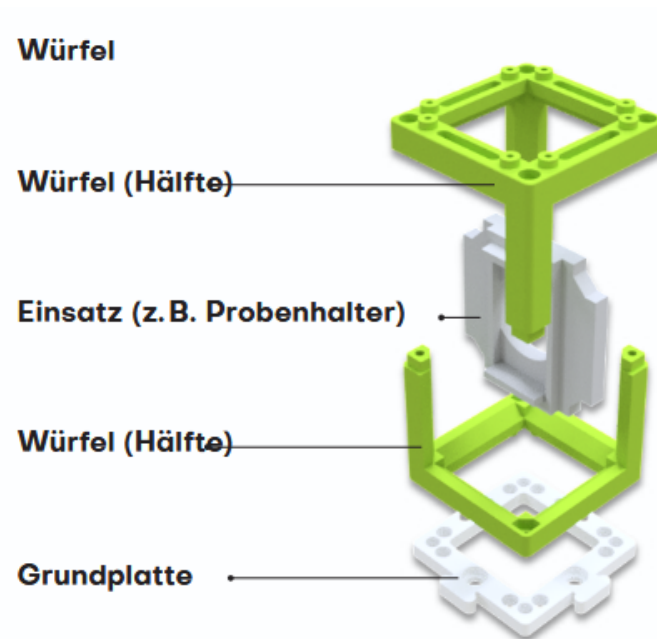


Inhalt der CoreBox

1.3 So arbeitet man mit der CoreBox

1. Der Würfel

Das Kernelement des UC2-Projekts ist ein einfacher Würfel. Der Würfel besteht aus zwei Hälften und beherbergt einen schiebbaren Einsatz. Der Einsatz kann verschiedene optische Komponenten aufnehmen (z.B. Linsen, Spiegel), was bedeutet, dass mit jedem Würfel unterschiedliche Funktionen implementiert werden können.



Würfelaufbau

2. Umbau der Würfel

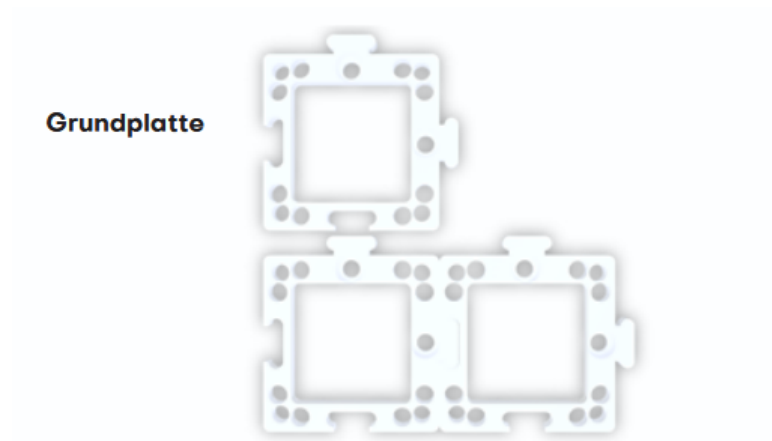
Die Würfelhälften können auseinandergenommen werden, so kann zum einen die ganze Funktion des Würfels geändert werden, indem die optischen Komponenten vollständig ausgetauscht werden können. Zum anderen kann aber auch nur die Orientierung der optischen Komponente geändert werden. Dies gilt für alle Würfel der Corebox.



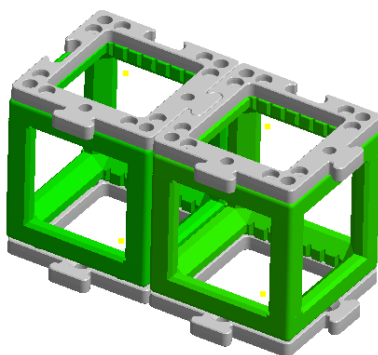
Würfel auseinander- und zusammenbauen

3. Verbinden der Würfel

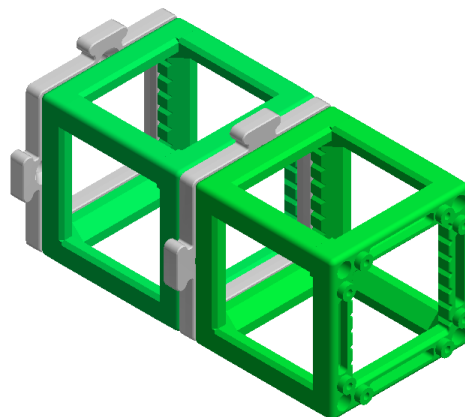
Die einzelnen Würfel werden mittels der Grundplatte / Puzzleteile verbunden, sodass stabile optische Aufbauten (optical Setups = OST) entstehen. Die Puzzleteile können als vertikale Verbindung genutzt werden, jedoch ist eine horizontale Verbindung vorteilhafter, da die einzelnen Würfel hierbei sowohl an der Unter- als auch der Oberseite der Würfel befestigt werden, was zu einer besseren Justage führt.



Verbinden von Puzzleteilen



Horizontale Verbindung der Würfel

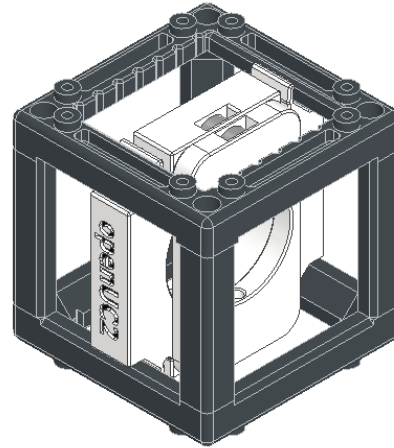


Vertikale Verbindung der Würfel

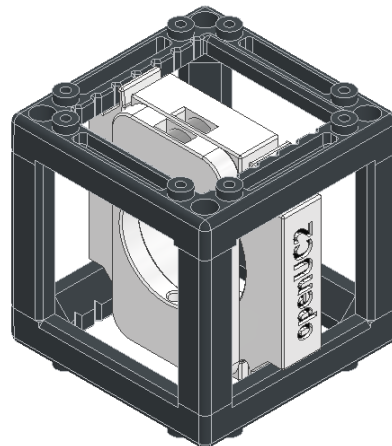
4. Rotieren der Würfeinsätze

In der Corebox lassen sich alle Würfeinsätze auf 5 Arten in den Würfel einsetzen:

Option A: Die Federflügel des Würfeinsatzes befinden sich an der glatten Seite des Würfels, wobei die Federn nach oben und nach unten ausgerichtet sind. Dies ermöglicht ein Verschieben des Einsatzes und sollte **standardmäßig** für die Corebox-Komponenten genutzt werden. Die Federflügel **fixieren** den Einsatz fest an seiner Position, sodass auch Erschütterungen oder andere Bewegungen die Position nicht beeinträchtigen.

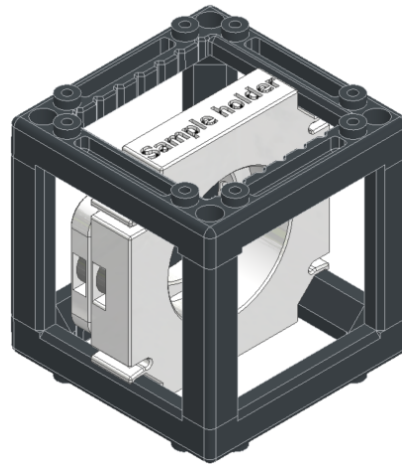


Option B: Die Federflügel befinden sich an den gerillten Seiten des Würfels, wobei die Federn nach oben und unten ausgerichtet sind. Der Würfel weist diese Rillen auf, da andere Komponenten des openUC2-Universums diese Rillen nutzen um eine exakte 90°-Ausrichtung zur optischen Achse zu gewährleisten. Dies gilt jedoch nicht für die Komponenten der Corebox. Daher sollte Option B **nicht genutzt** werden, da sie das Gleiten der Komponenten verhindert.



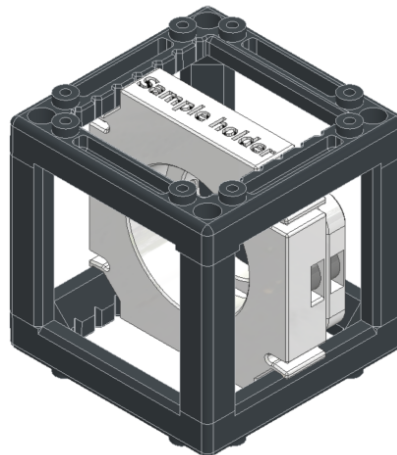
Option C:

Die Federflügel des Würfeinsatzes befinden sich an der glatten Seite des Würfels, wobei die Federn nach links und rechts ausgerichtet sind. Dies ermöglicht ein **vereinfachtes Gleiten** des Einsatzes, jedoch kann sich dadurch der Einsatz, durch die fehlende Klemmwirkung der Federn, auch **ungewollt verschieben**.



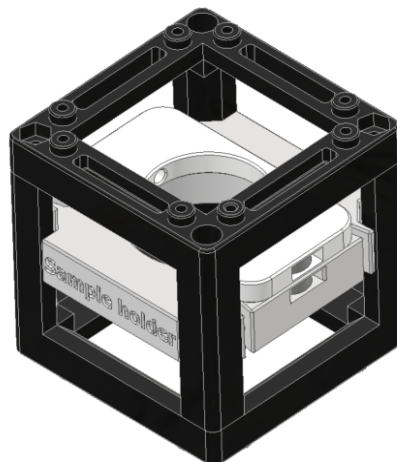
Option D:

Die Federflügel befinden sich an den gerillten Seiten des Würfels, wobei die Federn nach links und rechts ausgerichtet sind. Der Würfel weist diese Rillen auf, da andere Komponenten des openUC2-Universums diese Rillen nutzen um eine exakte 90°-Ausrichtung zur optischen Achse zu gewährleisten. Dies gilt jedoch nicht für die Komponenten der Corebox. Daher sollte Option D **nicht genutzt** werden, da sie das Gleiten der Komponenten verhindert.



Option E:

Die Federflügel befinden sich an den vier Beinen des Würfels. Diese Option wird teilweise bei einzelnen Experimenten der Corebox benötigt. Die so gedrehten Komponenten werden als **“90° gedreht”** bezeichnet.



1.4 Grundprinzipien optischer Systeme in der CoreBox

Die Optik in der CoreBox basiert auf einigen Grundprinzipien:

1. Licht breitet sich geradlinig aus

Alle Aufbauten basieren auf diesem Grundprinzip.

2. Linsen verändern Lichtwege

Sammellinsen bündeln das Licht, Zerstreuungslinsen streuen es.

3. Abstände bestimmen Bildschärfe und Vergrößerung

Variation dieser Größen durch Lernende ist ausdrücklich erwünscht.

4. Optische Achse als Leitlinie

Ausrichtungsfehler erzeugen sichtbare Effekte.

5. Ein optisches Gerät = mehrere Module gekoppelt

Eine Lupe besteht aus einer Linse, ein Projektor ist eine Lichtquelle kombiniert mit einer Linse, usw.

1.5 Sicherheit, Robustheit, Nachhaltigkeit

Die CoreBox ist grundsätzlich für die Arbeit mit Schüler*innen konstruiert worden. Aus Sicherheits-Gesichtspunkten bedeutet dies:

- Es sind **keine Laser** enthalten
- Es sind **keine Wärmequellen** enthalten

Darüber hinaus sind sie so konstruiert, dass sie relativ viel "Fehlbedienung" oder Gewalt aushalten, bevor etwas kaputt geht. Sollte doch etwas kaputt gehen, können die entsprechenden Einzelteile durch die modulare Bauweise einfach und kostengünstig ausgetauscht oder repariert werden. So sichern wir auch Nachhaltigkeitsaspekte ab, indem Systeme repariert werden können, anstatt ein komplettes System bei Defekt ersetzen zu müssen.

Dennoch gibt es einige Sicherheitshinweise die es zu beachten gilt:

- ☐ Nicht als Spielzeug verwenden.
- ☐ Nicht mit Optiken direkt in die Sonne blicken oder Lichtquellen direkt in die Augen richten.

- ☐ Sammellinsen nicht in der Sonne stehen lassen – Brandgefahr!
- ☐ Vorsicht bei Sammellinsen in Kombination mit Taschenlampen! Die Linsen können das Licht der Taschenlampe fokussieren. Hier auf sorgsamem Umgang achten und darauf, sich selbst und anderen nicht in die Augen zu leuchten.
- ☐ Mechanische Teile können Quetschgefahr darstellen – Vorsicht beim Zusammenbau.
- ☐ Zerbrochene Bauteile können Schnittverletzungen verursachen.
- ☐ Magnete nicht verschlucken. Abstand zu Herzschrittmachern halten!
- ☐ Module nicht aus großer Höhe fallen lassen – Verletzungs- und Beschädigungsgefahr!
- ☐ Taschenlampe nicht öffnen. Nur mit geeigneten Batterien betreiben.
- ☐ defekte Komponenten nicht mehr verwenden.
- ☐ Schwere Bauteile können beim Herunterfallen Verletzungen verursachen
- ☐ Bei unsachgemäßer Verwendung des Smartphonehalters kann das Smartphone zerkratzt werden oder zu locker sitzen und herunterfallen
- ☐ Bei unsachgemäßer Verwendung des Smartphonehalters können Knopfkombinationen am Smartphone ausgelöst werden (z.B. Notruf anrufen)
- ☐ Spitze Gegenstände (Pipette, Pinzette, Schraubendreher) können zu Stichverletzungen führen. Nicht in die Nähe der Augen oder empfindlicher Körperstellen führen

1.6 Pflege & Aufbewahrung

Die CoreBox ist grundsätzlich pflegeleicht konzipiert, einige Hinweise helfen aber, die Langlebigkeit zu erhöhen:

- Linsen bei Beschmutzung mit beigelegtem Mikrofasertuch reinigen
- Bauteile nur trocken lagern (falls etwas nass geworden ist)

2. Experimente mit der CoreBox

Hinweis: Bevor mit den Experimenten gestartet wird, müssen sich sowohl Lehrende als auch Lernende mit den Sicherheitshinweisen aus 3.6 vertraut machen.

Mit der CoreBox sind 8 verschiedene Experimente möglich. Diese unterteilen sich in die Bereiche **Optik & Mikroskopie**.

Anmerkung:

Ob es didaktisch sinnvoller ist, mit den Brennweiten verschiedener Linsen oder mit der Lupe zu beginnen, muss die Lehrperson selbst festlegen.

Experiment 1: Optik - Linsen

Lernziel:

Grundsätzliches Verständnis dafür schaffen, wie Linsen funktionieren und welchen Einfluss positive und negative Brennweiten haben.

Notwendige Bauteile

- ☐ Würfel mit 50mm Linse
- ☐ Würfel mit 100mm Linse
- ☐ Würfel mit -50mm Linse
- ☐ Grafik aus dieser Anleitung

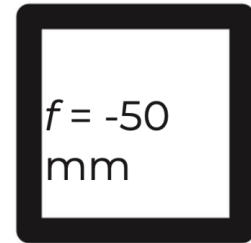
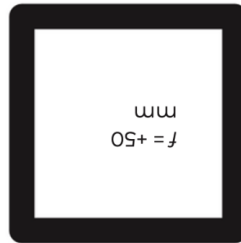
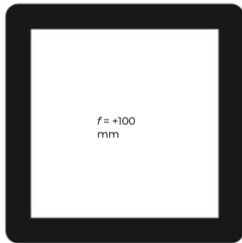
Die Brennweite der Linse findet sich als aufgedruckte Zahl am Linsenhalter.

Aufbau:

Es muss noch nichts im klassischen Sinne aufgebaut werden. Es werden lediglich die drei Linsen in den Würfeln benötigt.

Durchführung:

UC2



Beispielobjekte zum Betrachten

- Objekte werden durch die Sammellinsen (+50mm/+100mm) betrachtet.
- Der Abstand zwischen Objekt und Linse wird variiert.
- Anschließend wird mit der Zerstreuungslinse (-50mm) betrachtet.
- Auch hier wird der Objektabstand variiert.
- Die Bildwirkungen beider Linsen werden miteinander verglichen.

Beobachtung:

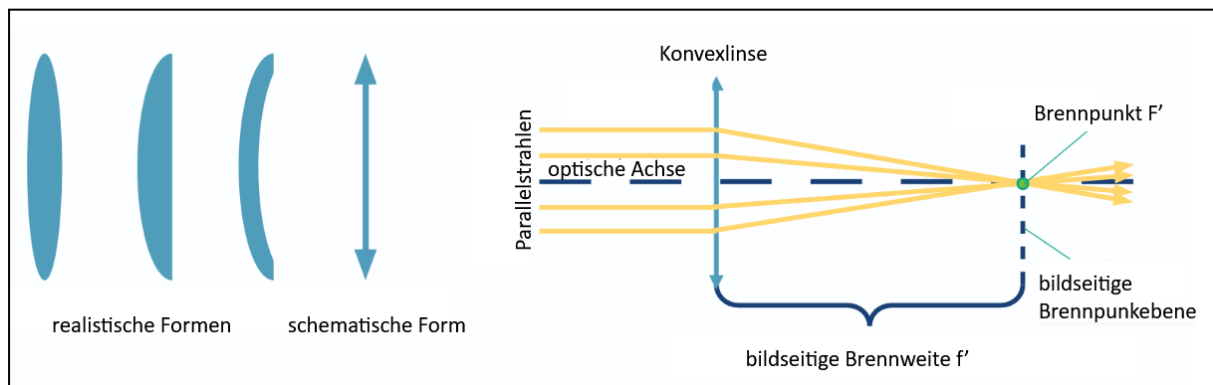
- Die Sammellinse erzeugt unter geeigneten Bedingungen ein vergrößertes Bild.
- Die Zerstreuungslinse erzeugt kein vergrößertes reelles Bild.
- Bei der Zerstreuungslinse erscheint das Objekt verkleinert und weiter entfernt.
- Trotz gleichen Aufbaus unterscheiden sich die Bildwirkungen deutlich.

Erklärung:

In der Strahlenoptik wird Licht als Bündel von Strahlen (Pfeilen) dargestellt, was die physikalischen Eigenschaften des Lichts vereinfacht. Ein Strahl hat eine Richtung und wird daher mit einem Pfeil gezeichnet. Eine Linse „bricht“ den Strahl und ändert dessen Richtung.

Die **Brennweite** einer Linse entspricht der Entfernung von der Linse zur Brennebene, auf der der Brennpunkt liegt. Sie wird in Millimetern angegeben ($[f]=\text{mm}$). Es gibt Sammellinsen (mit positiver Brennweite) und Zerstreuungslinsen (mit negativer Brennweite).

Die Sammellinse



Die Sammellinsenform:

links: Sammellinsenformen, sowie sie in der Realität vorkommen

rechts: ihre schematische Darstellung in Grafiken

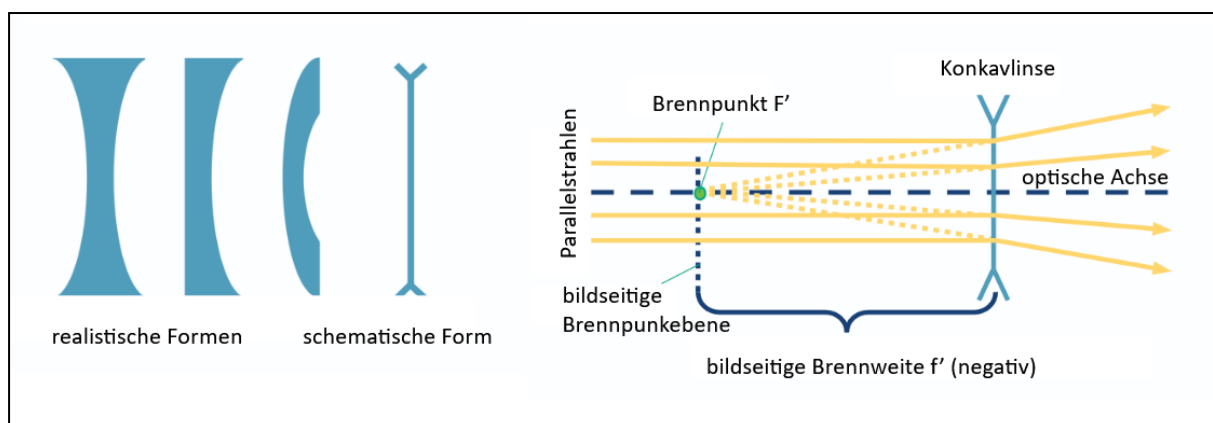
Strahlengang einer Sammellinse bei parallel einfallenden Strahlen:

*Die Strahlen schneiden sich **hinter** der Linse im physikalischen Raum*

Sammellinsen brechen die Lichtstrahlen, die parallel zur optischen Achse verlaufen, in einem Punkt hinter der Linse, der bildseitiger Brennpunkt genannt wird. Da sich die Lichtstrahlen hinter der Linse **tatsächlich physikalisch im Raum schneiden** (Strahlen laufen hinter Linse zusammen), nennt man ihn auch **realen Brennpunkt**.

Die Sammellinse wird auch positive oder konvexe Linse genannt. Der mittlere Teil der Linse ist immer dicker als der Rand. Die Sammellinse vergrößert das Bild. Die Vergrößerung unterscheidet sich zwischen der 50mm Linse und der 100mm Linse. Das Bild kann aufrecht oder invertiert sein.

Die Zerstreuungslinse



Die Zerstreuungslinsenform:

links: Zerstreuungslinsenformen, sowie sie in der Realität vorkommen

rechts: ihre schematische Darstellung in Grafiken

Strahlengang einer Zerstreuungslinse bei parallel einfallenden Strahlen:

*Die Strahlen schneiden sich **vor** der Linse im virtuellen Raum*

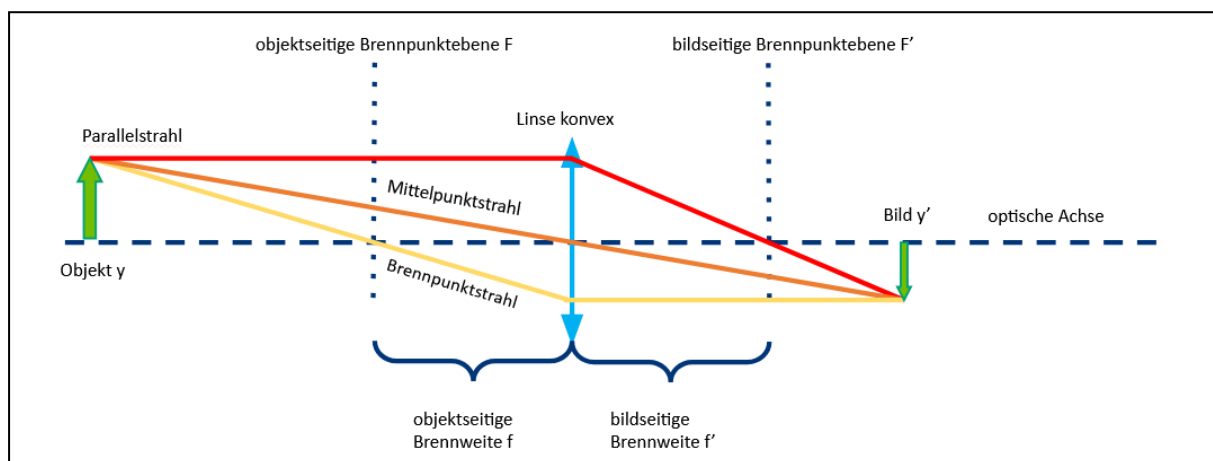
Zerstreuungslinsen brechen die Lichtstrahlen, die parallel zur optischen Achse verlaufen, so, als ob die Lichtstrahlen von einem Punkt vor der Linse, dem objektseitigen Brennpunkt, ausgingen. Hier schneiden sich die Lichtstrahlen **nicht wirklich**, sondern nur ihre **Rückverlängerungen**. Daher wird dieser Brennpunkt als **virtueller Brennpunkt** bezeichnet.

Die Streulinse wird auch negative oder konkave Linse genannt. Der mittlere Teil der Linse ist immer dünner als der Rand. Mit der negativen Linse (hier: -50 mm Linse) wird das Bild immer verkleinert und immer aufrecht dargestellt.

Anmerkung:

Wir gehen davon aus, dass unsere Linsen sogenannte „dünne Linsen“ sind. Das bedeutet, dass wir sie als eine Ebene betrachten können und uns nicht um ihre Dicke kümmern müssen. Das macht Erklärungen und Berechnungen viel einfacher.

Betrachtung eines Objekts durch eine positive Linse



Strahlengang bei Betrachtung eines Objekts durch eine positive Linse

Der Strahlengang - Schritt für Schritt

Nehmen wir die Sammellinse als Beispiel. Wir starten mit einem Objekt (**grüner Pfeil**) und sehen, was mit den Strahlen passiert, die von der Spitze ausgehen. Es gibt unendlich viele Strahlen in alle Richtungen, aber für die Zeichnung des entstehenden Bildes (**grüner umgekehrter Pfeil**) reichen die folgenden drei Strahlen aus:

1. **Der Mittelpunktstrahl**

Der Mittelpunktstrahl (**orange**) beginnt an der Spitze des Objektpfads und schneidet die optische Achse ungestört im Zentrum der Linse.

2. Der Brennpunktstrahl

Der Brennpunktstrahl (gelb) startet ebenfalls von der Spitze des Pfeils, geht aber durch den objektseitigen Fokus bei Brennweite f . Nach der Linse geht er in gleicher Höhe, aber jetzt parallel zur optischen Achse weiter. Man sagt auch: "Der Brennpunktstrahl wird zum Parallelstrahl".

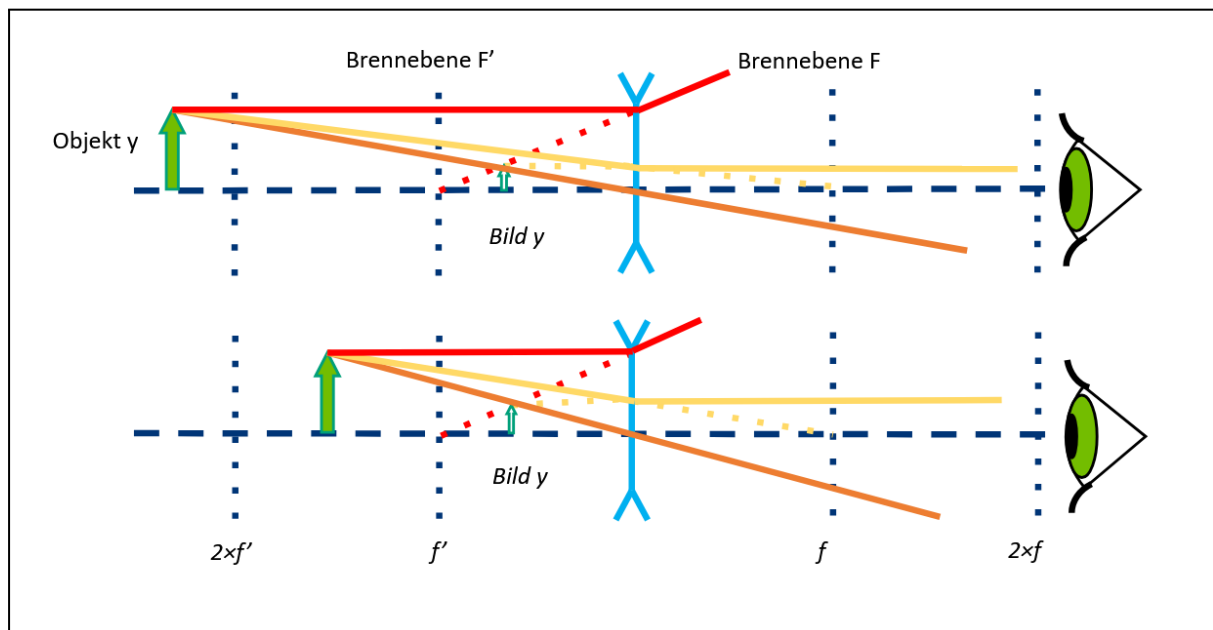
3. Der Parallelstrahl

Der Parallelstrahl (rot) verläuft zunächst parallel zur optischen Achse, wird dann aber an der Linse so gebrochen, dass er durch den bildseitigen Brennpunkt bei Brennweite f' verläuft. Man sagt auch: "Der Parallelstrahl wird zum Brennpunktstrahl".

