

M. PETER METTENLEITER

OPTIK 2

ARBEITSHEFT

3., erweiterte Auflage

Verfasser: M. Peter Mettenleiter
85276 Pfaffenhofen

Zeichnungen: Marco Jurešić

Gestaltung und Satz: MEKRUPHY GMBH
Schäfflerstraße 9
85276 Pfaffenhofen
Tel.: 08441 / 50420-0
Fax: 08441 / 50420-29
E-Mail: info@mekruphy.com
Internet: www.mekruphy.com
© 2009 MEKRUPHY GMBH

Druck: MDV Maristen Druck & Verlag GmbH
Landshuter Straße 2
84095 Furth

Dieses Arbeitsheft und alle darin enthaltenen Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede gesetzlich nicht zugelassene Nutzung (z. B. Verwertung durch Vervielfältigung oder Verbreitung) ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung der MEKRUPHY GMBH unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für die öffentliche Zugänglichmachung im Sinne des § 52a UrhG. Schulen haben hiervon abweichend das Recht zur Vervielfältigung durch Fotokopieren, jedoch ausschließlich in einem für den jeweiligen Unterrichtsgebrauch erforderlichen Umfang.

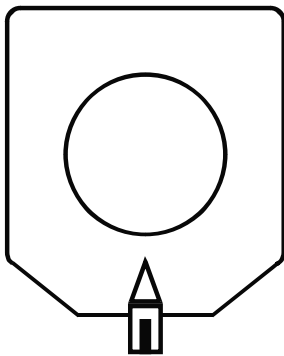
Die im vorliegenden Arbeitsheft enthaltenen Experimentieranleitungen wurden mit größter Sorgfalt für die Arbeit mit den entsprechenden Experimentiersätzen der MEKRUPHY GMBH entwickelt. Abweichungen von den Anleitungen können sowohl zur Beschädigung oder Zerstörung der Experimentiergeräte oder anderer Gegenstände als auch zu Personenschäden führen. Die MEKRUPHY GMBH haftet daher nicht für durch Abweichung von der Experimentieranleitung entstandene Schäden.

Beim Experimentieren sind stets die jeweils geltenden Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht einzuhalten.

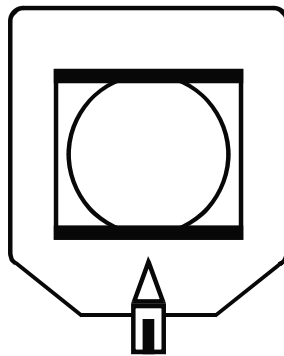
Impressum	2
Geräteübersicht	4
Vorwort	5
O2 - 1: Schattenbildung	6
O2 - 2: Die Lochkamera	9
O2 - 3: Virtuelle und reelle Bilder am Hohlspiegel	13
O2 - 4: Reelle Bilder bei der Sammellinse	17
O2 - 5: Die Lupe	20
O2 - 6: Das Mikroskop	22
O2 - 7: Das astronomische Fernrohr	24
O2 - 8: Das holländische Fernrohr	26
O2 - 9: Das Spiegelteleskop	28
O2 - 10: Augenfehler	30
O2 - 11: Räumliches Sehen	32

Geräteübersicht

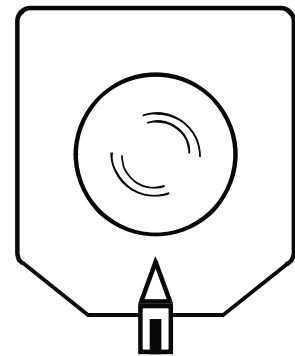
OPTIK 2



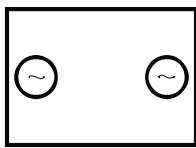
einfacher Linsenhalter



Linsenhalter
mit Diahalter



Linse -100
im Linsenhalter



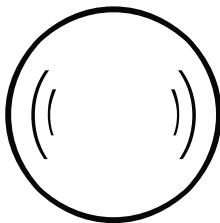
Glühlampenblock



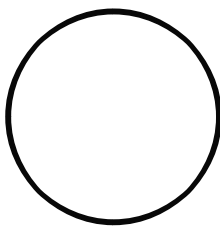
Gewindestange



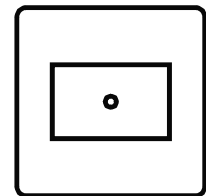
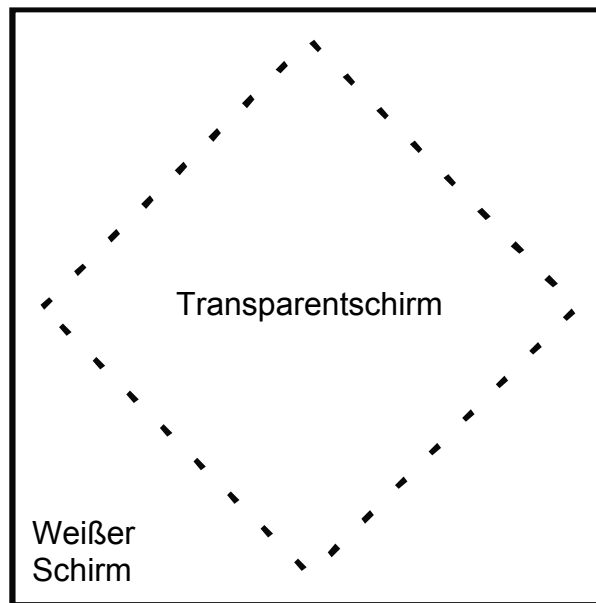
Stativstange 10 cm



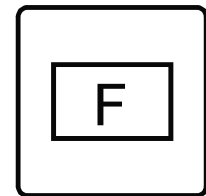
3 Linsen



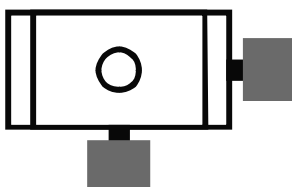
Hohlspiegel



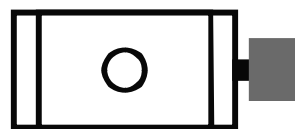
3 Lochblenden



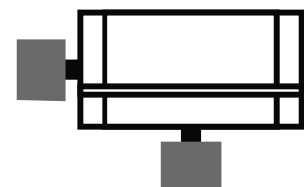
F-Blende



Reiter mit Schraube



einfacher Reiter



Reiter mit Schlitz

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

der Experimentiersatz OPTIK 2 setzt die Experimente von OPTIK 1 fort, allerdings mit anderen Inhalten und mit anderen Geräten. Lediglich die Experimentierleuchte, mit der Du jetzt schon vertraut bist, wirst Du weiterhin verwenden, ebenso die Vollblende und die beiden Experimentierkabel. Die neuen Geräte sind auf Seite 4 dieses Arbeitsheftes abgebildet und beschrieben.

Das zentrale Thema dieses Experimentiersatzes ist die Abbildung. Darunter verstehen wir einen Vorgang, bei dem von einem Gegenstand ein Bild erzeugt wird. Dabei wirst Du entdecken, dass es verschiedene Arten von Bildern gibt und dass sie auf unterschiedlichste Weise entstehen können.

Fast zu jedem Experiment wirst Du die Universalschiene benötigen, die Du vermutlich schon von der MECHANIK her kennst, wo wir sie mitunter als *Fahrbahn* bezeichnet haben. In der Optik nennen wir sie dagegen gelegentlich *optische Bank*.

Damit Du und Deine Mitschülerinnen und Mitschüler wieder ungestört arbeiten könnt, solltest Du die folgenden Grundregeln stets genau beachten:

- (1) Lies vor Beginn des Experiments die betreffende Anleitung immer genau durch.
- (2) Nimm immer zunächst die Experimentierleuchte, die Vollblende und die beiden Experimentierkabel aus dem Kasten OPTIK 1. Dann staple aus Platzgründen den Kasten OPTIK 2 auf den ersten Kasten.
- (4) Die Schirme lassen sich bequem aus dem Kasten nehmen, wenn Du auf eine ihrer Ecken drückst. Ähnliches gilt für die beiden Stativstangen.
- (5) Behandle die Geräte schonend und lass sie nicht fallen.
- (5) Montiere die Reiter immer so auf die optische Bank, dass sich die Befestigungsschraube auf derjenigen Seite befindet, auf der keine Skala aufgedruckt ist.
- (6) Überschreite nie die angegebenen Spannungen. Dagegen kannst Du ohne weiteres mit kleineren Spannungen arbeiten.

Ich wünsche Dir nun viel Freude und Erfolg beim Experimentieren!

An dieser Stelle bedanke ich mich sehr herzlich bei allen Damen und Herren sowie allen Schülerinnen und Schülern, die bei der Erprobung des Experimentiersatzes und der Experimente mitgewirkt haben.

M. Peter Mettenleiter

Einführung:

Beleuchtet man einen undurchsichtigen Körper von einer Seite, so entsteht auf der anderen Seite ein Raum, in den kein Licht gelangen kann, der *Schattenraum*. Stellt man in den Schattenraum eine Projektionswand, wir sagen hierzu *Projektionsschirm* oder kurz *Schirm*, dann kann man dort ein Bild des Gegenstandes beobachten, sein *Schattenbild*.

Diese Schattenprojektion ist die einfachste optische Abbildung, weil sie nur mit einer Lichtquelle und einem Schirm auskommt. Mit dem folgenden Experiment kannst Du herausfinden, von welchen physikalischen Voraussetzungen die Größe des Schattenbildes abhängt. Außerdem wirst Du eine Überraschung erleben, wenn Du statt einer Lichtquelle zwei verwendest.

Geräte:

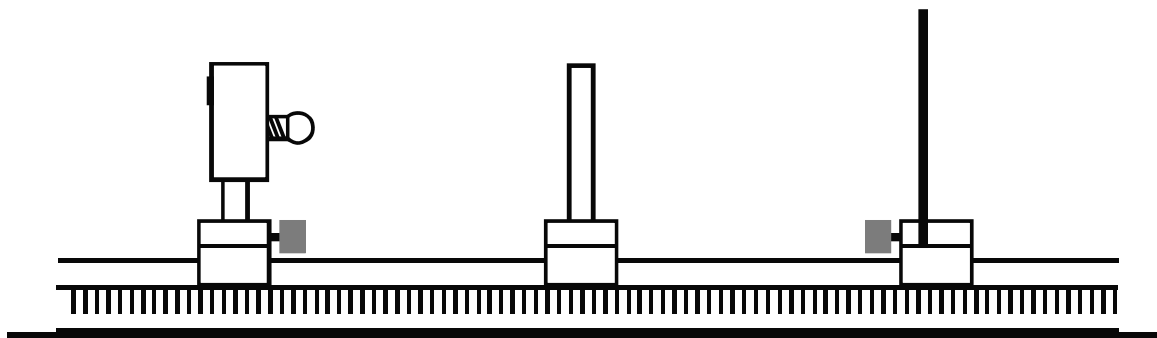
Glühlampenblock
Reiter mit Schlitz
weißer Schirm
Stift 4 cm mit Gewinde

Reiter mit Schraube
einfacher Reiter
Transparentschirm
Stativstange 10 cm

zusätzlich:

Spannungsquelle 6 V
Universalschiene (optische Bank)
Bleistift

2 Experimentierkabel (aus OPTIK 1)
Geodreieck

Aufbau:

☞ Montiere den Reiter mit Schraube etwa bei der Marke „10“, den einfachen Reiter etwa bei der Marke „30“ und den Reiter mit Schlitz etwa bei der Marke „50“ auf die optische Bank.

☞ Befestige den Schirm im Reiter mit Schlitz und die Stativstange im einfachen Reiter.

Schattenbildung

O2 - 1

- ↪ Schraube den Gewindestift in den Glühlampenblock und befestige ihn im Reiter. Schließe den Glühlampenblock an die Spannungsquelle an, schalte diese aber noch nicht ein. Vorsicht: Wähle auf keinen Fall eine höhere Spannung als 6 V!

Durchführung:

I

- ↪ Schraube eines der beiden Glühlämpchen etwas locker, so dass es nicht brennt, wenn Du die Spannungsquelle einschaltest.
- ↪ Schalte die Spannungsquelle ein und beobachte den Schatten der Stativstange auf dem Schirm.
- ↪ Überlege, *bevor* Du weiterexperimentierst, wie sich der Schatten verändern wird, wenn Du den Schirm zur Stativstange hin bzw. von ihr weg bewegst, und führe dann diesen Schritt aus.
- ↪ Stelle anschließend den Schirm wieder in seine Ausgangslage zurück.
- ↪ Überlege, *bevor* Du weiterexperimentierst, wie sich der Schatten verändern wird, wenn Du den Glühlampenblock zur Stativstange hin bzw. von ihr weg bewegst, und führe dann diesen Schritt aus.
- ↪ Stelle anschließend den Lampenblock wieder in seine Ausgangslage zurück.
- ↪ Schreibe Deine Beobachtungen in wenigen Sätzen nieder:

II

- ↪ Überlege, wie sich der Schatten der Stativstange verändert, wenn Du das in Experiment I gelockerte Glühlämpchen festschraubst, so dass beide Lämpchen brennen, und führe anschließend diesen Schritt aus.
- ↪ Halte Deine Beobachtung in wenigen Sätzen fest und versuche dabei, die Erscheinung zu erklären:

Schattenbildung

O2 - 1

↪ Nähere den Schirm langsam der Stativstange, bis sich auf dem Schirm ein neues Bild zeigt. Schreibe Deine Beobachtung nieder und erkläre kurz diese Erscheinung:

Wir nennen die schwarze Zone auf dem Schirm *Kernschatten*, die beiden angrenzenden grauen Bereiche *Halbschatten*.

III

↪ Halte den Transparentschild zwischen den Glühlampenblock und die Stativstange und beobachte, ob und gegebenenfalls wie sich das Schattenbild auf dem Schirm verändert. Halte Deine Beobachtungen in wenigen Sätzen fest:

↪ Der von den Glühlampen beleuchtete Transparentschild wirkt wie eine flächenhafte oder „ausgedehnte“ Lichtquelle. Bei einer solchen Lichtquelle spricht man neben dem Kernschatten nicht von Halbschatten, sondern von *Übergangsschatten*. Warum?

Einführung:

Die nebenstehende Aufnahme wurde nicht mit einem gewöhnlichen Fotoapparat aufgenommen, auch nicht mit einer Spiegelreflex- oder Digitalkamera, sondern mit einem 22 cm langen geschlossenen Kasten, in dessen Vorderseite sich lediglich ein kleines Loch mit dem Durchmesser 0,55 mm befand. Der Film war im Inneren des Kastens auf der gegenüber liegenden Rückwand angebracht. Die Belichtungszeit betrug 15 s. Solche einfachen fotografischen Aufnahmegeräte nennt man *Lochkameras*. Das folgende Experiment hilft Dir, die Bildentstehung bei der Lochkamera zu verstehen.



Geräte:

Reiter mit Schraube
 Reiter mit Schlitz
 Stativstange 10 cm
 Linsenhalter mit Diarahmen
 Lochblende Ø 2 mm
 Quadratblende

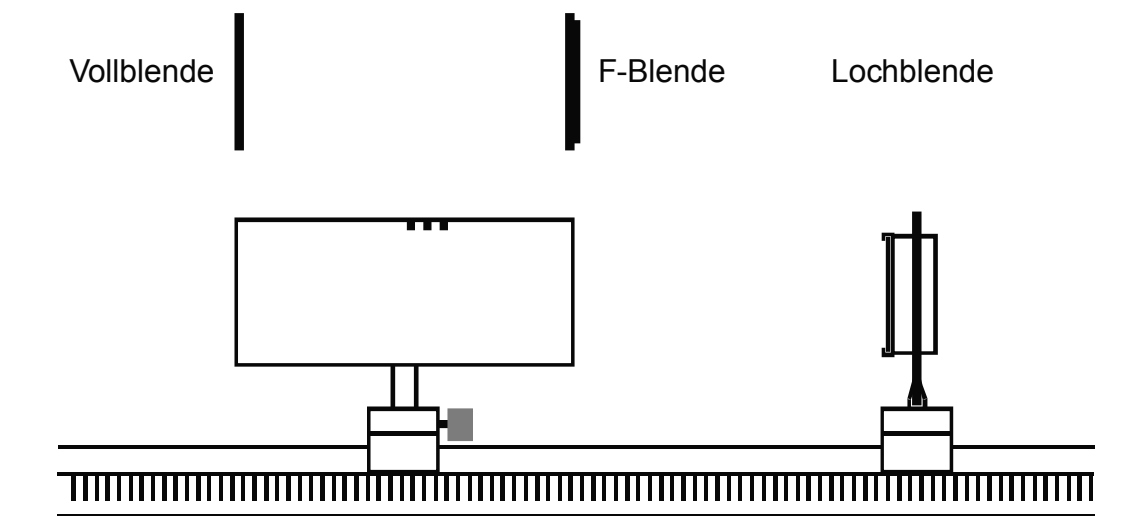
einfacher Reiter
 weißer Schirm
 F-Blende
 Lochblende Ø 1 mm
 Lochblende Ø 4 mm

zusätzlich:

Experimentierleuchte (aus OPTIK 1)
 Experimentierkabel (aus OPTIK 1)
 Spannungsquelle 12 V

Vollblende (aus OPTIK 1)
 Universalschiene
 Geodreieck

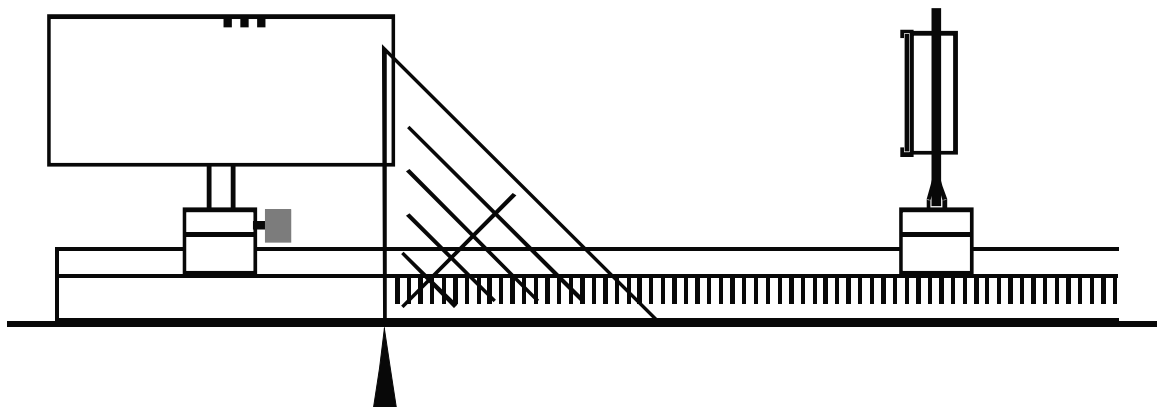
Aufbau:



Die Lochkamera

O2 - 2

- ↪ Montiere den Reiter mit Schraube etwa bei der Marke „0“, den einfachen Reiter etwa bei der Marke „20“ und den Reiter mit Schlitz etwa bei der Marke „40“ auf die Schiene.
- ↪ Befestige die Stativstange im Reiter mit Schraube so, dass ihr dickeres Ende auf der Schiene aufliegt und ihr dünneres Ende nach oben zeigt.
- ↪ Stecke die Experimentierleuchte in der Mitte auf die Stativstange, bis diese in die obere Gehäusebohrung einrastet, und drehe die seitliche Rändelschraube fest.
- ↪ Verschließe die Rechtecköffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende und die runde Öffnung mit der F-Blende. Schließe die Leuchte an die Spannungsquelle an, schalte diese aber noch nicht ein.
- ↪ Schiebe die Lochblende mit Durchmesser 2 mm in den Diarahmen des Linsenhalters und stecke diesen in die Bohrung des einfachen Reiters.
- ↪ Verschiebe die Experimentierleuchte so lange, bis sich die F-Blende gerade über der Marke „0“ befindet. Verwende hierzu das Geodreieck.
- ↪ Befestige den Schirm im Reiter mit Schlitz.



Durchführung:

- ↪ Für eine optimale Durchführung dieses Experiments ist es zweckmäßig, den Raum etwas abzdunkeln.
- ↪ Schalte die Spannungsquelle ein und beobachte den Schirm. Du müsstest dort ein Bild der F-Blende erkennen können.
- ↪ Notiere kurz, welche Eigenschaften dieses Bild im Vergleich zur F-Blende hat. Die F-Blende bezeichnen wir im Folgenden als (Abbildungs-) *Gegenstand*.

Die Lochkamera

O2 - 2

- ↪ Miss die Höhe des Bildes in mm und trage den Wert unter Bildgröße B in die Tabelle auf Seite 12 ein.
- ↪ Die Höhe der F-Blende bezeichnen wir als *Gegenstandsgröße* G . Überzeuge Dich durch Messung, dass sie 10 mm beträgt.
- ↪ Bestimme die Entfernung der F-Blende von der Lochblende und trage den Wert unter *Gegenstandsweite* g in die Tabelle ein. Dabei kannst Du Dir zum genauen Messen die Skala auf der Schiene zunutze machen, wenn Du mit dem Geodreieck an den Blenden bzw. auch am Schirm „herunterlotest“ (vgl. die Abbildung auf der nächsten Seite)
- ↪ Bestimme ebenso die Entfernung zwischen Lochblende und Schirm und trage den Wert unter *Bildweite* b in die Tabelle ein.
- ↪ Überlege, wie sich die Größe des Bildes verändert, wenn der Gegenstand der Lochblende genähert oder von ihr weiter entfernt wird, und führe diesen Schritt durch.
- ↪ Wähle eine günstige Gegenstandsweite und bestimme B , g und b wieder durch Messung. Trage die drei Werte in die Tabelle ein.
- ↪ Bringe die Experimentierleuchte wieder in ihre Ausgangsposition zurück und überlege, wie sich die Größe des Bildes verändert, wenn man den Schirm mehr oder weniger weit von der Lochblende entfernt aufstellt, und führe auch diesen Schritt aus.
- ↪ Wähle eine günstige Bildweite und bestimme B , g und b wieder durch Messung. Trage die gewonnenen Werte in die Tabelle ein.
- ↪ Bringe den Schirm wieder in seine Ausgangsposition zurück. Überlege, wie sich das Bild verändert, wenn Du statt der Lochblende mit Durchmesser 2 mm die mit Durchmesser 1 mm verwendest, und führe diesen Schritt durch.
- ↪ Wiederhole diesen Teil des Experiments für die Lochblende mit dem Durchmesser 4 mm bzw. für die Blende mit quadratischem Ausschnitt.
- ↪ Halte Deine Beobachtungen in ein paar Sätzen fest:

Die Lochkamera**O2 - 2****Tabelle:**

Gegenstandsgröße G in mm	10	10	10
Bildgröße B in mm			
Gegenstandsweite g in mm			
Bildweite b in mm			

Auswertung:

- (1) Offensichtlich hängt die Größe des Bildes nicht nur von der Größe des Gegenstandes ab, sondern auch von der Entfernung des Gegenstandes von der Lochblende der Kamera und der Entfernung des Schirms von der Lochblende. Berechne zunächst für jede Spalte das Verhältnis $B : G$ auf eine Dezimale genau und trage Deine Ergebnisse in die fünfte Zeile der Tabelle ein.
- (2) Berechne ebenso für jede Spalte das Verhältnis $b : g$ auf eine Dezimale genau und trage Deine Ergebnisse in die sechste Zeile der Tabelle ein. Was fällt Dir auf?

- (3) Der Vergleich der Verhältnisse von (1) und (2) führt zu der Formel:

Diese Formel heißt *Bildgleichung*. Merke sie Dir gut. Sie findet sich auch bei anderen Abbildungssystemen, wie Du noch erfahren wirst.

- (4) Hast Du nicht Lust, Dir eine funktionierende Lochkamera selbst zu bauen? Mit etwas Phantasie schaffst Du das bestimmt!

