



CoreBOX

# UC2 Handbuch

Bitte beziehen Sie sich immer auf die [www.openuc2.com](http://www.openuc2.com) bzw. [www.openuc2.github.io](http://www.openuc2.github.io) für eine aktualisierte Version dieses Handbuchs.

Übersetzte Versionen des Handbuchs sind verfügbar unter:

Englisch: <https://openuc2.github.io/docs/Toolboxes/DiscoveryCore/ENGLISH/uc2miniboxEN>

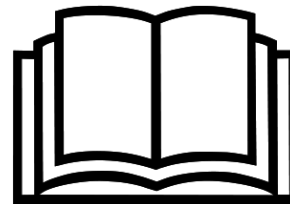
Deutsch: <https://openuc2.github.io/docs/Toolboxes/DiscoveryCore/GERMAN/uc2miniboxDE>

Lesen Sie sorgfältig! Dieser Teil des Textes hat die größte Bedeutung – entweder für die Sicherheit der Benutzer oder für die ordnungsgemäße Wartung der Optik-Komponenten. Diese Informationen beziehen sich auf die OpenUC2 CoreBox, die Discovery Electronics(+) und Discovery Interference.

So erreichen Sie den technischen Support von OpenUC2: Schauen Sie zunächst in den letzten Kapiteln dieses Handbuchs nach Anleitungen zur Fehlerbehebung oder besuchen Sie [forum.openuc2.com](http://forum.openuc2.com) für eine vollständige Liste der häufigsten Probleme, der Fehlerbehebung und anderer Anleitungen. Die Dokumentationswebsite [openuc2.github.io](http://openuc2.github.io) bietet weitere Informationen für die mögliche Verwendung des Produkts.

Wenn Ihr Problem dort nicht aufgeführt ist oder die Lösung nicht funktioniert, senden Sie bitte eine E-Mail an [support@openuc2.com](mailto:support@openuc2.com). Versuchen Sie, Ihr Problem so gründlich wie möglich zu erklären – Fotos und/oder Videos anhängen, wenn möglich.

Handbuch Version 0.1 vom 8. November 2023, openUC2 GmbH



Informationen über Funktionalität, korrekte Verwendung und Wartung der Komponenten finden Sie in diesem Handbuch und online unter [support.openuc2.com](http://support.openuc2.com).



Soweit vorhanden, muss das Gerät von der Stromversorgung (Netzteil) getrennt werden, bevor irgendeine Art von Service durchgeführt wird, andernfalls riskieren Sie möglicherweise eine elektrische Verletzung. Lesen Sie das Handbuch und die Wissensdatenbank unter [support.openuc2.com](http://support.openuc2.com), bevor Sie Wartungsarbeiten am Gerät durchführen.







# Inhalt der CoreBOX

**Probenhalter:** Hält das Präparat.

**Fokussiereinheit:** Verfährt das Objektiv entlang der z-Richtung

**Spiegel:** Reflektiert das Licht.

**Linse:** Fokussiert das Licht

**Okular:** Erzeugt ein Bild.



Vorsicht!

Berühre nicht das Glas!



Reinigung der Linsen

Nutze ein Brillenputztuch



Okular

10x



Taschenlampe



Zerstreuungslinse  
-50 mm



Probenhalter



Sammellinse



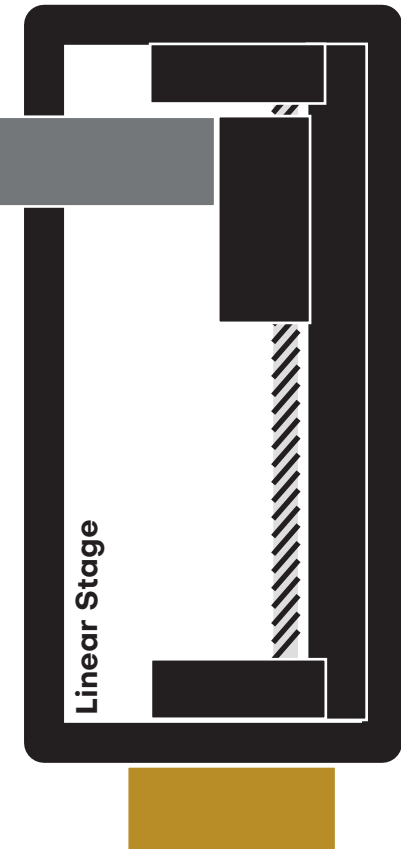
Sammellinse



Sammellinse



Spiegel



Mikroskopobjektiv

Linear Stage



Spiegel

# You.See.Too.? UC2!

Das Kernelement des UC2-Projekts ist ein einfacher Würfel. Der Würfel besteht aus zwei Hälften und beherbergt einen verschiebbaren Einsatz. Der Einsatz kann verschiedene optische Komponenten (z.B. Linsen, Spiegel) halten, womit sich mit jedem Würfel unterschiedliche Funktionen realisieren lassen. Die Würfel, sowie die in alle Richtungen erweiterbaren Grundplatten im Puzzleformat sind Spritzgegossen und haben dadurch eine hohe Präzision. Gehalten werden die Teile per Formschluss, was die Nutzung von Magneten und Schrauben erübrigt. Die Einsätze im Stoppschildformat lassen sich schnell an neue Komponenten anpassen und finden im Würfel platz.

## Würfeltyp 1

Spritzguss mit Steckverbindung

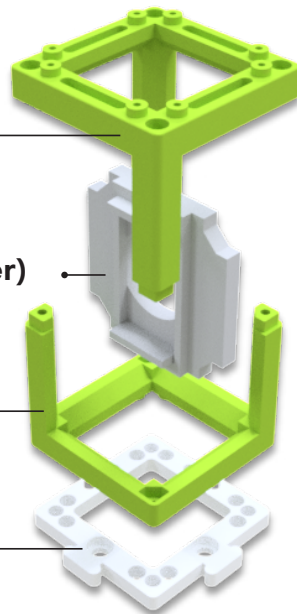
Würfel

Würfel (Hälfte)

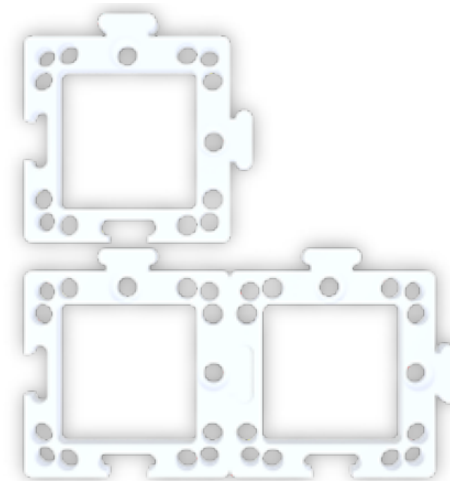
Einsatz (z. B. Probenhalter)

Würfel (Hälfte)

Grundplatte



Grundplatte



Der Würfel lässt sich auf eine Grundplatte montieren. Die Grundplattenmodule lassen sich wie Puzzle zusammenstecken.



# UC2 zum Selberdrucken

Neben dem spritzgussfähigen Design kommt der Würfel auch in einer druckbaren Version daher. Beide Würfel sind miteinander kompatibel, jedoch lässt sich der Würfel bestehend aus Deckel und Korpus besser drucken. Die magnetischen Schrauben dienen dazu, sich mit den Kugelmagneten auf der Platte zu verbinden. Durch die Kombination verschiedener Würfelmodule lassen sich ganz einfach verschiedene optische Aufbauten zusammenbauen. Mit jedem Würfel kann eine neue Funktion hinzugefügt werden. Deiner Kreativität sind keine Grenzen gesetzt.

## Würfeltyp 2

3D gedruckt mit Magnetverbindung

Würfel

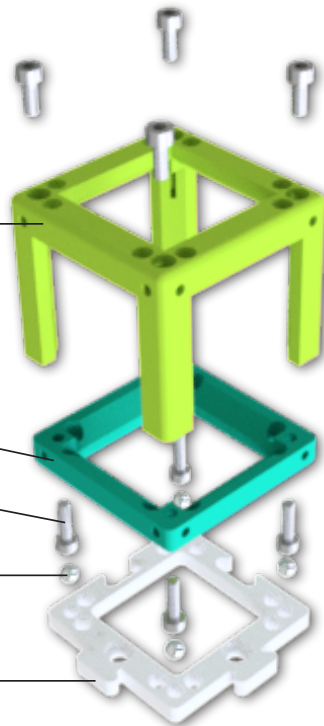
Würfel (Körper)

Würfel (Deckel)

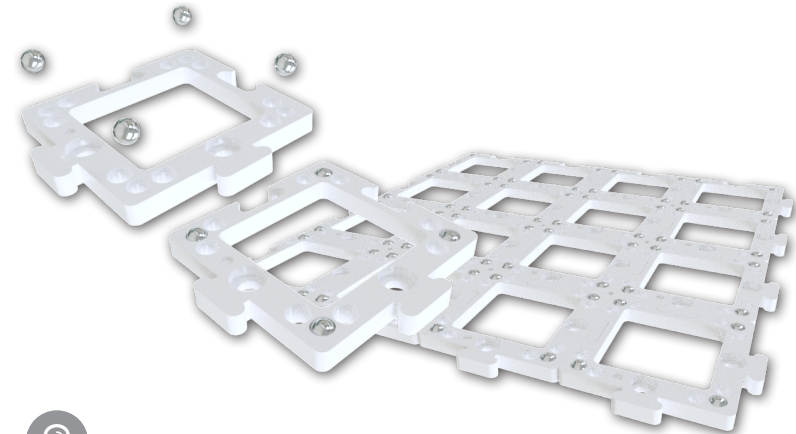
Schrauben (magnetisch)

Kugelmagnete

Grundplatte



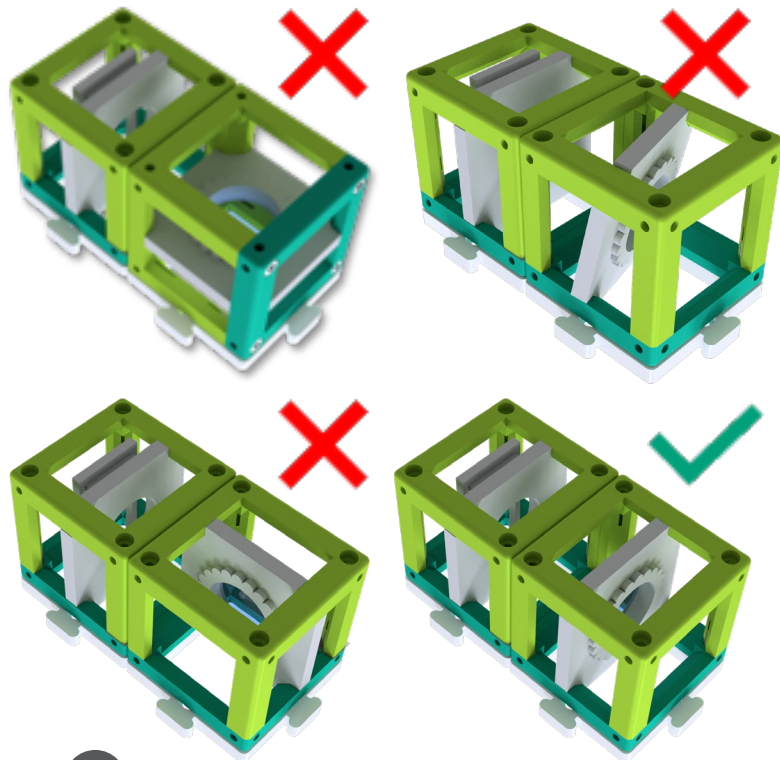
### Grundplatte mit Magneten



In der 3D-gedruckten Grundplatte sind kleine Kugelmagnete eingelassen, auf die die Würfel gesteckt werden.

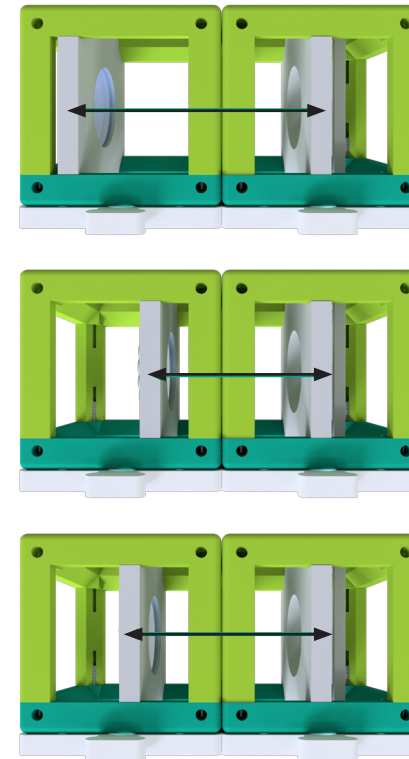
Willst du mehr Würfel haben? Dann kannst du sie selbst bauen. Du findest alles hier.

# So passen die Würfel zusammen



Achte darauf, dass die Würfel richtig auf der Platte stecken und nicht verkippt sind.

**Tipp:** Am besten halten die Würfel im „Sandwich“-Format, wobei die Platten die Würfel oben und unten halten



Wenn du kein scharfes Bild siehst, verschiebe die Einsätze (z.B. Linse) so lange, bis du es klar siehst. Der schwarze Pfeil im Bild zeigt dir, wie das geht.