4. Das Bild

Das Bild (grüner umgekehrter Pfeil) entsteht dort, wo sich alle Strahlen schneiden. Dieses Prinzip wird für alle Punkte oder die von ihnen ausgehenden Strahlen eines Objekts verwendet. Je nach verwendeter Linse und Position des Objekts ändern sich die Eigenschaften des Bildes, wie Größe, Orientierung und Position. Das Bild ist **umgekehrt** und **reell**, da sich die Strahlen physikalisch hinter der Linse schneiden.

Betrachtung eines Objekts durch eine negative Linse



Strahlengang bei Betrachtung eines Objekts durch eine positive Linse
oben: Das Objekt g ist größer als $2 \times f$ - das virtuelle Bild ist sehr klein
unten: Der Objekt g ist kleiner als $2 \times f$ - das virtuelle Bild ist nun etwas größer

Der Strahlengang - Schritt für Schritt

Im Fall der negativen Linse verwenden wir dieselbe Methode, um den Strahlengang abzubilden. Wir beginnen wieder beim Objekt.

1. **Der Mittelpunktstrahl**

Der Mittelpunktstrahl (**orange**) beginnt an der Spitze des Objektpfeils und schneidet erneut die optische Achse ungestört im Zentrum der Linse.

2. **Der Parallelstrahl**

Der Parallelstrahl (**rot**) verläuft zunächst parallel zur optischen Achse, wird dann aber an der Linse so gebrochen, dass er durch den bildseitigen Brennpunkt bei Brennweite f' verläuft. **Doch Achtung:** Bei negativen Linsen mit negativer Brennweite befindet sich der bildseitige Brennpunkt **vor** der Linse. Der Strahl wird zu diesem Punkt **rückverlängert**. Dies wird durch das Stricheln der Linie dargestellt.

3. **Der Brennpunktstrahl**

Der Brennpunktstrahl (**gelb**) startet ebenfalls von der Spitze des Pfeils und geht durch den objektseitigen Brennpunkt bei Brennweite f . **Doch Achtung:** Bei negativen Linsen mit negativer Brennweite befindet sich der objektseitige Brennpunkt **hinter** der Linse. Dies wird durch das Stricheln der Linie dargestellt. Dort wo der Strahl die Linse passiert, wird der Strahl nun parallel zur optischen Achse eingezeichnet und anschließend ebenfalls rückverlängert.

5. **Das Bild**

Das Bild (**grünergerandeter Pfeil**) entsteht dort, wo sich die **Rückverlängerungen** mit dem Mittelpunktstrahl schneiden. Je nach verwendeter Linse und Position des Objekts ändern sich die Eigenschaften des Bildes, wie Größe, Orientierung und Position. Das Bild ist immer **aufrecht**, **verkleinert** und **virtuell**, da sich nicht die physikalischen Strahlen, sondern ihre **Rückverlängerungen auf** der Objektseite scheiden. Man kann das Bild direkt mit den Augen sehen, aber nicht auf einen Bildschirm projizieren.

Zusammengefasst:

Die Art, wie eine Linse ein Bild erzeugt, ist vorhersehbar, wenn man die Brennweite dieser Linse kennt. Daher muss ein bestimmter Abstand eingehalten werden, damit die Schrift mit der angegebenen Linse auf dem vorherigen Blatt gesehen werden kann.

Die Vergrößerung und der Ort, an dem das Bild entsteht, hängen von der Brennweite der Linse und dem Abstand zwischen Linse und Objekt ab. Mit der Zerstreuungslinse ($f = -50$ mm) sehen Sie immer ein verkleinertes virtuelles Bild. Ein virtuelles Bild kann nur mit dem Auge betrachtet werden, aber nicht projiziert werden.

Experiment 2: Optik - Lupe

Das zweite Experiment ist eine einfache Lupe.

Lernziel:

Das Lernziel ist es, Interesse dafür zu wecken, wie Linsen als Lupen funktionieren. Dazu wird ein grundsätzliches Verständnis für Sammellinsen vermittelt.

Notwendige Bauteile:

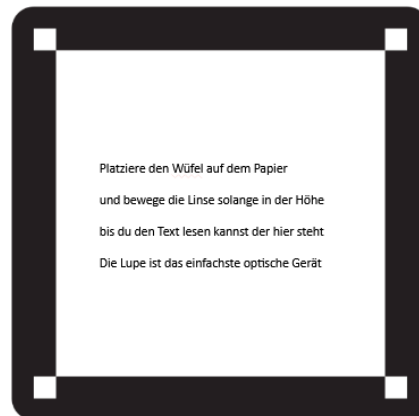
- ☐ Würfel mit 50mm Linse
- ☐ Kleiner gedruckter Text (hier angehängt)
- ☐ Die Brennweite der Linse findet sich als aufgedruckte Zahl am Linsenhalter.

Aufbau:



Aufbau der Lupe

Hier muss nichts gebaut werden. Es wird einfach nochmal die 50mm Linse genommen und mit dieser der folgende Text betrachtet.



Beispieltext zur Lupe

Durchführung:

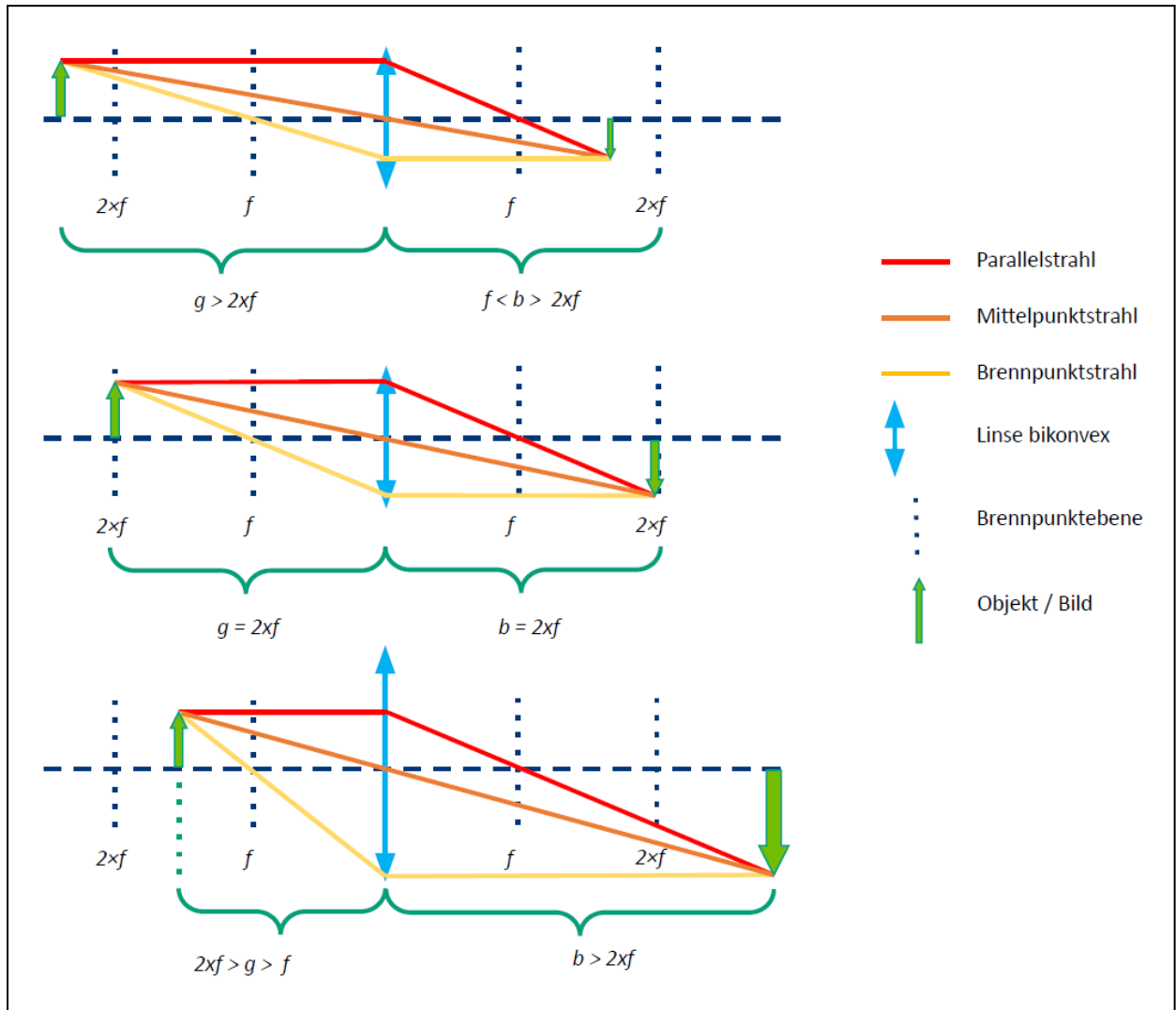
- Der Abstand zwischen Linse und Objekt wird zunächst relativ groß gewählt.
- Der Abstand wird schrittweise verringert.
- Die Bildwirkung wird bei unterschiedlichen Abständen betrachtet.

Beobachtung:

- Das Objekt erscheint aufrecht und vergrößert, solange es sich innerhalb der einfachen und doppelten Brennweite der Linse befindet.
- Mit abnehmendem Abstand zwischen Linse und Objekt nimmt die Vergrößerung zu.
- Bei falscher Zentrierung wird das Bild unscharf oder verzerrt.
- Überschreitet die Objektweite die doppelte Brennweite, verschwindet der Lupeneffekt.

Erklärung:

Bei Sammellinsen hängen Bild und Vergrößerung von der Position des Objekts ab.



Strahlengang einer Sammellinse bei unterschiedlichem Gegenstandsweiten g .

Je kleiner g , desto größer ist die Bildweite b und das Bild y' .

- **Objektweite (g)**

Abstand zwischen Objekt und Linsenebene.

- **Bildweite (b)**

Abstand zwischen Linsenebene und von Linse erzeugtem Bild.

Der Abstand zwischen Objekt und Linse entscheidet darüber, wie groß das Bild ist:

- $g > 2f \rightarrow$ verkleinertes Bild
- $g = 2f \rightarrow$ gleich großes Bild
- $f > g > 2f \rightarrow$ vergrößertes Bild

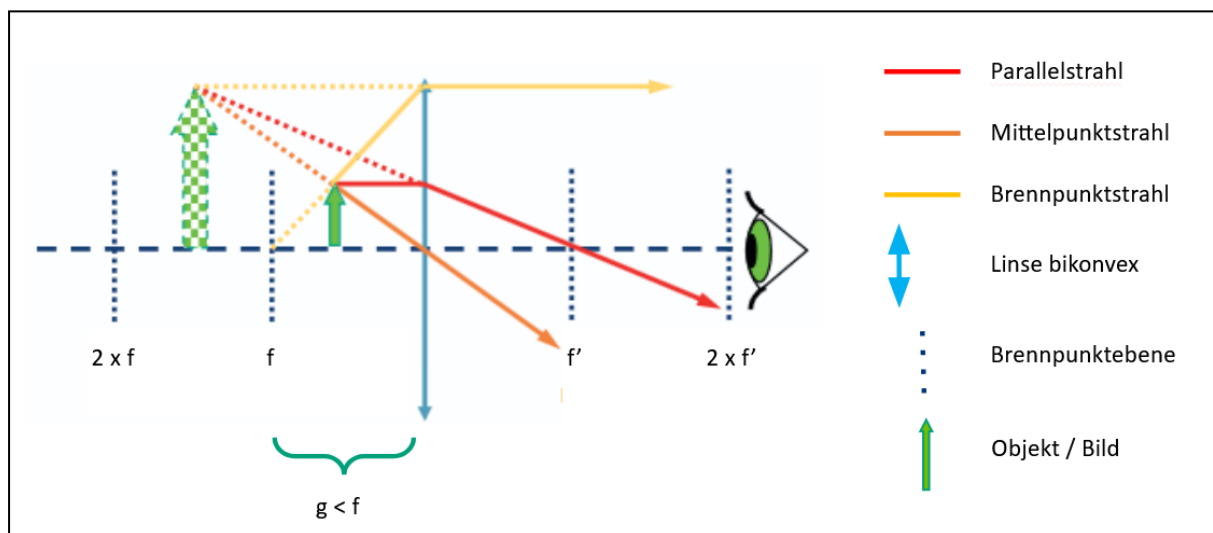
In diesen Fällen entsteht ein *umgekehrtes, seitlich getauschtes, reales* Bild. Für den Lupeneffekt macht man sich ein *virtuelles* Bild zu Nutze.

Der Lupeneffekt

Bei der Lupe ist die Objektweite g **kleiner als die einfache Brennweite f** der Linse. Dadurch entsteht ein Bild welches:

- *aufrecht*
- *richtig herum*
- *vergrößert*
- *und virtuell*

ist.



Lupeneffekt als schematischer Strahlengang: Der Lupeneffekt tritt ein, wenn die Bildweite $g > \text{Brennweite } f$ der Sammellinse ist. Das Bild entsteht dort, wo die jeweiligen Rückverlängerungen des Mittelpunkt-, Brennpunkt- und Parallelstrahls sich schneiden. Vergleiche hierzu den Strahlengang von Zerstreuungslinsen im vorherigen Kapitel.

Die Lupe ist das einfachste aller optischen Geräte, da sie nur aus einer einfachen Sammellinse mit geeigneter Brennweite besteht.

Warum vergrößert die Linse mit Brennweite $f' = 50 \text{ mm}$ den kleinen Text?

Wenn das Objekt vor der Brennweite der Linse liegt – also weniger als 50 mm vor der Linse – erzeugt die Linse ein virtuelles Bild, das hinter dem eigentlichen Objekt liegt. Das Auge nimmt es vergrößert wahr. Die Vergrößerung V der Lupe kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$V = \frac{250 \text{ mm}}{f}$$

250 mm ist der Abstand der klaren Sehweite – d. h. der Abstand zwischen dem Objekt und dem Auge, bei dem die meisten Menschen gut lesen können. Die Vergrößerung wird also **mit einem „bloßen Auge bei 250 mm verglichen**. Mehr dazu später bei der „Akkommodation“ des Auges (Experiment 8).

Experiment 3: Optik - Der Projektor

Lernziel:

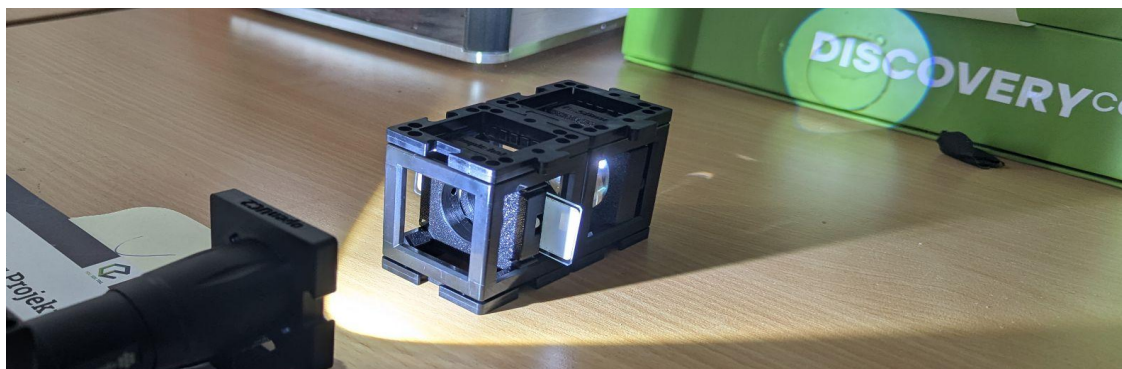
Hier möchten wir einen ersten “Aha-Moment” kreieren: Die Lernenden können die Vergrößerung der Probe als Schattenbild an die Wand werfen. So erhalten sie ein anschauliches Verständnis von Strahlengängen.

Darüber hinaus lernen sie durch Veränderung der Position des gesamten Aufbaus sowie Vor- oder Zurückschieben der Linse oder Probe innerhalb der Würfel, welche Faktoren einen Einfluss auf das entstehende (Schatten-)Bild entwickeln.

Notwendige Bauteile:

- ☐ Probenhalter mit Probe
- ☐ Würfel mit 50mm Linse
- ☐ Taschenlampenhalter
- ☐ Taschenlampe
- ☐ 4x Puzzle Teil

Aufbau:



Aufbau Projektor

- Zunächst werden zwei Puzzleteile zusammengesteckt
- Auf eines der Puzzleteile wird der Probenhalter inkl. Probe gesetzt
- Auf das andere Puzzleteil wird die 50mm Linse gesetzt
- Nun werden zwei weitere Puzzleteile oben auf die Würfel gesetzt, um die Stabilität zu erhöhen
- Die Würfel werden so ausgerichtet, dass die Linse auf eine Wand o.ä. zeigt, die als Projektionsfläche genutzt wird

Durchführung:

Nachdem die Würfel ausgerichtet wurden, beginnt das Experiment damit, die Taschenlampe zu nutzen.

- Zuerst die Taschenlampe in den Taschenlampenhalter einsetzen
- Diesen so auf der Oberfläche platzieren, dass die Taschenlampe von Seite des Würfels mit der Probe durch den Aufbau scheint
- Nun entsteht ein Schatten-(Bild) der Probe auf der Projektionsfläche

Dieses Bild kann nun über 3 Faktoren verändert werden:

- Position des Aufbaus zur Projektionsfläche
- Position des Probenhalters im Würfel
- Position der Linse im Würfel

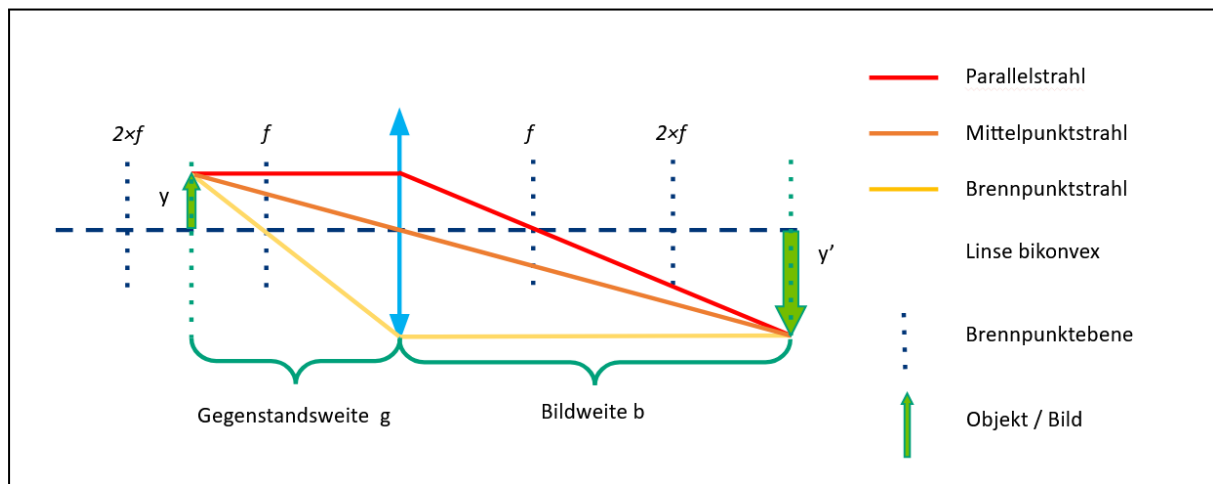
Für ein scharfes Bild sollten grob folgende Entfernungen eingestellt werden:

- Abstand zwischen Probe & Linse: ca. 50 mm
- Abstand zwischen Probe & Projektionsfläche: ca. 200 mm

Beobachtung:

- Auf der Projektionsfläche entsteht ein reelles Bild des Objekts.
- Das Bild ist gegenüber dem Objekt auf dem Kopf stehend.
- Die Bildgröße verändert sich mit dem Abstand zwischen Linse und Projektionsfläche.
- Nur bei bestimmten Kombinationen der Abstände erscheint das Bild scharf.

Erklärung:



Schematischer Strahlengang eines Projektors: Bei $f > g > 2f$ erhält man ein vergrößertes, umgekehrtes, reelles Bild. Vgl. dazu Experiment 1.

Wo ist das Bild?

Wenn ein Objekt durch eine Sammellinse abgebildet wird, hängen die Position und Größe des Bildes von der Entfernung g des Objekts zur Linse und deren Brennweite f ab. Die Linsengleichung beschreibt die Beziehung zwischen Bildweite b und Gegenstandsweite g :

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

Wie groß ist das Bild?

Die Vergrößerung des Objekts auf der Leinwand kann einfach mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$V = \frac{b}{g} = \frac{y'}{y}$$

Unsere Linse hat eine Brennweite von $f = 50 \text{ mm}$. Damit können wir b wie folgt berechnen:

$$b = \frac{f \times g}{g - f}$$

- Für $g = 60 \text{ mm} \rightarrow b = 200 \text{ mm}$
- Für $g = 70 \text{ mm} \rightarrow b = 175 \text{ mm}$
- Für $g = 75 \text{ mm} \rightarrow b = 140 \text{ mm}$

Der Projektor erzeugt immer ein vergrößertes, invertiertes (umgekehrtes) Bild. Die Position des Bildes und seine Vergrößerung hängen von der Position und Größe des Objekts ab.

Experiment 4: Optik - Galilei-Teleskop

Lernziel:

Nun arbeiten wir zum ersten Mal damit, Linsen zu kombinieren. Das Ziel ist es, den Lernenden ein Verständnis dafür zu vermitteln, welche optischen Effekte aus dieser Kombination entstehen. Ein Beispiel dafür ist, welchen Effekt die Distanz zwischen den Linsen auf die Bildschärfe hat.

In diesem Experiment bauen wir ein Galilei-Teleskop und zeigen damit auf, wie ein Teleskop dabei hilft, ferne Objekte optisch näher oder größer erscheinen zu lassen.

Notwendige Bauteile:

- ☐ Würfel mit 100mm Linse
- ☐ Würfel mit -50mm Linse
- ☐ 4x Puzzle Teil

Aufbau:

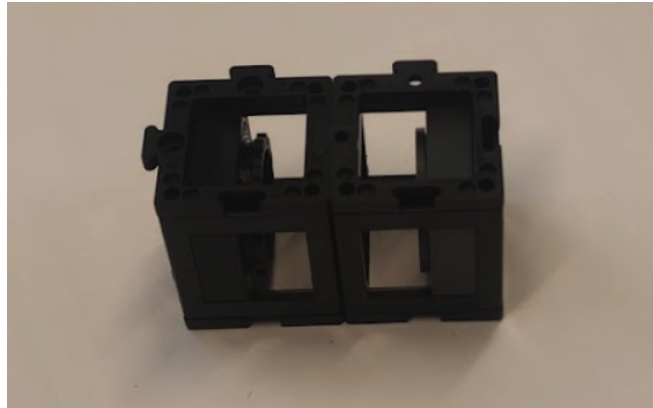
- Zunächst werden zwei Puzzleteile zusammengesteckt
- 100mm Würfel auf eines der Puzzleteile setzen
- -50mm Würfel auf das zweite Puzzleteil setzen
- Konstruktion durch weitere 2 Puzzleteile von oben stabilisieren



Aufbau Galilei-Teleskop

Durchführung:

Zunächst den Abstand zwischen der negativen und positiven Linse auf maximale Distanz justieren.



Galilei-Teleskop mit maximalem Linsenabstand

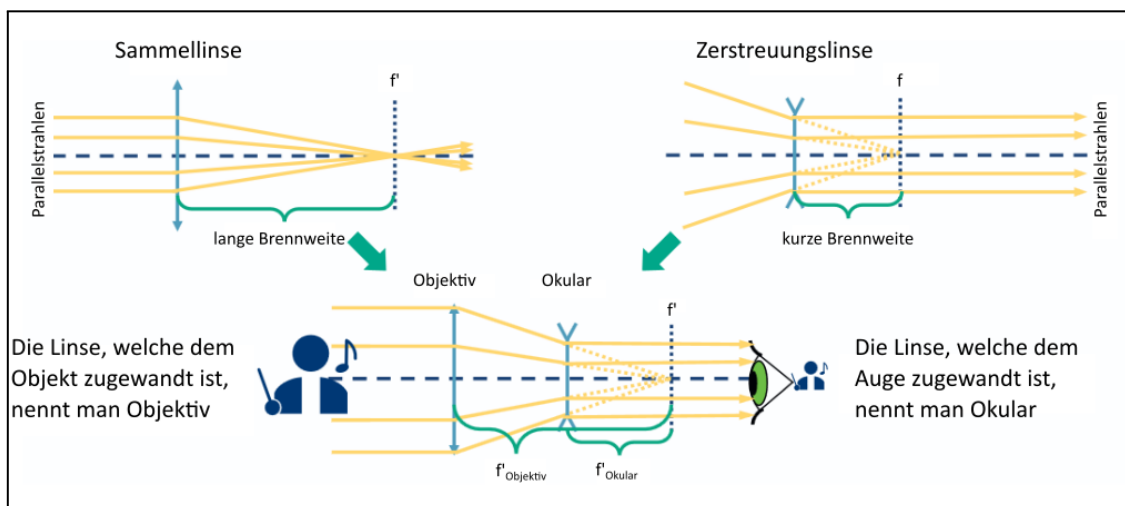
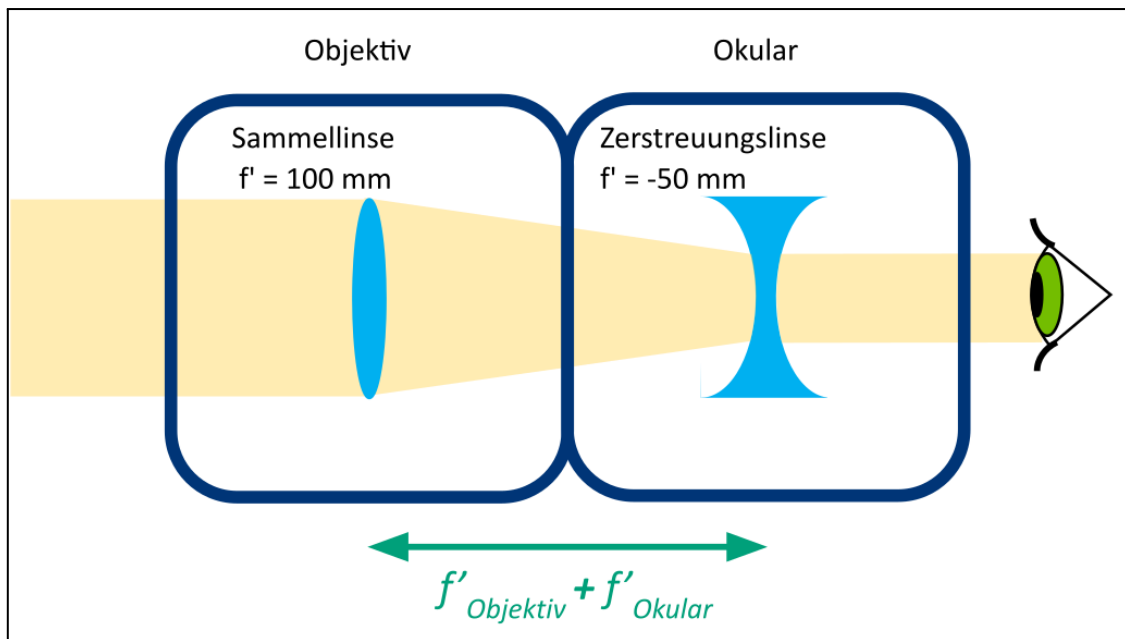
Nun durch den Würfel mit der **-50mm Linse** auf ein weit entferntes Objekt blicken. Jetzt kann der Abstand zwischen den beiden Linsen justiert werden, um ein scharfes Bild zu sehen. Es hilft dabei, die -500mm Linse unbewegt zu lassen, sodass man diese Linse so nah wie möglich an das eigene Auge führen kann.

Beobachtung:

- Entfernte Objekte erscheinen vergrößert.
- Das Bild ist aufrecht.
- Bei falschem Linsenabstand ist das Bild unscharf oder verzerrt.
- Der optimale Abstand ist eindeutig erkennbar.

Erklärung:

Ein Teleskop ist ein optisches Instrument, das entfernte Objekte um ein Vielfaches näher oder größer erscheinen lässt. Die Linse, die dem Objekt zugewandt ist, wird **Objektiv** genannt. Die Linse, die dem Auge zugewandt ist, heißt **Okular**.



Strahlengänge von Sammellinse, Zerstreuungslinse und ihrer Kombination im Galilei-Teleskop.

Der ideale Abstand zwischen den beiden Linsen berechnet sich als

$$f'_{\text{Objektiv}} + f'_{\text{Okular}} = 100\text{mm} + (-50\text{mm}) = 50\text{mm}.$$

Im Detail

Die Abbildung nach Unendlich:

Die beiden Brennpunkte fallen aufeinander (dargestellt in oberer Abbildung), wodurch die Lichtstrahlen nach dem Passieren des Okulars ins Unendliche abgebildet werden.

