M. PETER METTENLEITER

OPTIK 1

ARBEITSHEFT

3., erweiterte Auflage

Impressum OPTIK 1

Verfasser: M. Peter Mettenleiter

85276 Pfaffenhofen a. d. Ilm

Zeichnungen: Marco Jurešić

Gestaltung und Satz: MEKRUPHY GMBH

Schäfflerstraße 9

85276 Pfaffenhofen a. d. Ilm Tel.: 08441 / 50420 - 0 Fax: 08441 / 50420 - 29 E-Mail: info@mekruphy.com Internet: www.mekruphy.com

Druck: MDV Maristen Druck & Verlag GmbH

Landshuter Straße 2

84095 Furth

Dieses Arbeitsheft und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede gesetzlich nicht zugelassene Nutzung ist, auch auszugsweise, ohne vorherige schriftliche Zustimmung der MEKRUPHY GmbH unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für die öffentliche Zugänglichmachung im Sinne des § 52a UrhG. Bildungseinrichtungen 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 dem entsprechenden Experimentierkasten 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 Vorschriften und Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht einzuhalten.

© 2009 MEKRUPHY GMBH, Pfaffenhofen a. d. Ilm

Inhalt	OPTIK 1

Impressun	n	2
Geräteübe	ersicht	4
Vorwort		5
O1 - 1:	Lichtbündel und Lichtstrahl	6
O1 - 2:	Die Reflexion am ebenen Spiegel	8
O1 - 3:	Die vermeintliche Lage des Spiegelbildes	10
O1 - 4:	Der Winkelspiegel	12
O1 - 5:	Der Brennpunkt eines Hohlspiegels	14
O1 - 6:	Besondere Strahlen am Hohlspiegel	16
O1 - 7:	Die Brechung des Lichts	18
O1 - 8:	Die planparallele Platte	23
O1 - 9:	Die Brechungszahl Luft/Wasser	25
O1 - 10:	Der Grenzwinkel der Totalreflexion	28
O1 - 11:	Das totalreflektierende Prisma	30
O1 - 12:	Glasfaseroptik	32
O1 - 13:	Die Brennpunkte einer Konvexlinse	34
O1 - 14:	Besondere Strahlen bei der Konvexlinse	36
O1 - 15:	Scheinbare Brennpunkte einer Konkavlinse	38
O1 - 16:	Linsenkombinationen	40
O1 - 17:	Die Zerlegung des weißen Lichts	42
O1 - 18:	Die additive Farbmischung	44
O1 - 19:	Die subtraktive Farbmischung	46
O1 - 20:	Die Lichtkreuzung	48

Geräteübersicht OPTIK 1 Kunststofftrog Linsenkörper konvex konkav Winkelscheibe Kreuzungsmodul Dreifarben-Halbzylinder Trapezkörper blende Experimentier-0 kabel Subtraktivfilter Experimentierleuchte 90° - Prisma Blende mit 3 und Blende mit 1 und Vollblende Planspiegel Plan-/Konkav-5 Schlitzen 2 Schlitzen spiegel

Vorwort OPTIK 1

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

das Wort "Optik" kommt aus dem Griechischen, wo das Wort "optikos" so viel bedeutet wie "zum Sehen gehörend". Heute verstehen wir unter Optik die Lehre vom Licht. Die Erforschung des Lichts gehört zu den aufregendsten Kapitel in der Geschichte der Physik. Mit dem Experimentiersatz OPTIK 1 kannst Du durch spannende Experimente erste interessante Eigenschaften des Lichts erkunden und viel Unerwartetes erleben. Der Experimentierkasten hält Dir die entsprechenden Geräte bereit, die zum Teil sehr empfindlich sind. Sie sind auf Seite 4 dieses Arbeitsheftes abgebildet und bezeichnet.

Damit die Experimente nicht nur Dir, sondern auch Deinen Mitschülerinnen und Mitschülern, die nach Dir arbeiten, immer ohne Probleme gelingen, solltest Du die folgenden Grundregeln stets genau beachten:

- (1) Lies vor Beginn des Experiments die betreffende Versuchsanleitung immer genau durch.
- (2) Arbeite immer nur mit den Geräten, die für das jeweilige Experiment vorgesehen sind.
- (3) Nimm die Geräte erst aus dem Kasten, wenn Du sie benötigst, und lege sie nach Gebrauch sofort wieder in den Kasten zurück.
- (4) Behandle die Geräte schonend und lass sie nicht fallen.
- (5) Verwende für die Experimentierleuchte auf keinen Fall eine höhere Spannung als 12 Volt. 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 Versuche mitgewirkt haben.

M. Peter Mettenleiter

Lichtbündel und Lichtstrahl

01-1

Einführung:

Wir gehen heute davon aus, dass wir Gegenstände dadurch sehen können, dass von ihnen Licht ausgeht, das dann in unser Auge gelangt. Dabei unterscheiden wir zwischen Körpern, die selbst Licht erzeugen, den sogenannten *Lichtquellen*, und den nicht selbst leuchtenden, den *beleuchteten Körpern*. Letztere werfen auftreffendes Licht nur zurück. Als Lichtquelle verwenden wir bei unseren Experimenten die Experimentierleuchte. Verwende für sie niemals höhere Spannungen als 12 Volt.

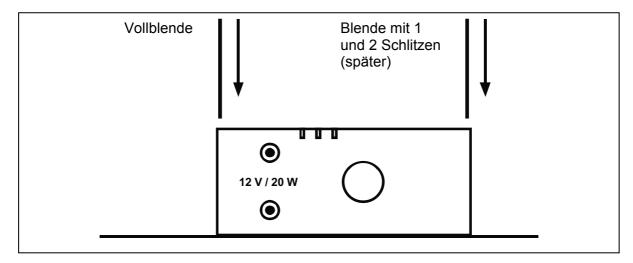
Mit dem folgenden Experiment kannst Du erste Erkenntnisse über die Lichtausbreitung gewinnen. Du hast außerdem die Gelegenheit, Dich mit den wichtigsten Geräteteilen dieses Experimentiersatzes vertraut zu machen.

Geräte:

Experimentierleuchte
Blende mit 1 und 2 Schlitzen
Halbzylinder
Planspiegel
Linsenkörper konvex
90°-Prisma

zusätzlich:

Vollblende Blende mit 3 und 5 Schlitzen Trapezkörper Plan-/Konkavspiegel Linsenkörper konkav Experimentierkabel Spannungsquelle 12 V (z. B. MEKRUPHY MKS 2.4)



- Stelle die Experimentierleuchte so auf den Tisch, dass sich die drei Lüftungsschlitze oben befinden, und schließe sie mit Hilfe der Experimentierkabel an die Spannungsquelle an.
- ☼ Verschließe die runde Lampenöffnung mit der Vollblende. Die Blende mit den Schlitzen benötigen wir zunächst noch nicht.

Lichtbündel und Lichtstrahl

01-1

Schalte die Spannungsquelle ein, Du kannst dann auf dem Tisch ein breites Lichtband beobachten. Wir nennen es im Folgenden *Lichtbündel*.

Ein Lichtbündel heißt:

parallel, wenn seine Begrenzungslinien parallel verlaufen, divergent, wenn seine Begrenzungslinien auseinander laufen, konvergent, wenn seine Begrenzungslinien zusammen laufen.

Beachte: Ein Lichtbündel kann auch zuerst konvergent, im weiteren Verlauf aber

divergent sein.

- Lege der Reihe nach verschiedene Linsenkörper in das Lichtbündel, so dass es divergent bzw. konvergent wird.
- Nimm die Linsenkörper aus dem Lichtbündel wieder heraus und verschließe jetzt die Rechtecköffnung der Experimentierleuchte durch die Blende mit 1 Schlitz.
- Beobachte, wie aus der Blende nur ein schmales paralleles Lichtbündel austritt. Es gibt uns Aufschluss über die Ausbreitung des Lichts.

Licht breitet sich *geradlinig* aus, so lange es nicht auf ein Hindernis trifft. Die Richtungen, in die sich das Licht ausbreitet, geben wir durch *Lichtstrahlen* an. Ein Lichtstrahl ist also eine Halbgerade, die man genau genommen experimentell nicht herstellen kann. Der Einfachheit wegen bezeichnen wir aber auch die durch die engen Schlitze unserer Blenden hindurch tretenden schmalen parallelen Lichtbündel ebenfalls als Lichtstrahlen.

- Stelle verschiedene Gegenstände aus dem Experimentierkasten dem "Lichtstrahl" in den Weg und beobachte, was mit ihm passiert. Anschließend kannst Du auch Blenden mit mehreren Schlitzen verwenden.
- Use nach Beendigung des Experiments die Kabel *zuerst* an der Spannungsquelle, erst *dann* an der Experimentierleuchte. Beachte außerdem, dass die Experimentierleuchte heiß sein kann.

Wie Du siehst, hat das Licht interessante Eigenschaften, die Du in den folgenden Experimenten genauer untersuchen kannst. Das wird sehr spannend werden.

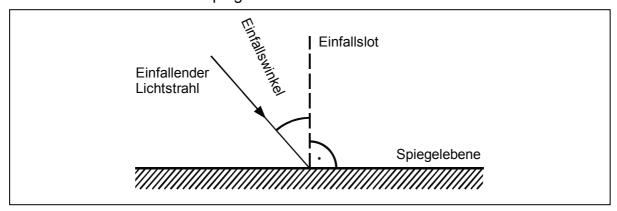
Die Reflexion am ebenen Spiegel

01-2

Einführung:

Die meisten Körper werfen das auf sie auftreffende Licht zurück. Wir sagen hierzu: sie *reflektieren* das Licht. Bei rauhen Oberflächen ist diese Reflexion *diffus*, das heißt, dass das Licht nach allen Richtungen zurückgeworfen wird. Bei glatten Oberflächen verläuft die Reflexion nach einer strengen Gesetzmäßigkeit, die Du mit dem folgenden Experiment entdecken kannst.