# Das kann eine Linse

Nimm einen oder mehrere der Würfel, in denen eine Linse steckt und schaue dir das hier abgebildete UC2 Symbol da hindurch an. Halte den Würfel dabei in der Hand und verändere den Abstand zwischen der Linse und dem Bild.



?

Wie sieht das Bild aus?

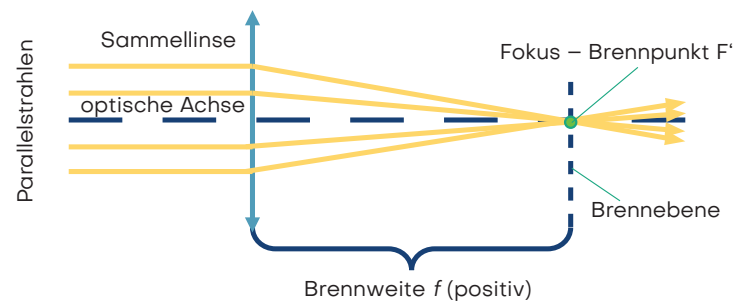
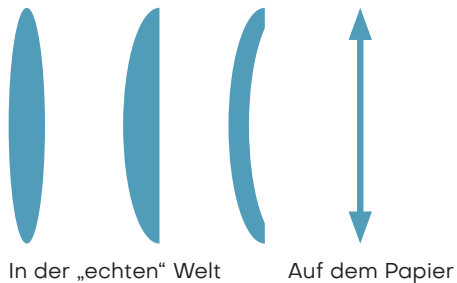
?

Verschiedene Linsen haben unterschiedliche Fähigkeiten. Welchen Unterschied beobachtest du zwischen den

# Linsen

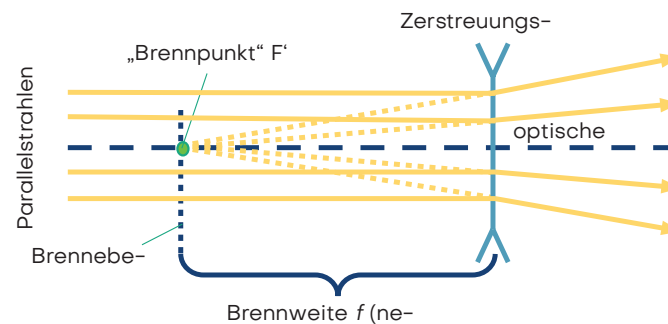
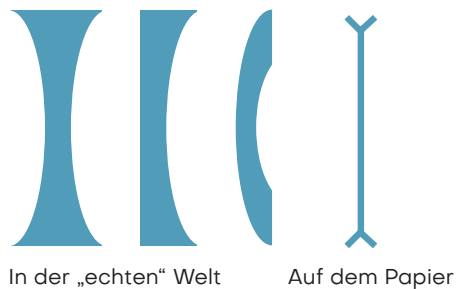
In der Strahlenoptik wird das Licht als Strahlenbündel (Pfeile) dargestellt, was eine Vereinfachung der physikalischen Eigenschaften von Licht mit sich bringt. Ein Strahl hat eine Richtung und wird daher mit einem Pfeil gezeichnet. Eine Linse „bricht“ den Strahl und ändert so seine Richtung.

## Sammellinsen



Sammellinsen brechen die Lichtstrahlen, die parallel zur optischen Achse laufen, in einem Punkt, der Brennpunkt genannt wird.

## Zerstreuungslin-



Zerstreuungslinsen brechen die Lichtstrahlen, die parallel zur optischen Achse laufen, als würden sie einem Punkt entspringen, der „virtueller“ Brennpunkt genannt.

Die Brennweite einer Linse entspricht hier der Distanz von der Linse zur Brennebene, auf der der Brennpunkt liegt. Sie wird in Millimeter angegeben ( $f = \text{mm}$ ).



# Linsen „brechen“ die Lichtstrahlen

Die Brennweite der Linse findest du als eine gedruckte Nummer auf den Linsenhaltern. Die CoreBOX enthält eine 100-mm-Sammellinse, zwei 50-mm-Sammellinsen und eine -50-mm-Zerstreuungslinse. Die Zahlen geben die Brennweite an.

Die Sammellinse heißt auch positive oder konvexe Linse. Der mittlere Teil der Linse ist immer dicker als der Rand.



Mit der Sammellinse kann das Bild vergrößert werden. Die Vergrößerung ist für die 50-mm-Linse und die 100-mm-Linse unterschiedlich. Das Bild kann aufrecht oder umgekehrt sein.

Die Zerstreuungslinse (Streulinse) heißt manchmal auch negative oder konkave Linse. Der mittlere Teil der Linse ist immer dünner als der Rand.



Mit der Zerstreuungslinse ( $f = -50 \text{ mm}$ ) ist das Bild immer verkleinert und immer aufrecht.

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



Haben die Antworten noch mehr Fragen aufgeworfen? Dann fahre fort, um herauszufinden, wie genau die Linsen funktionieren...

# Linsen-Abbildung

Nimm jetzt die Linsen-Würfel zur Hand. Versuche, mit der passenden Linse die jeweilige Angabe über die Brennweite in den abgebildeten Würfeln zu entziffern. Bewege die Linse über der Schrift bis sie die gleiche Größe hat wie der Text „UC2“ in der Mitte.

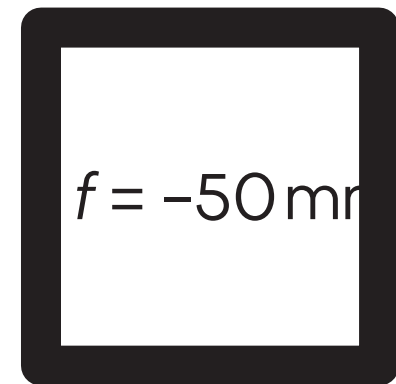
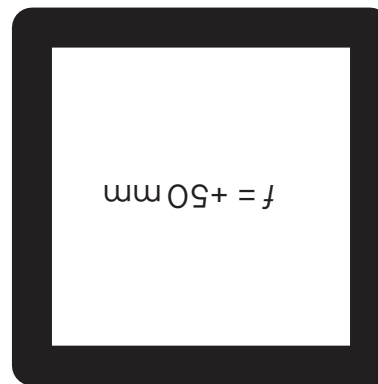
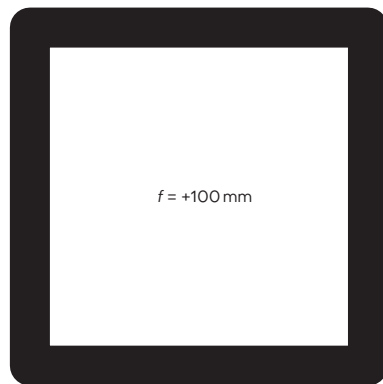
?

Kannst du den Text in der gleichen Größe und Ausrichtung wie das „UC2“ sehen? Was passiert, wenn du den Abstand zwischen der Linse und dem Bild veränderst?

?

Was passiert, wenn du eine Linse mit der falschen Brennweite verwendest?

UC2



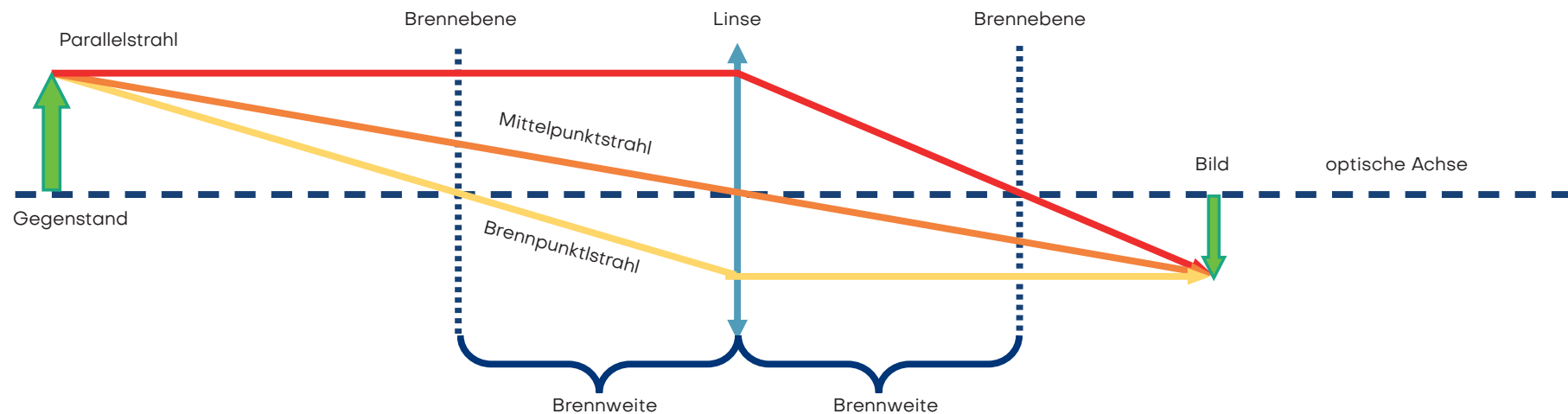


# Abbildung eines Gegenstandes durch eine positive Linse

Als Beispiel nehmen wir die Sammellinse. Wir starten mit einem Gegenstand (grüner Pfeil) und schauen, was mit den Strahlen passiert, die von der Spitze aus starten. Es gibt unendlich viele Strahlen in alle Richtungen, für das Zeichnen der Abbildung reichen uns aber die drei folgenden Strahlen:

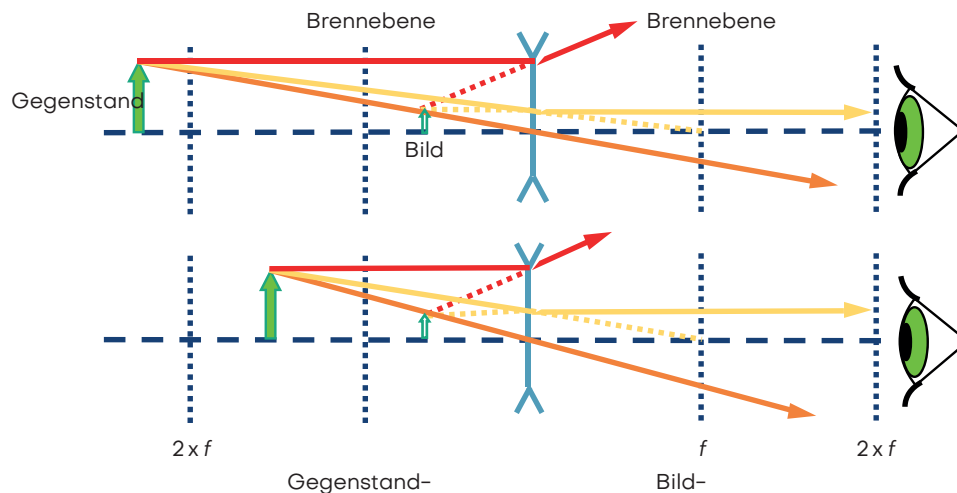
1. Der Mittelpunktstrahl (orange) geht ungestört durch das Zentrum der Linse.
2. Der Brennpunktstrahl (gelb) startet auch von der Spitze des Pfeils, geht aber durch den objektseitigen Brennpunkt in der Brennweite  $f$ . Nach der Linse verläuft er auf gleicher Höhe weiter, aber nun parallel zur optischen Achse.
3. Der Parallelstrahl (rot) läuft zunächst parallel zur optischen Achse, wird dann aber an der Linse so gebrochen, dass er durch den bildseitigen Brennpunkt in der Brennweite  $f$  verläuft.

Das Bild entsteht dort, wo sich alle Strahlen schneiden. Das Prinzip ist für alle Punkte bzw. die davon ausgehenden Strahlen eines Objekts gleich. Je nach dem, welche Linse benutzt wird und je nach Position des Objekts, verändern sich die Eigenschaften des Bildes, die Größe, die Orientierung und die Position.



# Abbildung eines Gegenstandes durch eine negative Linse

Im Fall der Zerstreuungslinse benutzen wir die gleiche Methode, um den Strahlengang abzubilden. Anders als im Fall der Sammellinse ist das Bild immer verkleinert und virtuell. Die Vergrößerung ist von der Position des Gegenstands vor der Linse abhängig. Anders als bei der Sammellinse entsteht das Bild auf der Objektseite und heißt damit virtuelles Bild. Du kannst es direkt mit deinen Augen sehen aber nicht auf einen Bildschirm projizieren.



Die Art und Weise, wie eine Linse ein Bild erzeugt, ist vorhersehbar, wenn man die Brennweite dieser Linse kennt. Deshalb muss ein bestimmter Abstand eingehalten werden, damit du die Schrift mit der angegebenen Linse auf dem vorhergehenden Blatt erkennst.

Mit der Zerstreuungslinse ( $f = -50 \text{ mm}$ ) siehst du immer ein verkleinertes virtuelles Bild. Ein virtuelles Bild kann nur mit dem Auge betrachtet werden. Bislang haben wir nur virtuelle Bilder gesehen.

Die Vergrößerung und der Ort, an dem das Bild entsteht, hängen von der Brennweite der Linse und vom Abstand zwischen Linse und Objekt ab.



# Die Sammellinse als Lupe

Nimm den UC2 Linsen-Würfel mit der Brennweite  $f = 50\text{ mm}$  und benutze ihn als eine Lupe.

Die Lupe

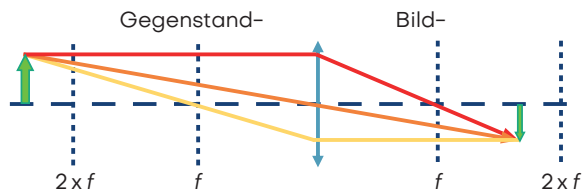


?

Kannst du durch die Sammellinse die kleinen Buchstaben lesen? Was steht dort geschrieben?

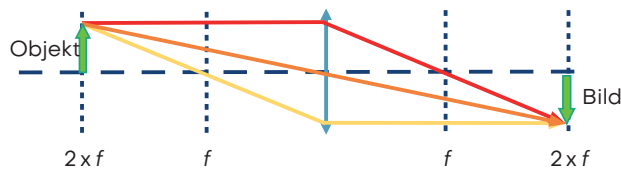
# Das machen Sammellinsen

Von den Sammellinsen hängt die Vergrößerung und Position des Gegenstands ab.



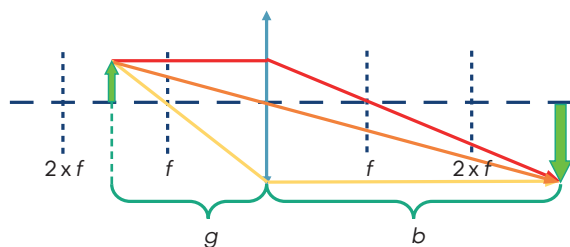
Wenn der Abstand zwischen Objekt und Linse mehr als dem doppelten der Brennweite der Linse entspricht, dann ist das Bild ...

- **umgekehrt**
- **seitenvertauscht**
- **verkleinert**
- **reell**



Wenn der Abstand zwischen Objekt und Linse genau der doppelten Brennweite der Linse entspricht, dann ist das Bild ...

- **umgekehrt**
- **seitenvertauscht**
- **gleich groß**
- **reell**



Wenn der Abstand zwischen Objekt und Linse mehr als die Brennweite und weniger als dem doppelten der Brennweite der Linse entspricht, dann ist das Bild ...

- **umgekehrt**
- **seitenvertauscht**
- **vergrößert**
- **reell**



**Bildweite ( $b$ )**

Der Abstand zwischen der Linsenebene und dem von der Linse erzeugten Bild wird als  $b$  bezeichnet.



**Gegenstandsweite ( $g$ )**

Der Abstand zwischen dem Objekt und der Linsenebene wird als  $g$  bezeichnet.

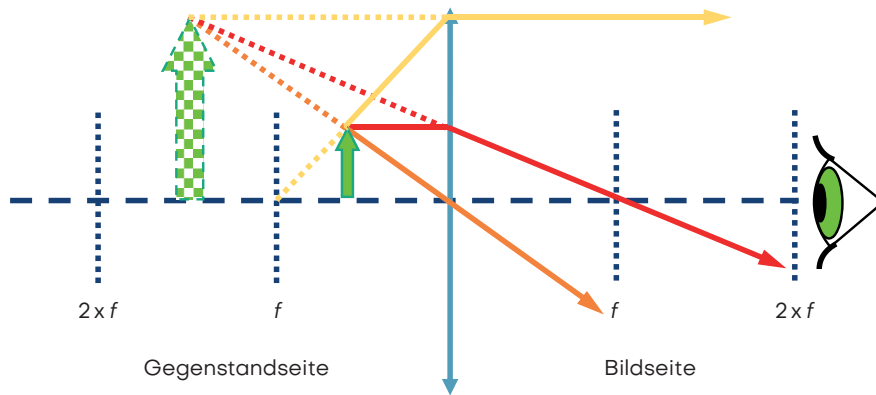


Die Sammellinse kann ein reelles Bild erzeugen. Das reelle Bild sieht man dann auf einem Bildschirm.





# Darum vergrößert die Lupe



## Lupeneffekt

Wenn der Abstand zwischen Objekt und Linse weniger als der Brennweite der Linse entspricht, dann ist das Bild ...

- **aufrecht**
- **seitenrichtig**
- **vergrößert**
- **virtuell**



Berechne die Vergrößerung der Lupe mit der folgenden Formel:



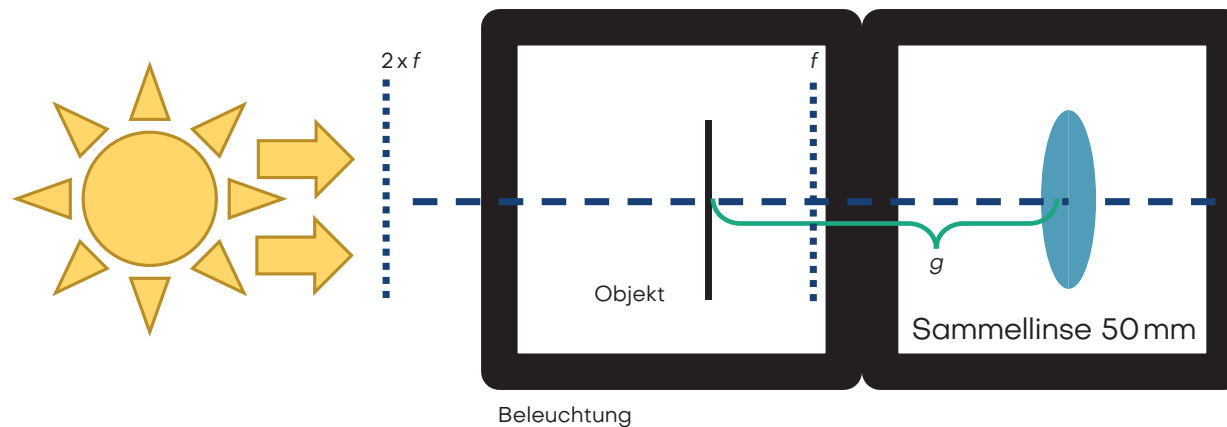
250 mm ist die Entfernung der deutlichen Sehweite – also der Abstand zwischen Objekt und Auge bei dem die meisten Menschen gut lesen können. Mehr dazu später in der „Akkommodation“ des Auges.



Die Lupe ist das einfachste aller optischen Geräte, denn es besteht bloß aus einer einfachen Sammellinse mit passender Brennweite. Warum vergrößert der Würfel mit der 50 mm den kleinen Text? Befindet sich das Objekt vor der Brennweite der Linse – also weniger als 50 mm vor der Linse – erzeugt die Linse ein virtuelles Bild, welches hinter dem eigentlichen Objekt liegt. Das Auge nimmt es vergrößert wahr. Schau dir dazu das Diagramm oben an.

# So funktioniert ein Kinoprojektor

Nimm dir den UC2-Linsenwürfel mit der Brennweite  $f = 50\text{ mm}$  und platziere ihn hinter den Probenhalterwürfel. Der Abstand zwischen dem Objekt und der Linse (also die Gegenstandsweite  $g$ ) sollte ca.  $60\text{ mm}$  entsprechen. Wenn du nun mit der Taschenlampe das Objekt beleuchtest, wirst du es in einem Abstand von ca.  $300\text{ mm}$  auf der Wand scharf sehen. Ein Kinoprojektor hat statt des Objekts einen Filmstreifen und natürlich eine viel stärkere Lichtquelle.



Benutze eine Taschenlampe (z. B. von deinem Handy) als Lichtquelle und halte es vor das Objekt.

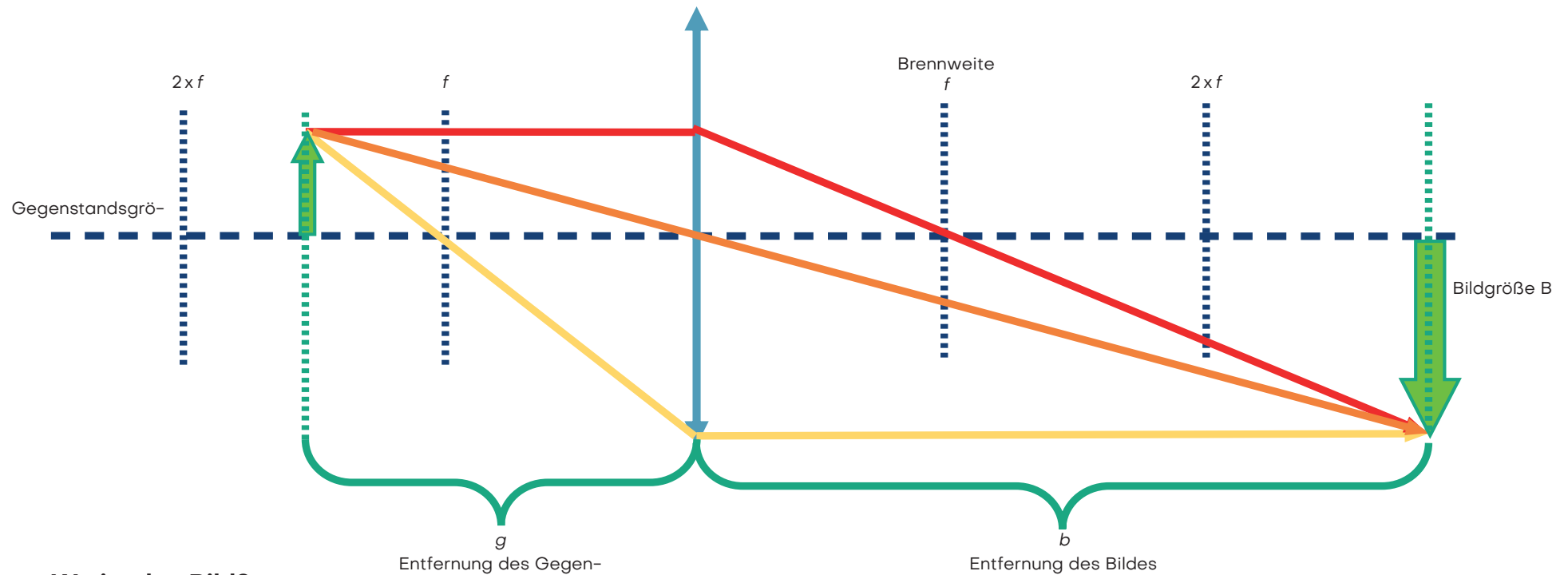


Wie ist das Bild orientiert?

Schiebe die Linse in dem Würfel hin und her und beobachte, wann das Bild scharf ist. Finde das Bild für  $g = 60\text{ mm}$ ,  $65\text{ mm}$ ,  $70\text{ mm}$  und messe den Abstand zwischen der Linse und dem Bild.



# So funktioniert der Projektor



## Wo ist das Bild?

Bei der Abbildung eines Gegenstands durch eine Sammellinse hängen Lage und Größe des Bildes von der Entfernung ( $g$ ) des Gegenstands zur Linse und von deren Brennweite ( $f$ ) ab.

Die Linsengleichung beschreibt den Zusammenhang zwischen der Bildweite ( $b$ ) und Objektweite ( $g$ ): 
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

## Wie groß ist das Bild?

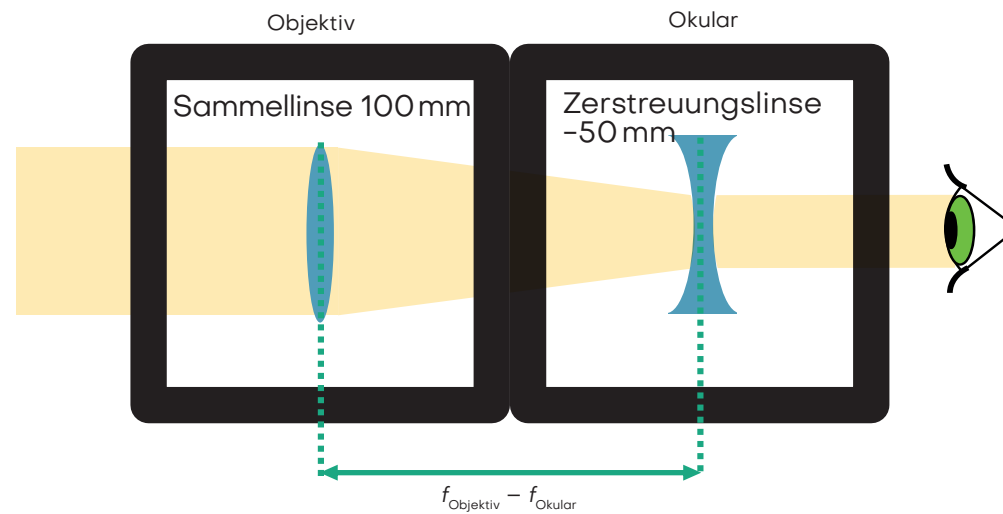
Die Vergrößerung des Objekts auf dem Schirm lässt sich einfach mit der folgenden Formel ausrechnen: 
$$V = \frac{b}{g} = \frac{B}{G}$$





# Das ist ein Galilei-Fernrohr

Stell die Linsen-Würfel auf das Blatt, wie in dem Diagramm gezeigt und schaue dann durch das Fernrohr in die Ferne.



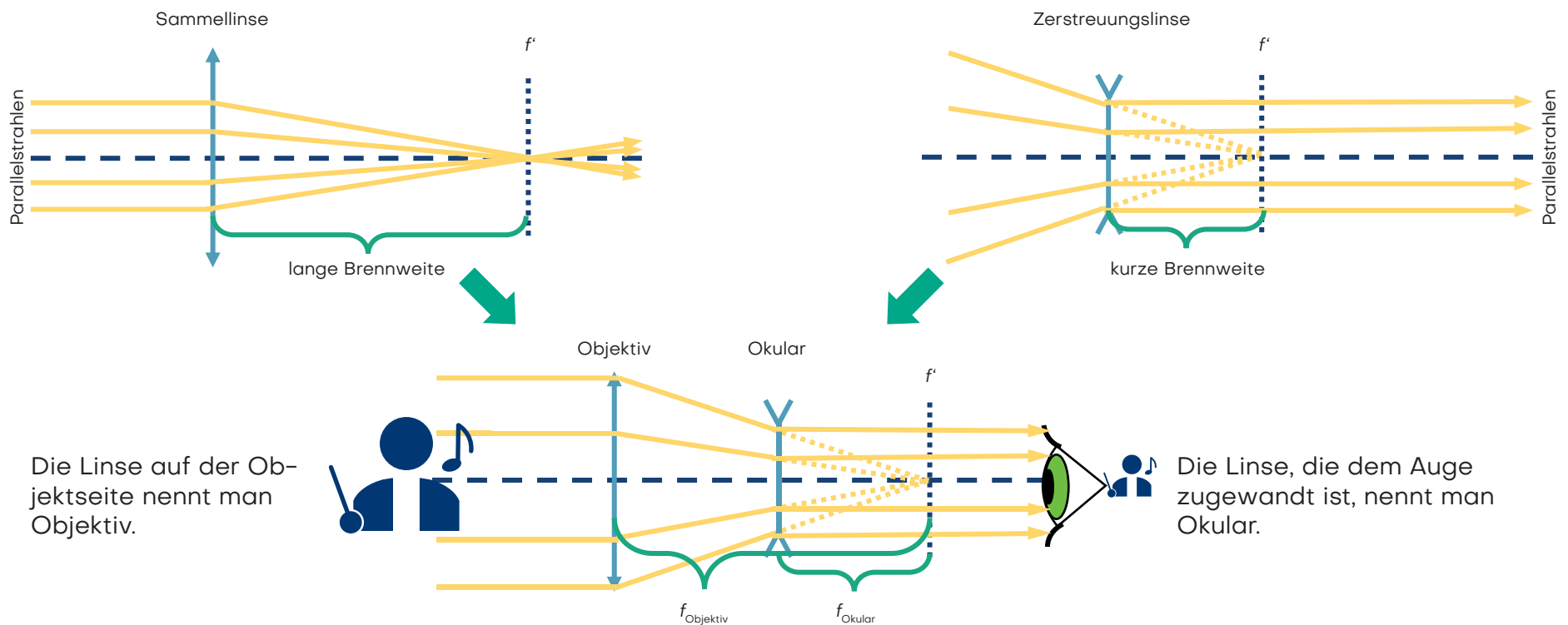
Wie sieht das Bild aus?  
Wie ist das Bild orientiert?



Während du durch das Fernrohr schaust, passe die Abstände zwischen den Komponenten an, um ein scharfes Bild zu sehen!

# So funktioniert das Galilei-Fernrohr

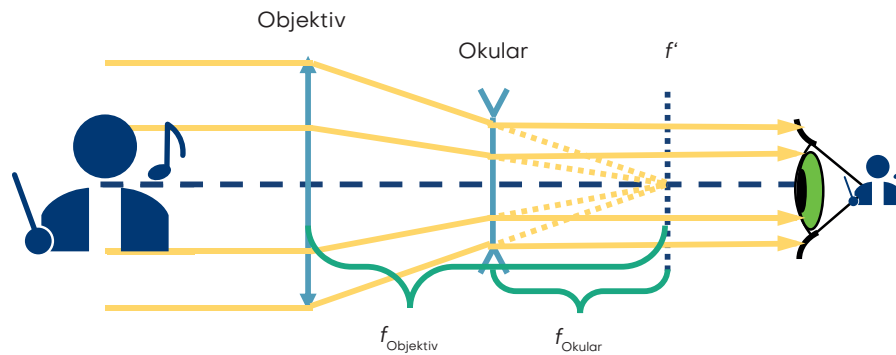
Ein Fernrohr ist ein optisches Instrument, das entfernte Objekte um ein Vielfaches näher oder größer erscheinen lässt.



Das Galilei-Fernrohr wird auch in Operngläsern verwendet.



# So funktioniert das Galilei-Fernrohr



?

Wie lautet die Vergrößerung dieses Galilei-Fernrohrs?  
Formel zur Berechnung der Vergrößerung

Sichtfeld bezeichnet den Bereich im Bildwinkel einer optischen Einrichtung, innerhalb dessen Objekte aufgezeichnet werden können.

Mit diesem Fernrohr kann man keine sehr hohe Vergrößerung erreichen. Dafür ist es sehr kompakt.

📢

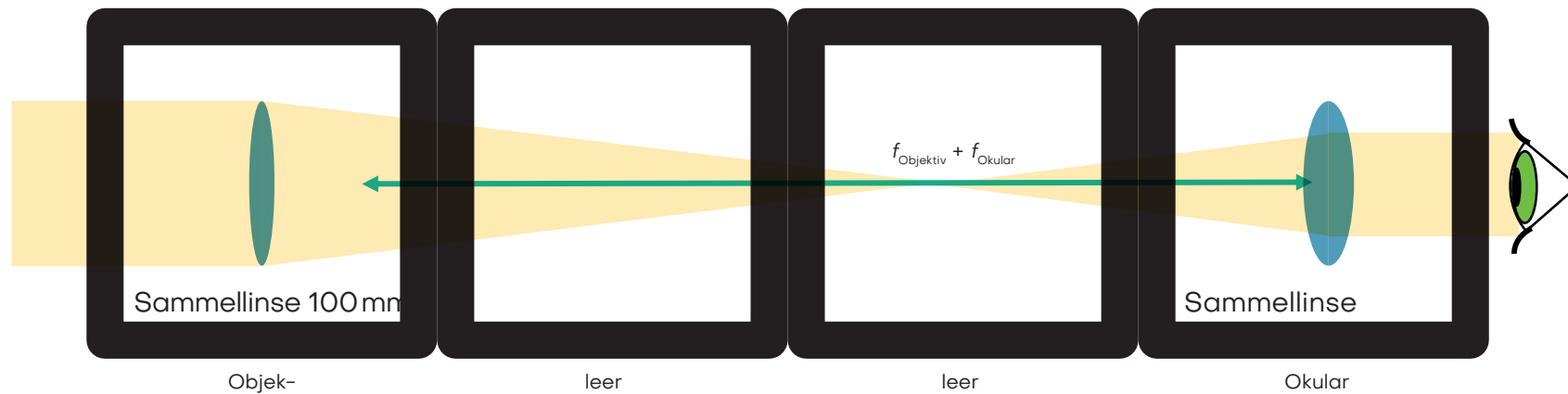
Das Bild ist immer

- vergrößert mit der Vergrößerung aus obiger Formel
- aufrecht
- seitenrichtig

Das Sichtfeld ist klein.

# Das ist ein Kepler-Fernrohr

Stell die Linsen in die richtige Position, wie in dem Diagramm gezeigt. Dann schaue durch das Fernrohr in die Ferne.



?

Wie sieht das Bild aus?  
Wie ist das Bild orientiert?

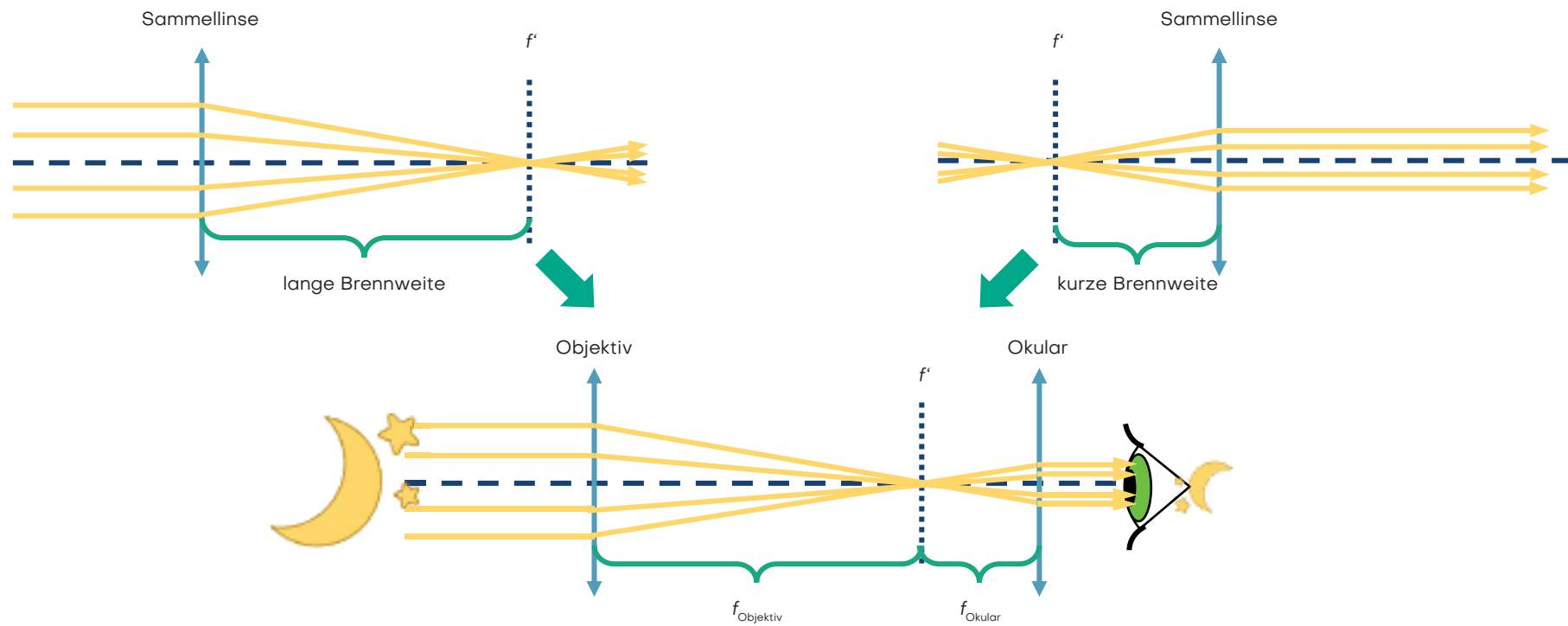
💡

Während du durch das Fernrohr schaust, passe die Abstände zwischen den Komponenten an, um ein scharfes Bild zu sehen!



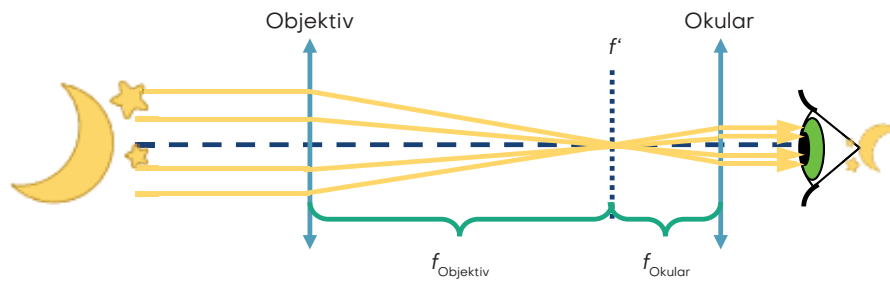


# So funktioniert das Kepler-Fernrohr



Diese Art von Fernrohr wird häufig in der Astronomie benutzt.

# So funktioniert das Kepler-Fernrohr



?

Was ist die Vergrößerung dieses Kepler-Fernrohrs?  
Formel zur Berechnung der Vergrößerung

Dieses Teleskop kann eine höhere Vergrößerung als das Galilei-Fernrohr erreichen. Es erzeugt aber ein umgekehrtes Bild. Für die Beobachtung der Sterne ist das aber kein Problem.



Das Bild ist immer

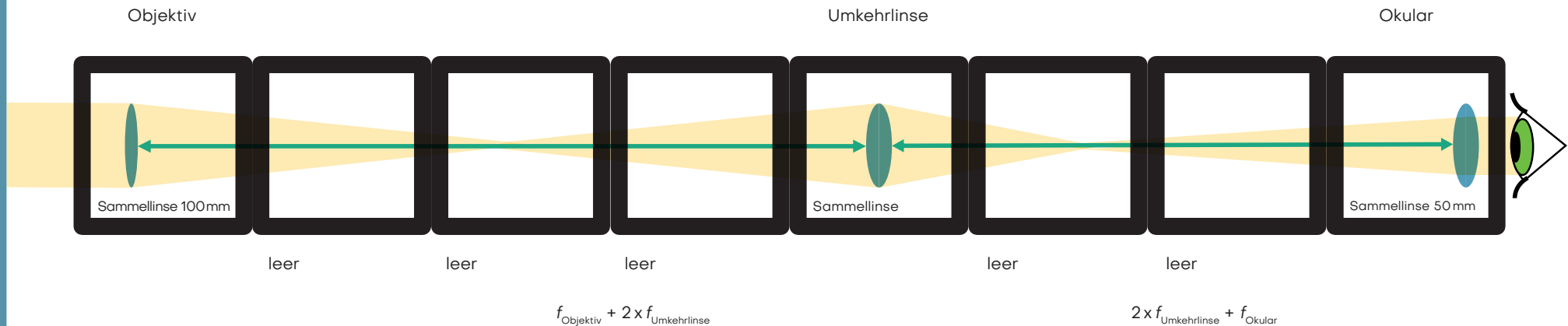
- vergrößert mit der Vergrößerung aus obiger Formel
- umgekehrt
- seitenvertauscht

Das Sichtfeld ist größer als beim Galilei-Fernrohr.



# Das ist ein Beobachtungsfernrohr

Das Beobachtungsfernrohr ist lang, deshalb ist das Schema hier nicht so groß wie in der Realität. Stell' die Linsen in die richtige Position wie hier dargestellt und schaue durch das Fernrohr in die Ferne.



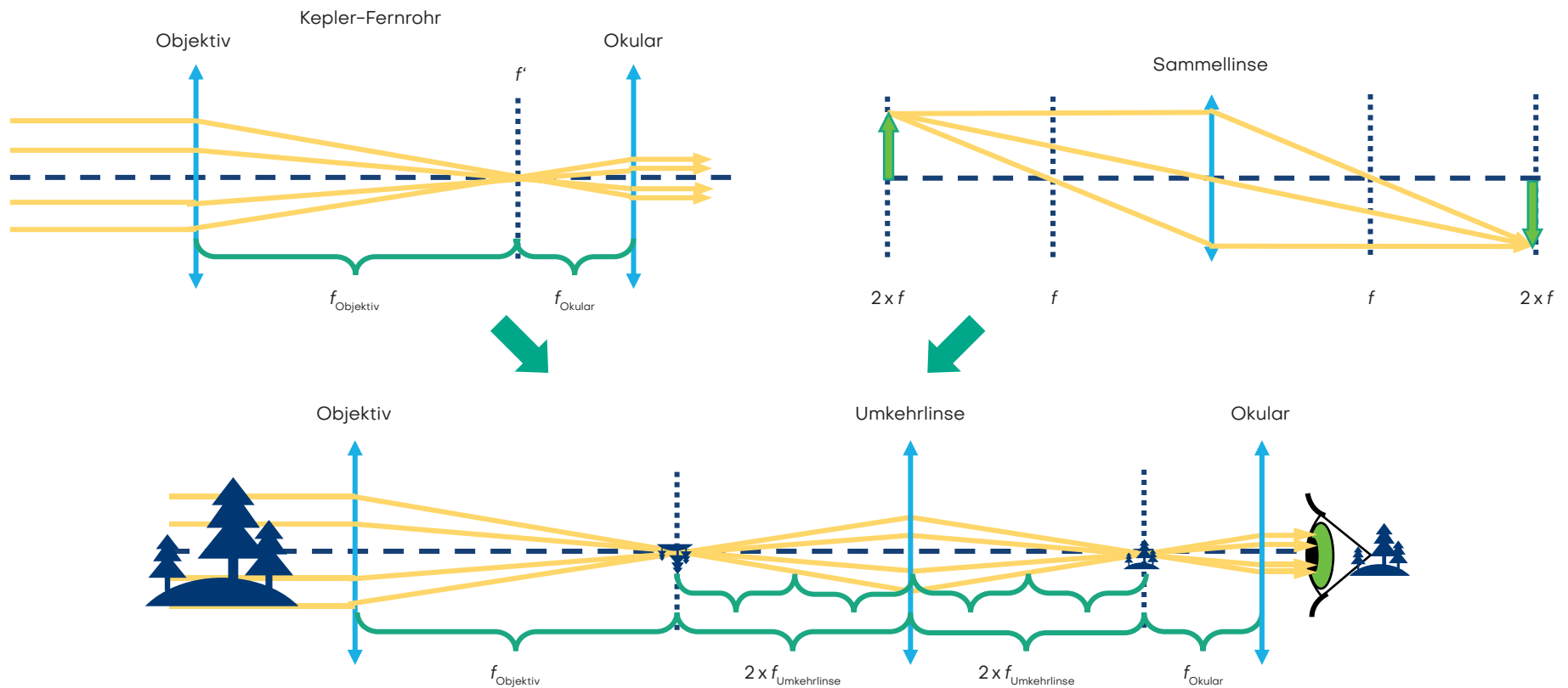
Wie sieht das Bild hier im Vergleich zum Kepler-Fernrohr aus?



Während du durch das Fernrohr schaust, passe die Abstände zwischen den Komponenten an, um ein scharfes Bild zu sehen!

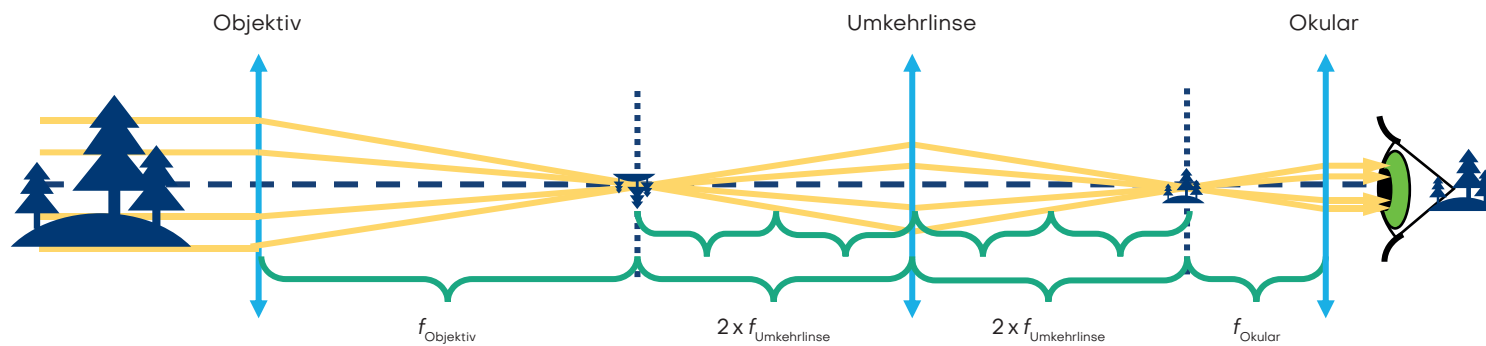
# So funktioniert das Beobachtungsfernrohr

Das ist das einfachste Beobachtungsfernrohr. Das Bild ist umgekehrt im Vergleich zum Kepler-Fernrohr, weil das besser für die Beobachtung auf der Erde (terrestrisch) ist. Wenn du das Konzept des Kepler-Fernrohrs und das der Sammellinsenabbildung verstanden hast, kannst du sie einfach kombinieren wie hier gezeigt:





# So funktioniert das Beobachtungsfernrohr



?

Die Vergrößerung ist so wie die des Kepler-Fernrohrs. Die Umkehrlinse verändert nur die Orientierung (das Bild wird umgekehrt), nicht die Vergrößerung.

Vergrößerung



Für terrestrische Beobachtungen ist ein aufrechtes Bild notwendig. Echte terrestrische Teleskope verwenden Prismensysteme, um das Bild zu drehen und kompakt zu halten.

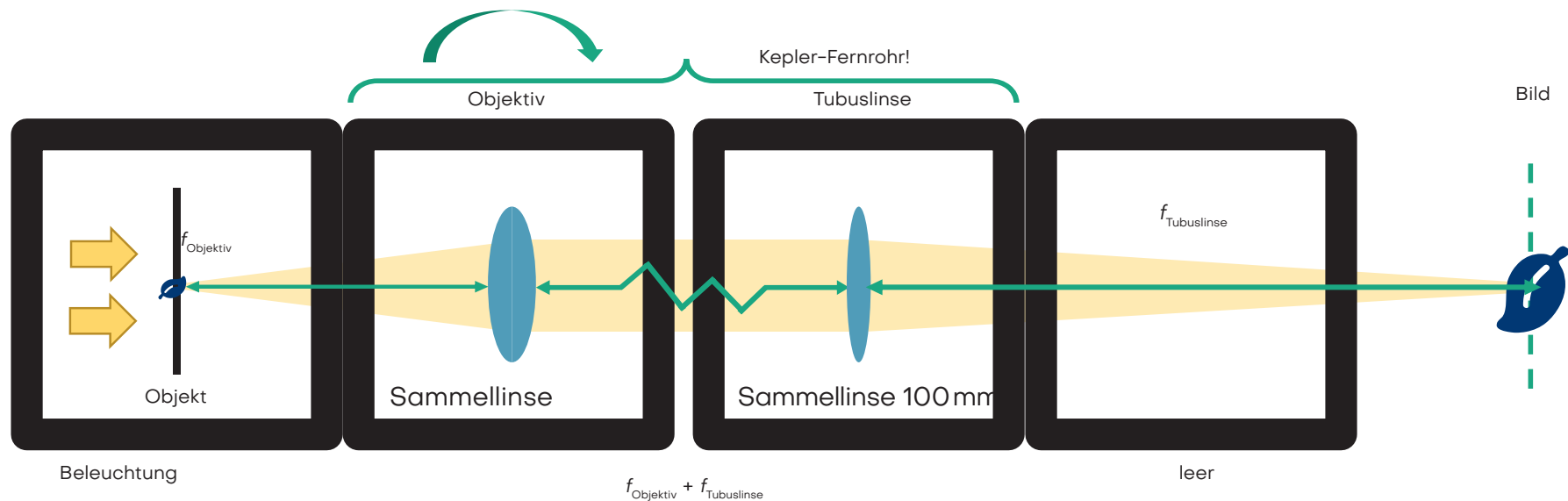
- Das Bild ist
- vergrößert mit der gleichen Vergrößerung wie mit dem Kepler Fernrohr
  - aufrecht
  - seitenrichtig

# Lichtmikroskop mit „Unendlich-Optik“

Stell das Objekt ca. 50 mm vor das Objektiv und finde das Bild ca. 100 mm hinter der Tubuslinse (mit einem Papier oder der Wand als Bildschirm), wie im Diagramm gezeigt. Bewege die Linsen so, dass du ein scharfes Bild erhältst.

?

Was passiert, wenn man das Kepler-Fernrohr umdreht?



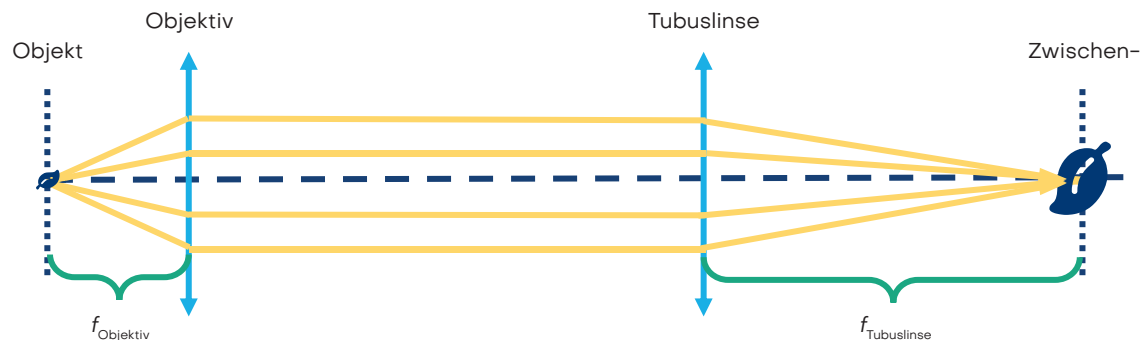
?

Platziere das Objekt mit dem Objektiv zusammen als eine Einheit auf dem Papier. Stell die Tubuslinse in einem Abstand von 100 mm zu deinem Bildschirm auf. Ändere die Entfernung zwischen den Linsen – ändert sich das Bild?



# Das bedeutet „Unendlich-Optik“

Ein Mikroskop ist ein Gerät, das es erlaubt, Objekte stark vergrößert anzusehen oder bildlich darzustellen.



Das Bild wird Zwischenbild genannt, da es häufig noch mit einem Okular weiter vergrößert wird.

Das Objekt steht ungefähr in der objektseitigen Brennebene des Objektivs. Somit werden alle einfallenden Strahlen in ein paralleles Strahlenbündel hinter dem Objektiv umgewandelt. Das Objektiv hat eine kurze Brennweite.

Die Tubuslinse erzeugt ein reelles Bild indem sie parallele Strahlen, die auf die Tubuslinse treffen, in ihrer Brennebene sammelt. Wenn wir sie hinter dem Objektiv platzieren, wird das Objekt aus der Brennebene des Objektivs abgebildet. Die Tubuslinse hat eine längere Brennweite als das Objektiv.

Das Bild in der Ebene des Zwischenbildes ist umgekehrt, seitenvertauscht, vergrößert und reell. Das reelle Bild kann man auf einem Bildschirm sehen.

# Das bedeutet „Unendlich-Optik“

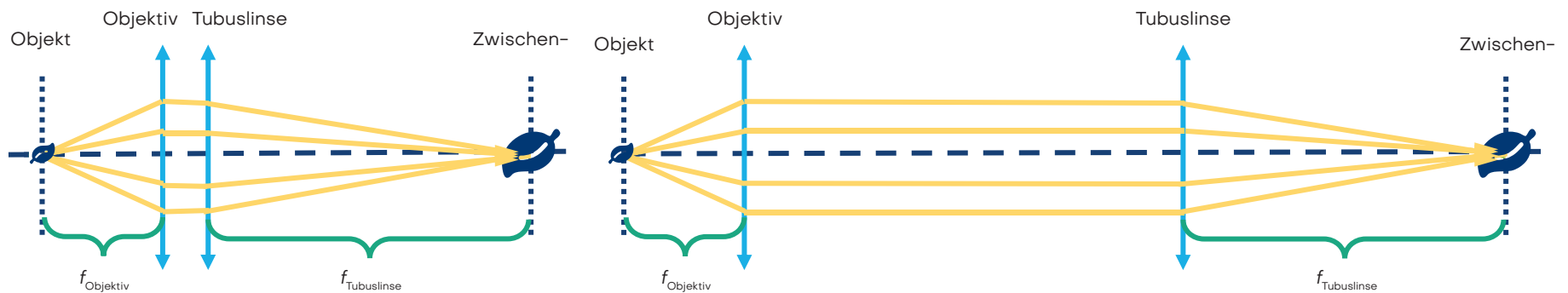
Ein Mikroskop ist ein Gerät, das es erlaubt, Objekte stark vergrößert anzusehen oder bildlich darzustellen.



