

0.3. Brechung und Totalreflexion

0.3.1. Lichtgeschwindigkeit und Brechzahl

Die Lichtgeschwindigkeit c ist abhängig vom Stoff, den das Licht durchdringen muss. Die **Brechzahl n** eines Stoffes gibt das Verhältnis der **Vakuumllichtgeschwindigkeit c** zur Lichtgeschwindigkeit in diesem Stoff an. Zum Beispiel bedeutet die Brechzahl $n = 2,4$ von **Diamant**, dass das Licht im Vakuum 2,4 mal schneller ist als in Diamant: $c = 2,4 \cdot c_{\text{Diamant}}$. Weitere wichtigste Brechzahlen sind $n_{\text{Rubin}} \approx 1,8$; $n_{\text{Glas}} \approx n_{\text{plexiglas}} \approx 1,5$ und $n_{\text{Wasser}} \approx 1,3$

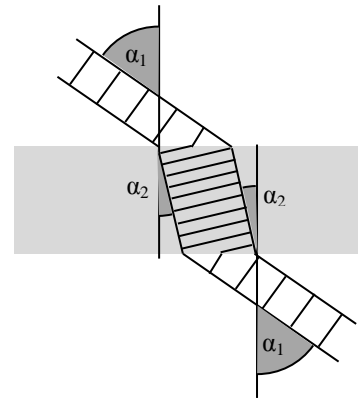
Übungen: Aufgaben zur Brechung Nr. 1

0.3.2. Brechung

Münze und Strohalm im Plastikbecher, Demo mit Laser

Beim schrägen Übergang in einen **optisch dichteren** Stoff mit größerer Brechzahl wird der Lichtstrahl infolge der **Bremswirkung** auf der Innenseite des Strahls in den Stoff hinein abgelenkt. Umgekehrt wird der Lichtstrahl beim schrägen Übergang in den **optisch dünneren** Stoff mit kleinerer Brechzahl infolge der **Beschleunigung** auf der Außenseite des Strahls zur Begrenzungsfläche hin abgelenkt. Für die **Lotwinkel** α_1 und α_2 in den Stoffen mit den Lichtgeschwindigkeiten c_1 und c_2 gilt das

Brechungsgesetz $\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$.



Übungen: Aufgaben zur Brechung Nr. 2 - 5

0.3.3. Totalreflexion

Hohes wassergefülltes Becherglas auf Schrift, Demo mit Laser

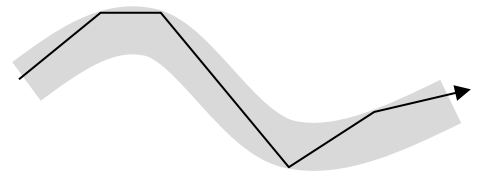
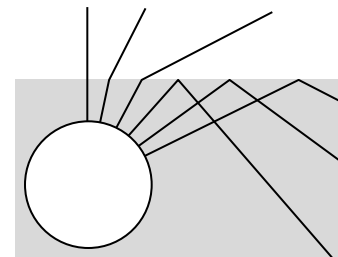
Erreicht der Lotwinkel im optisch dünneren Stoff den Wert $\alpha_1 = 90^\circ$, so kann der Lichtstrahl den optisch dünneren Stoff nicht mehr verlassen und wird **total reflektiert**. Der dazugehörige Lotwinkel $\alpha_2 =$

$\sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$ im optisch dichteren Stoff heißt **Grenzwinkel**. Die

wichtigsten Grenzwinkel bezogen auf Luft sind $\alpha_{\text{Wasser}} = 49^\circ$, $\alpha_{\text{Glas}} = 41^\circ$, $\alpha_{\text{Rubin}} = 34^\circ$ und $\alpha_{\text{Diamant}} = 24^\circ$.

Die optische Wirkung von **Edelsteinen** wie Diamant und Rubin beruht auf der Totalreflexion. Aufgrund ihrer hohen Brechzahl „fangen“ sie das Licht aus der gesamten Umgebung ein und geben es gebündelt wie ein Scheinwerfer nahezu senkrecht zu ihren Begrenzungsflächen wieder ab.

Glasfaserkabel bündeln das über die senkrechte Anschlussfläche eingestrahlte Licht infolge Totalreflexion an den Begrenzungsflächen und geben es erst wieder an der ebenfalls senkrechten Abschlussfläche wieder ab.



Übungen: Aufgaben zur Brechung Nr. 6 - 8

0.3.4. Sammellinsen

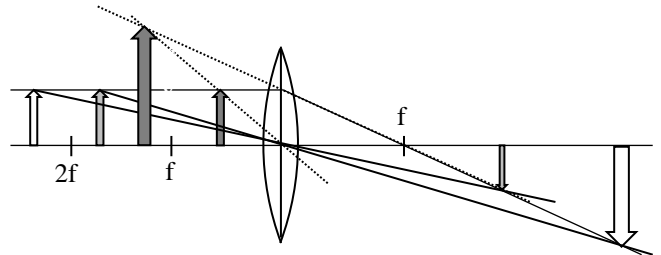
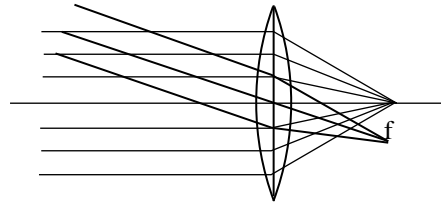
Mit Konvexlinsen kurzer Brennweite experimentieren
 Demonstration mit Laser an Tafel

Die Bilder sphärischer **Konvex-** (**Sammel-**)linsen lassen sich wie bei den entsprechenden Spiegeln mit **Brennpunkt-, Parallel- und Mittelpunktstrahlen** konstruieren. Die Mittelpunktstrahlen gehen anders als bei den Spiegeln durch den **Mittelpunkt der Linse** selbst.

Wie beim Konvexspiegel gibt es je nach Gegenstandsweite g unterschiedliche Wirkungen:

1. $g > 2f$: reelles Bild seitenverkehrt und verkleinert
2. $2f > g > f$: reelles Bild seitenverkehrt und vergrößert
3. $f > g$: virtuelles Bild seitenrichtig und vergrößert

Übungen: Aufgaben zur Brechung Nr. 9 und 10



0.3.5. Zerstreuungslinsen

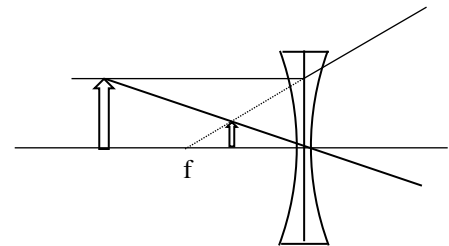
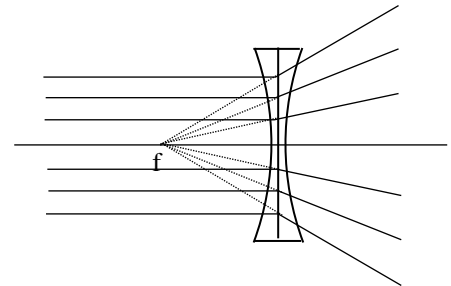
Mit Konkavlinen kurzer Brennweite experimentieren
 Demonstration mit Laser an Tafel

Konkav- (**Zerstreuungs-**)linsen erzeugen virtuelle, aufrechte verkleinerte Bilder.

Übungen: mathe-physik-aufgaben.de:

GP_A0314 (Strahlengang in konkaven Linsen)

GP_A0313 (Brennebene, $f < 0$, konvexkonkave Linsen)



0.3.6. Das Linsengesetz

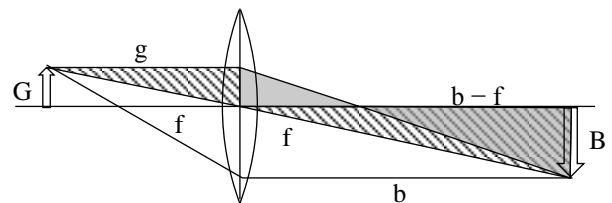
Zur rechnerischen Bestimmung von **Bildweite** b in Abhängigkeit von **Gegenstandsweite** g und **Brennweite** f kann man aus dem **Strahlensatz** die **Linsengleichung** herleiten:

Aus der Ähnlichkeit der schraffierten Dreiecke folgt $\frac{b}{g} = \frac{B}{G}$.

Aus der Ähnlichkeit der gefärbten Dreiecke folgt $\frac{b-f}{f} = \frac{B}{G}$.

Durch Gleichsetzen erhält man $\frac{b}{g} = \frac{b-f}{f} = \frac{b}{f} - 1$.

Division durch b ergibt $\frac{1}{g} - \frac{1}{f} = \frac{1}{b} \Leftrightarrow \boxed{\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}}$



Die Kehrwerte aus Bild- und Gegenstandsweite addieren sich zum Kehrwert der Brennweite.

Der Kehrwert der Brennweite heißt auch **Brechkraft** und wird in **Dioptrien** ($= \text{m}^{-1}$) angegeben.

Das Verhältnis $\frac{b}{g} = \frac{B}{G}$ ist der **Abbildungsmaßstab** der Linse.

Übungen: Aufgaben zur Brechung Nr. 11