Virtuelle und reelle Bilder am Hohlspiegel

O2 - 3

Einführung:

Mit dem Schattenbild und dem Bild bei der Lochkamera hast Du zwei Möglichkeiten kennen gelernt, Bilder auf einem Schirm zu erzeugen. Solche Bilder nennt man *reell* im Gegensatz zu den *virtuellen* Bildern, wie sie beispielsweise beim ebenen Spiegel entstehen. Kannst Du Dir vorstellen, dass man auch ein Spiegelbild ohne weiteres Hilfsmittel auf einem Schirm auffangen kann? Diese spannende Frage wirst Du mit dem folgenden Experiment beantworten können.

Geräte:

Reiter mit Schraube
Reiter mit Schlitz
Stativstange 10 cm
F-Blende

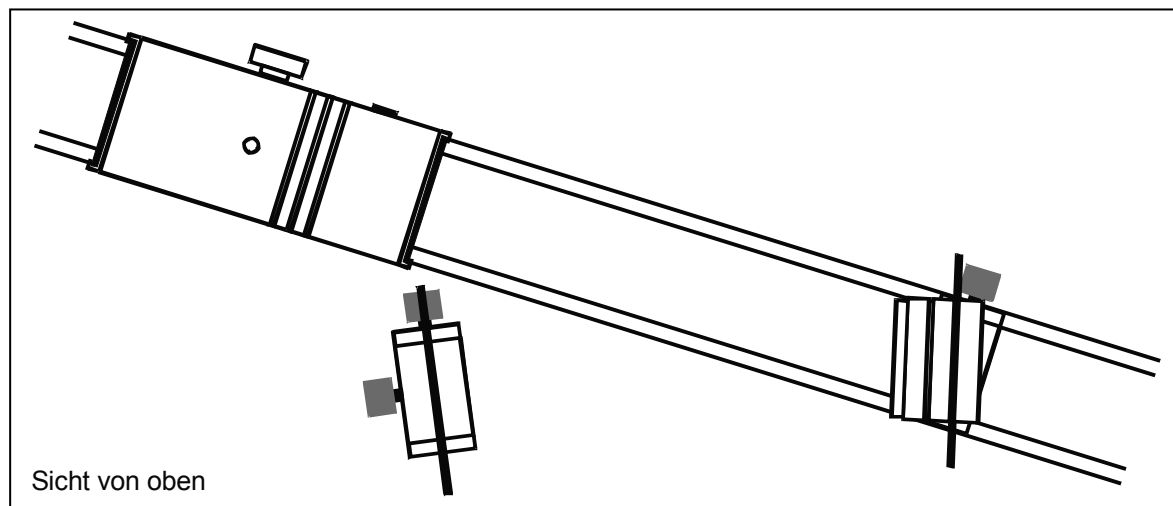
einfacher Reiter
weißer Schirm
Linsenhalter
Hohlspiegel in Fassung

zusätzlich:

Experimentierleuchte (aus OPTIK 1)
Experimentierkabel (aus OPTIK 1)
Spannungsquelle 12 V

Vollblende (aus OPTIK 1)
Universalschiene
Geodreieck

Aufbau:



- ↪ Montiere die Experimentierleuchte mit Hilfe der Stativstange und des Reiters mit Schraube auf die optische Bank. Achte dabei darauf, dass sich die Befestigungsschraube des Reiters nicht auf der Seite der Skala befindet.
- ↪ Verschließe die Rechtecköffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die gegenüberliegende Öffnung mit der F-Blende und schließe die Leuchte an die Spannungsquelle an, schalte diese aber noch nicht ein.

Virtuelle und reelle Bilder am Hohlspiegel

O2 - 3

- ↪ Verschiebe die Experimentierleuchte so lange, bis sich die F-Blende gerade über der Marke „0“ befindet. Verwende hierzu das Geodreieck.
- ↪ Stecke den Linsenhalter in den einfachen Reiter und befestige diesen auf der Schiene. Dabei sollte der Abstand zwischen F-Blende und Linsenhalter ungefähr 30 cm betragen. Außerdem sollte der Linsenhalter mit der Seite zur F-Blende hin gerichtet sein, auf der das MEKRUPHY-Logo eingepreßt ist.
- ↪ Stecke den Schirm in den Reiter mit Schlitz, montiere diesen aber nicht auf die Schiene, sondern stelle ihn unmittelbar neben der F-Blende auf.

Durchführung:

I

- ↪ Nimm den Hohlspiegel und halte ihn sehr nahe vor Dein Auge. Beschreibe kurz die Eigenschaften des Bildes (z.B. ob es aufrecht oder umgekehrt ist und was sich über seine Größe im Vergleich zum abgebildeten Gegenstand sagen lässt).

- ↪ Entferne nun den Hohlspiegel immer weiter von Deinem Auge und beobachte dabei, wie sich das Bild verändert. Schreibe kurz auf, welche Feststellungen Du machst.

II

- ↪ Nimm die F-Blende aus der Experimentierleuchte, miss die Höhe des „F“ und trage diesen Wert als Gegenstandsgröße G in die Tabelle ein. Stecke die Blende anschließend wieder in die Experimentierleuchte zurück.
- ↪ Stecke den Hohlspiegel auf den Linsenhalter, schalte die Spannungsquelle ein und drehe den Linsenhalter so, dass ein Bild auf dem Schirm entsteht.
- ↪ Verändere die Position des Hohlspiegels auf der Schiene so lange, bis das Bild auf dem Schirm scharf erscheint. (Sollte das Bild nicht gleichmäßig ausgeleuchtet sein, so trifft das Lichtbündel nicht genau den Hohlspiegel. Zur Korrektur musst Du dann die Experimentierleuchte etwas drehen.)

Virtuelle und reelle Bilder am Hohlspiegel

O2 - 3

- ↪ Miss die Höhe des „F“ auf dem Schirm und trage den Wert als Bildgröße B in die Tabelle ein.
- ↪ Bestimme mit Hilfe des Geodreiecks die Positionen der F-Blende und der Scheittelebene des Hohlspiegels auf der Schiene und berechne aus den beiden Werten die Entfernung des Hohlspiegels vom Gegenstand (*Gegenstandsweite g*). Sie ist in diesem Fall gleich der Entfernung des Schirms vom Hohlspiegel (*Bildweite b*) und gleich der doppelten *Brennweite f* des Hohlspiegels.
- ↪ Trage die Werte für g und b in die Tabelle ein.
- ↪ Verschiebe den Schirm so, dass er etwa 20 cm weiter vom Hohlspiegel entfernt ist als die F-Blende, und verändere dann die Position des Hohlspiegels so lange, bis das Bild scharf und möglichst nahe an der Schiene auf den Schirm trifft.
- ↪ Miss B , bestimme g und b und trage die Werte in die Tabelle ein. Der Wert für die Brennweite f ändert sich natürlich nicht.
- ↪ Wiederhole das Experiment für den Fall, dass der Schirm etwa 5 cm näher am Hohlspiegel steht als die F-Blende.

Tabelle:

G in mm	B in mm	g in mm	b in mm	f in mm					
				100					
				100					
				100					

Auswertung:

- (1) Schreibe kurz die Eigenschaften auf, in denen sich die (reellen) Bilder auf dem Schirm von dem (virtuellen) Bild in Experiment I unterscheiden:

- (2) Berechne für jede Zeile der Tabelle das Verhältnis $B : G$ auf eine Dezimale genau und trage die Werte in die 6. Spalte der Tabelle ein.

Virtuelle und reelle Bilder am Hohlspiegel

O2 - 3

- (3) Berechne für jede Zeile der Tabelle das Verhältnis $b : g$ auf eine Dezimale genau und trage die Werte in die 7. Spalte der Tabelle ein.
- (4) Welchen Zusammenhang folgerst Du aus dem Vergleich der jeweiligen Werte in der 6. und 7. Spalte? Gib diesen Zusammenhang als Formel an:

- (5) Berechne für jede Zeile der Tabelle das Produkt aus b und g und trage die Werte in die 8. Spalte der Tabelle ein.
- (6) Berechne für jede Zeile der Tabelle die Summe aus b und g und trage die Werte in die 9. Spalte der Tabelle ein.
- (7) Berechne für jede Zeile der Tabelle den Quotienten $(b \cdot g) : (b + g)$ auf drei geltende Ziffern und trage die Werte in die 10. Spalte der Tabelle ein.
- (8) Was folgerst Du aus den Ergebnissen in der letzten Spalte?

- (9) *Für mathematisch Geübte:*
Zeige durch geeignete Umformungen, dass die in (8) gefundene Gleichung und die Gleichung

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

ineinander übergeführt werden können. Man nennt die untere Gleichung auch *Hohlspiegelgleichung*.

Reelle Bilder bei der Sammellinse

O2 - 4

Einführung:

Der Photoapparat ist wohl das bekannteste Beispiel dafür, dass man mit einer Sammellinse Gegenstände in der Natur auf einem Film oder einer Mattscheibe, d.h. auf einem Schirm abbilden kann. Im folgenden Experiment kannst Du herausfinden, welche Eigenschaften solche reellen Bilder bei der Sammellinse haben und dass sich auch für diese Abbildungen Gesetzmäßigkeiten finden lassen.

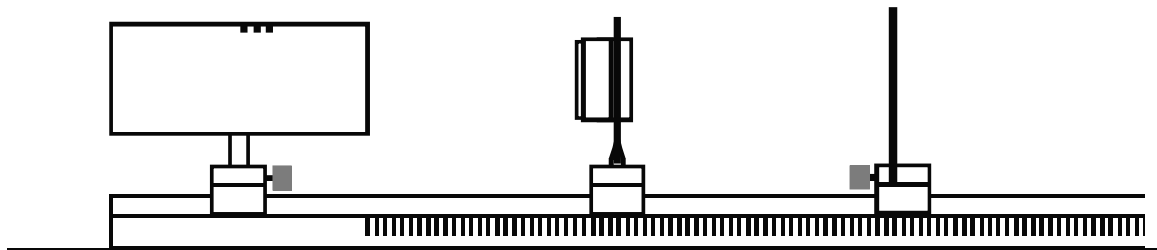
Geräte:

Reiter mit Schraube	einfacher Reiter
Reiter mit Schlitz	weißer Schirm
Stativstange 10 cm	Linsenhalter
F-Blende	Linse + 100 in Fassung

zusätzlich:

Experimentierleuchte	(aus OPTIK 1)	Vollblende	(aus OPTIK 1)
Experimentierkabel	(aus OPTIK 1)	Universalschiene (optische Bank)	
Spannungsquelle 12 V		Geodreieck	

Aufbau:



- ↪ Montiere die Experimentierleuchte mit Hilfe der Stativstange und des Reiters mit Schraube auf die optische Bank. Achte dabei darauf, dass sich die Befestigungsschraube des Reiters nicht auf der Seite der Skala befindet.
- ↪ Verschließe die Rechtecköffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die gegenüberliegende Öffnung mit der F-Blende und schließe die Leuchte an die Spannungsquelle an.
- ↪ Befestige den Linsenhalter mit Hilfe des einfachen Reiters auf der optischen Bank.
- ↪ Stecke die Linse auf die Seite des Linsenhalters, auf der das MEKRUPHY-Logo *nicht* eingeprägt ist, und drehe sie so lange, bis sich die Strichmarke für die Hauptebene auf der Skalenseite der Schiene befindet.
- ↪ Montiere den Schirm im Reiter mit Schlitz auf die optische Bank.

Reelle Bilder bei der Sammellinse

O2 - 4

↪ Verschiebe die Experimentierleuchte und den Schirm so lange, bis sich die F-Blende genau über der Marke „0“ und der Schirm genau über der Marke „60“ der Schiene befinden.

Durchführung:

↪ Schalte die Spannungsquelle ein und verschiebe die Linse so lange, bis auf dem Schirm das „F“ scharf zu sehen ist.

↪ Bestimme mit Hilfe des Geodreiecks die Position der Linsenebene auf der Skala der optischen Bank und errechne daraus
 die *Gegenstandsweite* g = Abstand F-Blende - Linsenebene
 die *Bildweite* b = Abstand Linsenebene - Schirm
 und trage die Werte in die Tabelle ein.

↪ Miss die Höhe des „F“ auf dem Schirm und trage diesen Wert als *Bildgröße* B in die Tabelle ein.

↪ Wiederhole das Experiment für die Fälle, dass sich der Schirm genau über der Marke „50“ und „40“ der Schiene befindet.

Tabelle:

g in mm	b in mm	G In mm	B in mm	f in mm					
				100					
				100					
				100					

Auswertung:

(1) Schreibe für die drei durchgeführten Experimente auf, in welchen Eigenschaften sich die Bilder auf dem Schirm unterscheiden und welche sie gemeinsam haben:

Reelle Bilder bei der Sammellinse**O2 - 4**

- (2) Berechne für jede Zeile der Tabelle das Verhältnis $B : G$ auf eine Dezimale genau und trage die Werte in die 6. Spalte der Tabelle ein.
- (3) Berechne für jede Zeile der Tabelle das Verhältnis $b : g$ auf eine Dezimale genau und trage die Werte in die 7. Spalte der Tabelle ein.
- (4) Welchen Zusammenhang folgerst Du aus dem Vergleich der jeweiligen Werte in der 6. und 7. Spalte? Gib diesen Zusammenhang als Formel an:

- (5) Berechne für jede Zeile der Tabelle das Produkt aus b und g und trage die Werte in die 8. Spalte der Tabelle ein.
- (6) Berechne für jede Zeile der Tabelle die Summe aus b und g und trage die Werte in die 9. Spalte der Tabelle ein.
- (7) Berechne für jede Zeile der Tabelle den Quotienten $(b \cdot g) : (b + g)$ auf drei geltende Ziffern und trage die Werte in die 10. Spalte der Tabelle ein.
- (8) Was folgerst Du aus den Ergebnissen in der letzten Spalte?

- (9) *Für mathematisch Geübte:*
Zeige durch geeignete Umformungen, dass die in (8) gefundene Gleichung und die Gleichung

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

ineinander übergeführt werden können. Man nennt die untere Gleichung auch *Linsengleichung*.

Einführung:

Hast Du schon einmal beobachtet, wie ein Briefmarkensammler seine Marken mit Hilfe einer Sammellinse betrachtet? Offensichtlich sieht er damit ein vergrößertes Bild der Briefmarke und erkennt die Einzelheiten besser. Die Frage ist nun, ob solche Bilder reell oder virtuell sind. Einen ersten Anhaltspunkt für eine gültige Antwort gibt Dir das vorangegangene Experiment. Dort waren alle reellen Bilder umgekehrt. Du wirst Dich mit dem folgenden Experiment der Lösung schrittweise nähern können.

Geräte:

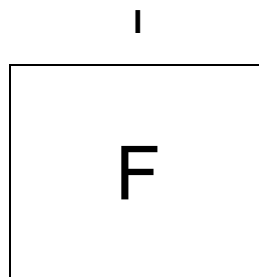
Linse +100 in Fassung

Linse +50 in Fassung

zusätzlich:

Geodreieck

Durchführung:



☞ Lege die Linse +100 auf das hier abgedruckte „F“.

☞ Beobachte, ob und gegebenenfalls wie sich das Bild des „F“ verändert, wenn Du die Linse immer weiter von der Papierebene abhebst. Wichtig ist vor allem, ob das Bild aufrecht oder umgekehrt ist und ob es diese Eigenschaften behält. Schreibe Deine Beobachtung kurz nieder:

☞ Halte die Linse nur wenige Zentimeter über das „F“. Wenn Du deinen Kopf seitlich etwas hin und her bewegst, hast Du eine weitere Möglichkeit zu entscheiden, ob das Bild reell oder virtuell ist: Bewegt sich das Bild mit, ist es virtuell, bleibt es an seinem Ort, ist es reell.

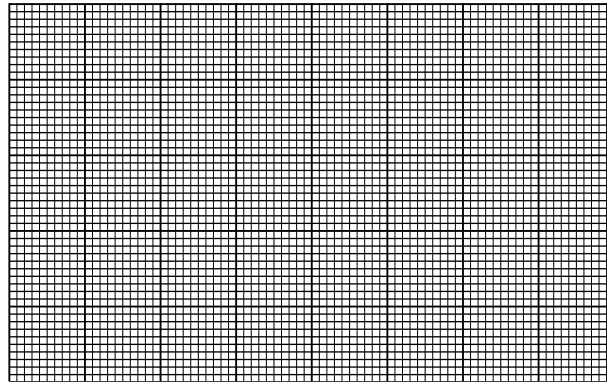
☞ Wiederhole das Experiment mit der Linse +50. Welche Unterschiede stellst Du gegenüber den Beobachtungen mit der Linse +100 fest?

Die Lupe

O2 - 5

II

In Experiment I konntest Du mit Hilfe der beiden Sammellinsen virtuelle Bilder beobachten. Sie sind aufrecht und größer als der Gegenstand. Daher bezeichnet man in diesem Fall die Sammellinse auch als *Vergrößerungsglas* oder *Lupe*.



- ↪ Stelle Dich aufrecht vor dieses Arbeitsblatt, halte die Linse +50 unmittelbar vor Dein Auge und betrachte das Millimeterfeld.
- ↪ Beuge Dich anschließend so weit nach unten, bis Du das Millimeterraster scharf siehst.
- ↪ Halte die Linse auf dieser Höhe fest, bestimme mit dem Geodreieck die Entfernung g ihrer Hauptebene von der Papierebene und trage diesen Wert in die Tabelle ein.
- ↪ Wiederhole dieses Experiment mit der Linse +100. Bei welcher der beiden Linsen ist die Vergrößerung stärker?

Tabelle:

f in mm	G in mm

Auswertung:

Ergänze den folgenden Text: Bei der Sammellinse entsteht ein virtuelles Bild, wenn die Gegenstandsweite _____ ist. Je _____ der Linse ist, desto stärker ist die Vergrößerung.

Einführung:

Im Normalfall kann man mit einer Lupe höchstens eine 15-fache Vergrößerung erreichen. Für stärkere Vergrößerungen muss man ein Mikroskop verwenden. Sein Prinzip ist einfach: Man erzeugt mit einer Sammellinse zunächst ein vergrößertes reelles Bild, das man dann mit einer Lupe betrachtet, so dass sich eine weitere Vergrößerung ergibt. Das folgende Experiment will Dir dies zeigen. Dabei wird sich etwas Überraschendes ergeben.

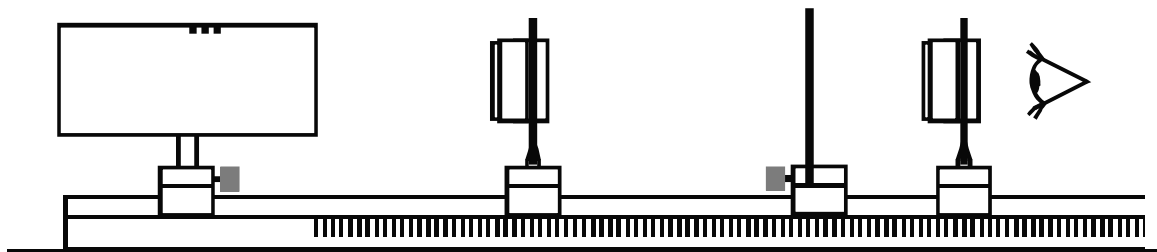
Geräte:

Reiter mit Schraube	2 einfache Reiter
Reiter mit Schlitz	Stativstange 10 cm
Transparenschirm	F-Blende
Linsenhalter mit Diahalter	einfacher Linsenhalter
Linse +50 in Fassung	Linse + 100 in Fassung

zusätzlich:

Experimentierleuchte	(aus OPTIK 1)	Vollblende	(aus OPTIK 1)
Experimentierkabel	(aus OPTIK 1)	Universalschiene	
Spannungsquelle 12 V			

Aufbau und Durchführung:



- ↪ Montiere die Experimentierleuchte mit Hilfe der Stativstange und des Reiters mit Schraube auf die Schiene. Achte dabei darauf, dass sich die Befestigungsschraube des Reiters nicht auf der Seite der Skala befindet.
- ↪ Verschließe die Rechtecköffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die runde Öffnung mit der F-Blende und schließe die Leuchte an die Spannungsquelle an.
- ↪ Stecke die Linse +50 auf den einfachen Linsenhalter und montiere diesen in einem einfachen Reiter auf der Schiene.

Das Mikroskop

O2 - 6

- ↪ Befestige den Transparentschild im Reiter mit Schlitz und montiere diesen ebenfalls auf die Schiene.
- ↪ Schalte die Spannungsquelle ein und erzeuge auf dem Transparentschild ein vergrößertes scharfes Bild der F-Blende.
- ↪ Stecke die Linse +100 auf diejenige Seite des Linsenhalters mit Diahalter, auf der das MEKRUPHY-Logo eingepreßt ist, und montiere diesen in einem einfachen Reiter auf die Schiene.
- ↪ Verschiebe die Linse +100 so lange auf der optischen Bank, bis Du das „F“ auf dem Transparentschild scharf sehen kannst. Regle, falls dies möglich ist, die Spannung etwas zurück.
- ↪ Überlege, *bevor* Du weiter experimentierst:
Wirst Du das Bild durch die Lupe noch sehen können, wenn Du den Transparentschild entfernst? Nimm anschließend den Transparentschild weg, während Du dabei durch die Lupe blickst. Was fällt Dir auf?

- ↪ Schätze die Vergrößerung ab.

Gesamtvergrößerung: _____ - fach

Auswertung:

Schreibe kurz die Ergebnisse Deiner Beobachtungen nieder, z.B. die Vor- aber auch die Nachteile des Mikroskops gegenüber der Lupe, wo sich das reelle Zwischenbild befindet und wovon die Vergrößerung des Mikroskops insgesamt abhängt:

Einführung:

Du kannst Dir sicher denken, warum man den Mond nicht mit einer Lupe vergrößert betrachten kann. Aus dem gleichen Grund ist es auch nicht möglich, mit einer Sammellinse ein vergrößertes reelles Bild vom Mond zu erzeugen.

Nach einem Vorschlag des deutschen Astronomen und Mathematikers Johannes KEPLER (1571 – 1630) aus dem Jahre 1611 kann man die Himmelskörper dennoch größer sehen, wenn man mit einer Sammellinse ein *verkleinertes* reelles Bild von ihnen erzeugt und dieses mit einer Lupe betrachtet. Das kannst Du mit dem folgenden Experiment nachprüfen.

Geräte:

Linse +300 in Fassung
einfache Reiter
einfacher Linsenhalter
Transparentschirm

Linse +50 in Fassung
Reiter mit Schlitz
Linsenhalter mit Diahalter

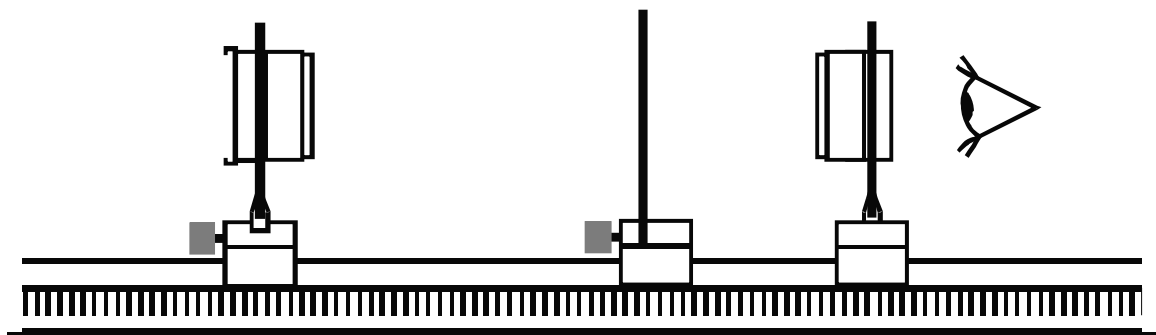
zusätzlich:

Universalschiene

Geodreieck

Aufbau und Durchführung:

Bei diesem Experiment verwenden wir keine Experimentierleuchte. Außerdem können wir es nur bei Tageslicht durchführen.



- ↪ Stecke die Linse +300 in den Linsenhalter mit Diahalter und montiere diesen in einem einfachen Reiter etwa bei der Marke „20“ auf die Schiene.
- ↪ Befestige den Transparentschirm im Reiter mit Schlitz und montiere diesen etwa bei der Marke „30“ auf die Schiene.
- ↪ Nimm die Schiene hoch und richte sie mit der Linse zum Fenster hin. Vorsicht: Richte die Schiene auf keinen Fall direkt auf die Sonne oder in ihre Nähe!

Das astronomische Fernrohr

O2 - 7

- ↪ Verschiebe den Transparentschild so lange, bis auf ihm ein scharfes Bild eines Gebäudes, eines Baumes oder sonstigen Gegenstandes, der sich vor dem Fenster befindet, entsteht. Drehe dann die entsprechende Schraube am Reiter fest.
- ↪ Bestimme die Entfernung d_1 zwischen Linsenebene und Schild und trage sie in die Tabelle ein.
- ↪ Stecke die Linse +50 auf den einfachen Linsenhalter und montiere diesen in einem Reiter nahe beim Transparentschild auf die Schiene.
- ↪ Betrachte das Bild auf dem Transparentschild durch die Linse +50 und verschiebe sie so lange, bis dieses Bild scharf erscheint. Drehe dann die Schraube am Reiter fest.
- ↪ Bestimme die Entfernung d_2 zwischen Schild und Linsenebene und trage sie in die Tabelle ein.
- ↪ Überlege, *bevor* Du weiter experimentierst:
Wirst Du das Bild noch sehen können, wenn Du den Transparentschild entfernst? Nimm anschließend den Transparentschild weg, während Du dabei durch die Linse +50 blickst. Was fällt Dir auf?

Tabelle:

d_1 in mm	d_2 in mm

Auswertung:

- (1) Die Linse, die dem Gegenstand zugewandt ist, heißt beim Fernrohr wie beim Mikroskop *Objektiv*. Die Linse, die dem Auge zugewandt ist, nennt man *Okular* (von lateinisch: oculus = Auge).
Gib an, wie groß die Entfernung zwischen Objektiv und Okular beim astronomischen Fernrohr etwa ist:

- (2) Gib mindestens eine Möglichkeit an, wie man das umgekehrte Bild beim astronomischen Fernrohr aufrecht machen könnte:

Das holländische Fernrohr

O2 - 8

Einführung:

Um das astronomische Fernrohr als Fernglas gebrauchen zu können, muss man dafür sorgen, dass ein aufrecht stehendes Bild entsteht. Dies geschieht beispielsweise im handelsüblichen Prismenfernglas mit Hilfe zweier totalreflektierender Prismen. Eine einfachere Methode haben holländische Brillenschleifer um das Jahr 1600 erfunden, die der italienische Mathematiker, Physiker und Philosoph Galileo GALILEI (1564 - 1642) im Jahre 1609 erstmals für seine Forschungen verwendete. Ein Jahr später konnte er mit einem solchen Fernrohr die ersten vier Jupitermonde entdecken. Im folgenden Experiment kannst Du dieses Fernrohr erproben. Heute wird es hauptsächlich als Opernglas verwendet.

Geräte:

Linse +300 in Fassung
einfache Reiter

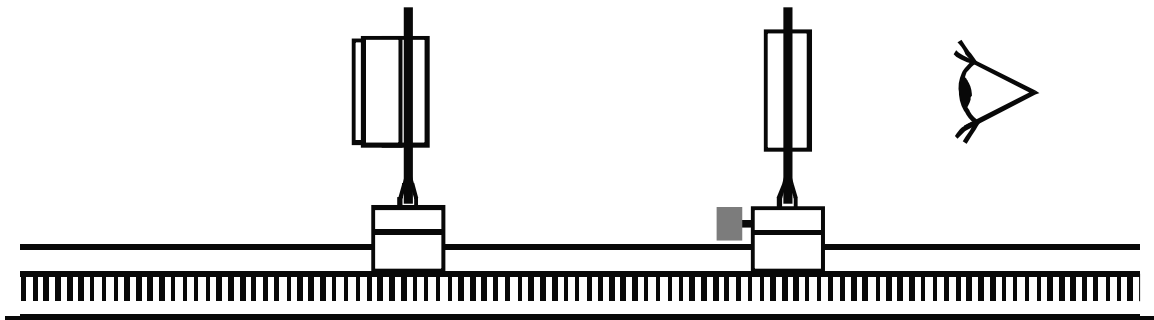
Linse -100 im Linsenhalter
einfacher Linsenhalter

zusätzlich:
Universalschiene

Geodreieck

Aufbau und Durchführung:

Bei diesem Experiment verwenden wir keine Experimentierleuchte. Außerdem können wir es nur bei Tageslicht durchführen.



- ↪ Stecke die Linse +300 auf den Linsenhalter und montiere diesen in einem einfachen Reiter etwa bei der Marke „20“ auf die Schiene.
- ↪ Montiere die Linse –100 mit Hilfe eines einfachen Reiters etwa bei der Marke „45“ auf die Schiene.
- ↪ Halte die Schiene hoch und richte sie so zum Fenster hin, dass die Linse +300 als Objektiv wirkt. *Vorsicht: Richte die Schiene auf keinen Fall direkt auf die Sonne oder in ihre Nähe!*

Das holländische Fernrohr

O2 - 8

- ↪ Betrachte dann durch das Okular (Linse -100) ein Gebäude, einen Baum oder sonstigen Gegenstand, der sich vor dem Fenster befindet.
- ↪ Verschiebe das Okular so lange, bis das Bild möglichst groß und scharf ist, und schraube dann den Reiter fest.
- ↪ Schätze die Vergrößerung ab, indem Du den Gegenstand abwechselnd direkt und durch das Fernrohr betrachtest.

Vergrößerung: _____ - fach

- ↪ Bestimme mit Hilfe des Geodreiecks den Abstand d der beiden Linsen.

Abstand d : _____ mm

Auswertung:

- (1) Welchen Zusammenhang vermutest Du zwischen dem Abstand d und den Brennweiten f_1 und f_2 der beiden Linsen?

- (2) Versuche, kurz das Prinzip zu beschreiben, nach dem das holländische Fernrohr funktioniert. Eventuell hilft Dir eine Zeichnung mit dem Strahlengang.

Einführung:

Die Vergrößerung ist beim astronomischen Fernrohr umso stärker, je größer die Brennweite des Objektivs im Vergleich zur Brennweite des Okulars ist. Außer einer starken Vergrößerung benötigen gute astronomische Fernrohre aber auch eine hohe Lichtausbeute, d. h. ein möglichst helles Bild. Dies kann man nur durch große Objektivdurchmesser erreichen. Da man Hohlspiegel mit großem Durchmesser leichter fehlerfrei herstellen kann als Linsen, verwendet man in der astronomischen Forschung heute Spiegelteleskope. Mit einem Spiegeldurchmesser von 10,4 m ist das Gran Telescopio Canarias auf La Palma das derzeit größte Spiegelteleskop. Der Spiegel hat eine Brennweite von 16,5 m. Das Gerät ist so lichtempfindlich, dass man mit ihm das Licht einer brennenden Kerze noch in einigen Tausend Kilometer Entfernung erkennen könnte.

Im folgenden Experiment kannst Du Dein eigenes Spiegelteleskop zusammenbauen.

Geräte:

Hohlspiegel in Fassung
Reiter mit Schraube
einfache Reiter
einfacher Linsenhalter
Stift 4 cm mit Gewinde

Linse +100 in Fassung
Reiter mit Schlitz
Transparentschild
Linsenhalter mit Diahalter

zusätzlich:

Planspiegel (aus OPTIK 1)

Aufbau und Durchführung:

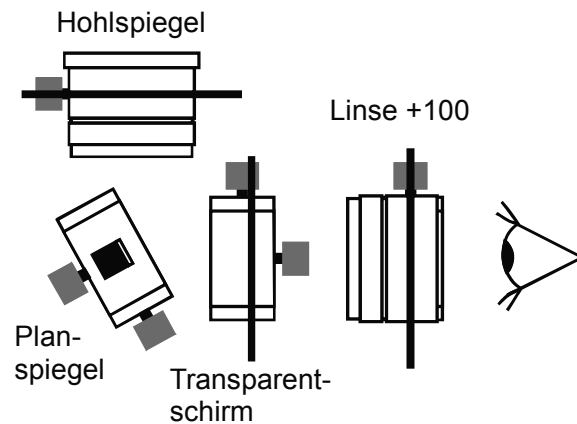
Bei diesem Experiment verwenden wir keine optische Bank. Du solltest die Geräte-
teile so vor einem Fenster aufbauen, dass Du einen Gegenstand, der sich vor dem
Fenster befindet, mit dem Hohlspiegel abbilden kannst.

- ↪ Stecke den Hohlspiegel auf den Linsenhalter mit dem Diahalter und befestige ihn
in einem einfachen Reiter.
- ↪ Stecke den Transparentschild in den Reiter mit Schlitz und versuche, den
Gegenstand vor dem Fenster mit dem Hohlspiegel möglichst scharf auf dem
Schirm abzubilden.
- ↪ Drehe den Stift mit Gewinde in das entsprechende Ende des Planspiegels und
befestige ihn im Reiter mit Schraube.
- ↪ Stelle den Planspiegel zwischen Schirm und Hohlspiegel sehr nahe am letzteren
auf und drehe ihn so, dass seine Spiegelebene mit der optischen Achse des
Hohlspiegels einen Winkel von 45° einschließt.
- ↪ Stelle anschließend den Schirm dort auf, wo Du auf ihm das vom Planspiegel um-
gelenkte Bild scharf erkennen kannst.

Das Spiegelteleskop

O2 - 9

- ↪ Stecke die Linse +100 auf den Linsenhalter und befestige diesen in einem einfachen Reiter. Betrachte mit ihr als Lupe das Bild auf dem Transparenzschirm.
- ↪ Nimm den Transparenzschirm aus der Anordnung heraus. Wie verändert sich dadurch das Bild? (Beachte, dass nur der Teil zum „Bild“ zählt, der im Planspiegel zu sehen ist.)



Auswertung:

- (1) Beschreibe kurz die Funktionsweise des Spiegelteleskops:

- (2) Welchen Nachteil hat ein Spiegelteleskop gegenüber einem Linsenteleskop?

- (3) Erkundige Dich, warum man ab einem bestimmten Durchmesser Glaslinsen nicht mehr fehlerfrei herstellen kann. Nenne mindestens zwei verschiedene Gründe.

Einführung:

Das menschliche Auge ist ein Wunderwerk. Es kann beispielsweise nicht nur die Brennweite der Linse auf nahezu jede Gegenstandsweite von selbst so einstellen, dass das Bild auf der Netzhaut stets scharf erscheint, sondern auch mit der Pupille die Lichtmenge regulieren, die in das Auge gelangen soll und mit dieser Blendenfunktion auch eine große Tiefenschärfe bei der Abbildung erzielen. Leider gibt es aber auch angeborene Augenfehler. Zwei davon kannst Du im folgenden Experiment kennen lernen und versuchen, sie mit Hilfe von Linsen zu korrigieren.

Geräte:

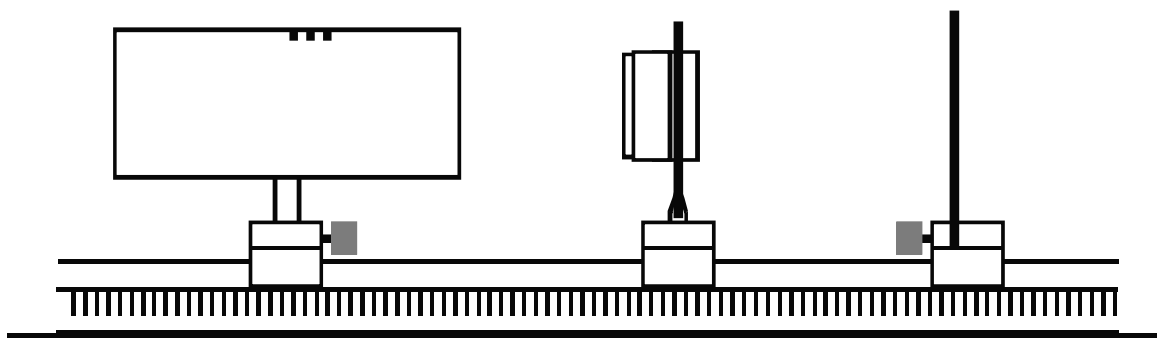
Reiter mit Schraube
 Reiter mit Schlitz
 weißer Schirm
 Linsenhalter mit Diahalter
 Linse +50 in Fassung
 Linse –100 im Linsenhalter

einfache Reiter
 Stativstange 10 cm
 F-Blende
 einfacher Linsenhalter
 Linse + 100 in Fassung

zusätzlich:

Experimentierleuchte (aus OPTIK 1)
 Experimentierkabel (aus OPTIK 1)
 Spannungsquelle 12 V

Vollblende (aus OPTIK 1)
 Universalschiene

Aufbau:

- ↪ Montiere die Experimentierleuchte mit Hilfe der Stativstange und des Reiters mit Schraube auf die optische Bank. Achte dabei wieder darauf, dass sich die Befestigungsschraube des Reiters nicht auf der Seite der Skala befindet.
- ↪ Verschließe die Rechtecköffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die gegenüberliegende Öffnung mit der F-Blende und schließe die Leuchte an die Spannungsquelle an, schalte diese aber noch nicht ein.

Augenfehler

O2 - 10

- ↪ Stecke die Linse +100 auf den einfachen Linsenhalter und befestige diesen mit Hilfe eines einfachen Reiters auf der optischen Bank.
- ↪ Montiere den Schirm im Reiter mit Schlitz auf die optische Bank.
- ↪ Verschiebe die Experimentierleuchte und den Schirm so lange, bis sich die F-Blende direkt über der Marke „10“, der Schirm direkt über der Marke „50“ befindet.

Durchführung:

I

- ↪ Schalte die Spannungsquelle ein und verschiebe die Linse so lange, bis das „F“ auf dem Schirm scharf zu sehen ist. Die Linse +100 hat im Folgenden die Funktion der Augenlinse und der Schirm entspricht der Netzhaut.
- ↪ Beim *weitsichtigen* Auge ist der Augapfel zu kurz: Das Bild naher Gegenstände liegt hinter der Netzhaut. Verschiebe daher den Schirm auf die Marke „35“.
- ↪ Stecke die Linse +50 auf den Linsenhalter mit Diahalter und montiere diesen als „Brille“ zwischen F-Blende und Linse +100 auf die optische Bank.
- ↪ Verschiebe die „Brille“ so lange, bis das „F“ auf dem Schirm scharf erscheint. Vergleiche die Größe des Bildes mit und ohne Brille und ergänze den folgenden Text:

Das Bild ist mit Brille _____ als ohne Brille.

II

- ↪ Beim *kurzsichtigen* Auge ist der Augapfel zu lang: Das Bild ferner Gegenstände liegt vor der Netzhaut. Verschiebe daher den Schirm auf die Marke „80“.
- ↪ Ersetze den Linsenhalter mit der Linse +50 durch den mit der Linse -100.
- ↪ Verschiebe auch diese „Brille“ so lange, bis das „F“ auf dem Schirm scharf erscheint. Vergleiche die Größe des Bildes mit und ohne Brille und ergänze den folgenden Text:

Das Bild ist mit Brille _____ als ohne Brille.

Auswertung:

Ergänze den Text: Kurzsichtigkeit lässt sich durch _____ - Linsen korrigieren, Weitsichtigkeit durch _____ - Linsen.

Räumliches Sehen

O2 - 11

Einführung:

Du kennst sicher das Sprichwort „Vier Augen sehen mehr als zwei“. Das folgende Experiment wird Dich davon überzeugen, dass schon zwei Augen mehr sehen als eines.

Geräte:

Reiter mit Schraube
Reiter mit Schlitz

weißer Schirm
Stativstange 10 cm

Aufbau und Durchführung:

- ↪ Befestige die Stativstange und den Schirm in den entsprechenden Reitern.
- ↪ Stelle den Schirm etwa 40 cm vor Dir auf, die Stativstange etwa 10 cm dahinter und so, dass sie der Schirm zur Hälfte verdeckt.
- ↪ Blicke auf den Stab und halte abwechselnd das rechte und das linke Auge zu.
- ↪ Notiere Deine Beobachtungen und versuche sie möglichst an Hand einer Skizze zu erklären:

