

Optik II - Reflexion und Brechung des Lichts (Best. Nr. 3306)

Hinweise zu dieser Einheit

Die Unterrichtsreihe Optik ist ausgerichtet auf den Mittelstufenunterricht. Die gesamte Einheit (Teil I bis IV) besteht aus den folgenden auf insgesamt 41 Stunden angelegten Dateien:

Teil II (Best. Nr. 3306)

OPTIK 3 Reflexion (6 Stunden)

OPTIK 4 Brechung (6 Stunden)

Teil I (Best. 3305)

OPTIK 1 Einführung (1 Stunde)

OPTIK 2 Ausbreitung des Lichts (6 Stunden)

Teil III (Best. Nr. 3307)
OPTIK 5 Linsen (9 Stunden)
OPTIK 6 Auge (3 Stunden)

Teil IV (Best. Nr. 3308)

OPTIK 7 Optische Geräte (4 Stunden) OPTIK 8 Farbenlehre (6 Stunden)

Die einzelnen Stunden einer Unterrichtseinheit werden in ihrem möglichen Ablauf kurz beschrieben. Die Materialien (Anleitungen bzw. Vorschläge für Experimente, Tafelbilder, Folien, Aufgaben) sind aber so zusammengestellt, dass eine völlige Umgestaltung der Stunden - sowohl ihre inhaltliche Gestaltung als auch den zeitlichen Aufwand betreffend - möglich ist.

Durch Übungsaufgaben werden entweder Themen aufgearbeitet oder aber neue Themen vorbereitet. In Ergänzung sind zwei Vorschläge für schriftliche Übungen zum 'Thema Brechung des Lichts' von etwa 20 Minuten Dauer mit Lösungen beigefügt.

Sämtliche Abbildungen auf den Versuchsanleitungen sind der PHYWE-Ausgabe Physik in Schülerversuchen (Heidemann/Kelle, Physik in Schülerversuchen, 7. - 10. Schuljahr, Ausgabe A/B, PHYWE (Göttingen) 1978) entnommen. Arbeitet man mit einem anderen Experimentiergerät, so sind die Graphiken leicht ersetzbar durch entsprechende. Die Arbeitsanweisungen können übernommen werden, da sie unabhängig vom Gerätehersteller sind.

Korrektur-, Verbesserungs- oder Ergänzungsvorschläge können Sie gerne über den Verlag an mich richten!

Bei der Arbeit mit den Unterrichtseinheiten zur Optik wünsche ich Ihnen und Ihren Schülern viel Spaß!

G	es	ar	nt	ď	at	ei
u	CO	aı	,,,	.u	a١	.cı

060_OptikII.ges	Alle Einzeldateien in Folge - Gesamtdatei Optik II
	Die Einzeldateien
001_Vorwort.did	<u>Didaktische Hinweise zu Optik II</u>
002_Schueler.txt	<u>Inhaltsverzeichnis Schüler - Optik II</u>
003_Litera.txt	<u>Literaturverzeichnis zu Optik II</u>
004_Test01.arb	Test Brechung 1 - Arbeitsblatt
005_Test01.loe	Test Brechung 1 - Lösungsblatt
006_Test02.arb	Test Brechung 2 - Arbeitsblatt
007_Test02.loe	Test Brechung 2 - Lösungsblatt



Optik II: Reflexion und Brechung (Best. Nr. 3306)

1.1 Ebene Spiegel

	1.1 Ebene Spiegel
009_Reflex1.txt	Reflexion Stunde 1
010_Spiegel.arb	Aufgabe Spiegelungen mit Lösung
011_Reflex.exp	<u>Versuch Reflexionsgesetze</u>
012_Reflex.fol	Folie zu den Reflexionsgesetzen
013_Reflex1.exp	Experiment zu Reflexionsgesetz mit Pappröhren
014_Reflex2.txt	Reflexion am ebenen Spiegel - Stunde 2
015_Spiegel.fol	Entstehung von Spiegelbildern
016_Photo.exp	Experiment Photokamera
017_Spiegel1.arb	Aufgabe Spiegelaufhängung mit Lösung
018_GlattRau.fol	Reflexion an glatten und rauen Oberflächen
019_Uhr.arb	Aufgabe Bahnhofsuhr
020_Kerze.exp	Experimente Unter Wasser brennende Kerze
021_Tresor.exp	Experimente Der magische Tresor
022_Mehrfach.exp	Experimente Mehrfachspiegel
023_Irritat.exp	Experimente Irritationen
024_Reflex.his	Historisches zu Spiegeln und Reflexion
	1.2 Hohl- und Wölbspiegel
025_Hohlspie.arb	Versuch Höhl- und Wölbspiegel - Stunde 3
026_Hohlspie.fol	Folie - Hohlspiegel - Konkavspiegel - Stunde 4
027_Woelb.fol	Folie - Konvexspiegel - Wölbspiegel
028_Spiegel.his	<u>Historisches zu Spiegeln</u>
029_Reflex.txt	Reflexion an Hohl- und Wölbspiegeln - Stunde 5
030_Bildent.fol	Bildentstehung bei Konvex- und Konkavspiegeln
031_Auto.arb	<u>Aufgabe Autoscheinwerfer mit Lösung - Stunde 6</u>
032_Parabol.arb	Aufgabe Parabolantenne - mit Lösung
033_Zauber.exp	Experiment Zauberspiegel
034_Archimed.txt	Wie man sich irren kann Archimedes
	2. Brechung
035_Optik4.did	<u>Didaktische Hinweise zu Optik 4</u>
	2.1 Lichtbrechung
036_Lichtbr1.txt	<u>Lichtbrechung 1 - Stunde 1</u>
037_Brechung.exp	Experiment Brechung
038_ModBrech.exp	Experiment Modell der Brechung
039_Tasse.exp	Experiment Tasse
040_Lichtbre2.fol	<u>Lichtbrechung - Stunde 2 - Schülerversuch</u>
041_BrechVer.exp	<u>Versuch Brechung des Lichts</u>
042_BrechInd.fol	<u>Lichtbrechung - Stunde 3 - Brechungsindex</u>
043_Strahl.exp	Experiment Lichtstrahlen
044_Descart.his	Wer war Rene Descartes
045_Brechung.his	<u>Historisches zur Lichtbrechung</u>
046 Lighthro 4 tut	2.2 Totalreflexion
046_Lichtbre4.txt	<u>Lichtbrechung - Stunde 4 - Totalreflexion</u> Experimente zur Totalreflexion
047_Totalref.exp	Experimente zur Totalreflexion Wie entsteht eine Fate Merrana
048_FataMorg.txt	Wie entsteht eine Fata Morgana Cropywinkel der Tetalroflevien für einige Stoffnaare
049_Winkel.fol	Grenzwinkel der Totalreflexion für einige Stoffpaare



Par North David Brewster



	2.3 Planparallele Platte
052_Lichtbr5.txt	Stunde 5 - Brechung an planparalleler Platte
053_Platte.exp	Versuch - Brechung an einer planparallelen Platte
054_Platte2.fol	Brechung an der planparallelen Platte - Folie
	2.4 Prisma
055_Lichtbre6.txt	Stunde 6 - Brechung am Prisma
056_Prisma.exp	Versuch - Brechung am Prisma
057_Prisma.fol	Folien zur Brechung am Prisma
058_Prismen.fol	Folien zu besonderen Prismen
059_Aufgabe.arb	Aufgaben zur Lichtbrechung mit Lösung

Die Abkürzungen der Kurz-Dateinamen am Beginn jedes Dateinamens bedeuten

*.arb = Arbeitsblatt/Versuch

*.epx = Experiment

*.fol = Folie auf Projektor *.did = Didaktische Hinweise

*.ges = Gesamtdatei *.his = Historisches *.loe = Lösungsblatt

*.txt = Information/Textblatt

*.dot = Dokumentvorlage; diese Datei beinhaltet die Formatvorlage für die vorliegende Einheit. Durch Änderung derselben können Sie das gesamte Erscheinungsbild einer Einheit Ihren Bedürfnissen anpassen.

Die Ikonen in den Dateien haben folgende Bedeutung:



"Arbeitsblatt/Versuch"



"Folie"



"Didaktische Hinweise"



"Textdatei"



"Experiment"



"Historisches"



"Lösung"





3 - Reflexion

1. / 2. Stunde: **Ebene Spiegel**

3. / 4. / 5. / 6. Stunde: **Hohl- und Wölbspiegel**







6 Stunden

Reflexion

1. Stunde: Ebene Spiegel (1)

Einführung in die Reflexion mit Schülerexperiment

Einen Aufmerksamkeit erweckenden Einstieg bietet ein Aufgabenblatt zu den Spiegelungen mit Folien. Zu den Unmöglichkeiten dieser Bildes kann jeder Schüler aus eigener Erfahrung einen Beitrag leisten.

Schwieriger wird es bei der Folie, auf der ein Mädchen in einen Kasten voller Spiegel schaut und dabei durch eine Öffnung ein Auto, eine Blume oder eine Kerze erblickt. Eine Abstimmung in der Klasse führt häufig zu überraschenden Ergebnissen und zeigt große Unsicherheit bei den Schülern hinsichtlich des wirklichen Ergebnisses. Selbst wenn man Schüler mit Hilfe eines Lineals den Strahlenverlauf zeichnen lässt (Klar-Folie verwenden, damit die originale Folie auf Dauer nicht unbrauchbar wird!), kommt nicht immer das richtige Ergebnis heraus.

Es muss also in einem Versuch der wahre Strahlenverlauf ermittelt werden.