Beachte dabei bitte, dass man die Winkel *nicht* zur Spiegelfläche hin misst, sondern zum sogenannten *Einfallslot* hin. Es ist das Lot, das man im Auftreffpunkt des einfallenden Lichtstrahls auf der Spiegelfläche errichtet.



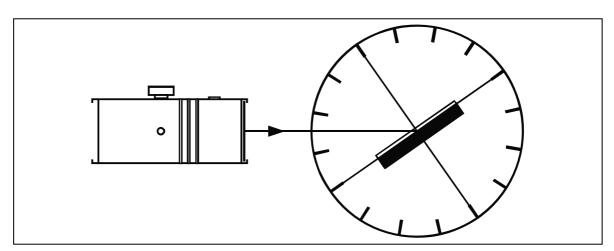
Geräte:

Experimentierleuchte
Blende mit 1 und 2 Schlitzen
Planspiegel

zusätzlich:

Vollblende Winkelscheibe Experimentierkabel

Spannungsquelle 12 V



Die Reflexion am ebenen Spiegel

01-2

- Lege die Experimentierleuchte mit den Lüftungsschlitzen nach oben auf den Tisch. Verschließe die runde Öffnung mit der Vollblende, die rechteckige Öffnung mit der Blende mit 1 Schlitz.
- Schließe die Experimentierleuchte an die Spannungsquelle an. Nach dem Einschalten kannst Du auf dem Tisch ein schmales Lichtbündel beobachten, das wir, wie besprochen, im Folgenden *Lichtstrahl* nennen werden.
- Lass den Lichtstrahl schräg auf den Spiegel treffen und überzeuge dich, indem Du von oben auf den Spiegel blickst, dass das Licht nicht an der Vorder-, sondern an der Rückseite der Glasplatte reflektiert wird. Dort befindet sich die aufgedampfte Spiegelschicht.
- ☼ Lege den Spiegel so auf die Winkelscheibe, dass die Spiegelschicht genau auf einen der eingezeichneten Durchmesser zu liegen kommt, und lass den Lichtstrahl zunächst entlang des Einfallslots, also senkrecht auf den Spiegel treffen. Was fällt Dir auf?
- Trage den entsprechenden *Reflexionswinkel*, d. h. den Winkel zwischen dem reflektierten Strahl und dem Einfallslot, in die Tabelle ein.
- ☼ Drehe die Winkelscheibe so, dass sich der Reihe nach die Einfallswinkel 10°, 20°, ..., 80° ergeben. Achte aber genau darauf, dass der Lichtstrahl immer auf den Kreuzungspunkt von Einfallslot und Spiegelebene trifft. Lies jeweils den zugehörigen Reflexionswinkel ab und trage ihn in die Tabelle ein.

Tabelle:

Einfallswinkel α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Reflexionswinkel β									

Auswertung:

Vergleiche jeweils Einfalls- und Reflexionswinkel und formuliere Dein Ergebnis in einem Satz, der etwa so beginnen könnte:

Bei der Reflexion am ebenen Spiegel _	 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

Die vermeintliche Lage des Spiegelbildes

01-3

Einführung:

Wir können Gegenstände dadurch sehen, dass von jedem Punkt ihrer Oberfläche ein divergentes Lichtbündel ausgeht, das in unser Auge gelangt. Wir haben uns jedoch im Alltag so sehr an die Geradlinigkeit der Lichtausbreitung gewöhnt, dass wir nicht ohne Weiteres bemerken, wenn dem Lichtbündel unterwegs etwas "passiert" ist, beispielsweise durch Reflexion. Auf solche Weise erleben wir dann optische Täuschungen. Beim ebenen Spiegel meinen wir zum Beispiel, dass das Spiegelbild hinter dem Spiegel liegt. Dabei ist doch der Spiegel für das Licht undurchlässig. Das folgende Experiment will Dir zeigen, wo wir die Lage des Spiegelbildes vermuten und ob diese Lage davon abhängt, wo sich der Beobachter befindet. Das Ergebnis wird Dich sicher überraschen.

Geräte:

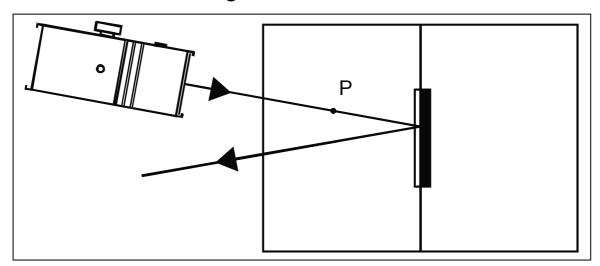
Experimentierleuchte Blende mit 1 und 2 Schlitzen

Vollblende Experimentierkabel

zusätzlich:

1 Blatt Papier DIN A4 Spannungsquelle 12 V

1 Geodreieck 1 Bleistift



- Zeichne in die Mitte Deines Blattes eine Gerade als Spiegelebene und markiere in etwa 6 bis 10 cm Entfernung davon einen Punkt P.
- Lege den Spiegel so auf das Blatt, dass seine Spiegelschicht genau auf die Gerade zu liegen kommt.

Die vermeintliche Lage des Spiegelbildes

O 1 - 3

- Stelle die Experimentierleuchte auf den Tisch, verschließe ihre runde Öffnung mit der Vollblende, ihre Rechtecköffnung mit der Blende mit 1 Schlitz, und schließe sie an die Spannungsquelle an.
- Schalte die Spannungsquelle ein und verschiebe die Experimentierleuchte so lange, bis der Lichtstrahl genau durch den Punkt P verläuft und auf den Spiegel trifft.
- ☼ Kennzeichne den Strahlenverlauf vor und nach der Reflexion schwach mit Bleistift, damit Du ihn später mit Lineal genau nachzeichnen kannst.
- Wiederhole das Experiment für zwei weitere Lichtstrahlen, die durch P gehen und auf den Spiegel treffen. Achte aber jeweils darauf, dass sich während des Experimentierens der Spiegel nicht verschiebt.

Auswertung:

- (1) Zeichne die drei Lichtstrahlen und ihre reflektierten Strahlen sauber mit dem Geodreieck nach.
- (2) Verlängere die reflektierten Strahlen nach rückwärts durch gestrichelte Linien, so dass man ihren "Verlauf" hinter dem Spiegel verfolgen kann.
- (3) Wenn Du genau experimentiert und gezeichnet hast, müssen die rückwärtigen Verlängerungen der reflektierten Strahlen durch einen gemeinsamen Punkt gehen. Bezeichne ihn mit P'. Für den Beobachter scheinen dann die reflektierten Lichtstrahlen von diesem Punkt herzukommen. Man nennt P' den Bildpunkt von P.

(4)	Zeichne die Verbindungsstrecke [P P'] und untersuche ihre Lage bezüglich de Spiegelebene. Was fällt Dir auf?
(5)	Schreibe kurz nieder, wo sich das Spiegelbild eines Gegenstandes scheinba befindet und ob seine Lage davon abhängt, wo der Beobachter steht:

Der Winkelspiegel

01-4

Einführung:

Optische Täuschungen mit ebenen Spiegeln beginnen erst dann wirklich interessant zu werden, wenn man mehr als einen Spiegel zur Verfügung hat. Schließen zwei Spiegelflächen einen Winkel ein, der kleiner als 180° ist, spricht man von einem Winkelspiegel. Das folgende Experiment will Dir eine wichtige Eigenschaft des Winkelspiegels zeigen.

Geräte:

Planspiegel Plan-/Konkavspiegel

zusätzlich:

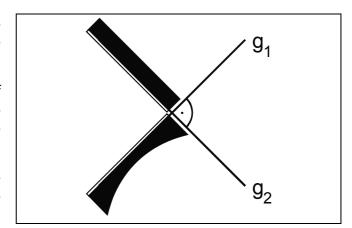
1 Blatt Papier DIN A4 1 Geodreieck

1 Bleistift 1 kleiner Gegenstand, (z. B. Radiergummi, die Kappe Deines Füllhalters o. Ä.)

Durchführung:

I

- Zeichne auf die Vorderseite Deines Blattes zwei Geraden, die einander rechtwinklig schneiden.
- Lege die beiden Spiegel so auf das Blatt, dass ihre Spiegelflächen einander berühren und genau auf den Geraden liegen.
- Lege bzw. stelle den Gegenstand in das Winkelfeld der beiden Spiegel.



- Bringe Dein Auge etwa auf die Höhe der beiden Spiegel und betrachte die Spiegelbilder.
- ☼ Zähle ab, wie viele Spiegelbilder des Gegenstandes Du sehen kannst, und trage die Zahl in die Tabelle ein.

Ш

Zeichne auf die Rückseite Deines Blattes zwei Geraden, die einander unter dem Winkel 60° schneiden.

Der Winkelspiegel

01-4

- \$\text{Lege die beiden Spiegel wie im ersten Teil des Experiments auf die Geraden.}
- ☼ Lege den Gegenstand in das Winkelfeld, zähle die Anzahl der Spiegelbilder und trage sie in die Tabelle ein.