Ob das eigene Galilei-Mikroskop ins Unendliche abbildet, kann überprüft werden, indem man mit seinem Auge ganz nah an das Okular herangeht und einen Punkt in der Ferne betrachtet. Anschließend führt man das Teleskop weiter vom Auge weg. Ist das Teleskop korrekt eingestellt, so erscheint der gewählte Punkt auch bei einem veränderten Abstand zwischen Okular und Auge noch scharf.

Die Gesamtvergrößerung

Die Formel zur Berechnung der Vergrößerung lautet:

$$V = \frac{f_{\text{Objektiv}}}{f_{\text{Okular}}}$$

Eigenschaften

Mit diesem Teleskop ist keine sehr hohe Vergrößerung möglich. Es ist jedoch sehr kompakt. Daher wird das Galilei-Teleskop u.a. auch in Operngläsern verwendet.

Das Bild ist immer

- Vergrößert mit der Vergrößerung aus der obigen Formel
- Aufrecht
- Richtungsgetreu

Das Sichtfeld ist klein.

Exkurs: Einen Würfel auseinander bauen

Wir haben bis jetzt gelernt, wie man Würfel miteinander kombinieren kann. Doch es ist auch möglich, die Würfel selbst auseinanderzubauen. Ein Würfel besteht aus zwei Einzelhälften. Diese können auseinandergezogen werden, so dass ausgetauscht werden kann, was sich in einem Würfel befindet.



Würfel auseinanderbauen

Es gibt insbesondere zwei Anwendungsfälle, für die ein Würfel auseinander genommen wird. Zum einen kann es notwendig sein, das Innenleben zu drehen - bspw., wenn Linsen um 90° gedreht werden müssen.

Der andere Fall ist, dass optional ein **leerer Würfel** benötigt wird - so wie bei Experiment 5.

Experiment 5: Optik - Kepler Teleskop

Lernziel:

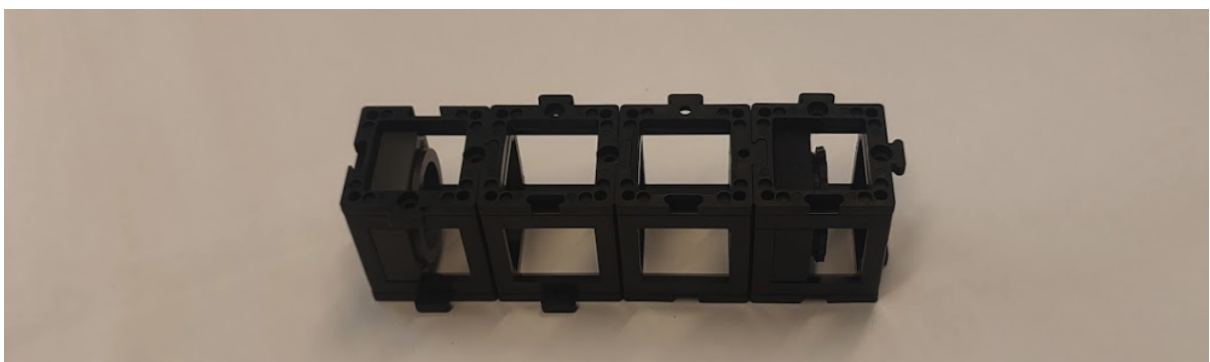
Hier sollten die Lernenden wieder einen Aha-Moment erleben: Der Aufbau schafft eine höhere Vergrößerung als das Galilei-Teleskop - aber das Bild "steht Kopf". Wir finden heraus, warum das so ist.

Notwendige Bauteile:

- ☐ Würfel mit 100mm Linse
- ☐ Würfel mit 50mm Linse
- ☐ 8x Puzzle Teil
- ☐ optional: 2x leerer Würfel

Aufbau:

- Zunächst werden 4 Puzzleteile in Reihe zusammengesteckt
- Dann werden die beiden Linsenwürfel jeweils an den Enden aufgesetzt
- **Optional:** Die 2 leeren Würfel auf den beiden mittleren Puzzleteilen platzieren. Diese helfen, das Teleskop zusätzlich zu **stabilisieren**. Eine Stabilisierung nur aus Puzzleteilen wäre für das Experiment jedoch ausreichend.
- Aufbau mit den verbleibenden 4 Puzzleteilen von oben stabilisieren.



Aufbau Kepler-Teleskop

Durchführung:

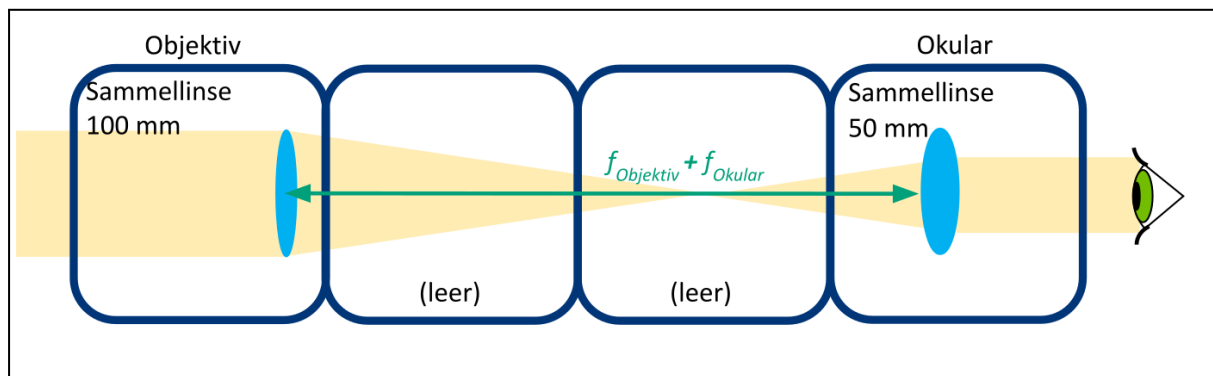
Das Teleskop in die Hand nehmen und auf ein entferntes Objekt schauen. Dabei die Linsen so verschieben, dass das Bild scharf wird. Nun sollten die Lernenden feststellen, dass das Bild "auf dem Kopf steht".

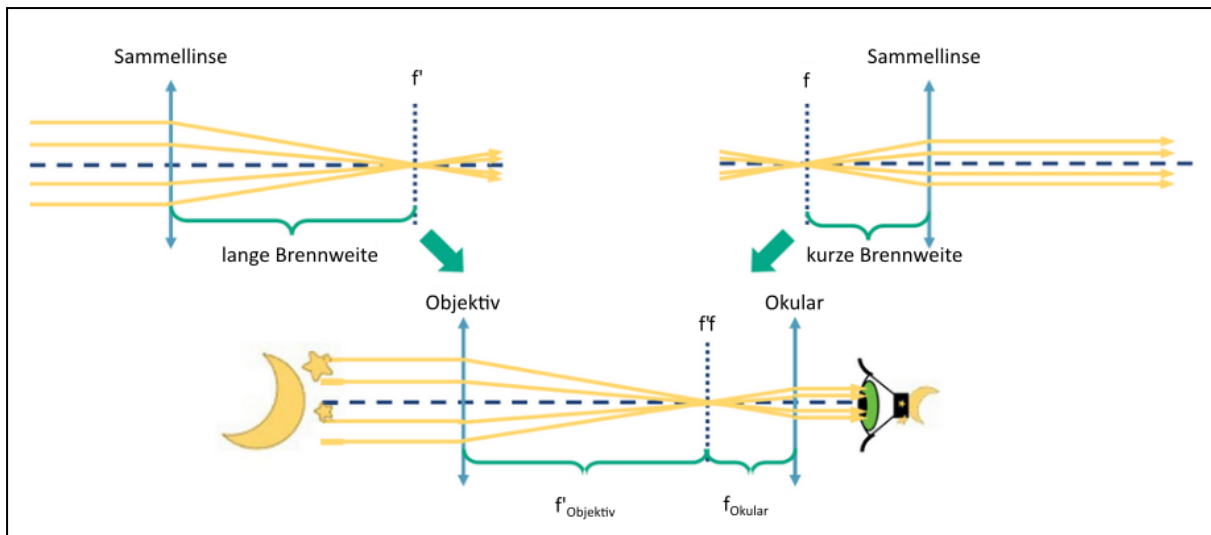
Beobachtung:

- Entfernte Objekte erscheinen deutlich vergrößert.
- Das Bild ist im Vergleich zum Objekt auf dem Kopf stehend.
- Die Vergrößerung ist stärker als beim Galilei-Teleskop.
- Der Aufbau reagiert empfindlicher auf Abstandsänderungen.

Erklärung:

Während das Galilei-Teleskop aus einer Sammellinse (positive Brennweite) im Objektiv und einer Zerstreuungslinse (negative Brennweite) im Okular besteht, besteht das Kepler-Teleskop aus zwei Sammellinsen. Das Objektiv des Kepler-Teleskops erzeugt ein reelles, umgekehrtes Bild. Das Kepler-Okular vergrößert dieses Bild nur – es dreht es nicht wieder zurück.





Strahlengänge von zwei Sammellinsen und ihrer Kombination im Kepler-Teleskop.

Der ideale Abstand zwischen den beiden Linsen berechnet sich als

$$f'_{\text{Objektiv}} + f'_{\text{Okular}} = 100\text{mm} + 50\text{mm} = 150\text{mm}.$$

Im Detail:

Der Strahlengang

1. Objektiv = Sammellinse

Das Objektiv sammelt die (nahezu) parallelen Lichtstrahlen eines weit entfernten Objekts (z. B. Stern) und bildet sie in der Brennebene ab.

Dabei entsteht ein reelles Bild, das auf dem Kopf steht (oben ↔ unten, links ↔ rechts).

2. Warum steht dieses Bild auf dem Kopf?

Lichtstrahlen von der oberen Objektkante treffen unterhalb der optischen Achse zusammen – und umgekehrt. Das ist eine grundlegende Eigenschaft von Sammellinsen.

3. Okular = Lupe

Das Okular betrachtet das vom Objektiv erzeugte Bild wie eine Lupe. Es vergrößert, aber invertiert nicht erneut. Das Bild steht weiterhin auf dem Kopf.

Die Gesamtvergrößerung

Die Formel zur Vergrößerung beim Kepler-Teleskop ist identisch zum Galilei-Teleskop:

$$V = \frac{f_{\text{Objektiv}}}{f_{\text{Okular}}}$$

Eigenschaften

Kepler kann im Gegensatz zu Galilei ein reelles Zwischenbild erzeugen. Beim Galilei muss das Okular die Strahlen vor dem Fokus abfangen, was die mögliche Vergrößerung limitiert.

Kepler erzeugt ein reelles Zwischenbild, womit diese Limitierung entfällt und eine höhere Vergrößerung möglich wird. Das Bild ist immer:

- Vergrößert durch die Vergrößerung aus der obigen Formel
- Umgekehrt
- Seitlich vertauscht

Kepler Teleskope sind sehr beliebt in der Astronomie - Bei der Betrachtung von Sternen ist es unerheblich, ob das Bild "auf dem Kopf steht".

Experiment 6: Mikroskopie - Lichtmikroskop mit Unendlichkeitsoptik

Lernziel:

Nun sehen die Lernenden zum ersten Mal, wie ein Mikroskop aufgebaut ist und wie es funktioniert. Sie erkennen auch, wie wichtig in diesem Aufbau die korrekten Abstände zwischen den Linsen sind und dass man nur dann etwas sieht, wenn die Blickrichtung ganz genau ausgerichtet ist.

Notwendige Bauteile:

- ☐ Würfel mit 100mm Linse
- ☐ Würfel mit 50mm Linse
- ☐ Würfel mit 50mm Linse (um 90° gedreht)
- ☐ 10x Puzzle Teil
- ☐ 1x 45°-Spiegel
- ☐ optional: 1x leerer Würfel
- ☐ Probenhalter mit Probe
- ☐ Taschenlampe

Aufbau:

- Zunächst werden 5 Puzzleteile in Reihe zusammengesteckt
- ganz vorne wird der Probenhalter mit der Probe aufgesetzt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Probe mittig im Probenhalter platziert wird.
- Dahinter werden zwei Linsenwürfel platziert. Zunächst das 50mm Linsenmodul und anschließend das 100mm Linsenmodul.
- Es folgt **optional** zur zusätzlichen Stabilisierung ein leerer Würfel. Die Stabilisierung nur durch Puzzleteile wäre für das Experiment jedoch ausreichend.
- Auf dem letzten Platz der Puzzle-Reihe wird ein 45°-Spiegel platziert, wobei die Spiegelfläche nach oben ausgerichtet wird.
- Aufbau mit fünf weiteren Puzzleteilen von oben weiter stabilisieren.
- über dem Spiegel kann nun das um 90° gedrehte 50mm Linsenmodul platziert werden.
- zuletzt wird die Taschenlampe hinter dem Probenhalter platziert



Aufbau: Mikroskop mit Unendlichkeits-Optik

Durchführung:

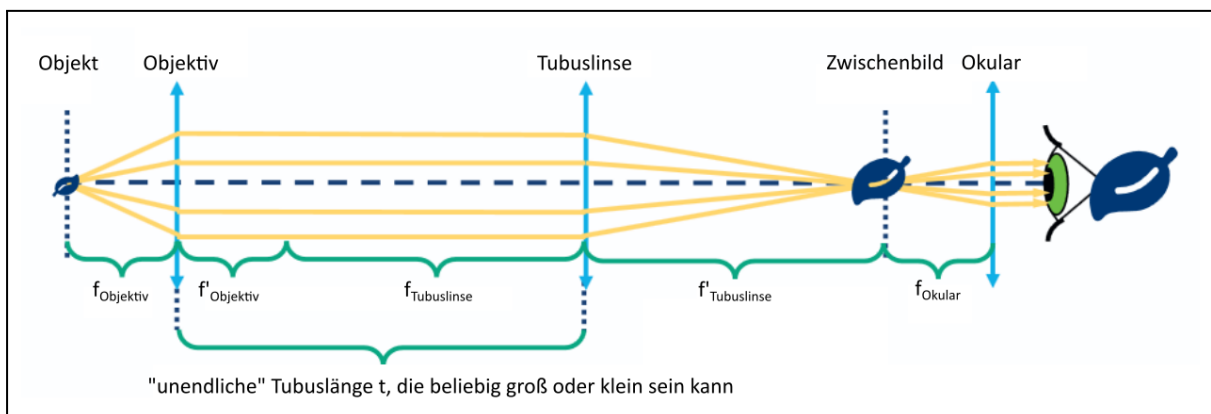
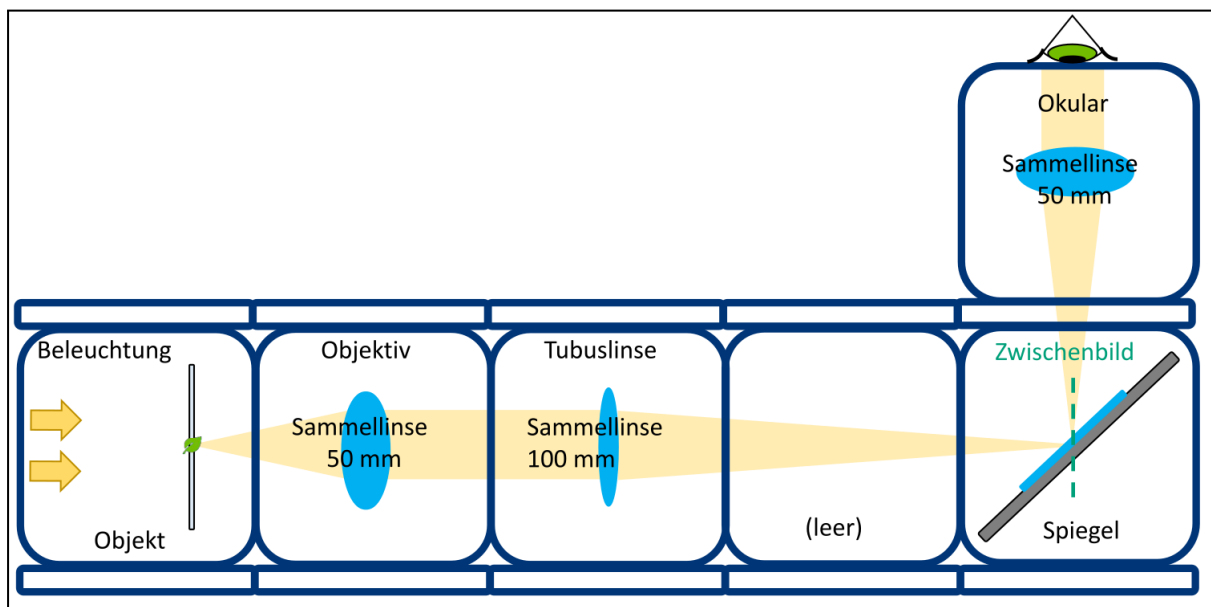
Die Taschenlampe einschalten und von oben durch die gedrehte 50mm-Linse (Okular) schauen. Dabei die anderen beiden Linsen (Objektiv und Tubuslinse) so verschieben, dass das Bild scharf wird.

Beobachtung:

- Die Probe erscheint deutlich vergrößert.
- Der Aufbau reagiert empfindlich auf Abstandsänderungen, ähnlich wie beim Kepler-Teleskop
- Das Bild ist umgekehrt und seitenvertauscht

Erklärung:

Ein Mikroskop ist ein Gerät, das Objekte mit hoher Vergrößerung betrachtet oder abbildet. Dabei besteht es aus einem Objektiv, einer Tubuslinse und einem Okular. Das Bild hinter dem Okular ist umgekehrt, vergrößert und virtuell. Das virtuelle Bild kann mit dem Auge gesehen werden.



Aufbau und schematischer Strahlengang eines Mikroskops mit "Unendlichkeit"-Optik

1. Objektiv bildet Objekt nach unendlich ab
2. die Tubuslinse fokussiert die Parallelstrahlen wieder und erzeugt ein Zwischenbild
3. das Okular vergrößert das Zwischenbild und bildet es erneut nach unendlich ab

Im Detail:

Der Strahlengang:

Das Objekt befindet sich in der objektseitigen Brennpunktebene des Objektivs f_{Objektiv} .

Dadurch werden alle einfallenden Strahlen hinter der Linse in ein **paralleles Strahlenbündel** umgewandelt. Das Objektiv hat eine kurze Brennweite.

Die Tubuslinse erzeugt ein Zwischenbild, indem sie die parallelen Strahlen, die auf sie treffen, erneut in ihre eigene bildseitige Brennpunktebene fokussiert. Die Tubuslinse hat eine längere Brennweite als das Objektiv. Der gesamte Abstand zwischen den beiden Linsen wird Tubuslänge t genannt und wird aus der Summe beider Brennweiten gebildet.

$$t = f'_{\text{Objektiv}} + f_{\text{Tubuslinse}}$$

Der Spiegel faltet den optischen Weg, um die Arbeit komfortabler zu gestalten. Der Spiegel beeinflusst nicht die Vergrößerung, dreht aber das Bild in eine Richtung.

Das Okular vergrößert das Zwischenbild anschließend erneut und wandelt die einfallenden Strahlen hinter der Linse erneut in ein paralleles Strahlenbündel um.

Eigenschaften:

Das Bild hinter dem Okular ist umgekehrt, vergrößert und virtuell. Das virtuelle Bild kann mit dem Auge gesehen werden

Wie groß ist die Gesamtvergrößerung?

Der erste Teil des Mikroskops gleicht einem umgedrehten Kepler-Teleskop, daher werden zur Berechnung der Vergrößerung die beiden Brennweiten in Zähler und Nenner getauscht:

$$V_{\text{Objektiv}} = \frac{f_{\text{Tubuslinse}}}{f_{\text{Objektiv}}}$$

Anschließend folgt das Okular, das das zuvor entstandene Zwischenbild erneut vergrößert. Die Vergrößerungsformel ist hier die einer Lupe:

$$V_{\text{Okular}} = \frac{250 \text{ mm}}{f_{\text{Okular}}}$$

Die Gesamtvergrößerung ergibt sich aus dem Produkt der Objektiv- und Okularvergrößerung:

$$V_{ges} = \frac{f_{Tubuslinse}}{f_{Objektiv}} \times \frac{250\text{ mm}}{f_{Okular}}$$

Warum heißt es „Unendlich-Optik“?:

Weil der Abstand zwischen Probe und Objektiv so gewählt ist, dass das Objektiv die Lichtstrahlen nicht fokussiert, sondern nach unendlich abbildet. Die Tubuslinse formt aus den parallelen Strahlen anschließend wieder ein Zwischenbild.

Der Abstand zwischen Objektiv und Tubuslinse ist dabei **nicht wirklich unendlich**.

Er wird durch die mechanische Bauform des Mikroskops und die verwendeten Brennweiten begrenzt. Optisch ist dieser Abstand aber entkoppelt, weil das Licht zwischen Objektiv und Tubuslinse parallel verläuft. Diese Konfiguration ist sehr nützlich in modernen Mikroskopen, da sie das Einfügen zusätzlicher Komponenten wie Filter zwischen Objektiv und Tubuslinse erlaubt, ohne den optischen Weg zu beeinflussen.

Experiment 7: Mikroskopie - Lichtmikroskop mit Endlichkeits-optik

Lernziel:

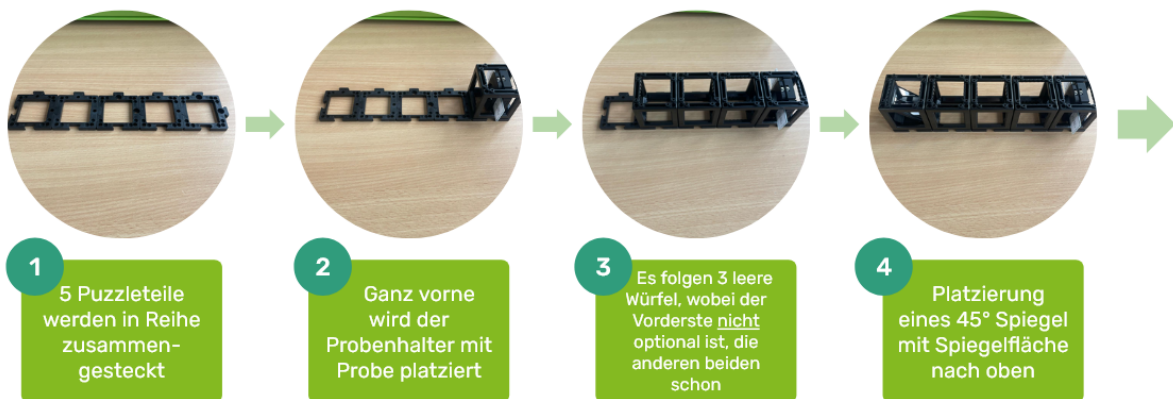
Die Lernenden können den Abstand zwischen den Linsen mithilfe einer mechanischen Z-Stage gezielt einstellen und beobachten, wie sich dies auf die Abbildung auswirkt.

Die Lernenden verstehen die grundlegenden Funktionsprinzipien von Endlich- und Unendlich-Optiken und können deren praktische Unterschiede beschreiben.

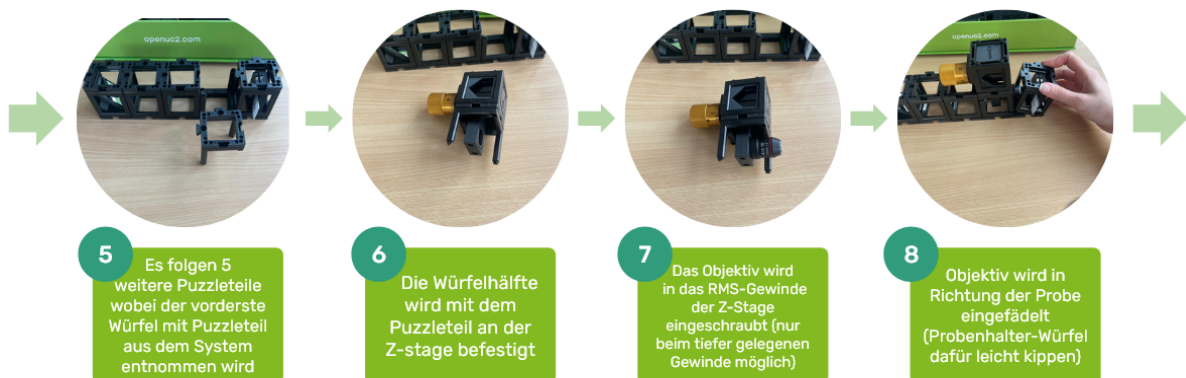
Notwendige Bauteile:

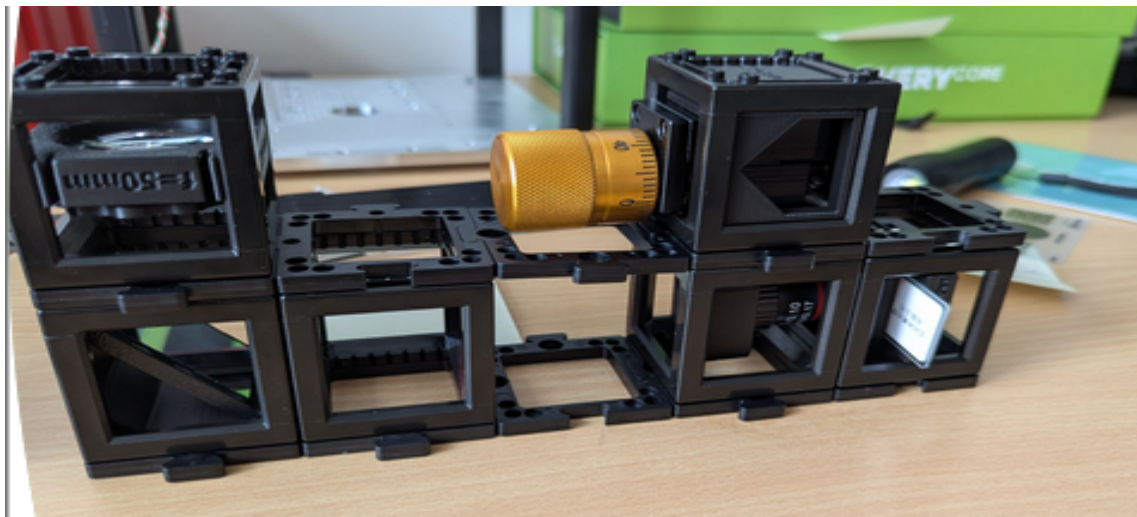
- ☐ mechanische Z-Stage
- ☐ 4x-Objektiv
- ☐ Würfel mit 50mm Linse (um 90° gedreht)
- ☐ 10x Puzzle Teil
- ☐ 1x 45°-Spiegel
- ☐ 1x leerer Würfel
- ☐ optional: 2x leerer Würfel
- ☐ Probenhalter mit Probe
- ☐ Taschenlampe

Aufbau:



Z-Stage Platzierung





Aufbau Lichtmikroskop mit Endlichkeitsoptik mit einem von zwei optionalen Würfeln

Durchführung:

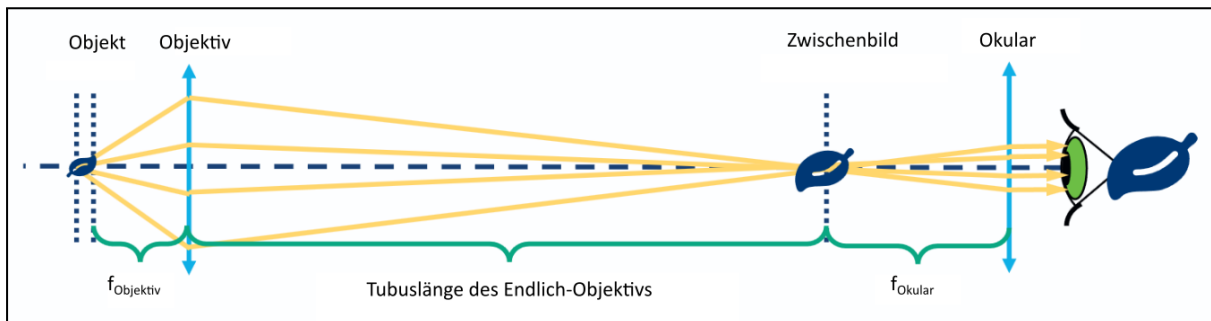
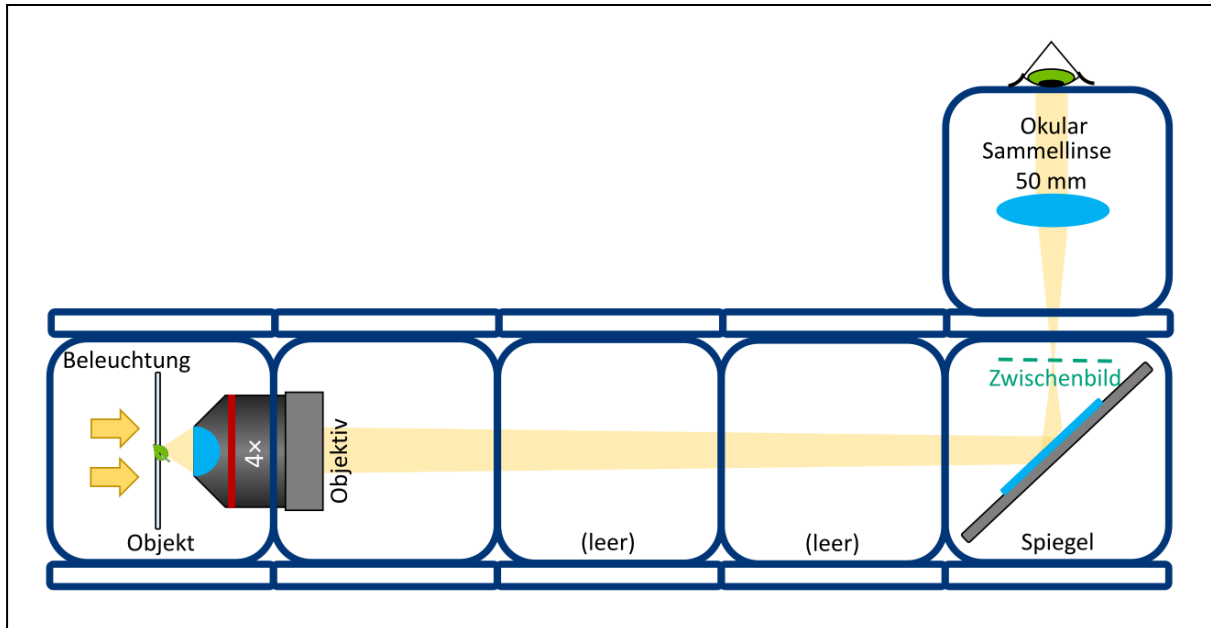
Die Taschenlampe einschalten und von oben durch die 90° gedrehte 50mm-Linse (Okular) schauen. Dabei die anderen beiden Linsen (Objektiv und Tubuslinse) so verschieben, dass das Bild scharf wird.

Beobachtung:

- Die Vergrößerung ist stärker als beim vorherigen Mikroskop mit der "Unendlich-Optik"
- Das Sichtfeld ist kleiner als beim vorherigen Mikroskop.
- Der Aufbau reagiert empfindlich auf Abstandsänderungen, ähnlich wie beim Kepler-Teleskop
- Das Bild ist umgekehrt und seitenvertauscht

Erklärung:

Objektivlinsen in älteren oder kleineren Mikroskopen sind meist sogenannte *endliche* Linsen. Sie verhalten sich wie Linsen mit extrem kurzen Brennweiten und erzeugen ein Zwischenbild hinter dem Objektiv in einem Abstand, der auf dem Objektiv aufgedruckt ist und bei unserem Objektiv 160 mm beträgt.



Aufbau und schematischer Strahlengang eines Mikroskops mit Endlich-Optik mit Verwendung der 4x-Objektivlinse:

Positioniert man das Objektiv 32mm (= Brennweite des Objektivs) hinter dem Objekt entsteht das Zwischenbild 160 mm hinter dem Objektiv (= Tubuslänge des Objektivs). Anschließend wird das Zwischenbild mittels des Okulars erneut vergrößert.

Im Detail:

Der Strahlengang

Das Objekt befindet sich in der objektseitigen Brennpunktebene des Objektivs f_{Objektiv} . Das Objektiv hat eine kurze Brennweite von 32mm. Die Objektivlinse erzeugt ein Zwischenbild in einem Abstand der Tubuslänge hinter der Linse.

$$t = 160\text{mm} \triangleq \text{Angabe auf Objektiv}$$

Der Spiegel faltet den optischen Weg, um die Arbeit komfortabler zu gestalten. Der Spiegel beeinflusst nicht die Vergrößerung, dreht aber das Bild in eine Richtung.

Das Okular vergrößert das Zwischenbild anschließend erneut und wandelt die einfallenden Strahlen hinter der Linse erneut in ein paralleles Strahlenbündel um.

Wie groß ist die Gesamtvergrößerung?

Auch bei diesem Mikroskop wird das Bild zweimal vergrößert.

Die Vergrößerung des Objektivs wird auf der Objektivlinse angegeben. In unserem Fall beträgt sie 4.

$$V_{\text{Objektiv}} = 4 \triangleq \text{Angabe auf Objektiv}$$

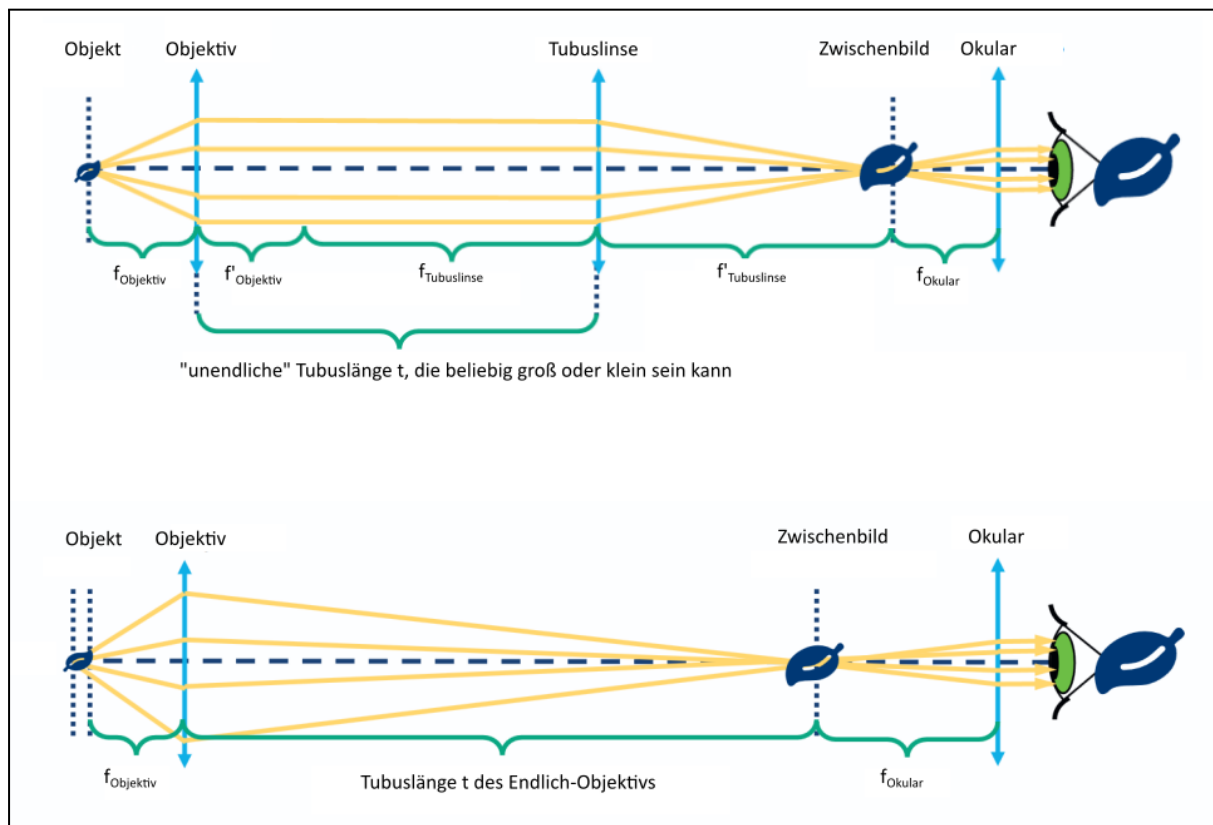
Die Vergrößerung des Okulars bleibt gleich:

$$V_{\text{Okular}} = \frac{250\text{ mm}}{f_{\text{Okular}}}$$

Die Gesamtvergrößerung ergibt sich aus dem Produkt der Objektiv- und Okularvergrößerung:

$$V_{\text{ges}} = 4 \times \frac{250\text{ mm}}{f_{\text{Okular}}}$$

Vergleich zu "Unendlich-Optik"

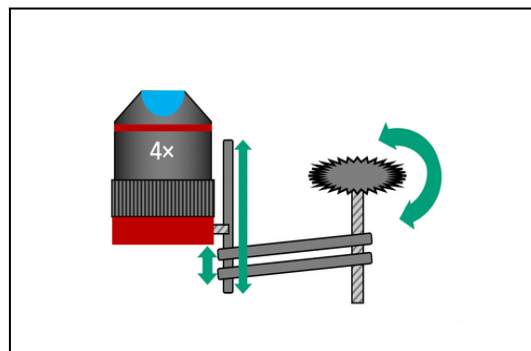


Unendlich-Mikroskopie (oben) im Vergleich zur Endlich-Mikroskopie (unten):

1. Das Bild der Endlich-Optik ist größer als beim Mikroskop mit unendlicher Optik. Die Objektivvergrößerung beträgt hier 4, während die des Unendlich-Mikroskops in unserem Beispiel nur 2 beträgt.
2. Das Zwischenbild wird jetzt nur durch die Linse erzeugt und befindet sich 160 mm (Tubuslänge der Objektivlinse) hinter ihr.

Drehmechanismus der Z-Stage

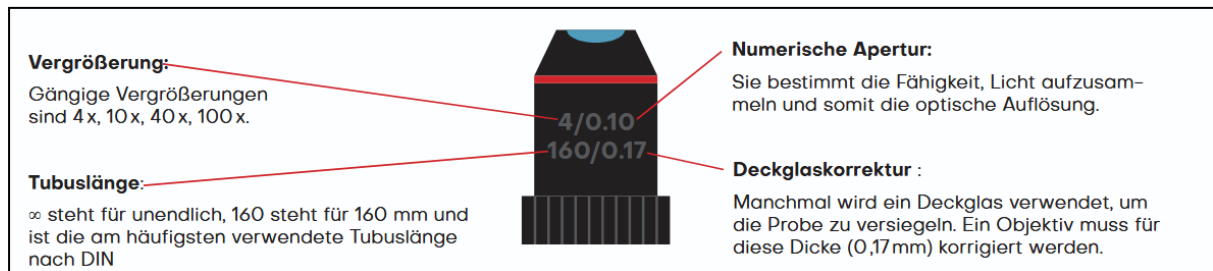
Endlich-Objektiv-Mikroskope können fokussieren, indem entweder das Objekt oder die Linse bewegt wird. Hierzu wird die Linse über einen einfachen Mechanismus bewegt. Die Drehung des Zahnrads führt zur Verschiebung des Objektivs. Für größere Bewegungen kann das Objekt verschoben werden.



Drehmechanismus der Z-Stage

Aufbau der Objektivlinse

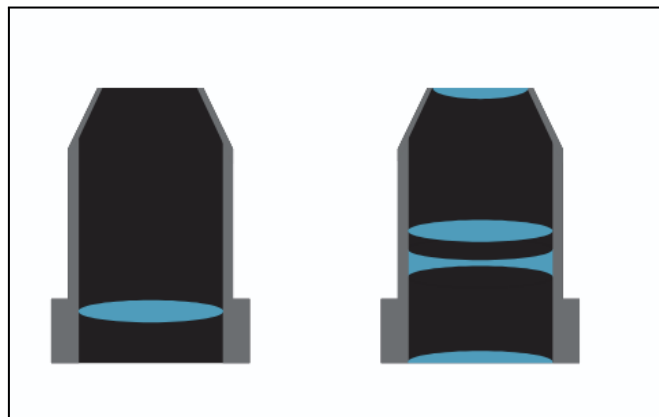
Eine Linse ist ein optisches System, das ein vergrößertes Bild eines Objekts erzeugt. Die verschiedenen Zahlen auf der Objektivlinse haben unterschiedliche Bedeutungen:



Erklärung der Objektivbeschriftung des 4x-Objektivs

Das verwendete 4x-Objektiv ist auch eine Sammellinse mit kurzer Brennweite. Das 4x-Objektiv hat eine Brennweite von $f = 32$ mm. Wenn es als Lupe verwendet wird, hat es also eine höhere Vergrößerung als die 50 mm Linse. Das Sichtfeld ist scharf, aber klein.

Das 4x Objektiv besteht aus nur einer einzelnen Linse. Objektive mit stärkerer Vergrößerung bestehen dagegen aus ganzen Linsensystemen (in der Abbildung sind es z.B. 4 Linsen).



*links: Objektiv bestehend aus einer Linse (blau), gleicht dem Objektiv der Corebox
rechts: Objektiv als Linsensystem mit vier Linsen (blau), findet man bei Objektiven stärkerer Vergrößerung*

Experiment 8: Mikroskopie - Das Smartphone Mikroskop

Lernziel:

Hier möchten wir den finalen Aha-Moment erzielen. Die Lernenden können ihr eigenes Smartphone oder Tablet als Mikroskop benutzen. Sie lernen dabei, wie ein digitales Optik-Setup mit Kamera aufgebaut ist.

Notwendige Bauteile:

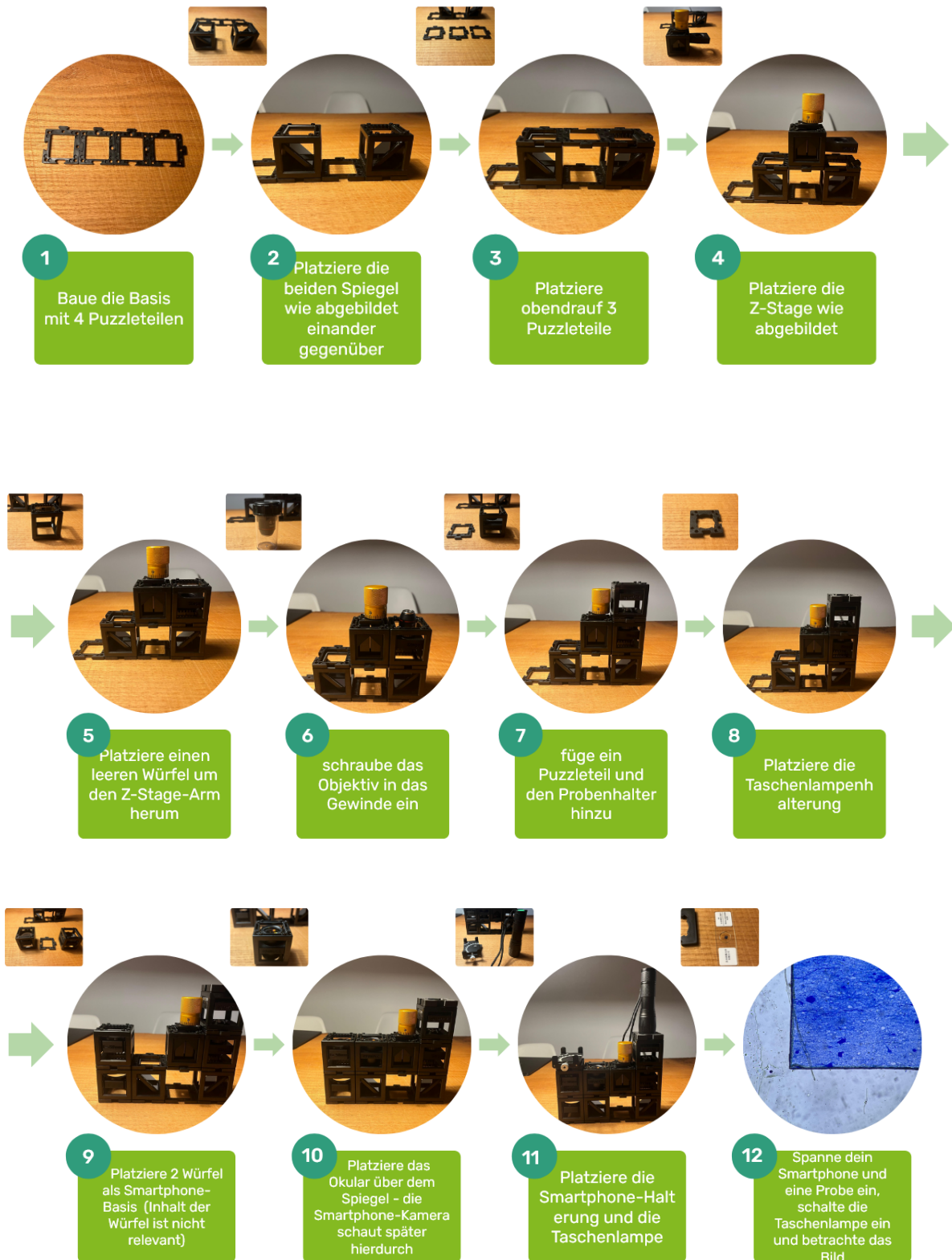
- ☐ Würfel
 - ☐ 2x Würfel mit 45° Spiegel
 - ☐ Würfel mit Z-Stage
 - ☐ Würfel mit Ramsden-Okular
 - ☐ 1x leerer Würfel
 - ☐ 1x Würfel der 2x 50mm Linsen enthält
- ☐ 10x Puzzleteile
- ☐ Smartphone-Halter
- ☐ Taschenlampen-Halter
- ☐ Taschenlampe
- ☐ Objektiv

Aufbau:

Bevor mit dem eigentlichen Aufbau begonnen wird, muss die Z-Stage innerhalb des Würfels um 90° gedreht werden:



Der weitere Aufbau ist hier grafisch beschrieben:



Durchführung:

Teil 1: Probe einsetzen

Nach dem Aufbau kann eine Probe in den Probenhalter eingesetzt werden. Probe möglichst zentral einsetzen. Dann die Taschenlampe so einschalten, dass sie dauerhaftes Licht gibt. Die Lernenden können nun durch das Okular die Probe betrachten.

Teil 2: Smartphone einsetzen und fokussieren

Anschließend muss nur noch das Smartphone in den Halter eingesetzt werden und die Kamera über dem Okular platziert werden. Dies erfordert etwas Verschieben, bis ein Bild sichtbar ist. Nachdem man das Bild mittels der Z-stage scharf gestellt hat, kann man mit dem Smartphone noch weiter heranzoomen.

Achtung:

- Bei unsachgemäßer Verwendung des Smartphonehalters kann das Smartphone zerkratzt werden oder zu locker sitzen und herunterfallen
- Bei unsachgemäßer Verwendung des Smartphonehalters können Knopf-Kombinationen am Smartphone ausgelöst werden (z.B. Notruf anrufen)

Teil 3:

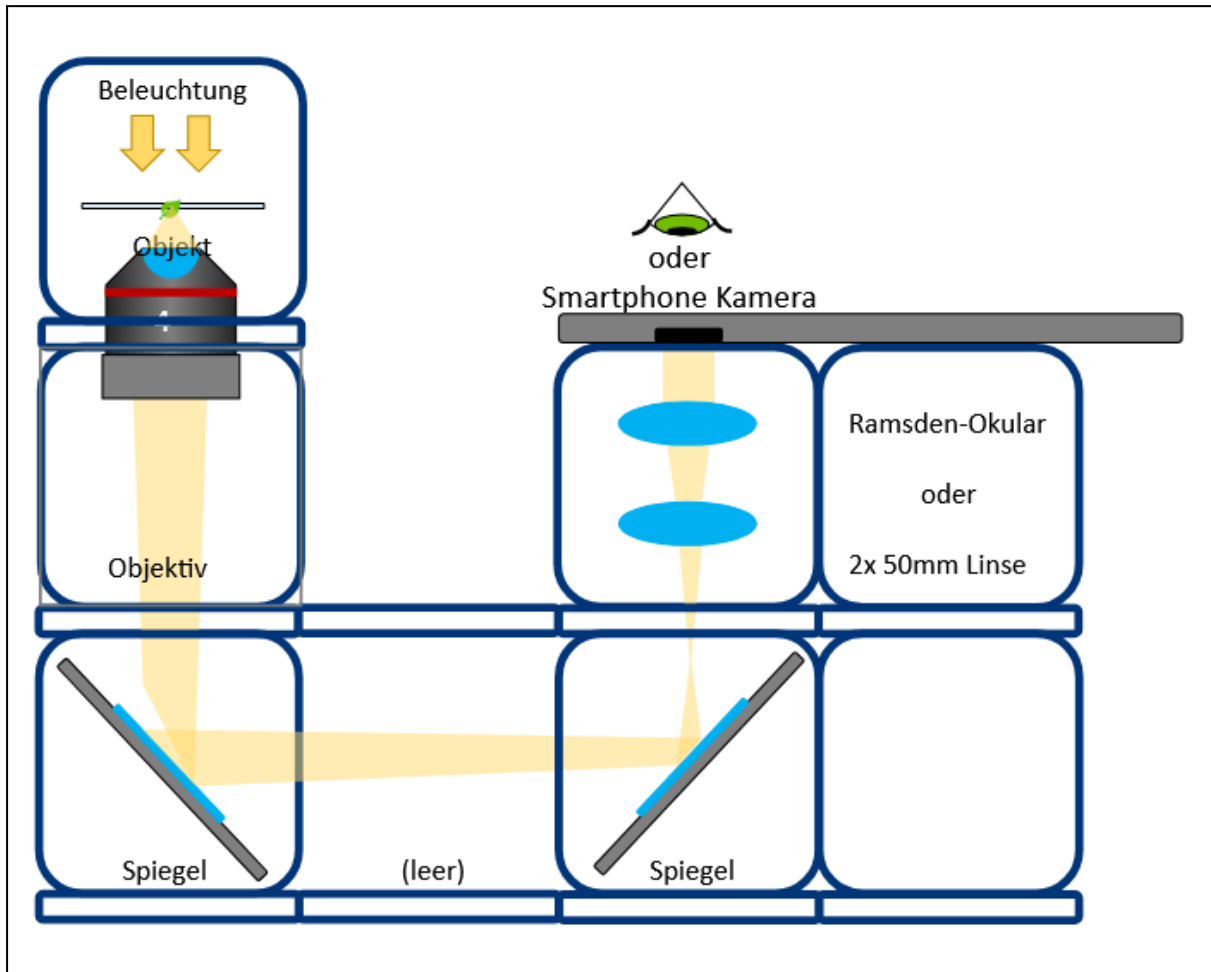
Nun wird das Ramsden-Okular durch die beiden 50mm Linsen ersetzt, wobei beide Linsen zusammen in einen Würfel platziert werden. Die Lernenden sollen nun ermitteln, welche Art von Okular für das Smartphone und welche für das menschliche Auge besser geeignet ist.

Beobachtung:

- Mit dem Smartphone erhält man eine bessere Vergrößerung als mit dem Auge.
- Dieser Unterschied wird durch das nachträgliche Heranzoomen noch deutlicher.

Erklärung:

Strahlengang



Aufbau und Strahlengang Smartphonemikroskop:

Das Objekt wird in der objektseitigen Brennebene des Objektivs platziert

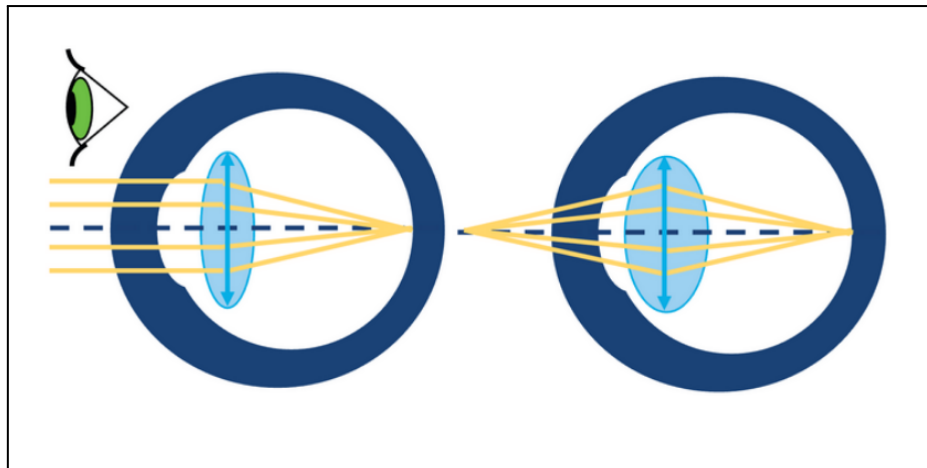
Das Objektiv erzeugt ein Zwischenbild 160 mm hinter dem Objektiv

Positioniert man das Objektiv 32mm (= Brennweite des Objektivs) hinter dem Objekt entsteht das Zwischenbild 160 mm hinter dem Objektiv (= Tubuslänge des Objektivs). Anschließend wird das Zwischenbild mittels des Okulars erneut vergrößert.

Smartphone Kamera vs menschliches Auge

Die Smartphone Kamera hat eine Linse mit sehr kurzer Brennweite, da diese in das dünne Smartphone passen muss. Die Linse erzeugt dann ein Bild auf dem Kamera-Sensor, dessen Eigenschaften dem menschlichen Auge ähneln.

Das Auge kann die Objekte sowohl aus der Ferne als auch aus der Nähe abbilden. Diese Eigenschaft heißt Akkomodation.



*Akkommodation des Auges durch variable Linsendicke:
links: Betrachtung von weit entfernten Objekten - Linse ist flach
rechts: Betrachtung von nahen Objekten - Linse ist dick*

Akkommodation des Auges:

Treffen Strahlen aus dem Unendlichen auf die Linse, flachen unsere Augenmuskeln diese ab. Je kleiner die Krümmung der Linse, desto weiter nach hinten verschiebt sich ihr Brennpunkt.

Treffen sich Strahlen aus der Nähe auf die Linse, z.B. beim Lesen, drücken unsere Augenmuskeln die Linse zusammen, sodass ihre Krümmung größer wird. Dadurch verschiebt sich der Brennpunkt verschiebt sich näher zur Linse hin.

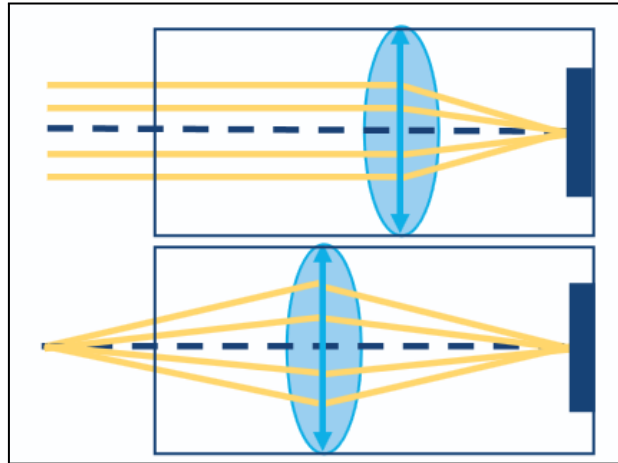
Das Auge passt die Dicke der Linse also je nach Entfernung des zu betrachtenden Objekts an.

Fun Fact: Altersweitsichtigkeit kommt daher, dass die Augenmuskeln im Laufe ihres Lebens ausleiern und daher die Linse nicht mehr so gut zusammendrücken können. Deswegen brauchen alte Menschen oftmals eine Lesebrille.

Übrigens: Das Bild aus dem Okular unseres Mikroskops besteht aus parallelen Lichtstrahlen – so, als käme es aus dem Unendlichen. Du beobachtest mit entspanntem Auge (wie beim Blick in die Ferne).

Autofokus

Auch das Smartphone kann sich auf verschiedene Abstände einstellen – es nennt sich dann Autofokus. Die Kamera verschiebt dafür ihre Linsenposition, um Objekte in verschiedenen Abständen scharf abzubilden.



Autofokus der Kamera:

Die Kamera verschiebt ihre Linse je nach Abstand des Objekts zum Sensor (dunkelblau), um so verschieden weit entfernte Objekte scharf stellen zu können.

Das Ramsden - Okular

Ein Okular ist eigentlich eine Lupe, da es das Zwischenbild vergrößert. Das Okular, was wir hier verwenden, ist ein sogenanntes Ramsden-Okular.

Eine einzelne Linse kann auch als Okular benutzt werden. Allerdings ist bei dem, aus einem Linsensystem bestehenden, Ramsden- Okular das Sichtfeld besser, weil es weniger Fehler am Rand des Sichtfeldes erzeugt. Das Ramsden-Okular besteht aus zwei Linsen mit der gleichen Brennweite. Seine Brennweite beträgt:

$$f_{\text{Ramsden-Okular}} = 3/4 \times f_{\text{Linse}}$$

Das Sichtfeld ist größer und das Bild sieht mit dem Ramsden-Okular klarer aus.