Der Ablauf des Experiments ist einfach, und da die Schüler inzwischen mit dem Aufbau der Arbeitsblätter und auch der optischen Bank vertraut sind, kann es noch in derselben Stunde ablaufen. Der zeitliche Aufwand beträgt etwa 30 Minuten.

Das Ergebnis ist rasch gefunden: das Reflexionsgesetz. Dass sich diese Bezeichnung bereits auf der Versuchsanleitung findet, ist unerheblich, da es ohnehin als Begriff zumindest vielen Schülern bekannt ist. Schwierig ist hingegen die sprachliche Formulierung, zu der es der Festlegung einiger Fachbegriffe bedarf: Einfallslot, einfallender und reflektierter Lichtstrahl sowie Einfalls- und Reflexionswinkel. Eine Folie enthält diese Angaben und kann als Overlay-Folie entwickelt werden.

Als Alternative zum Schülerexperiment bietet sich der Freihandversuch zum Reflexionsgesetz mit Pappröhren an. Dabei demonstrieren zwei Schüler das Reflexionsgesetz.

Nunmehr kann die Aufgabe mit dem Mädchen gelöst werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die bereits gezeigte Folie wieder zu verwenden und nun mit Hilfe des gefundenen Reflexionsgesetzes den genauen Strahlenverlauf einzuzeichnen. Eine andere – wohl bessere – Möglichkeit besteht darin, das Aufgabenblatt als Hausaufgabe einzusetzen.

Ergänzend zur Aufgabe mit dem Mädchen, die nun jeder Schüler selbständig lösen muss, finden sich zwei weitere Aufgaben.

In der ersten geht es um einen Jungen, der sich im Spiegel sieht. Hier geht es also noch einmal allgemein um die Reflexion. Dabei sollten durchaus alle Bilder mit ihren Fehlern diskutiert werden, um das Bewusstsein für das Reflexionsgesetz zu vertiefen. Eine Folie 'Junge im Spiegel' zur Präsentation ist beigefügt.

In der zweiten Aufgabe geht es um gespiegelte Schrift. Spiegelsymmetrische großgeschrieben Druckbuchstaben sind (etwas abhängig von der Schreibweise) A, H, I, M, O, T, U, V, W, X, Y; spiegelsymmetrische Ziffern sind die 0 und die 8.







6 Stunden

Reflexion

2. Stunde: Ebene Spiegel (2)

Bildentstehung am ebenen Spiegel

Die Aufgabe mit dem Jungen, der sich im Spiegel sieht, wird später wieder aufgegriffen durch die Uhr.

Es wird vertieft, dass Reflexion Umkehrung der Seiten, aber auch Umkehrung von oben und unten bedeutet. Lediglich vorne und hinten stimmen beim Gegenstand und seinem Bild überein. Das Tafelbild mit dem Hefteintrag für die Schüler findet sich wie üblich in der Stundenübersicht.

Ferner kann mit Hilfe des Jungen diskutiert werden, wie groß das Bild ist, wie weit es sich hinter dem Spiegel befindet und ob es reell oder virtuell – der Begriff ist hier einzuführen – ist.

Die Lage des Bildes hinter dem Spiegel ist zudem leicht durch einen Freihandversuch mit einer Fotokamera zu ermitteln.

Ein weiteres Arbeitsblatt Spiegelaufhängung soll durch seine Graphik motivierend wirken, enthält aber zugleich den Auftrag, sorgfältig zu zeichnen und die Maße zu bestimmen. Als Lösung kann die Folie Aufhängung eines Garderobenspiegels gezeigt werden.

Auf einer eigenen Folie wird die Reflexion an glatten und rauen Oberflächen behandelt.

Die Frage der Orientierung des Spiegelbildes wird wieder aufgegriffen durch die Aufgabe zur Uhr.

Denkbar ist ein eher spielerischer Abschluss des Themas etwa durch Besprechung des magischen Tresors, der hinein geworfene Geldstücke verschwinden lässt, oder aber die scheinbar unter Wasser brennende Kerze.

Zu Mehrfachspiegeln werden mehrere Experimente vorgeschlagen.

Aber auch Täuschungen und Verwirrungen unseres Gehirns bereiten viel Freude. Die Experimente sind unter dem Stichwort 'Irritationen' zusammen gefasst.

Von dort ist der Bogen leicht gesponnen zu den irritierenden Bildern, die Hohl- und Wölbspiegel – aufgestellt auf Jahrmärkten oder in optischen Kabinetten – erzeugen: Man ist plötzlich 'vollschlank', ist 'in die Länge geschossen' oder ganz furchtbar 'geschrumpft' oder man hat eine völlig 'verworfene' Figur. Die Motivation zur Behandlung dieser Spiegelformen ist gegeben.

Einige Anmerkungen zur Historie finden sich in der entsprechenden Datei "Was geschah im Jahr".







6 Stunden

Reflexion

3. Stunde: Hohl- und Wölbspiegel (1)

Hohl- und Wölbspiegel im Schülerexperiment

Zu diesen Formen der Spiegel ist bereits über die so genannten "Zerrspiegel" motiviert worden. Auch Spiegel, wie sie bisweilen an Straßenecken zur besseren Einsicht in sonst unübersichtliche Straßen aufgestellt werden, gehören hierher.

Wie sie funktionieren, soll der Schülerversuch Hohl- und Wölbspiegel klären.

Es ist üblich, bei den Spiegeln die deutschen Bezeichnungen an Stelle der Begriffe Konkavspiegel (Hohlspiegel) und Konvexspiegel (Wölbspiegel) zu benutzen. Bei den Linsen ist dies gerade umgekehrt.

Die Versuchsdurchführung nimmt einige Zeit in Anspruch, da alle Schüler Bilder wie auf der Versuchsanleitung beschrieben anfertigen sollen. In den Gruppen kann dies nur nacheinander geschehen.

Dass im übrigen Linsen Verwendung finden, obwohl diese noch gar nicht besprochen worden sind, kann einfach übergangen bzw. mit einem Hinweis auf die spätere Erklärung aufgefangen werden. Es ist auch denkbar, die Linsen einmal entfernen zu lassen und den Versuch dann zu betrachten.

In der Regel wird die gesamte Stunde für den Versuchsablauf benötigt. Es gilt auch hier wie schon zuvor angemerkt, dass Zeit für die einzelnen Schüler sein muss, die Aufgaben in Ruhe zu bewältigen, ohne dass Hektik entsteht. Nur so auch bleibt dem Unterrichtenden Gelegenheit, die Schüler genau zu beobachten und gegebenenfalls zu unterstützen. Schließlich gehört die experimentelle Fähigkeit eines Schülers zu den Kriterien bei der Notenfindung!







6 Stunden

Reflexion

4. Stunde: Hohl- und Wölbspiegel (2)

Auswertung des Schülerversuchs zum Hohl- und Wölbspiegel

Die Auswertung des Versuchs zum Hohl- und Wölbspiegel soll die Analogie zwischen beiden Spiegelformen bewusst machen.

Zunächst wird beim Hohlspiegel das von den Schülern skizzierte Bild vervollständigt.

Etliche Begriffe sind neu einzuführen: Mittelpunkt, Scheitelpunkt und optische Achse sowie Radius, Brennpunkt und Brennweite. Die Bedeutung der beiden letztgenannten Begriffe erhellt aus bekannten Versuchen mit Brenngläsern, mit denen man im Sonnenlicht beispielsweise Papier in Brand setzen kann.

Ferner sind die drei ausgezeichneten Lichtstrahlen einzuführen.

Dabei ist zu bemerken, dass die ausgezeichneten Lichtstrahlen sich gemäß dem Reflexionsgesetz verhalten

Ein Vorschlag für den Hefteintrag der Schüler ist selbstverständlich beigefügt.

Hat man all dies, kann man beim Wölbspiegel vollkommen analog vorgehen.

Erst an dieser Stelle braucht man darauf eingehen, dass sich die reflektierten Lichtstrahlen in einem Punkt schneiden. Denn anders als beim Hohlspiegel, bei dem dieser Punkt (bei der vorgegebenen Situation) zwischen Mittelpunkt und Brennpunkt lag, also auf derselben Seite bezüglich des Spiegels wie der Gegenstand, liegt der Schnittpunkt beim Wölbspiegel hinter dem Spiegel – und dies ist bemerkenswert. Arbeitet man doch an dieser Stelle hinsichtlich der Bildentstehung vor.

Die Stunde enthält viel Stoff – vielleicht ist eine weitere Stunde zum selben Thema notwendig, vielleicht kann man einen Teil (etwa den analogen Text beim Wölbspiegel) als Hausaufgabe stellen. Jedenfalls ist auch hier wieder eher Muße als zu große Hektik angesagt, da bei einem guten Verständnis der Verhältnisse am Spiegel die Linsen später rascher und leichter verstanden werden können.

Ein Hinweis auf den praktischen Gebrauch der Hohlspiegel gibt es in der Datei "Was geschah im Jahr".







6 Stunden

Reflexion

5. Stunde: Hohl- und Wölbspiegel (3)

Bildentstehung beim Hohl- und Wölbspiegel

Nachdem der Strahlenverlauf bei den gekrümmten Spiegeln geklärt ist, gilt es nun, die Bildentstehung zu diskutieren.

Die zur Bildentstehung beim Hohl- und Wölbspiegel gegebenen Hinweise sind unbedingt zu beachten, da nur so ein erfolgreiches gemeinsames Arbeiten gewährleistet ist.

Die Folie ist so ausgelegt, dass sie – in Anpassung an den jeweils verwendeten Drucker – genau die angegebenen Masse wiedergibt. Man kann also auf dem Overheadprojektor ein Geo-Dreieck anlegen und den Schülern so die Richtigkeit der Maßangaben demonstrieren!

Die Folie ist den Schülern nicht in Kopie auszuhändigen, sondern von diesen selbst mit den angegeben Werten zu erstellen. So wird exaktes Zeichnen, wie es gerade, aber nicht nur in der Strahlenoptik erforderlich ist, geübt.

Methodisch kann dann so verfahren werden, dass Schüler die Bildentstehung zu ermitteln suchen.

Dabei werden sie feststellen, dass bereits zwei der drei ausgezeichneten Lichtstrahlen zur Bildentstehung genügen.

Um deutlich zu machen, dass es nicht zwei bestimmte sein müssen, sondern jede Kombination aus den dreien denkbar ist, sollte man bei dem zweiten Bild mit einer solchen anderen Kombination arbeiten.

Selbstverständlich empfiehlt sich bei beiden Bildern auch die Eintragung des dritten Strahls. Dabei wird die Genauigkeit ihrer Zeichnung den Schülern deutlich vor Augen geführt, wenn der dritte Strahl nicht genau durch den Schnittpunkt der beiden anderen Strahlen verläuft!

Um einen genaueren Vergleich der beiden Spiegel zu ermöglichen, können zwei Beispielaufgaben (in der Stunde oder als Hausaufgabe) angefügt werden, in denen die Bildentstehung geübt wird: eine Aufgabe zum Autoscheinwerfer (zur Demonstration als Folie vorgelegt, wobei auch ein originaler Scheinwerfer bereit liegen sollte!) und eine Aufgabe zu einer Parabolantenne.

Der eigentliche Vergleich soll erst in der folgenden Stunde angestellt werden.







6 Stunden

Reflexion

6. Stunde: Hohl- und Wölbspiegel (4)

Zusammenfassung zum Hohl- und Wölbspiegel

Bei der Bildentstehung beim Hohl- und Wölbspiegel wurden bewusst noch nicht alle denkbaren und zu unterscheidenden Gegenstandsweiten berücksichtigt.

Die Tatsache, dass bei einer Gegenstandsweite innerhalb der einfachen Brennweite auch beim Hohlspiegel ein virtuelles Bild entsteht, das zudem vergrößert und aufrecht ist, wird erst bei den Linsen diskutiert werden.

Ebenso ist bislang noch nicht bemerkt worden, dass die Bildweite virtueller Bilder mit negativem Vorzeichen angegeben wird. Dies ist auch an dieser Stelle noch nicht erforderlich und wird ebenfalls erst bei den Linsen behandelt.

Dennoch soll an dieser Stelle natürlich ein Vergleich von Hohl- und Wölbspiegel erfolgen.

Wichtig ist es, Anwendungsbeispiele zu benennen.

So kann man einen Parabolspiegel zeigen, der als Rückspiegel im Auto Verwendung findet. Bei ihm sollte man freilich darauf hinweisen, dass – wie man ja nun gelernt hat – das Bild verkleinert ist und daher beispielsweise der Abstand nachfolgender Verkehrsteilnehmer geringer ist als es das Spiegelbild vermuten lässt.

Ein Beispiel für einen Hohlspiegel sind Kosmetikspiegel. In ihm will man Details erkennen, und gerade dies leistet diese Spiegelform.

Nun kann auch der in der Einführungsstunde behandelte Zauberspiegel erklärt werden!

Die Stunde kann eine ruhige, zusammenfassende Wiederholung des Themas Reflexion sein.

Wer weiteres wissen möchte, sei auf zwei Aufsätze in einer Zeitschrift hingewiesen:

- Nikolaus Barth: Spiegel aus physikalischer Sicht in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 3 (1992), S.4-10
- R. Göbel und H. Wiesner: Freihandversuche mit ebenen Spiegeln in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 3 (1992), S.32-37







4 - Brechung

1. / 2. / 3. Stunde:

Lichtbrechung

4. Stunde:

Totalreflexion

5. Stunde:

Planparallele Platte

6. Stunde:

Prisma







6 Stunden

Brechung

1. Stunde: Lichtbrechung (1) Einführung in die Brechung

Den Schülern bereitet es viel Spaß, den bekannten Freihandversuch Brechung durchzuführen, bei dem man durch eine Röhre auf einen im Wasser liegenden Gegenstand zielt. Einige interessante "Methodische Anregungen zur Verbesserung des Optik-Experiments "Scheinbare Anhebung einer Münze im Wasser" gibt Martin Volkmer in seinem Artikel in der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 10 (1991), S. 8-11.

Erklärungsversuche sind in der Regel für die Schüler schwierig.

Eine gute Hilfe gibt das auch als Folie Brechung vorgelegte Modell einer Achse, die von einem glatten Untergrund auf einen rauen Untergrund gerät (bzw. umgekehrt). Dass solche Modelle selbstverständlich Einschränkungen unterliegen (sonst handelte es sich nicht um ein Modell, das lediglich Aspekte der Wirklichkeit beschreibt, sondern um die Beschreibung der Wirklichkeit selbst), zeigt in übersichtlicher Form eine vergleichende Gegenüberstellung in der Tabelle: Freihandversuch - Modell der Brechung (beim Ausdruck gut lesbar!). Wieweit die darin angeführten Aspekte mit den Schülern thematisiert werden, muss der jeweiligen Lerngruppe überlasen bleiben.

Das Modell (es stammt ursprünglich von dem Astronom Herschel) wird ausführlich beschrieben.

Ein weiteres Modell bietet Feynman. Er schildert eine Situation, in der man, um ein ertrinkendes Mädchen zu retten, zunächst ein Stück Sandstrand hinunter laufen muss, ehe man ins Wasser gelangt. Welchen Weg wählt man: den kürzesten ins Wasser oder den, der am längsten über den Sand führt? Die beigefügte Graphik lässt sich herausschneiden und bei Bedarf als Folie vergrößern.

Ein Freihandversuch zu diesem Modell der Brechung wird beschrieben.

Das Tafelbild hält die gewonnenen Ergebnisse fest. Dabei ist zu betonen, dass die Begriffe ,optisch dichter' und ,optisch dünner' immer nur eine Relation zwischen zwei Stoffpaaren, aber nie eine absolute Angabe darstellen.

Ist die Brechung erläutert worden, müsste das ebenfalls bekannte Experiment leicht verstanden werden, bei dem eine Münze, die man seitlich in eine Tasse geklebt hat, beim Hineingießen von Wasser in die Tasse plötzlich sichtbar wird.

Da eine solche qualitative Beschreibung der Brechung einen Physiker nicht zufrieden stellen kann (den Schülern sollte dieses Ziel der Physik, Vorgänge nicht nur qualitativ, sondern auch formelmäßig zu erfassen, immer wieder einmal bewusst gemacht werden!), steht in der folgenden Stunde die quantitative Untersuchung dieses Phänomens an.







6 Stunden

Brechung

2. Stunde: Lichtbrechung (2) Schülerexperiment zur Brechung

Das quantitative Experiment zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Einfalls- und Brechungswinkel beim Stoffpaar Glas-Luft erfordert von den Schülern einige Genauigkeit in der Durchführung.

Häufig begehen Schüler den Fehler, nach den ersten Werten eine direkte Proportionalität zwischen dem Einfallswinkel und dem Brechungswinkel zu vermuten. Unter dieser Annahme werden die folgenden Messwerte hochgerechnet und dann natürlich falsch. Etwaige Abweichungen werden dabei als schlechte Messung nicht in das Messprotokoll übernommen.

Umso wichtiger ist es, auch jetzt wieder bei der Versuchsdurchführung die zu erwartenden Messergebnisse zur Hand zu haben und sie mit den von den Schülern ermittelten Werten zu vergleichen (Versuch - Brechung - Auswertung).

Ein Informationsblatt gibt die Daten einiger häufig verwendeter Glaskörper an.

Für die schwierige Auswertung der Daten (die trigonometrischen Funktionen sind den Schülern nicht bekannt) empfiehlt sich die Ausgabe der Folie "Bestimmung des Brechungsindex n" in kopierter Form, wobei der Glaskörper (7 cm Radius) in doppelter Größe wiedergegeben ist.

Im verbleibenden Teil der Stunde bzw. in der Hausaufgabe können die Schüler die Strahlenverläufe für die jeweiligen Einfallswinkel und die zugehörigen Brechungswinkel (z.B. farblich voneinander unterschieden für jedes Wertepaar) in die Grafik eintragen.







6 Stunden

Brechung

3. Stunde: Lichtbrechung (3)

Auswertung des Schülerexperiments zur Brechung

Mit Hilfe der Folie bzw. Kopie lassen sich über die Winkel nachträglich (im Experiment würde dies zu lange aufhalten) die zugehörigen Projektionen a und b messen. Denn dass Zwischen Einfalls- und Brechungswinkel keine direkte Proportionalität besteht, ist rasch erkennbar.

Bildet man nun den Quotienten a/b (möglicherweise ist den Schülern dieses methodische Vorgehen bereits vertraut; ansonsten sollte es hier thematisiert werden und vielleicht sogar schon als Steigung einer graphischen Darstellung interpretiert werden – Computerprogramme verschiedener Art bieten dies an), bildet man also den Quotienten a / b, so wird die annähernde Konstanz erkennbar. In der Datei sind die Werte $\sin \alpha$ / $\sin \beta$ zusätzlich angegeben.

Natürlich sollte der Hinweis erfolgen, dass es nicht genau das Verhältnis a / b ist, das als Brechungsindex n definiert wird. Mit den derzeitigen mathematischen Möglichkeiten darf aber diese Näherung als hinreichend gut betrachtet werden.

Im übrigen darf man sich diesbezüglich auf Descartes berufen, zu dem eine Folie und ein Abschnitt des Originaltextes seiner Abhandlung über die Brechung vorliegen.

Darüber hinaus wird ein Text zum Thema angeboten aus dem Buch "Experimente, die Geschichte machten".

Im zweiten Teil des Versuchs kommt es darauf an, den Grenzwinkel bei der Totalreflexion zu erkennen.

Dabei wird bereits vor Erreichen des Grenzwinkels ein Teil des einfallenden Lichtstrahls reflektiert. Aber ab dem entsprechenden Winkel tritt eben nur noch Reflexion auf.

Die Begründung dieses Phänomens soll in der folgenden Stunde erfolgen.

Die Stunde kann schließen mit historischen Anmerkungen zur Brechung.

Tabellarisch sind die Brechzahlen einiger Stoffe, bezogen auf Luft, aufgeführt.







6 Stunden

Brechung

4. Stunde: Totalreflexion

Das Schülerexperiment der vorletzten Stunde hat bereits das Phänomen der Totalreflexion sichtbar gemacht.

Die Erklärung dieses Phänomens kann den Schülern möglicherweise selbständig gelingen. Sie wird allerdings erschwert, wenn man das Modell mit der Achse zu Rate zieht; denn dabei kann es nicht zur Totalreflexion, sondern allenfalls zum Stillstand der Achse kommen.

Der Versuch mit mehreren Lichtstrahlen im Aquarium wiederholt noch einmal das Phänomen und lässt zugleich immanent die Brechung wiederholen. Dadurch, dass man den Aufsatz zur Erzeugung der Lichtstrahlen drehen kann, ist der Übergang zum Grenzwinkel sehr augenfällig vollführbar.

Der Erklärung kann die Vorführung des Laserstrahls folgen, der in einem gekrümmten Glasstab geführt wird. Die Krümmung ist so gewählt, dass der Laserstrahl stets unter einem größeren Winkel als dem Grenzwinkel der Totalreflexion auf die Grenzfläche zwischen Glas und Luft trifft und er so erst am Ende beim nahezu senkrechten Auftreffen auf die Abschlussfläche den Glasstab wieder verlasen kann.

Schließlich kann mit der jetzigen Kenntnis eine Fata Morgana erklärt werden. Die zugehörige Folie zeigt auch, wie man mit dem Aquarium, das man eben noch im Einsatz hatte, eine solche Fata Morgana simulieren kann.

Sozusagen die Umkehrung einer Fata Morgana findet sich bei Spiegelung auf der sommerlich heißen Straße. Das optisch dichtere Medium (die dünnere, warme Luftschicht) befindet sich unmittelbar über der Straßenoberfläche, das optisch dichtere Medium (die dichtere, kältere Luft) befindet sich etwas höher. An der Grenzschicht - in der Regel einige Zentimeter über der Straßenoberfläche - kommt es zur Totalreflexion, also Spiegelung weiter entfernter Gegenstände.

Einige historische Anmerkungen zur Totalreflexion befinden sich in der gleichnamigen Datei.

Tabellarisch sind die Grenzwinkel der Totalreflexion für einige Stoffpaare aufgeführt.







6 Stunden

Brechung

5. Stunde: Brechung an einer planparallelen Platte mit Schülerexperiment

Der Verlauf dieser Stunde ist vorgegeben durch ein Schülerexperiment mit der planparallelen Platte.

Zunächst wird die Parallelverschiebung beobachtet.

Diese wird erklärt durch die zweifache Brechung, die deutlich im Glaskörper zu sehen ist.

Die Stunde ist geeignet, die Schüler sorgfältiges Protokollieren üben zu lassen. Das Maß der Parallelverschiebung kann jeder Schüler in seiner Zeichnung messen und sollte nicht mehr als maximal 2 mm vom angegebenen Wert abweichen!

Die erforderlichen Eintragungen in die Skizze und die Versuchsdaten sind aufgeführt.

Alternativ zu diesem Stundenablauf, bei dem das Experiment gleich nach seiner Durchführung besprochen wird, ist es denkbar, das nachfolgende Experiment mit dem Prisma gleich anzufügen und die theoretische Besprechung auf die nachfolgende Stunde zu verschieben.

Beim vorgeschlagenen Ablauf wird das Prisma in einer eigenen Stunde deutlicher von der planparallelen Platte abgesetzt.







6 Stunden

Brechung

6. Stunde: Brechung am Prisma mit Schülerexperiment

Das Prisma sollte nicht ausgespart werden, da seine Dispersionserscheinungen bereits auf die Farbenlehre vorbereiten.

Wie üblich ist ein Versuch durchzuführen.

Dabei ist das Auftreten der Spektralfarben auffällig. Es sollte hier nur zur Kenntnis genommen, nicht aber der Versuch unternommen werden, dies bereits zu erklären.

Erwähnenswert sind einige Prismen besonderer Art. Man kann die Folie reduzieren auf die eintreffenden Lichtstrahlen und den weiteren Strahlenverlauf von den Schülern selbst ermitteln lassen. Insbesondere sollte der Strahlenverlauf beschrieben werden, z.B. Ablenkung um 90° bzw. Umkehrung, d.h. Ablenkung um 180° oder Vertauschen bzw. Beibehalten der Strahlenfolge (oben/unten).

Die Unterrichtsreihe zum Thema Brechung kann mit einigen Überlegungen (eventuell als Hausaufgabe) zum Abschluss gebracht werden. Dazu gehört auch eine Folie.







Hinweise zur Arbeit mit diesen Unterrichtseinheiten

Die Unterrichtseinheiten OPTIK sind ausgerichtet auf den Mittelstufenunterricht.

Die vorliegenden Einheiten sind auf insgesamt 41 Stunden angelegt:

OPTIK I (Best. Nr. 3305)

OPTIK 1	. Einführung	1 Stunde
OPTIK 2	. Ausbreitung des Lichts	6 Stunden

OPTIK II (Best. Nr. 3306)

OPTIK 3	Reflexion	6 Stunden
OPTIK 4	Brechung	6 Stunden

OPTIK III (Best. Nr. 3307)

OPTIK 5	Linsen	.9 Stunden
OPTIK 6	. Auge	.3 Stunden

OPTIK IV (Best. Nr. 3308)

OPTIK 7	Optische Geräte	4 Stunden
OPTIK 8	. Farbenlehre	6 Stunden

Die einzelnen Stunden einer Unterrichtseinheit werden in ihrem möglichen Ablauf kurz beschrieben. Die Materialien (Anleitungen bzw. Vorschläge für Experimente, Tafelbilder, Folien, Aufgaben) sind aber so zusammengestellt, daß eine völlige Umgestaltung der Stunden - sowohl ihre inhaltliche Gestaltung als auch den zeitlichen Aufwand betreffend - möglich ist.

In Ergänzung sind zwei Vorschläge für schriftliche Übungen mit Lösungen von jeweils etwa 20 Minuten Dauer beigefügt. Die Übungen behandeln

- 1. Reflexion und Brechung 1
- 2. Reflexion und Brechung 2

Sämtliche Abbildungen auf den Versuchsanleitungen sind der PHYWE-Ausgabe *Physik in Schülerversuchen* (Heidemann/Kelle, Physik in Schülerversuchen, 7. - 10. Schuljahr, Ausgabe A/B, PHYWE (Göttingen) 1978) entnommen. Arbeitet man mit einem anderen Experimentiergerät, so sind die Graphiken leicht ersetzbar durch entsprechende. Die Arbeitsanweisungen können übernommen werden, da sie unabhängig vom Gerätehersteller sind.

Bei zahlreichen Abbildungen finden sich Hinweise und graphische Elemente, die über die eigentliche Abbildung gelegt sind und somit bei Bedarf leicht verändert oder entfernt werden können. In zahlreichen Fällen sind Graphikelemente auch gruppiert, so dass diese Gruppierung vor einer eventuellen Bearbeitung zunächst aufgehoben werden muss. Die Abbildungen selbst sind durchweg so weit zu vergrößern, dass sie auch als Folien ausgedruckt werden können.

Für die Schüler ist ein separates Inhaltsverzeichnis beigefügt, das sie nach Abschluss dieser Unterrichtsreihe in ihre Mitschrift einkleben können.

Korrektur-, Verbesserungs- oder Ergänzungsvorschläge können Sie gerne über den Verlag an mich richten!

Bei der Arbeit mit diesen Unterrichtseinheiten zur Elektrik wünsche ich Ihnen und Ihren Schülern viel Spaß!





Übersicht über die Unterrichtseinheiten Best. Nr. 3305 - 3308

und die zu ihnen jeweils vorgeschlagenen Stundeninhalte

OPTIK I – Best. Nr. 3305

OPTIK 1:	Einführung
1 Stunde:	Einführung
OPTIK 2:	Ausbreitung des Lichts
1. Stunde:	Einführung
2. Stunde:	Die optische Abbildung: Einführende Betrachtungen
3. Stunde:	Die optische Abbildung: Schülerversuch
4. Stunde:	Die optische Abbildung; Abbildungsmaßstab
5. Stunde:	Schatten: Kernschatten und Halbschatten
6. Stunde:	Schatten: Sonnen- und Mondfinsternis

Optik II – Best. Nr. 3306

ptik II – Best. Nr. 3	3306
OPTIK 3:	Reflexion
1. Stunde:	Reflexion am ebenen Spiegel: Schülerversuch
2. Stunde:	Reflexion am ebenen Spiegel: Reflexionsgesetz
3. Stunde:	Hohl- und Wölbspiegel: Schülerversuch
4. Stunde:	Hohl- und Wölbspiegel: Strahlengang
5. Stunde:	Hohl- und Wölbspiegel: Bildentstehung
6. Stunde:	Hohl- und Wölbspiegel: Zusammenfassung
OPTIK 4:	Brechung
1. Stunde:	Einführung
2. Stunde:	Brechung: Schülerversuch
3. Stunde:	Brechungsindex
4. Stunde:	Totalreflexion
5. Stunde:	Planparallele Platte: Schülerversuch
6. Stunde:	Prisma: Schülerversuch

Optik III – Best. Nr. 3307

OPTIK 5:	Linsen
1. Stunde:	Einführung
2. Stunde:	Konvexlinsen: Schülerversuch
3. Stunde:	Konvexlinsen: Strahlengang
4. Stunde:	Konkavlinsen: Schülerversuch
5. Stunde:	Konkavlinsen: Strahlengang
6. Stunde:	Linsengleichung: Schülerversuch
7. Stunde:	Linsengleichung
8. Stunde:	Zusammenfassung
9. Stunde:	Linsensysteme und Dioptrie
	*







Literaturverzeichnis zur Optik

Stand: Juni 2003

Neben diversen Schulbüchern und CD-Rom zum Physikunterricht - die bekannten Schulbuchverlage bieten teilweise auch Aufgabensammlungen mit Lösungen an - wurde die folgende Literatur eingesehen bzw. hinzugezogen:

FACHZEITSCHRIFTEN (gesichtet ab 1990)

(Naturwissenschaften im) Unterricht - Physik

Themenhefte:

Das Auge, Heft 56 (2/2000), hg. Otto Ernst Berge

Fotografie, Heft 11 (1/92), hg. Otto Ernst Berge

Freihandversuche, Heft 10 (1991), hg. Wolfgang Bleichroth

Lochkamera, Heft 68 (2/2002), hg. Otto Ernst Berge

Physikalische Zaubereien, Heft 43 (1/98), Berge, Ernst Otto

Solarenergie – thermische Nutzung, Heft 61 (1/2001), hg. Otto Ernst Berge und Ralph Hepp

Spiegel, Heft 4 (4/92), hg. Hartmut Wiesner

Artikel:

Aeschlimann, Uli: **Werkstatt-Unterricht zum Thema "Spiegel"**, Heft 37 (1/97), S.15-19 Auer, Elisabeth: **Sektion von Rinderaugen - Erfahrungen aus dem Optikunterricht**, 1 (1/90), S.29-31:

Berge, Otto Ernst: Lichtmessung, Heft 47 (5/98), S. 17-24

Berge, Otto Ernst: Freihandversuche mit Linsen, Heft 57 (3/2000), S.7-12

Dullinger-Stopper, Kirsten: Newton contra Huygens. Der Gelehrtenstreit als Rollenspiel, Heft 49 (1/99), s.32-33

Erb, Roger: **Ein Bild vom Mond**, Heft 29 (4/95), S.23-27

Hepp, Ralph: Schulversuche mit polarisiertem Licht, Heft 45 (3/98), S.24-28

Heyder, Wolfgang: Freihandversuche aus Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik, Heft 10 (5/91), S.28-34

Kerbler, Klemens, Ludwig Murtinger, Christine Rötzer und Erna Swoboda: Naturwissenschaften spielerisch erleben. Physik, Chemie und Biologie - eine fächerübergreifende Arbeitsgemeinschaft, Heft 46 (4/98), S.38-40

Korthaase, Sven und Otto Ernst Berge: **Die verschwundene Münze**, Heft 47 (5/98), S.45 Löffler, Jürgen und Martin Volkmer: **Untersuchung einer Fresnel-Linse**, Heft 35 (5/96), S.17-22

Marhenke, Erhard: **Spiegel im Spiegel – gespiegelt. Das Kaleidoskop und andere Spiegeleien**, Heft 59 (5/2000), S.12-19

Mikelskis, Helmut: **Die Polarität von Umweltbildung im Physikunterricht**, Heft 33 (3/96), S.35-39

Mikelskis, Helmut: **Behandlung der optischen Reflexion mit der Simulationssoftware** "phenOpt", Heft 48 (6/98), S.46-48

Müller, Wieland: Die solare Strahlung. Durch Physik und Medizin neue Einsichten in unsere Umwelt gewinnen, Heft 33 (3/96), S.29-34

van Nek, Ralf: Konvex, Konkav & Co. Eine selbst bestimmte Erarbeitung der Lichtbrechung an optischen Objekten, Heft 66 (6/2001), S.37-39





Raebiger, Christoph: Was lehren uns des Mondes Licht- und Schattenphänomene? Ein früher Schritt irdischen Maßes in den Weltraum, Heft 20 (5/93), S.14-20

Scheibler, Gerd: **Das Fermatsche Prinzip. Computersimulation der Lichtbrechung**, Heft 31 (1/96), S.32-33

Strobl, Franz: Warum ist der Regenbogen rund? Ein Anschauungsmodell, Heft 67 (1/2002), S.40-42

Ulrich, Hans-Jörg: **Anamorphosen. Untersuchungen zur Konstruktion von Zylinderanamorphosen**, Heft 24 (4/94), S.33-36

Vomholz Dieter: Ein Abend am Meer, Heft 29 (4/95), S.18-22

Weber, Thomas und Lutz-Helmut Schön: **Spiegelwelt statt Reflexionsgesetz. Vorschläge zum Anfangsunterricht über Optik**, Heft 60 (6/2000), S.30-36

Wiesner, Hartmut: Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert, Heft 22 (2/94), S.7-15

Praxis der Naturwissenschaften - Physik (PdN-Ph)

Themenhefte:

Der Doppler-Effekt in Astronomie und Physik, Heft 1/48 (1999), hg. K.-H. Lotze

Freihandexperimente, Heft 7/48 (1999), hg. Horst Harreis

Freihandversuche zur Lumineszenz, Heft 6/40 (1991), hg. Walter Südbeck

Lichtquellen. Lichttechnik, Heft 3/40 (1991), hg. Herbert Pientka

Mit der Kamera in der Optik, Heft 4/50 (2001), hg. Heiner Schwarze

Optik im Sekundarbereich I. Konzepte und Materialien, Heft 8/45 (1996), hg. Herbert Pientka

Optische Spektroskopie, Heft 4/52 (2003), hg. M. Vollmer / H. Schwarze

Photographie und Bildmedien, Heft 5/40 (1991), hg. Fritz Langensiepen

Sehen, Heft 5/47 (1998), hg. Horst Harreis

Technische Optik, Heft 1/41 (1992), hg. Herbert Pientka

Versuche mit Lasern, Heft 1/50 (2001), hg. Herbert Pientka

Wellenoptik. Mikrowellen. Sichtbares Licht, Heft 1/39 (1990), hg. Walter Südbeck

Wellenoptik. Konzepte und Materialien, Heft 4/44 (1995), hg. Herbert Pientka

Artikel:

Barth, Michael: **Brechungsgesetz/Lichtmodell: Ein historischer Zugang**, Heft 8/41 (1992), S.18-30:

Barth, Michael: Farbabhängige Brechung am Prisma und Newtons Theorie, Heft 8/41 (1992), S.30-32

Behr, Reinhart: "Magische Bilder", Heft 7/44 (1995), S.43-46

Butt, Regina: **Geometrische Optik und Farbenlehre. Experimentiersysteme**, Heft 2/43 (1994), S.6-9

Colicchia, Guiseppe und Hartmut Wiesner: **Der Augenspiegel im Physikunterricht**, Heft 7/49 (2000), S.7-13

Colicchia, Guiseppe und Hartmut Wiesner: **Einfache Augenmodelle zur Demonstration** der Abbildung im Auge, Heft 8/50 (2001), S.7-13

Euler, M.: Kann man Atome hören oder einzelne Lichtquanten sehen? Physikalische Grenzleistungen von Sinnesorganen, Heft 8/47 (1998), S.17-23

Ganter, Martin: **Das Reflexionsgesetz in perzeptiver Gestalt**, Heft 1/43 (1994), S.28-30 Huhn, Bernd u.a.: **Optische Wahrnehmung. Materialien zum fächerverbindenden Unterricht**, Heft 7/46 (1996), S.29-35

Kuhn, Wilfried: Optische Phänomene der Atmosphäre, Heft 3/46 (1997)





Leisen, Josef: Ein Selbstexperiment zur Lage des Spiegelbildes, Heft 8/40 (1991), S.46-

Müller, Wieland: Sinnesorgane im Test, Heft 7/49 (2000), S.13-18

Oldenburg, Reinhard: Warum ist die Erde braun?, Heft 5/51 (2002), S.44-45

Piffer, Rolf: Optische Elemente aus Götterspeise, Heft 6/42 (1993), S.31-33

Treitz, Norbert: Einige Phänomene und Erklärungsmodelle zum Farbensehen, Heft 3/49 (2000), S.7-10

Wünscher, T., H. Hauptmann und F. Hermann: Welchen Weg geht das Licht?, Heft 5/51 (2002), S.38-43

HANDBÜCHER / LEXIKA

Handbuch des Physikunterrichts, Sekundarbereich I, hg. Helmut Dahncke, Rainer Götz, Fritz Langensiepen: Bd.4/I und 4/II: Optik, Köln (Aulis) 1995

Handbuch der experimentellen Physik, Sekundarbereich II, hg. Nikolaus Barth und Norbert Treitz: Bd.4/I und 4/II: Optik, Köln (Aulis) 1993 und 1992

Große Naturwissenschaftler – Biographisches Lexikon, Fritz Krafft und Adolf Meyer-Albich, Frankfurt am Main (Fischer) 1970

Lexikon der Forscher und Erfinder, hg. Rene Zey, Hamburg (rororo) 1997

Lexikon der Naturwissenschaftler, Heidelberg (Spektrum) 1996

Lexikon der Physik, Heidelberg (Spektrum) 1998-2000

EXPERIMENTELLE LITERATUR

Backe, Hans: Das Physik-Experimentierbuch, Frankfurt am Main (Harri Deutsch) 1987

Heidemann / Kelle: Physik in Schülerversuchen, 7. - 10. Schuljahr, Ausgabe A/B, PHYWE

(Göttingen) 1978

Kratz, Michael: Experimente als Hausaufgaben. Physik, Köln (Aulis) 1993

Labudde, Peter: Alltags-Physik in Schülerversuchen, Bonn (Dümmler) 1996 Labudde, Peter: Erlebniswelt Physik, Bonn (Dümmler) 1993

Mehler-Wagner: Schulversuche zur Physik, Mechanik 1- Kalorik - Optik, Frankfurt am Main

(Diesterweg) 1979

Melenk/Runge: Verblüffende physikalische Experimente, Köln (Aulis) 1988

Physik-Boutique, Unterrichtsanregungen für Lehrkräfte, Freising (Stark-Verlag) 1998

Rentzsch, Werner: Experimente mit Spaß. Optik, Köln (Aulis) 1998

Teichmann, Jürgen; Schreier, Wolfgang; Segre, Michael: Experimente, die Geschichte machten, München (bsv) 1995

Wilke, Hans-Joachim: **Historische physikalische Versuche**, Köln (Aulis) 1987

Wittmann, Josef: Trickkiste, München (bsv), Bd. 1: Experimente, wie sie nicht im Physikbuch stehen (1986); Bd. 2: Verblüffende Experimente zum Selbermachen (1993)

Zeier, Ernst: Physikalische Freihandversuche. Kleine Experimente, Köln (Aulis) 1986

SONSTIGE LITERATUR

Bestenreiner, Friedrich: Der phantastische Spiegel. Quanten, Quarks, Chaos oder Vom Trost, der aus der Formel kommt, München (Moos & Partner) 1989

Escher, M. C.: Calendar 1997, Kempen (te Neues Verlag), Kalenderblatt Dezember

Flachsel, Erwin: Hundertfünfzig Physikrätsel, Stuttgart (Klett) 1991





Heidelberger, Michael und Thiessen Sigrun: **Natur und Erfahrung**. Von der mittelalterlichen zur neuzeitlichen Naturwissenschaft, Reinbek bei Hamburg (Rowohlt) 1981 u.ö. (in der Reihe: Deutsches Museum. Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und Technik)

Mende/Simon: Physik. Gleichungen und Tabellen, München (Heyne) 1976

Mueller, Conrad G., Rudolph, Mae und die Redaktion der Time-Life-Bücher: **Licht und Sehen**, Reinbek bei Hamburg (Rowohlt) 1978 u.ö. (in der Reihe: Das farbige Life-Sachbuch)

O'Hare, Mick: **Was macht die Mücke beim Wolkenbruch?** Neue wunderbare Alltagsrätsel, München (Piper) 2002

Perelmann, J.: Unterhaltsame Aufgaben und Versuche, Thun und Frankfurt/M. (Verlag Harri Deutsch) 1977 (aus dem Russischen)

Perelmann, J.: Unterhaltsame Physik, Thun und Frankfurt/M. (Verlag Harri Deutsch) 1985 (aus dem Russischen)

Sambursky, Shmuel: **Der Weg der Physik - 2500 Jahre physikalischen Denkens**, München (dtv) 1978

Schmidt, Werner: **Arbeitsblätter Optik**, 60 Kopiervorlagen mit Lösungen, Stuttgart (Klett) 1995

Simon, Jens: Dimensionen der Einheiten, Maßstäbe, Magazin der PTB, Heft 1, September 2001 Simon, Jens: Zum Licht, Maßstäbe, Magazin der PTB, Heft 3, Februar 2003

Was ist was? Bd.17: Licht und Farbe, Hamburg (Neuer Tessloff Verlag) 1964

Wertheim, Margaret: **Die Hosen des Pythagoras**. Physik, Gott und die Frauen, München (Piper) 2000

Wie laut war der Urknall? Die schönsten "Fragen der Woche" von GEO.de, Berlin (Rowohlt) 2003

Wiesner, Hartmut u.a.: **Unterricht Physik**, Band 1: Optik I – Lichtquellen, Reflexion (1993); Band 2: Optik II – Brechung, Linsen (1996), Köln (Aulis)

Wolke, Robert L.: **Was Einstein seinem Friseur erzählte.** Naturwissenschaft im Alltag, München (Piper) 2001

Wolke, Robert L.: **Was Einstein seinem Koch erzählte.** Naturwissenschaft in der Küche, München (Piper) 2003

Wolke, Robert L.: Woher weiß die Seife, was der Schmutz ist? Kluge Antworten auf alltägliche Fragen, München (Piper) 2000

Zeier, Ernst: Keine Angst vor Physik, Köln (Aulis) 1984

INTERNET

http://www.augeninfo.de (Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V.)

http://www.dgii.org/patient/glaukom.html (Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation und Refraktive Chirurgie)



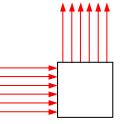


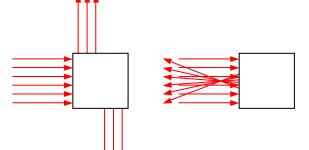
Name:

Reflexion und Brechung (1)

Datum: Note:

 In den nebenstehenden Bildern sind die Spiegel durch einen Kasten (black box) verdeckt. Zeichne in jeden Kasten den bzw. die fehlenden Spiegel und den vollständigen Strahlengang ein!

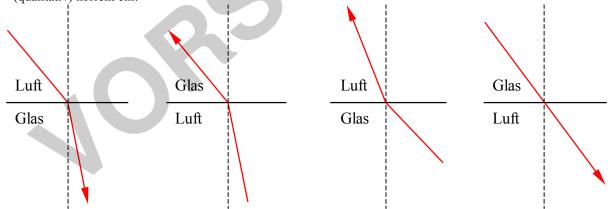




2. Kreuze die richtigen Aussagen über die Reflexion von Lichtstrahlen am Hohlspiegel an.

Bei Reflexion an einem Hohlspiegel...

- () ...wird ein Parallelstrahl zu einem Brennstrahl.
- () ...wird ein Mittelpunktstrahl wieder zu einem Mittelpunktstrahl.
- () ...vereinigt sich jedes Bündel von Parallelstrahlen im Brennpunkt.
- () ...vereinigt sich jedes Bündel von Parallelstrahlen im Mittelpunkt.
- 3. Ein Gegenstand ist 1,5 cm hoch. Er steht 10 cm vor einem Hohlspiegel. Konstruiere (auf der Rückseite dieses Blattes) das Bild des Gegenstandes, das durch diesen Hohlspiegel mit einer Brennweite von 3,5 cm erzeugt wird! Bestimme die Größe des Bildes und seine Entfernung vom Hohlspiegel! Benenne Art und Lage des Bildes!
- 4. In den folgenden Abbildungen sind einige Strahlenverläufe nach der Brechung falsch eingezeichnet. Zeichne sie (qualitativ) korrekt ein!





Spiegelbild



Physik regional 3/95







Versuch Name:

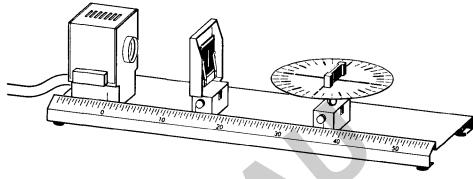
Reflexionsgesetz Datum:

Materialien: optische Bank Fassung mit Haltemagnet

Experimentierleuchte Spalt (einfach) aufsteckbarer Blendenhalter Linse + 150

ebener Spiegel optische Scheibe

Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

- 1. Die Experimentierleuchte ist an die Ausgänge 1 und 2 anzuschließen!
- 2. Auf die Position 0 cm ist die Experimentierleuchte, auf Position 15 cm die Linse + 150 und auf Position 37 cm die optische Scheibe zu stellen.
- 3. Auf die Linse ist von hinten der Blendenhalter mit dem einfachen Spalt in senkrechter Lage zu stecken.
 - Der ebene Spiegel ist wie oben abgebildet auf die optische Scheibe zu legen!
- 4. Zunächst ist der Aufbau so einzurichten, dass der Lichtstrahl in sich reflektiert wird.
- 5. Die optische Scheibe ist dann so zu drehen, dass der Lichtstrahl unter den unten angegebenen Winkeln auf den ebenen Spiegel trifft; gleichzeitig ist der Winkel zu notieren, unter dem der Lichtstrahl reflektiert wird.

Der Winkel ist jeweils zu beziehen auf die schwarze Linie (optische Achse) aus Punkt 4!

Messprotokoll:

Einfallswinkel α	Reflexionswinkel α'
0°	
5°	
10°	
15°	
20°	

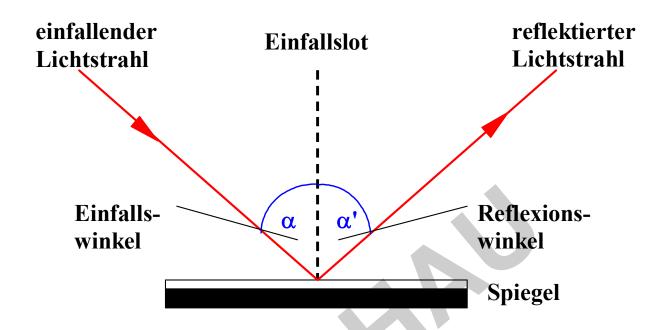
Versuchsauswertung:	s. Physikheft

Einfallswinkel α	Reflexionswinkel α'
25°	
30°	
45°	
60°	
80°	









Reflexionsgesetz:

Einfallswinkel α = Reflexionswinkel α '

Einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl liegen in einer Ebene senkrecht zum Spiegel.

Bei der Reflexion ist der Lichtweg umkehrbar.





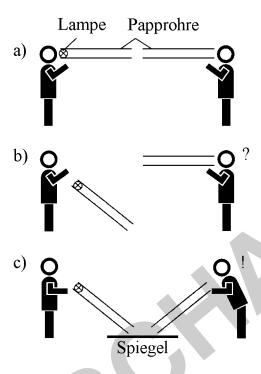


Experiment: Reflexionsgesetz mit Pappröhren

Versuchsziel:

Das Reflexionsgesetz wird mit einem Freihandversuch erarbeitet bzw. überprüft.

Versuchsaufbau/-zubehör:



Versuchsdurchführung:

- a) Zwei Schüler halten wie dargestellt jeweils eine Pappröhre, wie sie zum Versand oder zur Aufbewahrung etwa von Postern benutzt werden.
 - In das Ende der einen Röhre wird eine Lampe eingebracht, die der eine Schüler mit der offenen Pappröhre erkennen kann.
- b) Nun senkt der andere Schüler mit der Lampe in der Pappröhre diese auf einen Spiegel ab
- c) Damit der erste Schüler die Lampe wieder erkennen kann, muss er seine Pappröhre ebenfalls auf den Spiegel absenken, und zwar im gleichen Winkel wie der andere Schüler.

Versuchserklärung:

Das Licht wird am Spiegel reflektiert, wobei der Winkel des einfallenden Lichts (Einfallswinkel) gleich dem Winkel des reflektierten Lichts (Reflexionswinkel) ist.

Versuchsergebnis:

Es gilt das Reflexionsgesetz. (cf. gesonderte Folie)

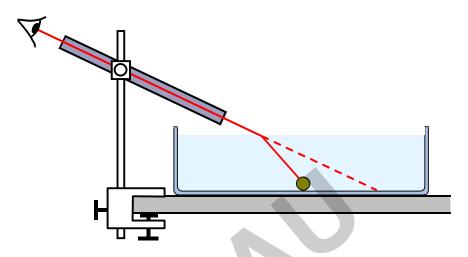






Die Brechung wird im Experiment deutlich gemacht.

Versuchsaufbau/-zubehör:



Versuchsdurchführung:

Man bitte Schüler, das Rohr so einzurichten, dass man mit der eingeführten

Stativstange den Gegenstand (etwa eine Münze) trifft.

Zunächst werden viele Schüler das Rohr wie abgebildet einrichten, so dass der Gegenstand verfehlt wird.

Versuchserklärung:

Auf Grund der Brechung muss das Rohr deutlich stärker geneigt werden,

da das Licht an dem Übergang Luft – Wasser gebrochen wird.

Ursache ist die unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts; im optisch dichteren Medium Wasser ist diese geringer als in der optisch

dünneren Luft.

Versuchsergebnis:

Beim Übergang von einem Medium in ein anderes wird ein Lichtstrahl

gebrochen.

Anmerkung:

Man benutze zur Veranschaulichung das Modell zur Lichtbrechung, das durch die Folie Brechung demonstriert wird.

Eine Achse mit zwei Rädern rollt schräg von einem glatten Untergrund auf einen anderen rauen Untergrund. Das Rad, das den rauen Untergrund als erstes berührt, wird abgebremst. Dadurch erfährt die Achse eine Drehung hin zum langsameren Rad, bis auch das zweite Rad den rauen Untergrund erreicht. Die Drehbewegung der Achse ist beendet, es erfolgt wieder reine Translation, allerdings in etwas anderer Richtung als zuvor.

Eine Gegenüberstellung dieses Modells mit der wirklichen Situation beim Licht gibt die beigefügte Übersicht.

Als Röhre kann gut eine Zeltstange verwendet werden, durch die eine Stativstange geschoben werden kann!

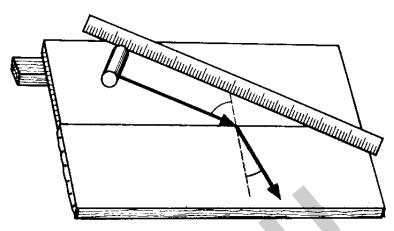






Die Brechung wird im Freihandversuch erläutert.

Versuchsaufbau/-zubehör:



Ernst Zeier, Physikalische Freihandversuche - Kleine Experimente, Köln (Aulis) 1986, S. 164

Versuchsdurchführung:

Eine Holzplatte wird zur Hälfte mit Samt beklebt und durch Unterlegen eines Holzkeils oder dergleichen zu einer schiefen Ebene gestaltet.

In eine Kartonrolle steckt man eine kurze Stativstange und lässt diese dann die schiefe Ebene hinunter rollen.

Beim Übergang von der mit Samt bespannten Unterlage auf die freie Holzplatte ändert die Rolle ihre Richtung.

Die Richtungsänderung ist abhängig davon, ob sich die Rolle zunächst auf dem mit Samt bespannten Teil oder dem Holzteil befand.

Versuchserklärung:

Der oben dargestellte Übergang ist zu beobachten, wenn die untere Hälfte des Brettes mit Samt ausgelegt ist. Diese Situation entspricht dem Übergang von einem optisch dünneren zu einem optisch dichteren Medium. Die Brechung erfolgt zum Einfallslot hin.

Dreht man das Brett so um, dass die untere Hälfte glatt ist, simuliert man den Übergang von einem optisch dichteren zu einem optisch dünneren Medium. Die Brechung erfolgt vom Einfallslot weg.

Versuchsergebnis:

Ein Lichtstrahl wird beim Übergang von einem Medium in ein anderes gebrochen.

Anmerkung:

Die Totalreflexion kann in diesem Modell nicht veranschaulicht werden.



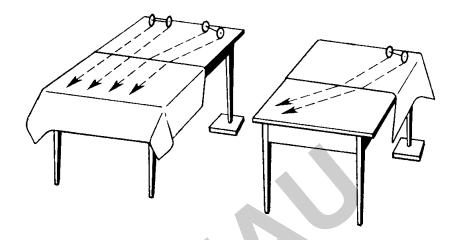




Die Brechung wird im Freihandversuch erläutert.

Zudem wird ihre Abhängigkeit vom Einfallswinkel demonstriert.

Versuchsaufbau/-zubehör:



J. Perelman, Unterhaltsame Physik, Frankfurt/M. (Verlag Harri Deutsch) 1985, S.330, Bild 175

Versuchsdurchführung:

Ein Tisch wird durch Unterlegen von Keile schief gestellt.

Eine Hälfte des Tisches wird mit einem Tischtuch oder dergleichen bespannt.

Lässt man eine Achse (etwa eines Modelleisenbahnwaggons) über die Ebene rollen, ändert sie beim Übergang zwischen dem bespannten und unbespannten Teil ihre Richtung.

Rollt die Achse senkrecht die schiefe Ebene hinunter, ist keine Richtungsänderung zu beobachten.

Dagegen wird die Richtungsänderung um so größer, je schräger die Achse zunächst rollte.

Versuchserklärung:

Es tritt eine Richtungsänderung auf, weil eines der Räder auf Grund des veränderten Untergrundes eine andere Geschwindigkeit erhält als das andere Rad der selben Achse.

Versuchsergebnis:

Trifft ein Lichtstrahl senkrecht auf den Übergang zwischen zwei Medien, findet keine Brechung statt.

Die Brechung ist um so stärker, je größer der Winkel ist, mit dem ein Lichtstrahl auf den Grenzübergang zwischen den Medien trifft.

Anmerkung:

Die Totalreflexion kann in diesem Modell nicht veranschaulicht werden.





Vergleich zum obigen Modellversuch

Modell Licht

Entsprechungen

Achse	Lichtstrahl	
glatte Oberfläche	optisch dünnes Medium	
raue Oberfläche	optisch dichtes Medium	
große Geschwindigkeit auf glatter Unterlage	Lichtgeschwindigkeit groß im optisch dünnen	
	Medium	
kleine Geschwindigkeit auf rauer Unterlage	Lichtgeschwindigkeit klein im optisch dichten	
	Medium	
keine Ablenkung bei senkrechtem Auftreffen	keine Ablenkung bei senkrechtem Auftreffen	
auf Grenzschicht	auf Grenzschicht	
Ablenkung bei schrägem Auftreffen	Ablenkung bei schrägem Auftreffen	
• beim Übergang rau - glatt vom Lot	• beim Übergang optisch dichter -	
weg	optisch dünner vom Lot weg	
	• beim Übergang optisch dünner -	
• beim Übergang glatt - rau zum Lot hin	optisch dichter zum Lot hin	

Unterschiede

konstante Geschwindigkeit	konstante Geschwindigkeit
nur bei Energiezufuhr	immer
Energieentwertung größer	Energieentwertung gleich
auf rauer Unterlage	in optisch dichtem und dünnem Medium

in Anlehnung an: Naturwissenschaften im Unterricht 6 (1995), S.12





Warum kommt es zur Brechung?

Es gilt das Fermatsche Prinzip (gefunden von Fermat 1601 – 1665), wonach Licht den Weg mit der kürzesten Zeit nimmt.

Dass dieser Weg nicht der kürzeste Weg ist, macht die folgende Darstellung deutlich.

Erkennt die Frau am Strand die bedrohliche Situation des Schwimmers, der zu ertrinken droht, wird sie diesen in kürzester Zeit zu erreichen suchen.

- Sie könnte auf direktem Weg zum Schwimmer gelangen wollen. Dazu muss sie zunächst ein Stück über den Sand laufen und dann schwimmen. (roter Weg)
- Da sie aber im Vergleich zum Laufen auf dem Sand langsam schwimmt, könnte sie auch eine möglichst kurze Strecke zu schwimmen versuchen, indem sie weiter über den Sand läuft. (lila Weg)
- Der rascheste Weg aber besteht in einem Kompromiss: eine etwas längere als die direkte Strecke über den Sand laufen und eine etwas längere als die kürzeste Strecke durchs Wasser schwimmen. (grüner Weg)







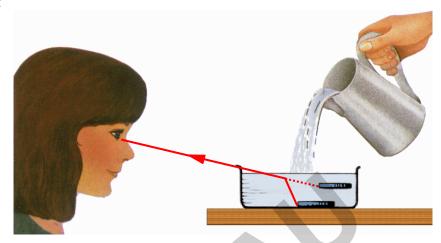






Die Brechung wird im Freihandversuch anschaulich gemacht.

Versuchsaufbau/-zubehör:



Versuchsdurchführung:

Auf den Boden oder den Rand einer Tasse wird eine Münze gelegt bzw. geklebt, so dass diese bei seitlichem Blick in die Tasse gerade nicht sichtbar wird.

Gibt man nun Wasser in die Tasse, so wird die Münze plötzlich sichtbar.

Versuchserklärung:

Auf Grund der Brechung wird das Licht beim Übergang von Luft in Wasser gebrochen, so dass ein Gegenstand sichtbar wird, der in der geraden Verbindung Auge – Gegenstand durch den Tassenrand eigentlich nicht

Ursache ist die unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts; im optisch dichteren Medium Wasser ist diese geringer als in der optisch dünneren Luft.

Versuchsergebnis:

Mittels Brechung kann ein Gegenstand sichtbar werden, der eigentlich

Anmerkung.

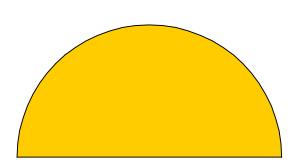








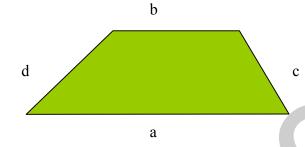
Glaskörper für Schülerversuche



halbrunder Glaskörper

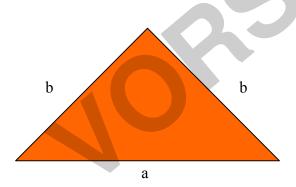
$$r = 3.5 \text{ cm}$$

 $d = 7.0 \text{ cm}$



planparallele Platte

a = 7 cm b = 3,4 cm c = 2,6 cm d = 3,2 cm



rechtwinkliges Prisma

a = 7 cmb = 5 cm





Name:

Datum:

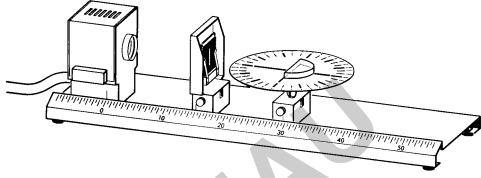
Brechung des Lichts

Materialien: optische Bank

Experimentierleuchte aufsteckbarer Blendenhalter halbkreisförmiger Glaskörper Fassung mit Haltemagnet

Spalt (einfach) Linse + 150 optische Scheibe

Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

- 1. Die Experimentierleuchte ist an die Ausgänge 1 und 2 anzuschließen!
- 2. Auf die Position 0 cm ist die Experimentierleuchte, auf Position 15 cm die Linse und auf Position 30 cm die optische Scheibe zu stellen.
- 3. Auf die Linse ist von hinten der Blendenhalter mit dem einfachen Spalt in senkrechter Lage zu stecken. Der halbkreisförmige Glaskörper ist wie oben abgebildet auf die optische Scheibe zu legen.
- 4. Zunächst ist der Aufbau so einzurichten, dass der Lichtstrahl genau auf der Mittelachse verläuft und senkrecht auf den Glaskörper trifft [Einfallswinkel 0°].
- 5. Sodann ist die optische Scheibe so zu drehen, dass in 10°-Schritten der Einfallswinkel bis 90° vergrößert wird. Einfallswinkel und Brechungswinkel sind in der Tabelle festzuhalten!
- 6. Nunmehr ist der Glaskörper so auf die optische Scheibe zu legen, dass der Lichtstrahl zunächst auf die gekrümmte Fläche trifft und den Glaskörper dann durch die ebene Fläche verlässt.
- 7. Die Aufgaben [4] und [5] sind zu wiederholen!

Messprotokoll:

1. Teil

Einfalls-	Brechungs-	Einfalls-	Brechungs-
winkel α	winkel β	winkel α	winkel β
0°		50°	
10°		60°	
20°		70°	
30°		80°	
40°		< 90°	

2. Teil

7. 1 CH		_		
Einfalls-	Brechungs-		Einfalls-	Brechungs-
winkel β	winkel α		winkel β	winkel α
<i>0</i> °			50°	
10°			60°	
20°			70°	
30°			80°	
40°			< 90°	

Versuchsauswertung: s. Physikheft







David Brewster 1781 - 1868



Abb. aus Lexikon der Physik, s.v. Brewster

Sir David Brewster wurde am 11.12.1781 in Jedburgh in Schottland geboren.

Er verdiente seinen Lebensunterhalt als Privatgelehrter.

Seit 1815 war er Mitglied der Royal Society in London, deren Vizepräsident er später wurde.

In St. Andrews erhielt Brewster eine Professur.

Seit 1859 war er Rektor an der Universität in Edinburgh.

Dort arbeitete er über Reflexion und Polarisation. Den Brewster-Winkel entdeckte er 1815.

Weitere Arbeiten galten der Mehrfachreflexion sowie der Fluoreszenz.

1816 erfand er das Kaleidoskop.

1836 gelang ihm unabhängig von Wheatstone die Entdeckung des Stereoskops.

David Brewster starb am 10.02.1868 in Allerly bei Melrose in Schottland..







~ 1000 Alhazen formuliert das so genannte Reziprozitätsgesetz. Danach ist der

Lichtweg bei Brechung umkehrbar.

In seinen Formulierungen entspricht dem ganzen Halbraum im optisch dichteren Medium ein verengter Kegel im optisch dünneren Medium.

~ 1600 Kepler überlegt, wie sich die hierbei nicht erfassten flachen Strahlen im

dichteren Medium verhalten.

Er schließt auf die Totalreflexion.

1789 Die Erscheinung der Fata Morgana wird von dem französischen

Ingenieur Monge erklärt, während er Napoleon auf dem Ägypten-

Feldzug begleitet.

Der Grenzwinkel der Totalreflexion wird von dem englischen Physiker

Brewster (1781-1868) entdeckt.

Mathematisch gilt für den Brewsterwinkel: $\tan \alpha = n$.

Tiefere Ursache ist die Polarisation des Lichts bei Reflexion und

Brechung.







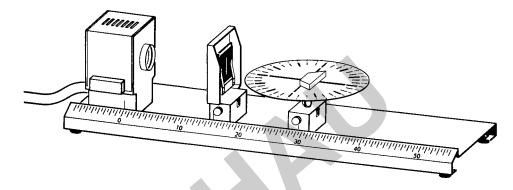
Versuch Name:

Brechung an einer planparallelen Platte

Materialien: optische Bank Fassung mit Haltemagnet

Experimentierleuchte Spalt (einfach) aufsteckbarer Blendenhalter Linse + 150 trapezförmiger Glaskörper optische Scheibe

Versuchsaufbau:



Datum:

Versuchsdurchführung:

- 1. Die Experimentierleuchte ist an die Ausgänge 1 und 2 anzuschließen!
- 2. Auf die Position 0 cm ist die Experimentierleuchte, auf Position 15 cm die Linse und auf Position 30 cm die optische Scheibe zu stellen.
- 3. Auf die Linse ist von hinten der Blendenhalter mit dem einfachen Spalt in senkrechter Lage zu stecken. Der trapezförmige Glaskörper ist wie oben abgebildet auf die optische Scheibe zu legen.
- 4. Zunächst ist der Aufbau so einzurichten, dass der Lichtstrahl genau auf der Mittelachse verläuft und senkrecht auf den Glaskörper trifft [Einfallswinkel 0°].
- 5. Sodann ist die optische Scheibe zu drehen und dabei der Strahlengang unter verschiedenen beliebigen Einfallswinkeln zu beobachten.
- 6. Sodann ist der Aufbau wie in [4] wieder einzurichten, allerdings dieses Arbeitsblatt so auf die optische Scheibe unter den planparallelen (trapezförmigen) Körper zu legen, dass dessen Umriss sowie der Strahlengang bei einem Einfallswinkel von 60° gezeichnet werden kann (Lineal benutzen!).

Versuchsauswertung:

s. Physikheft







