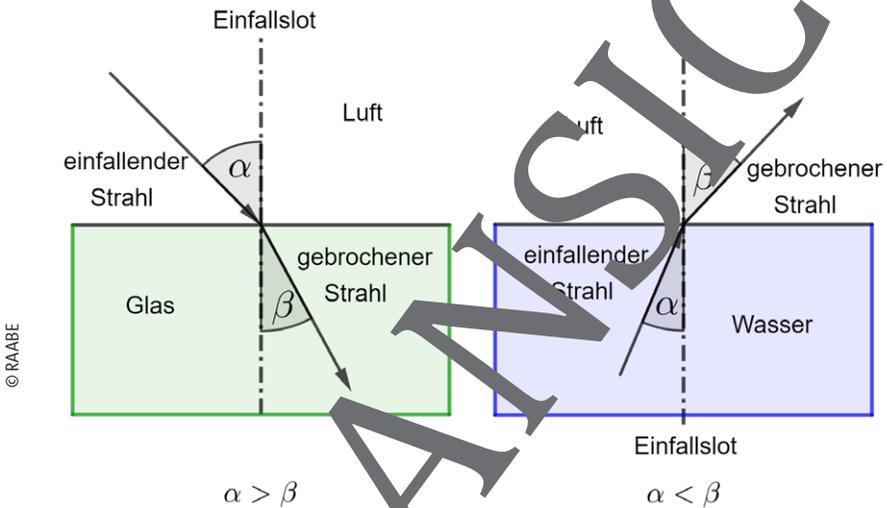


S.3.5

Analytische Geometrie und Physik

Brechung des Lichts – Ein physikalischer Vorgang mathematisch betrachtet

Wolfgang Lübbe



Grafik: Wolfgang Lübbe

Bei der Reflexion des Lichts spielt die Richtungsänderung der Strahlen an einer spiegelnden Fläche die entscheidende Rolle. Dem gegenüber steht die Brechung des Lichts, bei der ebenfalls eine Richtungsänderung der Strahlen erfolgt. Die Ursache für diese Richtungsänderung ist aber im Gegensatz zur Reflexion der Übergang des Lichts von einem Medium in ein anderes, z. B. von Luft in Glas oder Wasser bzw. umgekehrt.

Damit gelten bei der Brechung andere Gesetzmäßigkeiten als bei der Reflexion des Lichts.

Bei der Lösung der Aufgaben zur Brechung spielen trigonometrische Betrachtungen (Winkelberechnungen) beim Übergang des Lichts zwischen optisch unterschiedlichen Medien eine wichtige Rolle.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	10/11/12/13
Kompetenzen:	Mathematisch argumentieren und beweisen, mathematische Darstellungen verwenden, mit symbolischer, formaler und technischen Elementen der Mathematik umgehen, Problemlösekompetenz, Textkompetenz, Zusammenhänge darstellen
Methoden:	Analyse, Bildanalyse, Übung, Experimente und Versuchsaufbau zur Lichtbrechung, Computersimulation, Tafelbild, Unterrichtsgespräch
Thematische Bereiche:	Lichtbrechung, Brechzahl, optisch dünneres/dichteres Medium, Lotgerade, Einfallslot, Einfallswinkel, Brechungswinkel, Winkel-funktionen am rechtwinkligen Dreieck, Grundbeziehungen zwischen den Winkel-funktionen, Rekursionsformeln trigonometrischer Funktionen, Geraden-gleichung

Didaktisch-methodische Hinweise

Lernvoraussetzungen und Ziele

„Brechung des Lichts“ ist ein Schwerpunkt der Optik im Fach Physik. Dieses Thema wird in der Regel in den Klassen 7 und 10 behandelt (Klasse 7 – Grundlagen; Klasse 10 – mathematische Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge).

Die in der Mittelstufe in den Fächern Physik (s. oben) und Mathematik (Klasse 10 – trigonometrische Funktionen und Berechnungen) erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sind unbedingte Voraussetzungen für die Entwicklung einer Lösungsstrategie zur Bearbeitung der in diesem Beitrag gestellten Aufgaben.

Das heißt, die vorgestellten Aufgaben können erst zu einem entsprechenden Zeitpunkt in Klasse 10 oder auch später gelöst werden.

Bei der Realisierung des aus der Strategie entwickelten Lösungsweges lernen die Schülerinnen und Schüler das im Physikunterricht theoretisch und auch praktisch erworbene Wissen mathematisch anzuwenden und zu vertiefen.

Besondere Schwerpunkte sind hierbei die im Mathematikunterricht behandelten trigonometrischen Funktionen Sinus, Kosinus und Tangens sowie die im Physikunterricht kennengelernten Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten beim Übergang des Lichts von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium bzw. umgekehrt.

Niveau

Die Bearbeitung dieser Aufgaben stellt an die Lernenden vor allen Dingen im Grundkurs (teilweise aber auch im Leistungskurs) erhöhte Anforderungen an das Vorstellungsvermögen und an das logische Denkvermögen besonders hinsichtlich der Winkelzusammenhänge (Einfallswinkel, Brechungswinkel) beim Übergang des Lichts an den Grenzflächen unterschiedlicher Medien.

grundlegende Aufgaben	weiterführende Aufgaben
Aufgaben 1 bis 8, 9; 12 und 14	Aufgaben 10; 11; 13; 15; 16 17 bis 24

Einsatz im Unterricht

Um die Aufgaben dieses Themas zu lösen, müssen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten physikalischen und mathematischen Inhalts genutzt werden. Deshalb scheint es erforderlich und sinnvoll, die notwendigen Voraussetzungen im Vorfeld zu schaffen.

Dafür geeignet sind sicher folgende Maßnahmen (einzeln oder im Zusammenhang):

- Vorbereitende Hausaufgabe
 - Wiederholung Thema „Optik“, insbesondere „Brechung“ (siehe **M 1**)
 - Definitionen Sinus, Kosinus und Tangens am rechtwinkligen Dreieck
 - Grundbeziehungen zwischen Winkelfunktionen
 - Rekursionsformeln trigonometrischer Funktionen
- Vortrag zum Thema „Lichtbrechung“ von den Schülerinnen und Schülern
- Experimente zum Thema „Lichtbrechung“, z. B.
 - in einer mit Wasser gefüllten Taube erscheint ein schräg hingestellter Löffel geknickt
 - Licht fällt durch eine planparallele Glasplatte – seitliche Verschiebung der Lichtstrahlen
 - Lichtdurchgang durch Prismen bzw. Linsen

Die Bearbeitung der Aufgaben sollte in Form von Kopien (evtl. mit teilweise vorbereiteten Skizzen) erfolgen.

Wenn der gestellte Lösungsweg jeweils in Einzel- bzw. Partnerarbeit realisiert, so empfiehlt sich zusätzlich das Unterrichtsgespräch zum Setzen von Impulsen für die Entwicklung einer Lösungsstrategie und bei der Bearbeitung schwieriger Lösungsschritte. So können dann alle Lernenden die Zusammenhänge erkennen, ihr Wissen reproduzieren, ihr Vorstellungsvermögen stärken, ihr mathematisch-logisches Denkvermögen entwickeln und letztendlich grundlegende mathematische Lösungsverfahren selbstständig anwenden.

Auch Gruppenarbeit ist möglich. Durch die Vielzahl der Aufgaben besteht die Möglichkeit die Klasse in mehrere Gruppen mit jeweils leistungsstärkeren und -schwächeren Schülerinnen und Schülern zu teilen, die unterschiedliche Aufgaben lösen. Durch entsprechende Vorträge durch die Lernenden werden dann die Lösungswege der ganzen Klasse dargestellt. Dabei notieren sich die Lernenden nur die Lösungen der von ihnen jeweils **nicht** bearbeiteten Aufgaben. In einer nachbereitenden Hausaufgabe können sie dann die dazugehörigen Lösungswege noch einmal selbstständig nachvollziehen. Skizzen des jeweiligen Sachverhalts im Tafelbild unterstützen die Bearbeitung der Aufgaben (insbesondere für leistungsschwächere Jugendliche), stärken das Vorstellungsvermögen und tragen somit zum inhaltlichen Verständnis der Aufgabenstellung bei.

Auf einen Blick

Brechung des Lichts – Ein physikalischer Vorgang mathematisch betrachtet

- | | |
|-----|-------------------------------|
| M 1 | Brechung des Lichts – Theorie |
| M 2 | Aufgaben |

Erklärung zu den Symbolen



einfaches Niveau



mittleres Niveau



schwieriges Niveau

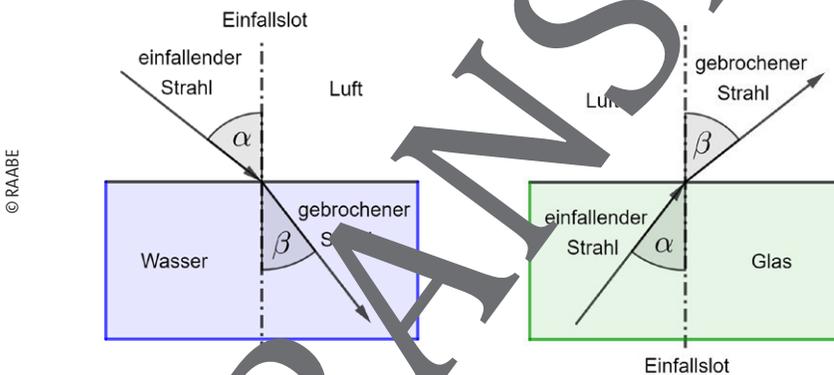
Brechung des Lichts – Theorie

M 1

Grundlagen

Beim Auftreffen von Lichtstrahlen auf die Grenzfläche zweier Medien wird ein Teil des Lichts reflektiert, ein anderer Teil dringt in das zweite Medium ein und wird dabei gebrochen. Die Brechung des Lichts ist die physikalische Erscheinung, bei der Licht beim Übergang von einem Stoff in einen anderen an der Grenzfläche seine Richtung ändert. Dabei liegen der einfallende Strahl, das Einfallslot und der gebrochene Strahl in einer Ebene.

Beim Übergang von einem optisch dünneren Medium (z.B. Luft – Licht hat eine größere Ausbreitungsgeschwindigkeit) in ein optisch dichteres Medium (z.B. Wasser oder Glas – Licht hat eine kleinere Ausbreitungsgeschwindigkeit) wird das Licht zum Einfallslot hin gebrochen, d. h. es ändert seine Richtung zum Einfallslot hin. Umgekehrt wird der Strahl vom Einfallslot weg gebrochen, es erfolgt eine Richtungsänderung vom Lot weg.



Grafiken: Wikipedia/Lübbe

Einfallswinkel α < Brechungswinkel β Einfallswinkel $\alpha <$ Brechungswinkel β

Übergang optisch dünnes Medium \rightarrow optisch dichteres Medium: $\alpha > \beta$

Übergang optisch dichteres Medium \rightarrow optisch dünneres Medium: $\alpha < \beta$

Die optische Dichte eines Mediums ist **nicht** mit der stofflichen Dichte identisch.

Die Ablenkung ist umso größer, je größer der Einfallswinkel ist. Sie wird Null, wenn der Lichtstrahl senkrecht auftrifft.



Bei der Brechung eines Lichtstrahls ist das Verhältnis der Sinuswerte des Einfallswinkels und des Brechungswinkels konstant; ist aber abhängig von der Art der Medien.

Snelliussches Brechungsgesetz:

$$\text{Brechungsverhältnis } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

(Willebrord Snell van Royen 1580–1626; holländischer Physiker; Gesetz 1621/1622 gefunden, aber erst nach seinem Tode vom französischen Philosophen und Naturforscher René Descartes veröffentlicht)

Der französische Physiker Foucault fand heraus, dass das Brechungsverhältnis gleich dem Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten in beiden Medien ist: $n = \frac{c_1}{c_2}$

Lichtdurchgang durch eine planparallele Glasplatte:

Es tritt keine Richtungsänderung, sondern nur eine seitliche Verschiebung der Lichtstrahlen ein, d. h. der gebrochene Strahl wird parallel zu sich selbst verschoben. Die Größe dieser Parallelverschiebung d des Lichtstrahls ist von der Dicke der Glasplatte, der Glasart und vom Einfallswinkel α_1 abhängig.

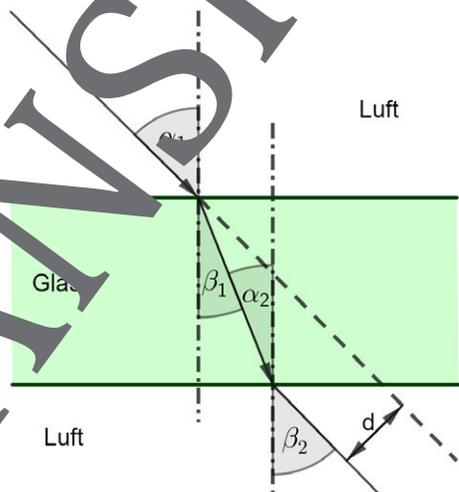
Es gelten:

$$\alpha_1 > \beta_1$$

$$\alpha_2 < \beta_2$$

$$\alpha_1 = \beta_2$$

$$\alpha_2 = \beta_1$$



Grafik: Wolfgang Lübke

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