Was ist die Vergrößerung des Bildes?



Vergrößerung



Die Linsen des Kepler-Fernrohrs können auch für ein Mikroskop verwendet werden, aber in einer anderen Reihenfolge. Solange das Objekt in der Brennebene des Objektivs und der Bildschirm in der Brennebene der Tubuslinse ist, ist die Entfernung zwischen Objektiv und Tubuslinse egal, weil die Lichtstrahlen parallel sind.





# „Unendlich-Optik“-Mikroskop mit Okular



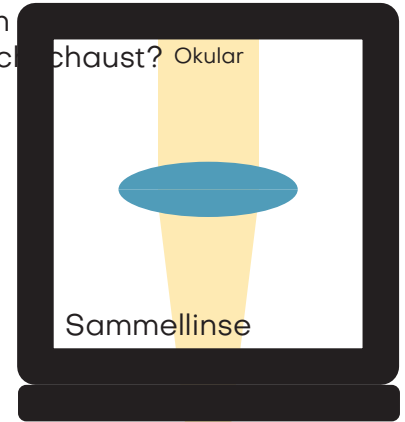
Der Aufbau unten zeigt ein ganzes Mikroskop. Stelle die Würfel auf die Positionen, wie im Diagramm. Das Zwischenbild wird hinter dem Spiegel durch ein Okular abgebildet. Was siehst du wenn du hindurch schaust?



Bau' das Mikroskop wie ein Sandwich, indem du eine zweite Schicht mittels Grundplatte hinzufügst. Schau' von oben durch das Okular.



Während du durch das Mikroskop schaust, passe die Abstände zwischen den Komponenten an, um ein scharfes Bild zu erhalten!

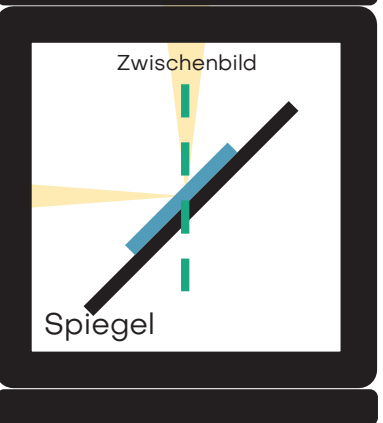
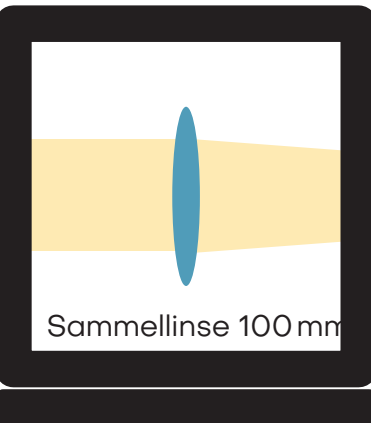
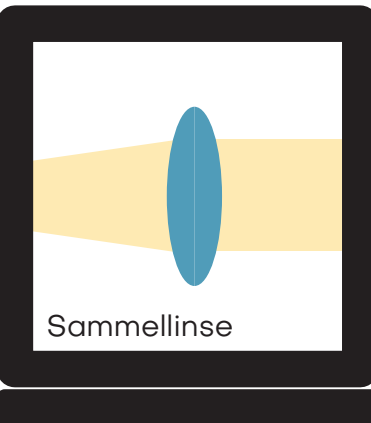
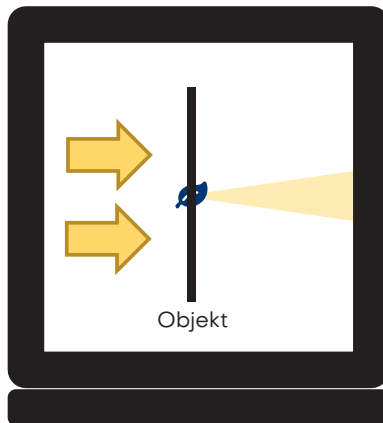


Beleuchtung

Objektiv

Tubulinse

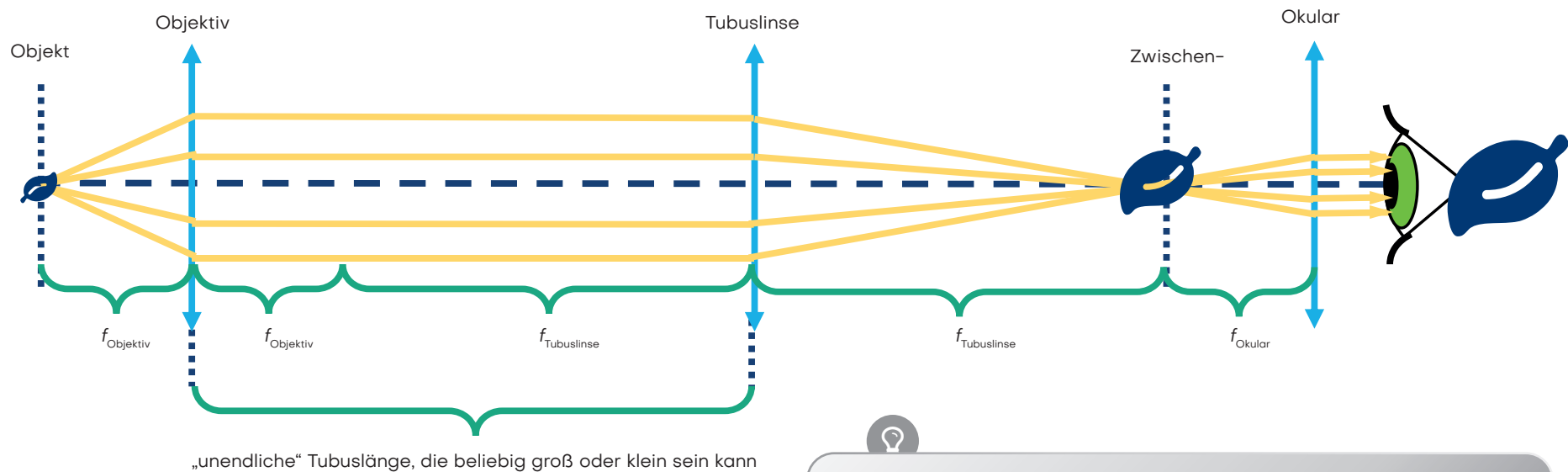
leer



Kannst du das mikroskopische Bild durch die Okularlinse mit dem Auge sehen? Welche Wirkung hat der Spiegel? Baue das Mikroskop ohne den Spiegel auf. Vergewissere dich, dass du nach wie vor zwei Leerräumen zwischen der Tubulinse und dem Okular hast.

# Dazu ist das Okular gut

Neuere Mikroskope sind mit einer sogenannten „Unendlich-Optik“ ausgestattet. In diesem Fall erzeugt das Objektiv kein reelles Zwischenbild. Das Licht verlässt das Objektiv als unendliche parallele Strahlen. Am Ende von dem „unendlichen“ Tubus befindet sich eine Tubuslinse. Diese erzeugt ein Zwischenbild, das dann wieder durch das Okular vergrößert wird.



Ein Filter kann dazu verwendet werden, die Helligkeit und Farbe des Bildes zu verändern.

Das Bild hinter dem Okular ist umgekehrt, seitenvertauscht, vergrößert und virtuell. Das virtuelle Bild kann man mit dem Auge sehen.

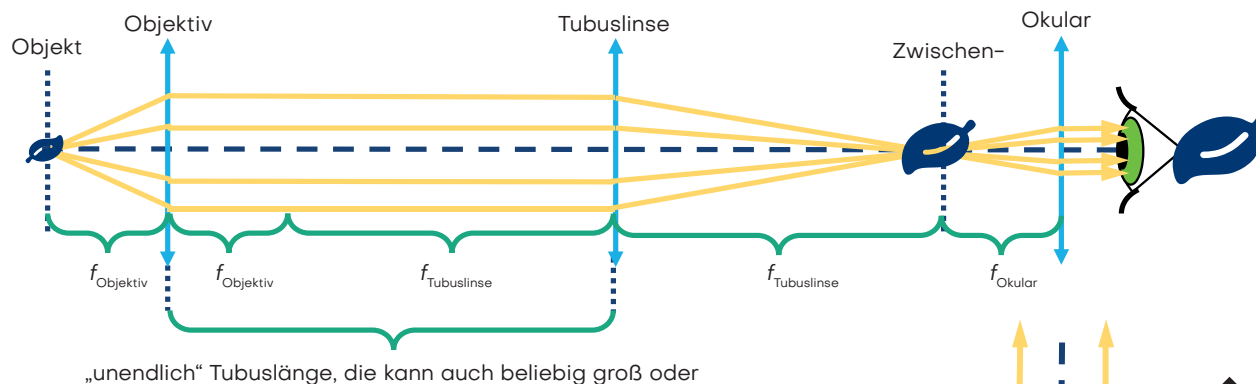
Diese Konfiguration ist in modernen Mikroskopen sehr nützlich, da zusätzliche Komponenten wie Filter zwischen Objektiv und Tubuslinse platziert werden können, ohne den optischen Pfad zu beeinträchtigen.

# Dazu ist das Okular gut

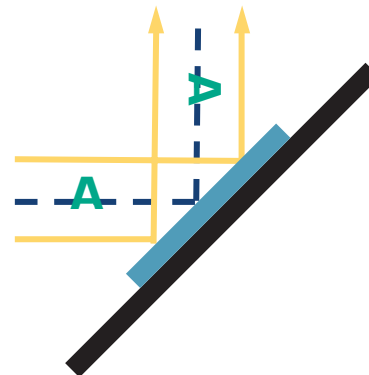
Neuere Mikroskope sind mit einer sogenannten „Unendlichoptik“ ausgestattet. In diesem Fall erzeugt das Objektiv kein reelles Zwischenbild. Das Licht verlässt das Objektiv als unendliche parallele Strahlen. Am Ende von dem „unendlichen“ Tubus befindet sich eine Tubuslinse. Diese erzeugt ein Zwischenbild, das dann wieder durch das Okular vergrößert wird.



Was ist die Vergrößerung nach dem Okular?



„unendlich“ Tubuslänge, die kann auch beliebig groß oder



Gesamtvergrößerung



Ein Okular ist eigentlich nur eine Linse, die das Zwischenbild vergrößert. Es bildet das virtuelle Bild so ab, dass du es mit dem Auge betrachten kannst.



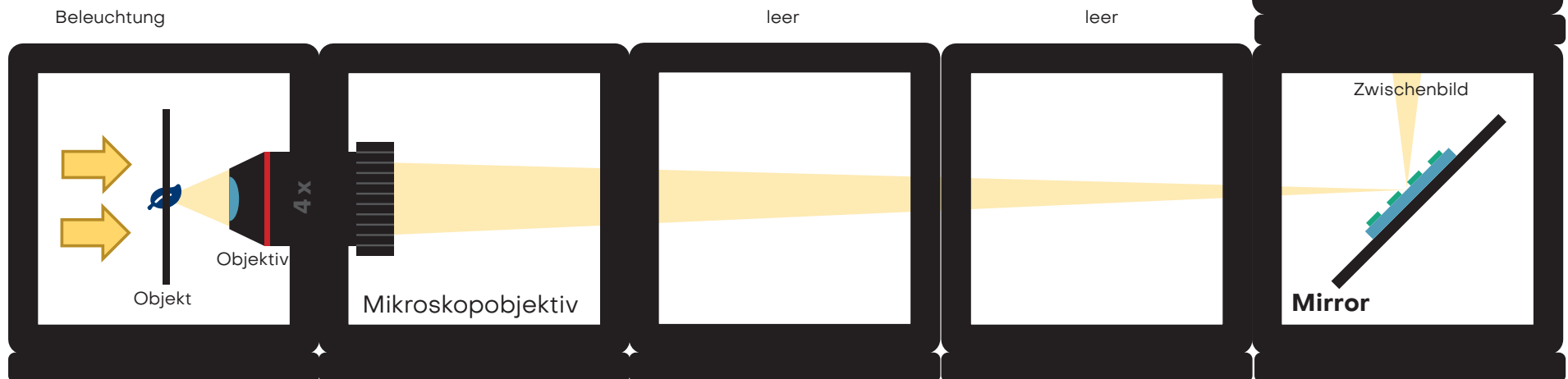
Mit dem Spiegel kannst du nicht nur dich selbst sehen, sondern auch das einfallende Licht in eine beliebige Richtung reflektieren. So kannst du den optischen Weg falten und die Arbeit damit angenehmer gestalten. Der Spiegel hat keinen Einfluss auf die Vergrößerung, aber er dreht das Bild in eine Richtung.

# Lichtmikroskop mit „Endlich-Optik“

Stell' die Würfel auf die Positionen, wie unten im Diagramm gezeigt und schau' durch das Okular.



Bau' das Mikroskop wie ein Sandwich indem du eine zweite Schicht mittels Grundplatte hinzufügt. Schau' von oben durch das Okular. Das Objektiv kann in der Linearstange hin und her bewegt werden.



Siehst du das Bild wie bisher durch das Okular? Kannst du das echte Zwischenbild auch mit einem Blatt Papier finden?

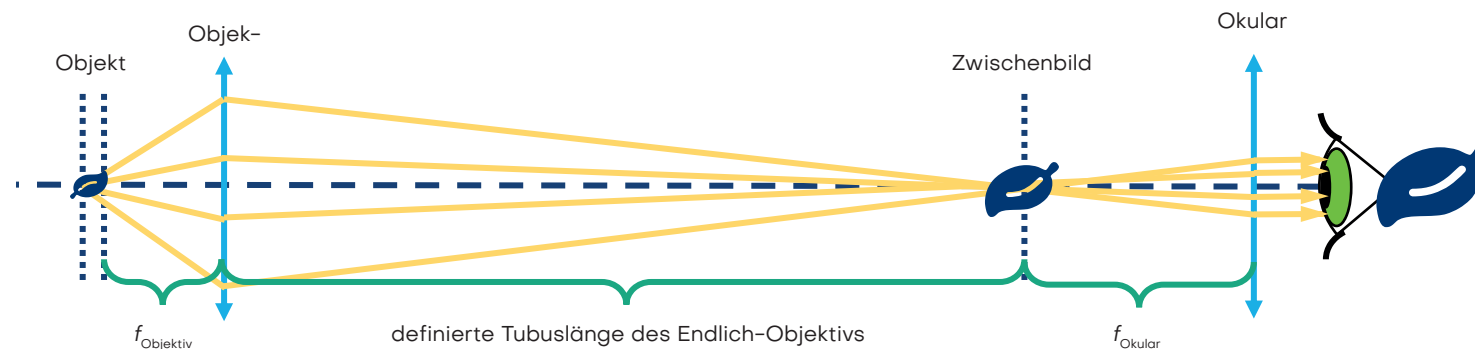


Drehe das kleine Zahnrad des Objektivhalters. Damit bewegst bzw. fokussierst du das Objektiv. Wenn es nicht weiter geht, kannst du auch das Objektiv in dem Halter verschieben.

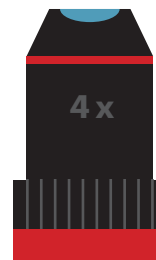


# „Endlich-Optik“ versus „Unendlich-Optik“

Die Objektive von älteren oder kleineren Mikroskopen sind häufig so genannte Endlich-Objektive. Sie verhalten sich wie eine Linse mit äußerst kurzer Brennweite und erzeugen ein Zwischenbild hinter dem Objektiv mit einer Bildweite die sich durch die Tubuslänge definiert. Die Tubuslänge ist aufgedruckt und entspricht bei unserem Objektiv 160 mm. Dort entsteht das reelle Zwischenbild und wird durch die Okularoptik vergrößert.



Mikroskope haben die Möglichkeit, das Objekt entweder durch Bewegen des Objekts oder des Objektivs zu fokussieren bzw. scharfzustellen. Hier verschieben wir den Objektivhalter einfach von Hand. Wir passen die Abstände zwischen den Komponenten an, um ein scharfes Bild zu sehen.



# „Endlich-Optik“ versus „Unendlich-Optik“

?

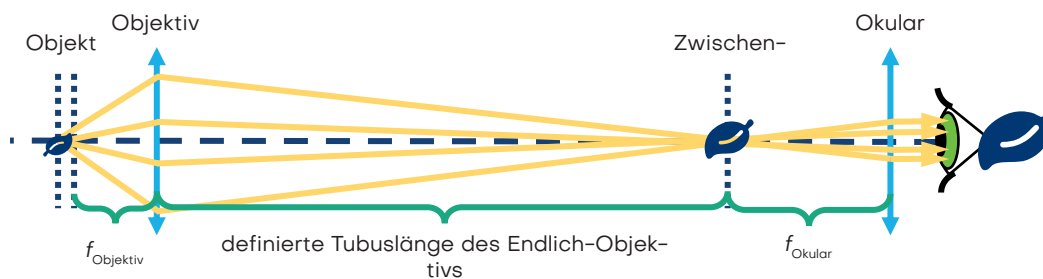
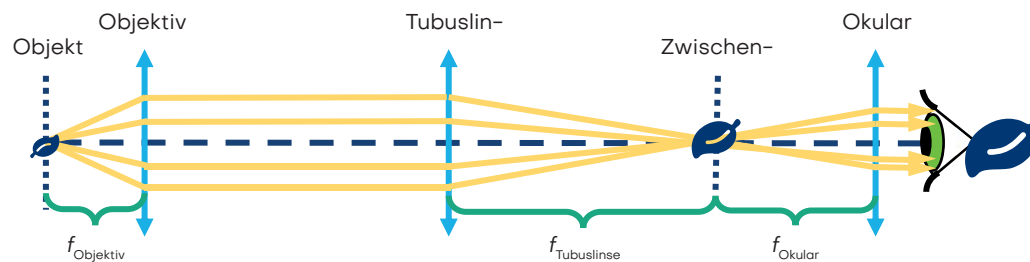
Was ist die Vergrößerung des Zwischenbildes? Und was ist die Vergrößerung nach dem Okular?

Objektivvergrößerung

wie darauf geschrieben

Okularvergrößerung

Gesamtvergrößerung



Das Bild ist größer als mit dem Unendlich-Mikroskop. Die Vergrößerung des Objektivs beträgt hier 4 x. Wenn du die Vergrößerung mit dem vorherigen Mikroskop berechnet hast, überrascht dich das sicherlich nicht.



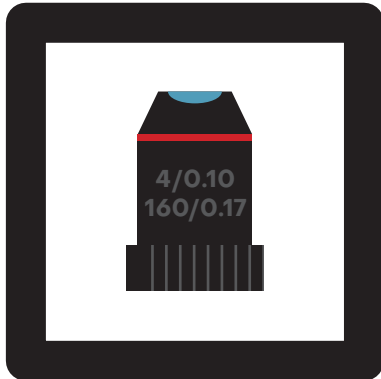
Das Zwischenbild wird jetzt nur noch durch das Objektiv gebildet und liegt 160 mm dahinter. Wir werden im nächsten Schritt herausfinden, warum.



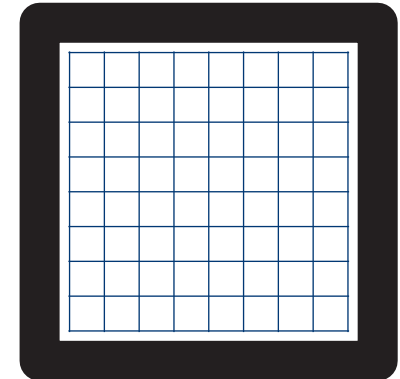
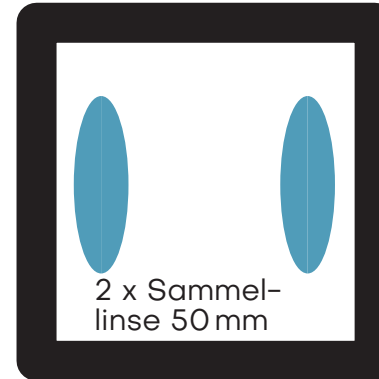
# Objektiv und Okular



Schau' auf das Objektiv! Was ist da drin? Was steht darauf geschrieben?



Öffne die Würfel mit den 50-mm-Linsen. Platziere nun beide 50-mm-Linsen in einem Würfel, sodass die „Bäuche“ der Linsen aufeinander zeigen.



Schau' durch die 50-mm-Linse und dann durch das Objektiv auf den kleinen Text.



Welche von den Linsen vergrößert stärker? Was steht dort geschrieben?



Schau' durch die einzelne 50-mm-Linse und dann durch die Doppellinse auf das Gitter.



Wie ändert sich die Vergrößerung und das Sichtfeld?

# Das ist das Objektiv

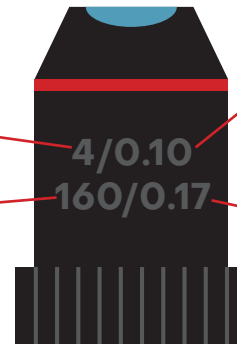
Ein Objektiv ist ein optisches System, das eine vergrößerte Abbildung eines Gegenstands erzeugt. Die verschiedenen auf dem Objektiv abgedruckten Zahlen haben verschiedene Bedeutungen:

## Vergrößerung:

Gängige Vergrößerungen sind 4 x, 10 x, 40 x, 100 x.

## Tubuslänge:

$\infty$  steht für unendlich, 160 steht für 160 mm und ist die am häufigsten verwendete Tubuslänge nach DIN



## Numerische Apertur:

Sie bestimmt die Fähigkeit, Licht aufzusammeln und somit die optische Auflösung.

## Deckglaskorrektur :

Manchmal wird ein Deckglas verwendet, um die Probe zu versiegeln. Ein Objektiv muss für diese Dicke (0,17mm) korrigiert werden.



Das 4 x Objektiv hat nur eine Linse drin. Die Objektive mit stärkerer Vergrößerung sind ganze Linsensysteme.

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





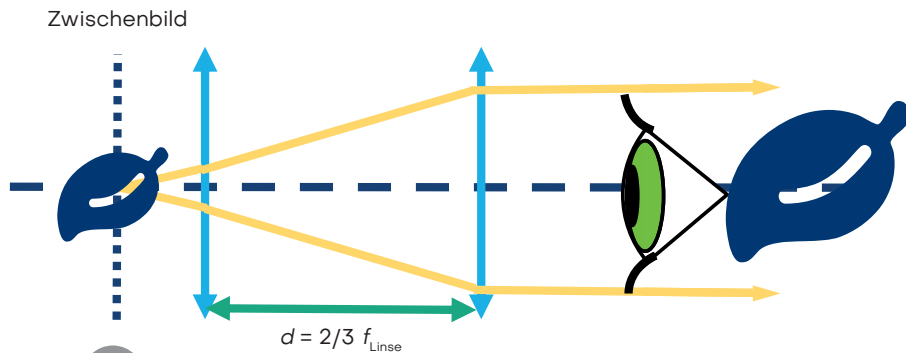
# Das ist das Okular

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 Sichtfelds erzeugt. Das Ramsden-Okular besteht aus zwei Linsen mit der gleichen Brennweite. Seine Brennweite beträgt  $f_{\text{Ramsden-Okular}} = \frac{3}{4} f_{\text{Linse}}$



Was ist die Vergrößerung des Ramsden-Okulars?



Jedes Okular hat eine so genannte Ramsden-Scheibe, das ist der kleinste Durchmesser des Lichtstrahls, der aus dem Mikroskop durch das Okular austritt.



Der Abbildungsmaßstab ist bei kurzen Objektabständen höher als bei einem einzelnen 50-mm-Objektiv.



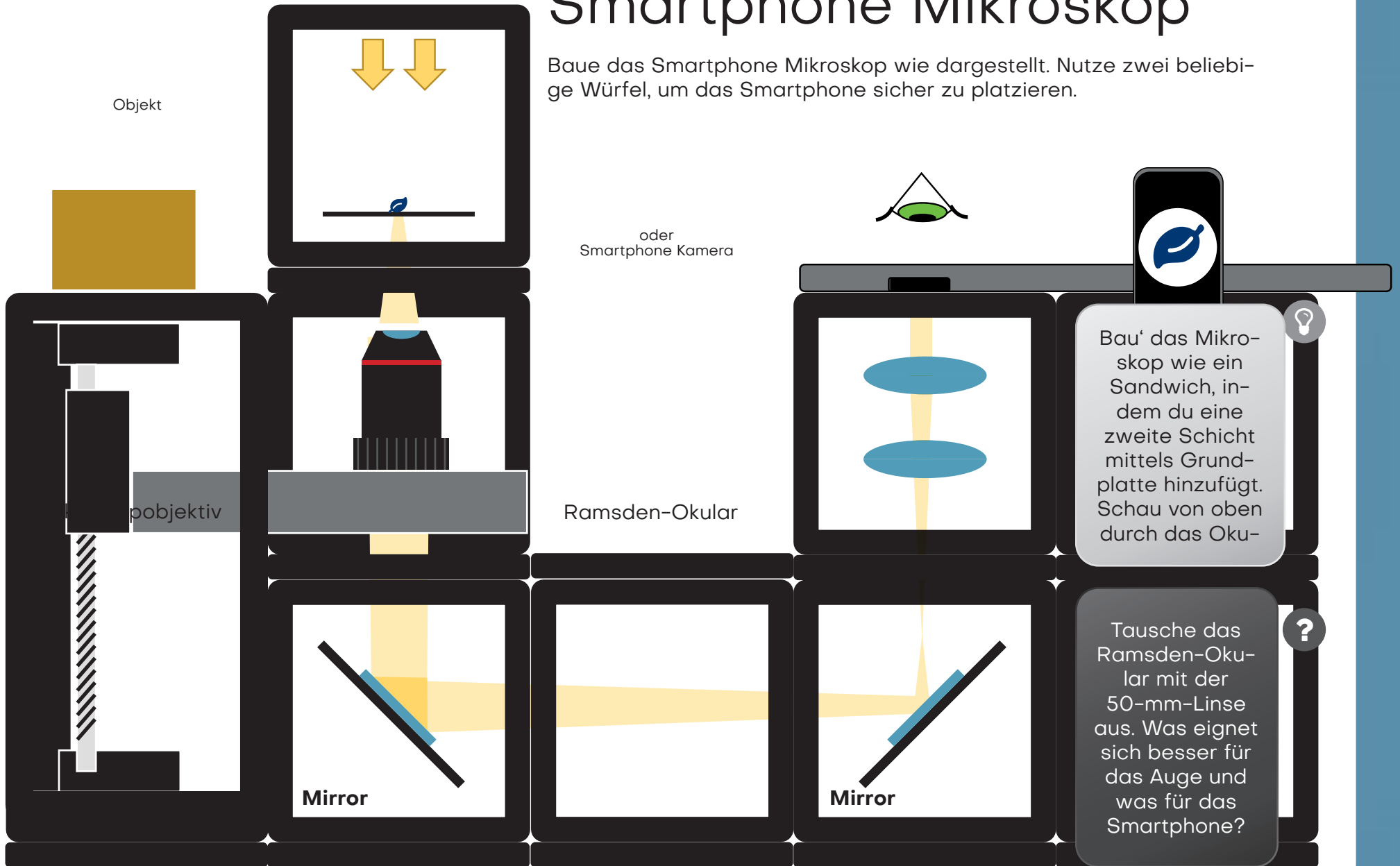
Das Sichtfeld ist größer und das Bild sieht mit dem Ramsden-Okular klarer aus.

Beleuchtung

Objekt

# Smartphone Mikroskop

Baue das Smartphone Mikroskop wie dargestellt. Nutze zwei beliebige Würfel, um das Smartphone sicher zu platzieren.




oder  
Smartphone Kamera


Ramsden-Okular

objektiv

Mirror

Mirror

 Bau' das Mikroskop wie ein Sandwich, indem du eine zweite Schicht mittels Grundplatte hinzufügst. Schau von oben durch das Oku-

 Tausche das Ramsden-Okular mit der 50-mm-Linse aus. Was eignet sich besser für das Auge und was für das Smartphone?



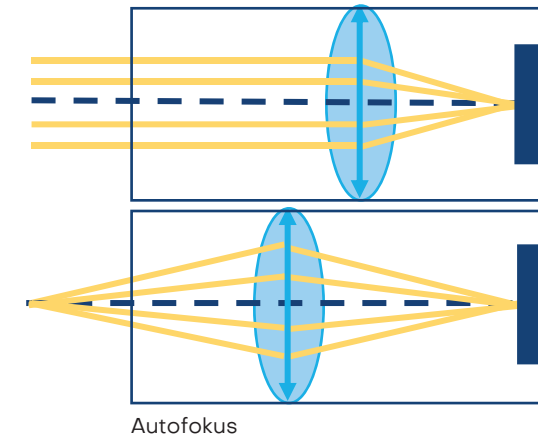
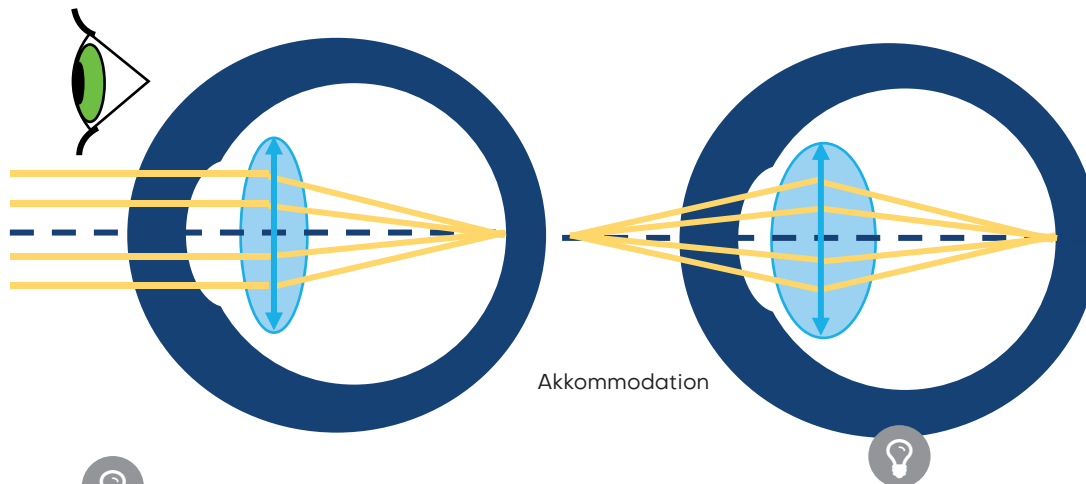
# Besser mit Smartphone oder Auge?

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 Akkommodation.

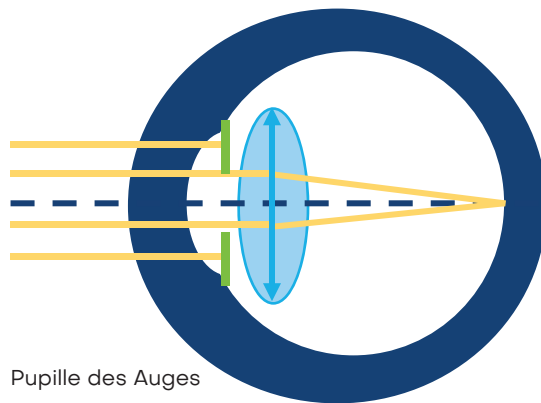
Die Smartphone-Kamera kann das auch, es wird allerdings als Autofokus bezeichnet. Es beschreibt die Fähigkeit, Objekte in



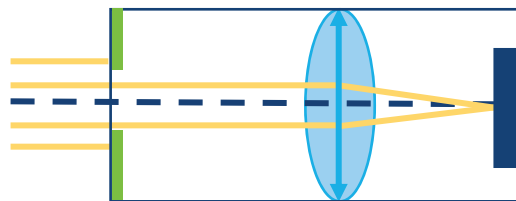
Das Bild aus dem Okular kommt in parallelen Strahlen, als käme es aus dem Unendlichen. Es wurde mit einem entspannten Auge (Blick in die Ferne) oder mit einer auf Unendlich fokussierten Kamera beobachtet.

# Besser mit Smartphone oder Auge?

Um das Bild des Mikroskops sehen zu können, muss die Pupille – also die „Blende“, die den Einfall des Lichts begrenzt, mit der Ramsden-Scheibe des Okulars übereinstimmen. Die Pupille des Auges ist in dessen Inneren fixiert und kann nicht näher an das Okular herangeholt werden. Die Pupille der Smartphone-Kamera ist hingegen sehr nahe an der Oberfläche des Handys. Wegen dieses Unterschieds braucht man eine unterschiedliche Entfernung zum Okular für das Auge und die Kamera.



Pupille des Auges



Pupille der Kamera

?

Was ist die Vergrößerung dieses Mikroskops?  
Formel zur Berechnung der Vergrößerung



Beim Ramsden-Okular ist die Ramsden-Scheibe näher am Würfel und hat einen kleineren Durchmesser, was für die Smartphone-Kamera gut funktioniert.



Die Ramsden-Scheibe der einzelnen 50mm-Linse hat einen größeren Durchmesser und ist daher für die Beobachtung der Probe mit dem Auge bequemer. Durch das Okular sieht es so aus, als ob das Bild auf dem Spiegel darunter liegt. Die 50 mm-Objektive haben einen großen Durchmesser, so dass bei der Verwendung eines einzigen Objektivs als Okular das Sichtfeld durch die Größe der Spiegel eingeschränkt wird.



# Berechnungsergebnisse

## Lupe

$$V_L = \frac{250 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 5$$

## Projektor

$$V_1 = \frac{300 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 5$$

$$V_2 = \frac{217 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} = 3,33$$

$$V_3 = \frac{175 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} = 2,5$$

## Galilei-Fernrohr

$$V_{GF} = \frac{100 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 2$$

## Kepler-Fernrohr

$$V_{KF} = \frac{100 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 2$$

## „Unendlich“-Mikroskop

$$V_{UM} = \frac{100 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 2$$

## „Unendlich“-Mikroskop mit Okular

$$V_{UMO} = \frac{100 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \cdot \frac{250 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 10$$

## „Endlich“-Mikroskop - Zwischenbild

$$V_{EMZ} = 4$$

## „Endlich“-Mikroskop - Gesamtvergrößerung

$$V_{EMG} = 4 \cdot \frac{250 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 20$$

## Ramsden-Okular

$$V_{RO} = \frac{250 \text{ mm}}{\frac{3}{4} 50 \text{ mm}} = 6,66$$

## Smartphone Mikroskop mit Ramsden-Okular

$$V_{SM} = 4 \cdot \frac{250 \text{ mm}}{\frac{3}{4} 50 \text{ mm}} = 26,66$$

# Glossar

## **Lichtstrahl**

Ein Pfeil oder eine Linie, die die Richtung des Lichts anzeigt; Wenn nicht anders gesagt, kommt das Licht in den Schemata immer von der linken Seite.

## **Linse**

Ein transparenter lichtbrechender Körper z.B. aus Glas oder Plastik

## **Dünne Linse**

Ein Modell einer Linse, das davon ausgeht, dass sie kein Volumen hat

## **Sammellinse**

Eine Linse, die das einfallende Licht konvergiert (sammelt)

## **Zerstreuungslinse**

Eine Linse, die das einfallende Licht auffächert

## **Brennpunkt F (Objektbrennpunkt), F' (Bildbrennpunkt)**

Ein Punkt, an dem das Licht gebündelt wird (Sammellinse) oder von dem es auseinander zu laufen scheint (Zerstreuungslinse)

## **Brennweite $f$**

Der Abstand zwischen dem Brennpunkt & der dünnen Linse

## **Brennebene**

Eine Ebene parallel zur dünnen Linse, die durch den Brennpunkt verläuft

## **Optische Achse**

Das Grundgerüst für jede optische Skizze; sie verläuft durch die Mitte der Linse und steht senkrecht zur Linsenebene

## **Virtuelles Bild**

Ein durch eine Linse oder ein optisches System erzeugtes Bild, das von einem menschlichen Auge durch das System betrachtet werden kann

## **Reelles Bild**

Ein durch eine Linse oder ein optisches System erzeugtes Bild, das auf einem Bildschirm hinter dem System betrachtet werden kann

## **Vergrößerung**

Ein Verhältnis der Bildgröße und der Objektgröße (für ein reales Bild); ein Verhältnis des beobachteten Bildes und der Objektgröße (für ein virtuelles Bild)

## **Gegenstand**

Ein Objekt, das wir mit der Linse abbilden wollen; die Größe des Objekts ist  $G$

## **Entfernung $g$ des Gegenstands**

Der Abstand zwischen dem Objekt und der dünnen Linse

## **Bild**

Eine Abbildung des Gegenstands; Größe des Bildes ist  $B$ .



### **Objektseite**

Seite in Bezug auf die Linse, auf den sich das Objekt (Gegenstand) befindet; links in den Schemata

### **Bildseite**

Seite in Bezug auf die Linse, auf der das reelle Bild entsteht; Das virtuelle Bild befindet sich auf der gleichen Seite wie das Objekt.

### **Mittelpunktstrahl**

Mittelpunktstrahlen durchlaufen die dünne Linse unverändert.

### **Parallelstrahlen**

Alle Strahlen, die parallel zur optischen Achse laufen, werden durch die Linse so gebrochen, dass sie sich in dem Brennpunkt treffen. Als hellster Punkt direkt hinter der Linse findet sich dieser nur bei Sammellinsen.

### **Brennpunktstrahlen**

Alle Strahlen, die durch einen Brennpunkt verlaufen oder aus dem Brennpunkt kommen, werden durch die Linse so gebrochen, dass sie hinter der Linse parallel zur optischen Achse verlaufen.

### **Beleuchtung**

In der Mikroskopie brauchst du eine Beleuchtungsquelle, um das Objekt sehen zu können. Das kann z. B. eine Taschenlampe oder die Reflektion von der Sonne sein.

### **Lupe (auch Vergrößerungsglas oder Brennglas)**

Das einfachste optische Gerät, das das Objekt für das menschliche Auge vergrößert

### **Fernrohr (auch Linsenfernrohr oder Refraktor)**

Ein optisches Instrument, bei dessen Nutzung entfernte Objekte um ein Vielfaches näher oder größer erscheinen  
Objektiv

Ein optisches System, das eine reelle optische Abbildung eines Gegenstandes erzeugt

### **Okular**

Der augenseitige Teil eines optischen Systems

### **Lichtmikroskop**

Ein Mikroskop, das stark vergrößerte Bilder von kleinen Strukturen oder Objekten mit Hilfe von Licht erzeugt

### **Tubuslinse**

Eine Linse, die nach dem Unendlich-Optik-Objektiv aus den parallelen Lichtstrahlen ein reelles Zwischenbild erzeugt

### **Zwischenbild**

Vergrößerndes Bild des Objekts, das vom Objektiv erzeugt wird

### **Spiegel**

Eine reflektierende Fläche, glatt genug, damit an ihr reflektiertes Licht ein Abbild erzeugen kann

### **Akkommodation des Auges**

Eine dynamische Anpassung der Brechkraft des Auges; Sie führt dazu, dass Objekte verschiedener Entfernung scharf auf der Netzhaut abgebildet werden können.

### **Autofokus**

Anders als bei der Akkommodation, bleibt in den meisten Fällen eines Autofokus die Brennweite konstant und der Ab-

# Impressum

**Productdesign:** Barbora Maršíková, Benedict Diederich

**Layout:** Katrin Uhlig, Benedict Diederich

**[www.openUC2.com](http://www.openUC2.com)**