Tabelle:

Winkel zwischen den Spiegeln	Anzahl der Spiegelbilder
90°	
60°	

Auswertung:

Versuche, eine Gesetzmäßigkeit zwischen der Anzahl der Spiegelbilder und dem Winkel zwischen den Spiegelflächen zu finden. Dabei ist es hilfreich, zunächst den Gegenstand selbst mitzuzählen. Der folgende Satz hilft Dir, Dein Ergebnis zu formulieren:

Ist der Winkel α zwischen den Spiegelflächen ein Teiler von 360°, d. h. 360° : α = n, wobei n ganzzahlig ist, so gilt für die Anzahl z der Spiegelbilder

z =

Der Brennpunkt eines Hohlspiegels

O 1 - 5

Einführung:

In Wissenschaft und Technik haben Spiegel mit gekrümmten Oberflächen eine weit größere Bedeutung als ebene Spiegel. Ist Dir schon aufgefallen, dass der Rückspiegel im Auto kein ebener, sondern ein nach außen gekrümmter Spiegel (Wölb- oder Konvexspiegel) ist, oder dass der kleine Spiegel, den der Zahnarzt verwendet, eine nach innen gekrümmte Spiegelfläche (Hohl- oder Konkavspiegel) besitzt? Im folgenden Experiment kannst Du eine erste wichtige Eigenschaft des (kugelförmigen oder sphärischen) Hohlspiegels kennenlernen.

Geräte:

Experimentierleuchte

Vollblende

Experimentierkabel

Blende mit 3 und 5 Schlitzen Plan-/Konkavspiegel

zusätzlich:

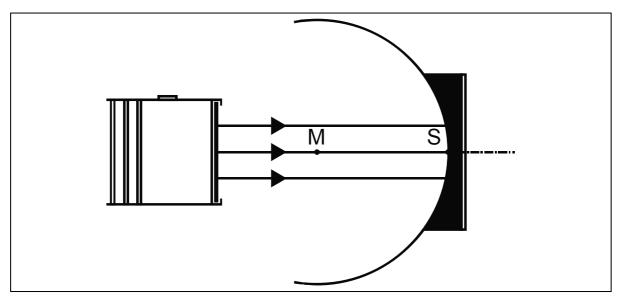
1 Zirkel

1 Geodreieck

1 Blatt Papier DIN A4

Spannungsquelle 12 V

1 Bleistift



- Seichne in die Mitte Deines Blattes eine strichpunktierte Gerade als sogenannte optische Achse und markiere darauf einen Punkt M als Krümmungsmittelpunkt.
- Zeichne um M symmetrisch zur optischen Achse einen Halbkreis mit dem Radius 6.5 cm.

Der Brennpunkt eines Hohlspiegels

01-5

- Lege den Plan-/Konkavspiegel so auf das Blatt, dass die gekrümmte Spiegelfläche genau auf der Halbkreislinie liegt.
- Verschließe die runde Öffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die Rechtecköffnung mit der Blende mit 3 Schlitzen und schließe die Experimentierleuchte an die Spannungsquelle an.
- Schalte die Spannungsquelle ein und verschiebe die Experimentierleuchte so lange, bis der mittlere Lichtstrahl genau entlang der optischen Achse auf den Hohlspiegel trifft.
- Wenn Du genau experimentierst, verlaufen die reflektierten Strahlen durch einen gemeinsamen Punkt auf der optischen Achse. Es ist der sogenannte *Brennpunkt* des Hohlspiegels. Kennzeichne seine Lage mit Bleistift und bezeichne ihn mit dem Buchstaben F (von lateinisch: *focus* = Feuerstelle).

Vertausche die Blende mit genau. Was fällt Dir auf?	3 Schlitzen	mit der	Blende	mit 5	Schlitzen.	Beobachte

Auswertung:

- (1) Bezeichne den Schnittpunkt der Halbkreislinie mit der optischen Achse mit dem Buchstaben S. Es ist der *Scheitel* des Hohlspiegels.
- (2) Miss die Entfernung zwischen F und S und trage diesen Wert als *Brennweite f* in die Tabelle ein:

Tabelle:

Brennweite f in cm	Radius <i>r</i> in cm

(3)	Trage auch den Krümmungsradius des Hohlspiegels in die Tabelle ein. Welch Zusammenhang vermutest Du? Schreibe ihn in einem Satz nieder:					

Besondere Strahlen am Hohlspiegel

01-6

Einführung:

Mit dem Experimentiersatz OPTIK 2 wirst Du erleben können, dass man auch mit einem Hohlspiegel Bilder erzeugen kann. Sie haben z. T. andere Eigenschaften als die Bilder am ebenen Spiegel. Sie können beispielsweise größer oder kleiner als der abzubildende Gegenstand sein.

Solche Bilder lassen sich auch konstruieren. Als Konstruktionshilfen dienen Lichtstrahlen, deren reflektierte Strahlen besonders einfach zu zeichnen sind. Im folgenden Experiment wirst Du sie entdecken können.

Geräte:

Experimentierleuchte Vollblende

Blende mit 1 und 2 Schlitzen Plan-/Konkavspiegel

Experimentierkabel

zusätzlich:

1 Blatt Papier DIN A4 Spannungsquelle 12 V

1 Zirkel 1 Geodreieck

1 Bleistift

- Zeichne in die Mitte Deines Blattes eine strichpunktierte Gerade als optische Achse und darauf einen Punkt M als Krümmungsmittelpunkt.
- ☼ Zeichne wie im Experiment O 1 5 um M einen zur optischen Achse symmetrisch liegenden Halbkreis mit Radius 6,5 cm.
- Seichne die Punkte S (Scheitel) und F (Brennpunkt) ein.
- Lege den Plan-/Konkavspiegel so auf das Blatt, dass die gekrümmte Spiegelfläche genau auf der Halbkreislinie liegt.
- Verschließe die runde Öffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die Rechtecköffnung mit der Blende mit 1 Schlitz und schließe die Experimentierleuchte an die Spannungsquelle an.
- Schalte die Spannungsquelle ein. Lass den Lichtstrahl in verschiedenen Abständen parallel zur optischen Achse auf den Hohlspiegel treffen und beobachte genau, unter welchen Bedingungen der reflektierte Lichtstrahl durch den Brennpunkt verläuft. Setze dann den folgenden Satz fort:

Achsenparallele Lichtstrahlen verlaufen nach der Reflexion nur dann durch
den Brennpunkt, wenn

Besondere Strahlen am Hohlspiegel

01-6

₽	Lass nun den Lichtstrahl aus verschiedenen Richtungen durch den Brennpunkt verlaufen und beobachte jeweils genau den reflektierten Strahl. Setze dann den folgenden Satz fort:
	Brennstrahlen verlaufen nach der Reflexion am Hohlspiegel nur dann achsen- parallel, wenn sie
₩	Lass den Lichtstrahl aus verschiedenen Richtungen durch den Krümmungsmittel- punkt verlaufen, jedoch so, dass er den Hohlspiegel trifft. Beobachte jeweils den reflektierten Lichtstrahl und setze dann den folgenden Satz fort:
	Mittelpunktsstrahlen werden
₿	Lass den Lichtstrahl auf den Scheitel S treffen, fixiere den Strahlenverlauf vor und nach der Reflexion leicht mit Bleistift, damit Du ihn später mit Lineal genau nachzeichnen kannst.
₩	Wiederhole das Experiment für zwei andere Richtungen. Achte aber jeweils darauf, dass sich während des Experimentierens der Spiegel nicht verschiebt.
₿	Zeichne die drei Lichtstrahlen und ihre reflektierten Strahlen sauber mit dem Geodreieck nach. Miss für jedes Strahlenpaar die Winkel zur optischen Achse und ergänze dann den folgenden Satz:
	Scheitelstrahlen werden am Hohlspiegel
	reflektiert.

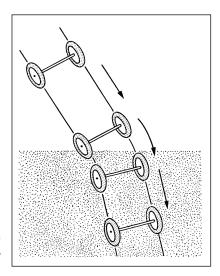
Von den vier besonderen Strahlen am Hohlspiegel gibt es zwei, deren reflektierte

Strahlen in jedem Fall leicht zu zeichnen sind. Welche sind es?

01-7

Einführung:

Lässt man zwei Räder, die sich starr auf einer gemeinsamen Achse befinden, so über die Tischplatte rollen, dass sie schräg auf eine rauhe Unterlage kommen, so ändern sie ihre ursprüngliche Bewegungsrichtung, weil das eine Rad auf der rauhen Fläche früher abgebremst wird als das andere. Wenn auch das Licht nicht aus Rädern und Achsen besteht, kann man bei ihm ebenfalls eine Richtungsänderung beobachten, wenn es von einem durchsichtigen Stoff (z. B. Luft) schräg auf die Grenzfläche zu einem anderen (z. B. Glas) trifft. Durchsichtige Stoffe nennt man optische Medien, die Richtungsänderung des Lichts an ihrer Grenzfläche bezeichnet man als Brechung. Beim Aufsuchen einer Gesetzmäßigkeit für die Lichtbrechung werden wir auf ein unerwartetes Hindernis stoßen.



Geräte:

Experimentierleuchte Vollblende Halbzylinder

zusätzlich:

1 Bleistift

1 Zirkel

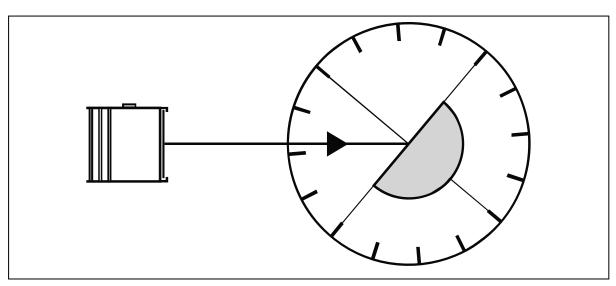
1 Taschenrechner

Blende mit 1 und 2 Schlitzen Winkelscheibe

Spannungsquelle 12 V

1 Geodreieck

Experimentierkabel



01-7

- Verschließe die runde Öffnung der Experimentierleuchte mit der Vollblende, die Rechtecköffnung mit der Blende mit 1 Schlitz. Schließe die Leuchte an die Spannungsquelle an.
- Lege den Halbzylinder genau zwischen die Strichmarken der Winkelscheibe und so, dass die ebene Fläche exakt auf dem entsprechenden Durchmesser zu liegen kommt. Der dazu senkrechte Durchmesser ist dann wieder das *Einfallslot*.
- Schalte die Spannungsquelle ein und lass den Lichtstrahl zunächst entlang des Einfallslotes auf den Halbzylinder treffen. Trage den betreffenden Brechungswinkel in die Tabelle ein, wobei Du beachten solltest, dass man wie bei der Reflexion auch bei der Brechung alle Winkel zum Einfallslot hin misst.
- ☼ Drehe die Winkelscheibe so, dass sich der Reihe nach die Einfallswinkel 10°, 20°, 30°, ..., 80° ergeben. Achte jeweils darauf, dass der Lichtstrahl genau im Kreuzungspunkt der beiden vorgegebenen Durchmesser auf den Halbzylinder trifft und dass sich dieser während des Experimentierens nicht verschiebt.
- ☼ Lies die zugehörigen Brechungswinkel ab und trage sie in die Tabelle 1 ein.

Tabelle 1:

Einfallswinkel α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Brechungswinkel β									

Auswertung:

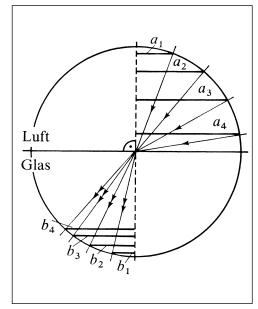
(1) Trage die Messwerte in einem α - β - Diagramm graphisch auf. Wähle Dir dazu die Einheiten zweckmäßig.

01-7

(2) Schreibe kurz nieder, woran Du erkennst, dass Einfalls- und Brechungswinkel nicht zueinander proportional sind:

Wenn Du den Sinus eines Winkels kennst, so arbeite auf Seite 22 weiter. Wenn Du dieses Winkelmaß noch nicht kennst, lies auf dieser Seite weiter.

- (3) Zeichne in den unten abgebildeten leeren Rahmen einen Kreis mit Radius 4 cm. Trage nach dem nebenstehenden Muster einen waagrechten Durchmesser als Grenzlinie zwischen Luft und Acrylglas ein und konstruiere dazu (gestrichelt) ein Lot als Einfallslot. Zeichne dann in Luft die Strahlen mit den Einfallswinkeln 20°, 40°, 60°, 80° und in Acrylglas die zugehörigen Strahlen mit der Brechungswinkeln aus Deiner Tabelle 1 ein.
- (4) Konstruiere in jedem Schnittpunkt eines Winkels mit dem Kreis ein Lot auf das Einfallslot. Diese Lote nennen wir *Halbsehnen*. Wir bezeichnen die Halbsehnen der einfallenden Lichtstrahlen mit *a*, die der gebrochenen Strahlen mit *b*.



01-7

- (5) Übertrage die Brechungswinkel, die zu den Einfallswinkeln 20°, 40°, 60° und 80° gehören, aus Tabelle 1 in die Tabelle 2.
- (6) Miss die Längen der Halbsehnen in Deiner Konstruktion auf Seite 20 und trage sie in die Tabelle 2 ein.

Tabelle 2:

Einfallswinkel α	20°	40°	60°	80°
Brechungswinkel β				
a = Halbsehne α				
b = Halbsehne β				
a:b				

(7)	Berechne für jede Spalte die Quotienten a : b auf eine Dezimale genau und trage Deine Ergebnisse in die unterste Zeile der Tabelle 2 ein. Was fällt Dir auf?	е
		•

- (8) Wie Du siehst, sind bei der Brechung Einfalls- und Brechungswinkel nicht zueinander proportional, so lange man die Winkel im Gradmaß misst. Bestimmt man
 sie dagegen im *Halbsehnenmaß*, ergibt sich eine direkte Proportionalität. Der
 konstante Quotient, den Du erhalten hast, heißt *Brechungszahl n*. Er ist gleich
 dem Quotienten der beiden Ausbreitungsgeschwindigkeiten des Lichts in den
 betreffenden optischen Medien.
- (9) Die Brechungszahl n für den Übergang Luft/Acrylglas beträgt

n =

01-7

Fortsetzung von Seite 20 (oben)

- (3) Übertrage die Brechungswinkel, die zu den Einfallswinkeln 20°, 40°, 60° und 80° gehören, aus Tabelle 1 in die Tabelle 2.
- (4) Berechne für die 4 Einfallswinkel und die zugehörigen Brechungswinkel jeweils den Sinuswert und trage Deine Ergebnisse in die Tabelle 2 ein.

Tabelle 2:

Einfallswinkel α	20°	40°	60°	80°
Brechungswinkel β				
$\sin \alpha$				
$\sin \beta$				
$\sin \alpha$: $\sin \beta$				

(5)	Berechne für jede Spalte die Quotienten sin α : sin β auf eine Dezimale genau und trage Deine Ergebnisse in die unterste Zeile der Tabelle 2 ein. Was fällt Dir auf?

- (6) Wie Du siehst, sind bei der Brechung Einfalls- und Brechungswinkel nicht zueinander proportional, so lange man die Winkel im Gradmaß misst. Bestimmt man
 sie dagegen im *Sinusmaß*, ergibt sich eine direkte Proportionalität. Der konstante
 Quotient, den Du erhalten hast, heißt *Brechungszahl n*. Er ist gleich dem Quotienten der beiden Ausbreitungsgeschwindigkeiten des Lichts in den betreffenden
 optischen Medien.
- (7) Die Brechungszahl *n* für den Übergang Luft/Acrylglas beträgt

n = ____

Die planparallele Platte

01-8

Einführung:

Im Experiment O 1-7 hast Du erfahren, wie das Licht gebrochen wird, wenn es von Luft schräg auf eine Acrylglasplatte trifft. Es erhebt sich nun die Frage, ob Brechung auch auftritt, wenn das Licht vom Acrylglas wieder in die Luft übertritt, und sollte dies der Fall sein: Nach welcher Gesetzmäßigkeit erfolgt diese Brechung?

Diese Untersuchung gelingt mit einer quaderförmigen Platte am einfachsten, da der Lichtstrahl dann durch zwei parallele ebene Flächen verlaufen kann. Man nennt die Platte daher auch *planparallel*. Der Trapezkörper in Deinem Kasten hat einen planparallelen Teil, diesen können wir verwenden.

Geräte:

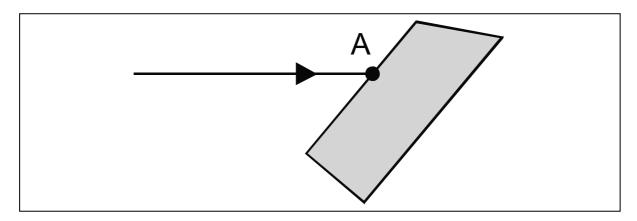
Experimentierleuchte Blende mit 1 und 2 Schlitzen

Vollblende Trapezkörper

Experimentierkabel

zusätzlich:

1 Bleistift Spannungsquelle 12 V 1 Geodreieck 1 Blatt Papier DIN A4



- Lege den Trapezkörper in die Mitte Deines Blattes und zeichne seine Umrisse mit Bleistift nach.
- Markiere in der Mitte der kürzeren parallelen Seite einen Auftreffpunkt A.
- Präpariere die Experimentierleuchte wie bisher und lass einen Lichtstrahl im Punkt A schräg auf die Trapezfläche treffen.
- Seichne den Verlauf des Lichtstrahls außerhalb der Platte schwach mit Bleistift nach und kennzeichne den Teil *vor* der Platte mit **1**, den *nach* der Platte mit **1**'.

Die planparallele Platte

O 1 - 8

Wiederhole das Experiment für einen zweiten Lichtstrahl, der entweder flacher oder steiler in A auf die Trapezfläche trifft. Achte darauf, dass der Trapezkörper während des Experimentierens nicht verrutscht. Kennzeichne den Strahlenverlauf jetzt mit 2 bzw. 2'.

Auswertung:

(1)	Zeichne den vollständigen Verlauf der beiden Lichtstrahlen genau mit dem Geo dreieck nach. Was fällt Dir auf? (Schreibe Dein Ergebnis in ein paar Sätzen nie der. Gib dabei insbesondere an, wie oft ein Lichtstrahl beim Durchgang durch eine planparallele Platte gebrochen wird, und wie sich diese Brechungen insge samt auswirken).
(2)	Gib die drei Größen an, von denen der Abstand des einfallenden und des aus tretenden Lichtstrahls abhängt. (Nur eine Abhängigkeit ist unmittelbar aus dem Experiment abzulesen, auf die beiden anderen kommst Du durch Nachdenken).

Die Brechungszahl Luft/Wasser

01-9

Einführung:

In Experiment O 1-7 hast Du erfahren, dass die Brechungszahl gleichbedeutend ist mit dem Quotienten der Ausbreitungsgeschwindigkeiten des Lichts in den beiden optischen Medien. Kennt man diese Geschwindigkeiten, so ist die Brechungszahl leicht zu ermitteln. Man kann aber auch umgekehrt mit Hilfe einer bekannten Brechungszahl die Lichtgeschwindigkeit in einem Medium bestimmen. Das folgende Experiment zeigt Dir diesen Weg für das Medium Wasser.

Geräte:

Experimentierleuchte

Vollblende

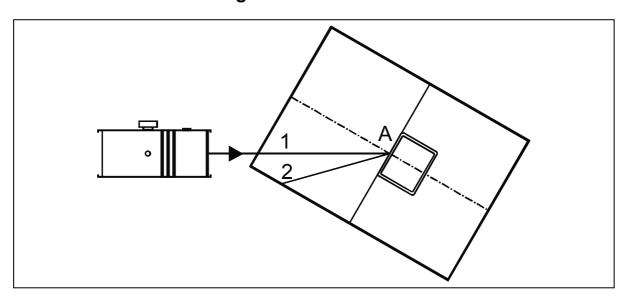
Experimentierkabel

Blende mit 1 und 2 Schlitzen Kunststofftrog

zusätzlich:

1 Blatt Papier DIN A4

1 Bleistift 1 Zirkel Spannungsquelle 12 V 1 Geodreieck 1 Taschenrechner



- Zeichne quer durch die Mitte Deines Blattes eine Gerade und markiere auf ihr einen Punkt A als Auftreffpunkt. Konstruiere in ihm nach beiden Seiten das Lot auf die Gerade als Einfallslot (möglichst strichpunktiert).
- ☼ Zeichne drei Strahlen 1, 2 und 3, die in A auf die Gerade treffen und mit dem Einfallslot die Winkel 30°, 45° und 60° einschließen. In der Abbildung sind wegen der besseren Übersichtlichkeit nur zwei Strahlen eingezeichnet.

Die Brechungszahl Luft/Wasser

01-9

- Spülle den Trog gut zur Hälfte mit Wasser, verschließe ihn mit dem Deckel und stelle ihn so auf das Blatt, dass eine Längskante genau auf die Gerade zu liegen kommt, wobei sich A etwa in der Mitte dieser Kante befinden sollte.
- Stelle mit der Experimentierleuchte einen Lichtstrahl her und lass ihn längs des Strahls 1 auf den Trog treffen.
- Markiere mit Bleistift genau die Stelle, an der der Lichtstrahl den Trog wieder verlässt und bezeichne diesen Punkt mit 1'. Eventuell musst Du den Trog ein wenig entlang der Gerade verschieben.
- ♥ Wiederhole das Experiment für die Lichtstrahlen 2 und 3.

Auswertung:

(1) Zeichne mit dem Geodreieck die gebrochenen Strahlen [A1', [A2' und [A3' ein.

Falls Du den Sinus eines Winkels kennst, so lies auf Seite 27 weiter. Wenn Du dieses Winkelmaß noch nicht kennst, bearbeite bitte die folgenden Punkte auf dieser Seite.

- (2) Zeichne um A einen Kreis mit möglichst großem Radius (z. B. 5 cm) und konstruiere von jedem seiner Schnittpunkte mit den Lichtstrahlen die Halbsehne auf das Einfallslot.
- (3) Miss die Längen der Halbsehnen und trage sie in die Tabelle ein.

Lichtstrahl	1	2	3
a = Halbsehne α			
b = Halbsehne β			
a : b			

- (4) Berechne die Quotienten a : b auf eine Dezimale genau und trage Deine Ergebnisse in die vierte Zeile der Tabelle ein.
- (5) Bestimme die Brechungszahl $n_{\rm Luft/Wasser}$ durch Mittelwertbildung Deiner Ergebnisse von Teilaufgabe (4)

n_{Luft/Wasser} = _____

(6) Berechne die Lichtgeschwindigkeit c in Wasser, wenn sie in Luft 300 000 km/s beträgt:

С	in	Wasser =	km	ነ/:	S

Die Brechungszahl Luft/Wasser

01-9

Fortsetzung von Seite 26 (Mitte)

(2) Miss die drei Einfallswinkel und die zugehörigen Brechungswinkel und trage Deine Messwerte in die Tabelle ein.

Lichtstrahl	1	2	3
Einfallswinkel α			
Brechungswinkel β			
$\sin \alpha$			
$\sin \beta$			
$\sin \alpha$: $\sin \beta$			

- (3) Berechne für jeden der drei Einfalls- und Brechungswinkel den Sinuswert und trage Deine Ergebnisse in die Tabelle ein.
- (4) Berechne die Quotienten sin α : sin β auf eine Dezimale genau und trage sie in die letzte Zeile der Tabelle ein.
- (5) Bestimme die Brechungszahl $n_{\text{Luft/Wasser}}$ durch Mittelwertbildung Deiner Ergebnisse von Teilaufgabe (4):

n_{Luft/Wasser} = _____

(6) Berechne die Lichtgeschwindigkeit c in Wasser, wenn sie in Luft 300 000 km/s beträgt:

c in Wasser = _____ km/s

Der Grenzwinkel der Totalreflexion

O 1 - 10

Einführung:

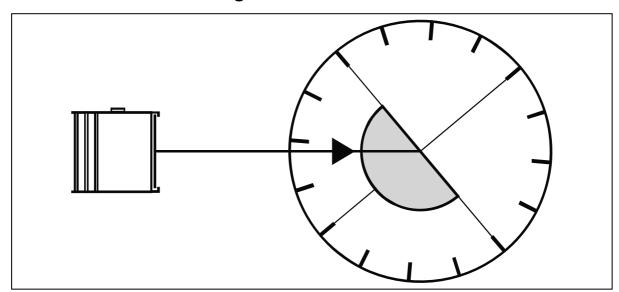
Wir nennen ein optisches Medium *optisch dichter* als ein anderes, wenn in ihm die Geschwindigkeit des Lichts kleiner ist, andernfalls bezeichnen wir es als *optisch dünner*. Trifft nun Licht von einem optisch dichteren auf ein optisch dünneres Medium, so ist der Brechungswinkel größer als der Einfallswinkel. Lässt man den Einfallswinkel von 0 an ständig wachsen, so muss der Brechungswinkel den Wert 90° irgendwann überschreiten. Hier kannst Du etwas Unerwartetes beobachten.

Geräte:

Experimentierleuchte Blende mit 1 und 2 Schlitzen

Vollblende Winkelscheibe Halbzylinder Experimentierkabel

zusätzlich: Spannungsquelle 12V



- Lege den Halbzylinder genau zwischen die Strichmarken der Winkelscheibe und so, dass die ebene Fläche exakt auf den entsprechenden Durchmesser zu liegen kommt. Der dazu senkrechte Durchmesser dient dann wieder als Einfallslot.
- Stelle einen Lichtstrahl her und lass ihn entlang des Einfallslotes vom Zylindermantel her auf den Halbzylinder treffen.
- Wenn Du den Einfallswinkel langsam vergrößerst, kannst Du beobachten, dass außer dem einfallenden und dem gebrochenen Lichtstrahl noch ein reflektierter Strahl auftritt.

				- 4	-	
I)Ar	Grenzw	/Inka	MAR 16	I Ata	irati <i>a</i>	NON
DEI	CICILLA	HILL	i uci	I Ota		SAIUII

O 1 - 10

₿	Achte während des gesamten Experiments darauf, dass der einfallende Lichtsti	rahl
	genau auf den Kreuzungspunkt der beiden aufgedruckten Durchmesser der V	۷in-
	kelscheibe trifft, und dass der Halbzylinder während des Experimentierens ni	icht
	verrutscht.	

₽	Beobachte die Helligkeit des gebrochenen und des reflektierten Strahls, während Du den Einfallswinkel weiter vergrößerst.
₩	Lass den Einfallswinkel bis nahezu 90° anwachsen. Was fällt Dir auf?

Suche den Einfallswinkel auf, bei dem der gebrochene Lichtstrahl gerade verschwindet. Man nennt ihn den *Grenzwinkel der Totalreflexion*. Notiere seinen Wert:

 $\alpha_{\text{Acrylglas/Luft}}$ =

Das totalreflektierende Prisma

01-11

Einführung:

Totalreflexion tritt immer auf, wenn Licht von einem optisch dichteren auf ein optisch dünneres Medium trifft und dabei der Einfallswinkel größer als der Grenzwinkel der Totalreflexion ist. Dieser Grenzwinkel ist für den Übergang Acrylglas/Luft, wie Du im Experiment O 1 – 10 ermittelt hast, kleiner als 45 °. Aus diesem Grund kann man mit einem Acrylglas-Prisma, dessen Grundfläche ein gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck ist, interessante Totalreflexionen erzeugen. Im folgenden Experiment kannst Du die wichtigsten kennenlernen.

Geräte:

Experimentierleuchte 90°- Prisma

Vollblende Blende mit 1 und 2 Schlitzen

Experimentierkabel

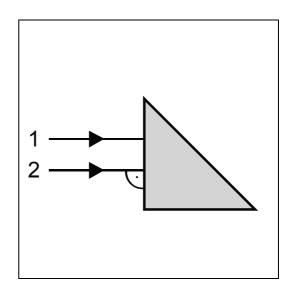
zusätzlich:

1 Geodreieck Spannungsquelle 12 V 1 Bleistift 3 Blätter Papier DIN A5

Aufbau und Durchführung:

1

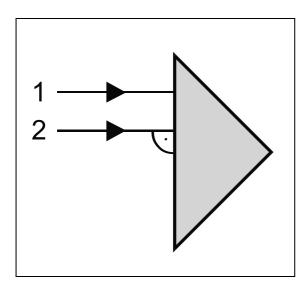
- Lege das Prisma so auf das erste Blatt, wie es die Abbildung zeigt.
- Zeichne seinen Umriss sorgfältig mit Bleistift nach und konstruiere auf der einen Kathetenfläche ein Lot.
- Überlege Dir für zwei Lichtstrahlen den weiteren Strahlenverlauf, wenn sie parallel zum eingezeichneten Lot auf das Prisma treffen.
- Stelle mit der Experimentierleuchte zwei parallele Lichtstrahlen her und überprüfe Deine Überlegung experimentell.



- Zeichne den Verlauf der beiden Lichtstrahlen vor und nach dem Durchgang durch das Prisma schwach mit Bleistift nach und nummeriere sie mit 1 und 1' bzw. 2 und 2'.
- Zeichne anschließend den vollständigen Verlauf der beiden Lichtstrahlen genau mit dem Geodreieck nach, eventuell jeden mit einer anderen Farbe.

Das totalreflektierende Prisma

01-11

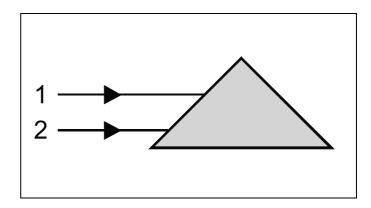


Ш

- Lege das Prisma wie in der nebenstehenden Abbildung auf das zweite Blatt, umfahre wieder sorgfältig seine Umrisse mit Bleistift und konstruiere jetzt das Lot auf die Hypotenusenfläche.
- Uberlege Dir wieder, bevor Du experimentierst, den weiteren Strahlenverlauf für zwei Lichtstrahlen, die parallel zum eingezeichneten Lot auf das Prisma treffen
- Verfahre weiter wie beim ersten Teil des Experiments.

Ш

- Lass beim dritten Teil des Experiments die beiden Lichtstrahlen parallel zur Hypotenusenfläche auf das Prisma treffen, jedoch möglichst nahe an dieser Fläche.
- Verfahre wie bei den ersten beiden Teilen.



Auswertung:

Beschreibe kurz mit eigenen Worten, welche Richtungsänderung Licht erfährt, wenn es auf die drei verschiedenen Arten auf ein 90°- Prisma trifft:

Glasfaseroptik

01-12

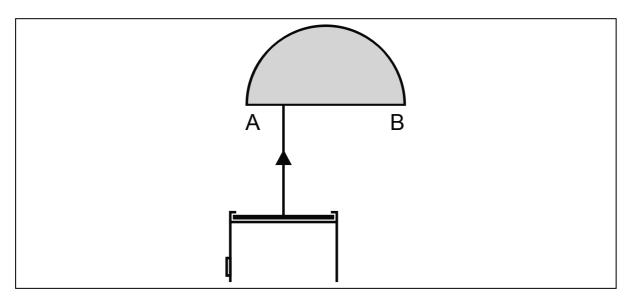
Einführung:

Wir haben in vielen Experimenten davon Gebrauch gemacht, dass sich das Licht geradlinig ausbreitet, so lange es auf kein Hindernis trifft. Kannst Du Dir unter diesen Umständen vorstellen, dass man das Licht auf eine kreisförmige oder zumindest halbkreisförmige Bahn zwingen kann? Das folgende Experiment will es Dir zeigen.

Geräte:

Experimentierleuchte Vollblende Experimentierkabel

Blende mit 1 und 2 Schlitzen Halbzylinder



₽	Stelle	den	Halbzylinder	auf	den	Tisch	und	lass	einen	Lichtstrahl	wie	abgebildet
	senkre	echt a	auf die ebene	Fläd	che ti	effen.	Was	beok	achte	st Du?		

- Verschiebe die Experimentierleuchte langsam in Richtung des Punktes A, achte jedoch stets auf einen senkrechten Lichteinfall.
- Wenn der Lichtstrahl schließlich im Punkt A in den Halbzylinder eindringt, verlässt er ihn im Punkt B wieder. Überzeuge Dich davon.

Glasfaseroptik

O 1 - 12

Auswertung:

Das Experiment zeigt, dass der Lichtstrahl am Rande des Halbzylinders von A nach B verläuft. Der innere Teil des Halbzylinders ist dabei entbehrlich, man könnte ihn auch weglassen bzw. herausschneiden. Das bedeutet: Der Lichtstrahl läuft praktisch in einem gekrümmten Stab, den man als *Lichtleiter* bezeichnet.

Fasst man viele dünne Glasfasern zusammen, so kann man damit "um die Ecke" sehen, in Hohlräume blicken und mit Licht "telefonieren". Diesen interessanten Anwendungsbereich nennt man kurz *Glasfaseroptik*.

	Bibliothek gebiete hat	im	Internet,	wo	die	Glasfaseroptik	ihre

Die Brennpunkte einer Konvexlinse

01-13

Einführung:

Eines der wichtigsten Hilfsmittel in der Optik ist die *optische Linse*. Darunter versteht man einen Körper aus durchsichtigem Material, der von zwei Kugelflächen begrenzt wird. Ist die Linse in der Mitte dicker als am Rand, nennt man sie *Konvexlinse*, ist sie dagegen am Rand dicker als in der Mitte, heißt sie *Konkavlinse*.

Eine der beiden Kugelflächen kann auch durch eine Ebene ersetzt sein. In diesem Fall spricht man dann von *Plankonvex-* bzw. *Plankonkavlinsen*.

Im Experimentiersatz OPTIK 2 wirst Du beide Linsenarten betrachten und anwenden können. Die Linsenkörper im Experimentiersatz OPTIK 1 sind keine eigentlichen Linsen; sie stellen nur Schnitte durch die Mitte der betreffenden Linse dar. Auf diese Weise lassen sich jedoch die folgenden Experimente viel einfacher und anschaulicher durchführen.

Geräte:

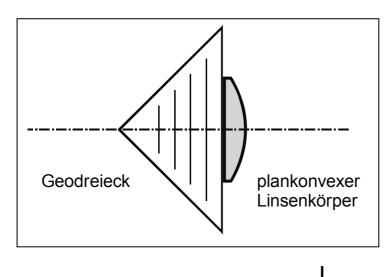
Experimentierleuchte Blende mit 3 und 5 Schlitzen Vollblende Linsenkörper plankonvex

Experimentierkabel

zusätzlich:

1 Geodreieck Spannungsquelle 12 V 1 Bleistift 2 Blätter Papier DIN A4

Aufbau und Durchführung:



Zeichne durch die Mitte des ersten Blattes eine strichpunktierte Gerade als optische Achse und lege einen plankonvexen Linsenkörper symmetrisch zu dieser Achse auf das Blatt. Hierzu kannst Du das Geodreieck zu Hilfe nehmen.

Die Brennpunkte einer Konvexlinse

01-13

- Zeichne den Umriss des Linsenkörpers sorgfältig mit Bleistift nach.
- Stelle drei parallele Lichtstrahlen her und lass sie parallel zur optischen Achse auf den Linsenkörper treffen, wobei der mittlere Strahl entlang der optischen Achse verläuft
- ♦ Wenn Du genau experimentierst, verlaufen die drei Lichtstrahlen nach dem Durchgang durch den Linsenkörper durch einen gemeinsamen Punkt auf der optischen Achse, den sogenannten Brennpunkt. Kennzeichne seine Lage mit Bleistift und bezeichne ihn mit F₁.

Ш

- Zeichne durch die Mitte des zweiten Blattes eine strichpunktierte Gerade als optische Achse und lege beide plankonvexen Linsenkörper an den ebenen Flächen zu einer Bikonvexlinse aneinander und symmetrisch zur optischen Achse auf das Blatt.
- Zeichne den Umriss des gesamten Linsenkörpers sorgfältig mit Bleistift nach und wiederhole den Teil I des Experiments für diese neue Linse. Bezeichne die beiden Brennpunkte wieder mit F₁ und F₂.

Auswertung:

- (1) Konstruiere für beide Teilexperimente die Mittelsenkrechte (Symmetrieebene) für die Brennpunkte F₁ und F₂. Diese Ebene heißt *Hauptebene* der Linse. Die Entfernung der Hauptebene zu den beiden Brennpunkten heißt *Brennweite f*.
- (2) Miss die Brennweiten der beiden Linsenarten und trage sie in die Tabelle ein:

Linse	Brennweite
Plankonvexlinse	f =
Bikonvexlinse	f =

Achtung: Bewahre Dein Blatt mit der Plankonvexlinse sorgfältig auf. Wir benötigen es für das nächste Experiment (O 1 - 14).

Besondere Strahlen bei der Konvexlinse

01-14

Einführung:

Mit dem Experimentiersatz OPTIK 2 wirst Du erleben können, dass man auch mit Konvexlinsen Bilder erzeugen kann. Sie haben ähnliche Eigenschaften wie die Bilder am Hohlspiegel. Sie können beispielsweise größer oder kleiner als der abzubildende Gegenstand sein und z. T. auf einem Schirm aufgefangen werden.

Wie beim Hohlspiegel lassen sich solche Bilder auch konstruieren. Als Konstruktionshilfen dienen Lichtstrahlen, deren Strahlen hinter der Linse besonders einfach zu zeichnen sind. Im folgenden Experiment wirst Du sie entdecken können.

\sim	***	
ľέρ	rata	•
96	i alt	

Experimentierleuchte Blende mit 1 und 2 Schlitzen Vollblende Linsenkörper konvex

Experimentierkabel

zusätzlich:

1. Blatt Papier aus Experiment O 1-13 Spannungsquelle 12 V

1 Zirkel 1 Geodreieck

1 Bleistift

Aufbau und Durchführung:

- Nimm Dein Blatt aus dem vorangegangenen Experiment (O 1 13) mit der optischen Achse, den Brennpunkten und dem Umriss der Plankonvexlinse. Lege den Linsenkörper so auf das Blatt, dass er genau in den eingezeichneten Umriss passt.
- Stelle einen Lichtstrahl her und lass ihn in verschiedenen Entfernungen parallel zur optischen Achse auf die Linse treffen. Beobachte genau, unter welchen Bedingungen der Lichtstrahl hinter der Linse durch den Brennpunkt verläuft. Setze dann den folgenden Satz fort:

Achsenparallele Lichtstrahlen verlaufen hinter der Linse durch den Brennpunkt,	
sofern	
	_

Lass nun den Lichtstrahl aus verschiedenen Richtungen durch den Brennpunkt laufen und beobachte jeweils genau den Strahl hinter der Linse. Setze dann den folgenden Satz fort:

Brennstrahlen verlaufen hinter der Linse achsenparallel, sofern sie

© 2009 MEKRUPHY GMBH, Pfaffenhofen a. d. Ilm

Res	ondere	Strahlen	hei der	Ko	nvexlinse
DCO	Ullucic	Juainen	nei dei	NU	HACVIIIIOC

O 1 - 14

\not	Lass nun den Lichtstrahl aus verschiedenen Richtungen durch den Schnittpunkt
	von Hauptebene und optischer Achse verlaufen. Solche Strahlen nennt man
_	Hauptstrahlen. Beobachte jeweils den weiteren Verlauf des Lichtstrahls und setze dann den folgenden Satz fort:

Hauptstrahlen _			

Scheinbare Brennpunkte einer Konkavlinse

O 1 - 15

Einführung:

Konvexlinsen werden oft auch als *Sammellinsen* bezeichnet, weil sie paralleles Licht in einem Punkt "sammeln" können. Da Konkavlinsen die gegenteilige optische Wirkung haben, nennt man sie entsprechend *Zerstreuungslinsen*. Im folgenden Experiment kannst Du sehen, dass auch Zerstreuungslinsen "Brennpunkte" haben.

Geräte:

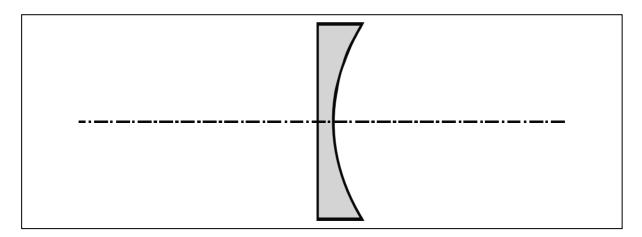
Experimentierleuchte Blende mit 3 und 5 Schlitzen Vollblende Linsenkörper plankonkav

Experimentierkabel

zusätzlich:

1 Geodreieck Spannungsquelle 12 V 1 Bleistift 1 Blatt Papier DIN A4

Aufbau und Durchführung:



- Zeichne durch die Mitte Deines Blattes eine strichpunktierte Gerade als optische Achse und lege den plankonkaven Linsenkörper symmetrisch zu dieser Achse auf das Blatt.
- ☼ Zeichne den Umriss des Linsenkörpers sorgfältig mit Bleistift nach.
- Stelle drei parallele Lichtstrahlen her und lass sie parallel zur optischen Achse auf den Linsenkörper treffen, wobei der mittlere Strahl entlang der optischen Achse verläuft.
- ☼ Zeichne den Verlauf der drei Lichtstrahlen vor und hinter der Linse schwach mit Bleistift nach.

Scheinbare Brennpunkte einer Konkavlinse

O 1 - 15

Auswertung:

- (1) Zeichne den vollständigen Verlauf der drei Lichtstrahlen genau mit dem Geodreieck nach.
- (2) Wenn Du exakt experimentiert und gezeichnet hast, scheinen die Lichtstrahlen hinter der Linse von einem gemeinsamen Punkt auf der optischen Achse herzukommen. Konstruiere diesen Punkt, indem Du die abgelenkten Strahlen nach rückwärts (gestrichelt) verlängerst.
- (3) Analog zur Konvexlinse hat auch die Konkavlinse zwei (scheinbare) Brennpunkte. Ihre Symmetrieachse heißt wie bei der Konvexlinse Hauptebene. Wir haben darauf verzichtet, sie experimentell zu bestimmen. Schätze ihre Lage ab und miss ihre Entfernung von Deinem scheinbaren Brennpunkt. Was fällt Dir auf, wenn Du diese scheinbare Brennweite mit der Brennweite Deiner Plankonvexlinse in Experiment O 1 –13 vergleichst? Beachte, dass man die Brennweite einer Konkavlinse negativ angibt.

Linsenkombinationen

01-16

Einführung:

Konkav- oder Konvexlinsen aus Glas oder Kunststoff haben feste Brennweiten. Der Wert der Brennweite wird von der Art und Stärke der Krümmung sowie vom Material der Linsen bestimmt. Durch zusätzliche Linsen kann man die Brennweiten gegebener Linsen vergrößern oder verkleinern. Diese Aufgabe erfüllen beispielsweise unsere Brillen bei Kurz- oder Weitsichtigkeit.

Geräte:

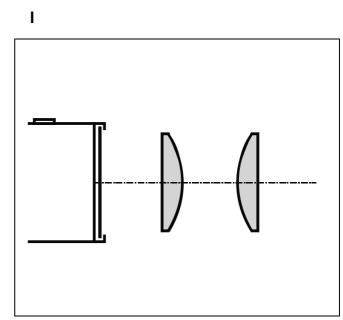
Experimentierleuchte Blende mit 3 und 5 Schlitzen Vollblende Linsenkörper plankonkav Experimentierkabel Linsenkörper plankonvex

zusätzlich:

1 Geodreieck Spannungsquelle 12 V 1 Bleistift 1 Blatt Papier DIN A4

Aufbau und Durchführung:

- Zeichne quer durch die Mitte Deines Blattes eine strichpunktierte Gerade als optische Achse und lege einen plankonvexen Linsenkörper symmetrisch zu dieser Achse auf das Blatt.
- Stelle drei parallele Lichtstrahlen her und lass sie parallel zur optischen Achse auf den Linsenkörper treffen, dabei sei die Experimentierleuchte etwa 6 cm vom Linsenkörper entfernt. Kennzeichne den Brennpunkt mit Bleistift und bezeichne ihn mit F₁.

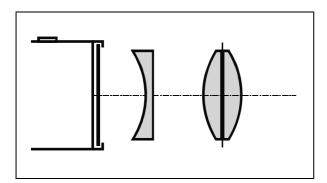


- Uberlege Dir, *bevor* Du weiter experimentierst, wie sich die Lage des Brennpunkts F₁ verändern wird, wenn Du zwischen Linse und Experimentierleuchte eine zweite Konvexlinse legst. Führe dann diesen Schritt aus. Kennzeichne den neuen Brennpunkt mit Bleistift und bezeichne ihn mit F₂.
- Uberlege Dir, *bevor* Du weiter experimentierst, wie sich die Lage des Brennpunkts F₂ verändern wird, wenn Du die zweite Linse zwischen erster Linse und Experimentierleuchte hin- und herschiebst. Führe dann diesen Schritt aus.

Linsenkombinationen

01-16

Ш



- Lege nun die beiden konvexen Linsenkörper mit den ebenen Flächen aneinander und so auf das Blatt, dass sie als Bikonvexlinse zur optischen Achse symmetrisch sind.
- Suche experimentell den Brennpunkt auf, markiere seine Lage mit Bleistift und bezeichne ihn mit F₃.
- Uberlege Dir, *bevor* Du weiter experimentierst, wie sich die Lage des Brennpunkts F₃ verändern wird, wenn Du zwischen Linse und Experimentierleuchte den konkaven Linsenkörper legst. Führe dann diesen Schritt aus.
- Kennzeichne den neuen Brennpunkt mit Bleistift und bezeichne ihn mit F₄.
- Uberlege, *bevor* Du weiter experimentierst, wie sich die Lage des Brennpunkts F₄ verändern wird, wenn Du die Konkavlinse zwischen Bikonvexlinse und Experimentierleuchte hin- und herschiebst. Führe dann diesen Schritt aus.

Auswertung:

(1)	Schreibe kurz nieder, durch welche Linsenart die Brennweite einer Sammellinse vergrößert bzw. verkleinert werden kann und ob die Lage dieser Zusatzlinse einen Einfluss auf die Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Brennweite hat.
(2)	Bei Kurzsichtigkeit ist die Brennweite der Augenlinse zu klein, bei Weitsichtigkeit ist sie zu groß. Gib kurz an, welche Form die Brillengläser oder Kontaktlinsen für kurzsichtige bzw. weitsichtige Menschen haben müssen.

Die Zerlegung des weißen Lichts

01-17

Einführung:

Hat es Dich nicht verwundert, dass wir für unser Experiment zur planparallelen Platte keinen quaderförmigen, sondern einen trapezförmigen Körper verwendet haben? Der Trapezkörper hat einen 60°-Prisma-Teil, der für das folgende Experiment besonders vorteilhaft ist. Mehr soll noch nicht verraten werden.

Geräte:

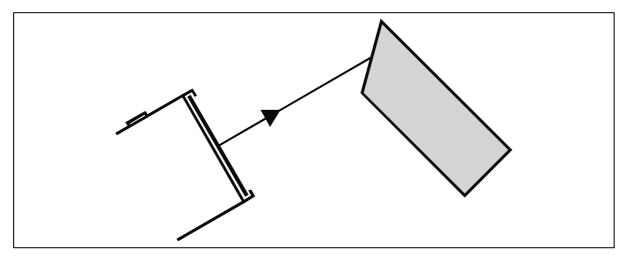
Experimentierleuchte Trapezkörper

Vollblende Blende mit 1 und 2 Schlitzen

Experimentierkabel

zusätzlich: Spannungsquelle 12 V

Aufbau und Durchführung:



Für dieses Experiment sollte der Raum nach Möglichkeit etwas abgedunkelt werden.

- ♦ Lege den Trapezkörper wie in der Abbildung auf den Tisch.
- Stelle einen Lichtstrahl her und lass ihn schräg auf die Mitte der 60°-Seite des Trapezkörpers treffen.
- Drehe den Trapezkörper langsam so, dass der austretende Lichtstrahl sehr nahe an dessen Längsseite entlang streift. Was fällt Dir auf?
- Versuche ein möglichst deutliches und breites Farbband herzustellen und bearbeite dann die Aufgaben auf der nächsten Seite.

Di	e Zerlegung des weißen Lichts	01-17
Au	ıswertung:	
(1)	Welche Farbe wird am stärksten abgelenkt?	
(2)	Welche Farbe wird am schwächsten abgelenkt?	
(3)	Notiere alle auftretenden Farben in der Reihenfolge ihres Auftretens:	
	, 	
(4)	Welche Farbe hat das Licht vor Eintritt in den Trapezkörper?	
(5)	Woher stammen Deiner Meinung nach die beobachteten Farben?	

Die additive Farbmischung

O 1 - 18

Einführung:

In Experiment O1 – 17 konntest Du beobachten, dass man weißes Licht in seine farbigen Bestandteile zerlegen kann. Diese so genannten Spektralfarben lassen sich mit Hilfe eines konkaven Linsenkörpers auch wieder zu weißem Licht vereinigen. Im folgenden Experiment kannst Du herausfinden, was passiert, wenn man nur einige dieser Farben zusammenführt. Die Vereinigung solcher farbiger Lichtbündel bezeichnet man als additive Farbmischung.

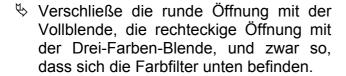
Geräte:

Experimentierleuchte Experimentierkabel Vollblende Drei-Farben-Blende Planspiegel Plan-/ Konkavspiegel

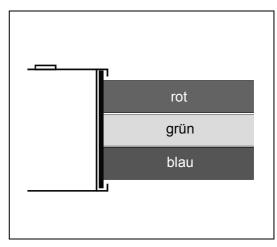
zusätzlich: Spannungsquelle 12 V

Aufbau und Durchführung:

Stelle die Experimentierleuchte wie gewohnt auf den Tisch und schließe sie an die Spannungsquelle an.



Schalte die Spannungsquelle ein. Auf der Tischplatte müsstest Du dann drei farbige parallele Lichtbündel beobachten können.



- Lege den Planspiegel so in den Lichtweg des roten Bündels, dass das reflektierte Bündel die anderen beiden Farbbündel kreuzt. Trage die Farben, die Du in den Überschneidungszonen beobachtest, in die Tabelle ein.
- Wiederhole diesen Schritt, wobei Du jetzt den Planspiegel in den Lichtweg des blauen Bündels legst, und trage auch diese Ergebnisse in die Tabelle ein.
- Lege nun zusätzlich den Plan-/ Konkavspiegel mit der ebenen Spiegelseite so in den Lichtweg des roten Bündels, dass sich eine Zone ergibt, in der sich alle drei Farbbündel überschneiden. Schreibe auch diese Mischfarbe in die Tabelle ein.

Die additive Farbmischung

O 1 - 18

Tabelle:

Ausgangsfarben	Mischfarbe
Rot und Grün	
Rot und Blau	
Blau und Grün	
Rot, Blau und Grün	

Auswertung:

(1)	Vervollständige den Text:	
	Bei der <i>additiven Farbmischung</i> ist die Mischfarbe stetsdie Ausgangsfarben. Begründung:	als
(2)	Erkläre, warum die Mischung der drei Ausgangsfarben kein reines Weiß ergib	 ot:

Die subtraktive Farbmischung

O 1 - 19

Einführung:

Das Ergebnis des vorangegangenen Experiments steht scheinbar im Widerspruch zu der Erfahrung, die Du mit Deinem Malkasten machst: Beim Mischen von Malfarben ist die Mischfarbe nicht heller, sondern dunkler als die Ausgangsfarben. Außerdem erreichst Du beispielsweise beim Mischen von Rot und Blau eine andere Mischfarbe als Du in Experiment O1 – 18 beobachtet hast. Der Grund für diese unterschiedlichen Ergebnisse liegt darin, dass bei der Mischung von Malfarben keine farbigen Lichtbündel zusammengeführt werden, sondern so genannte *Körperfarben*. Ein Gegenstand erscheint in der Farbe, die bei der Reflexion entsteht, wenn Spektralfarben des auf ihn treffenden weißen Lichts absorbiert werden. Seine Oberfläche wirkt wie ein Farbfilter. Werden alle Spektralfarben vollkommen absorbiert, erscheint der Körper schwarz, wird gar keine Farbe absorbiert, erscheint er weiß. Im folgenden Experient kannst Du die Grundlagen für die Mischung von Körperfarben kennenlernen.

Geräte:

Subtraktiv-Filter Magenta (Rot) Subtraktiv-Filter Cyan (Blau) Subtraktiv-Filter Gelb

Durchführung:

- Halte das Magenta-Filter gegen das Tageslicht und anschließend das Cyan-Filter davor. Trage die Mischfarbe in die Tabelle ein. Überzeuge Dich, dass die Reihenfolge der Filter keine Rolle spielt.
- Wiederhole diesen Schritt mit Magenta und Gelb bzw. Gelb und Cyan.
- b Lege zum Schluss die drei Filter übereinander und halte sie gegen das Licht.

Tabelle:

Ausgangsfarben	Mischfarbe
Magenta und Cyan	
Magenta und Gelb	
Gelb und Cyan	
Magenta, Gelb und Cyan	

D :	1 4 1 4 1		
\mathbf{I}	CIINTROVIIVA	Larhmice	niina
	SUDUANUVE	Laibillist	HUHU
	subtraktive		

O 1 - 19

Au	swertung:
(1)	Vervollständige den Text: Bei der <i>subtraktiven Farbmischung</i> ist die Mischfarbe stets als die Ausgangsfarben. Begründung:
(2)	Erkläre den Begriff subtraktive Farbmischung:
(3)	Bibliothek oder Internet: Erkundige Dich über die Grundlagen des Vierfarbendrucks.

Die Lichtkreuzung

O 1 - 20

Einführung:

In einem guten Kriminalroman weiß man bis zur vorletzten Seite nicht, wer der Mörder ist. Das folgende Experiment kann für Dich ähnlich spannend sein, wenn Du Dich genau an die Experimentieranweisungen hältst.

Geräte:

Experimentierleuchte Experimentierkabel Vollblende Drei-Farben-Blende

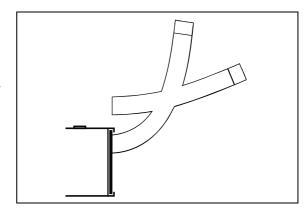
Kreuzungsmodul

zusätzlich: Spannungsquelle 12 V

Aufbau und Durchführung:

I

- Stelle die Experimentierleuchte wie gewohnt auf den Tisch und schließe sie an die Spannungsquelle an.
- Verschließe die runde Öffnung mit der Vollblende, die rechteckige Öffnung mit der Drei-Farben-Blende, und zwar so, dass sich die Farbfilter unten befinden.
- Lege das Kreuzungsmodul mit einem der nicht abgeschrägten Enden so vor



die rote Blendenöffnung, wie es die Abbildung zeigt. Achte dabei darauf, dass bei den schrägen Enden die längeren Seiten oben sind.

Schalte die Spannungsquelle ein und schreibe Deine Beobachtung kurz nieder:

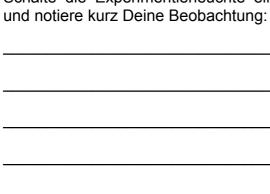
Ш

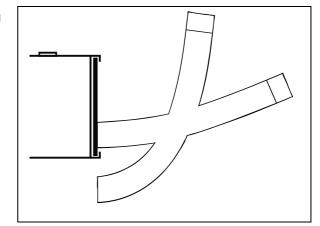
Verschiebe bei ausgeschalteter Experimentierleuchte das Kreuzungsmodul so, dass es mit einem nicht abgeschrägten Ende vor der blauen Blendenöffnung liegt, vgl. dazu die Abbildung auf der nächsten Seite.

Die Lichtkreuzung

O 1 - 20

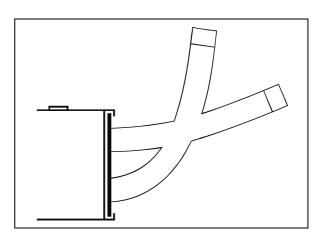
♦ Schalte die Experimentierleuchte ein und notiere kurz Deine Beobachtung:





Ш

- ♥ Schalte die Experimentierleuchte aus.
- Lege das Kreuzungsmodul so an die äußeren Blendenöffnungen, wie es die nebenstehende Abbildung zeigt, schalte die Lampe aber noch nicht ein!
- 🖔 Überlege Dir, bevor Du weiterexperimentierst, welches Ergebnis Du erwartest, und schreibe Deine Vermutung auf:



Schalte die Experimentierleuchte ein und beobachte. Schreibe das Ergebnis kurz nieder und versuche es zu deuten:

Die Lichtkreuzung

O 1 - 20

Α	H	S	w	e	rt	П	n	a	•
	ч	J	••	v		u		м	•

(1)	Im Grunde hättest Du das richtige Ergebnis leicht voraussagen können, denn auch beim Experiment zur additiven Farbmischung laufen die Farbbündel nach der Überkreuzung in der ursprünglichen Farbe weiter. Warum hast Du dort aber im Kreuzungsbereich eine Mischfarbe gesehen?
(2)	Das Ergebnis des Experiments zur Lichtkreuzung hat für die Lichtleitertechnik eine große Bedeutung, wobei die verschiedenen Farben (Frequenzen) auch in der gleichen Richtung laufen können. Formuliere hierzu einen allgemein gültigen Satz: