

Physik 7

Wochenplan Physik 16. - 20.03.2020

Bearbeite das Arbeitsblatt "Größe und Entfernung von Gegenständen".

Deadline: 23.03.2020

Wochenplan Physik 23 - 27.03.2020

Bearbeite das Arbeitsblatt "Brechung von Licht".

Deadline 27.03.2020

Wochenplan Physik 30.03 - 3.04.2020

Bearbeite das Arbeitsblatt "Bildentstehung einer Lochkamera".

Deadline: 3.04.2020

Viel Erfolg 😊

Größe und Entfernung von Gegenständen

Aus Deiner Erfahrung weißt Du: Gegenstände sehen größer aus, wenn sie nah dran sind. Mit zunehmender Entfernung erscheinen sie uns immer kleiner.

Doch wie kommt es zu diesen unterschiedlichen Eindrücken?

Und woher weiß man, ob ein Gegenstand in der Nähe ist und klein ist oder ob er sich weit entfernt befindet und groß ist?

In den meisten Fällen hilft uns unsere **Erfahrung** sowie der Vergleich zu anderen Gegenständen.

Wenn Du z.B. in der Ferne einen Baum oder ein Gebäude siehst, dann kannst Du aus Deiner Erfahrung und mit Hilfe der anderen Gegenständen um den Baum oder das Gebäude herum auf deren Größe schließen. Und das, obwohl der Baum oder das Gebäude vielleicht genauso groß erscheint wie Dein Bleistift, den Du am ausgestreckten Arm vor Deine Augen hältst.

Der Sehwinkel

Eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Größe eines Gegenstandes spielt der **Sehwinkel**. Darunter versteht man den Winkel zwischen den Verbindungslinien der äußeren Randpunkte eines Gegenstandes und Deinem Auge (s. Skizzen unten). Du kannst Dir diese Verbindungslinien als *Lichtstrahlen* vorstellen, die von den Randpunkten des Gegenstandes ausgehen und Dein Auge erreichen.

Hinweis: *Winkel* werden meist mit Buchstaben aus dem *griechischen* Alphabet bezeichnet (z.B.: α = alpha, β = beta).

Der Sehwinkel

Wie groß ein Gegenstand für uns erscheint, hängt ab

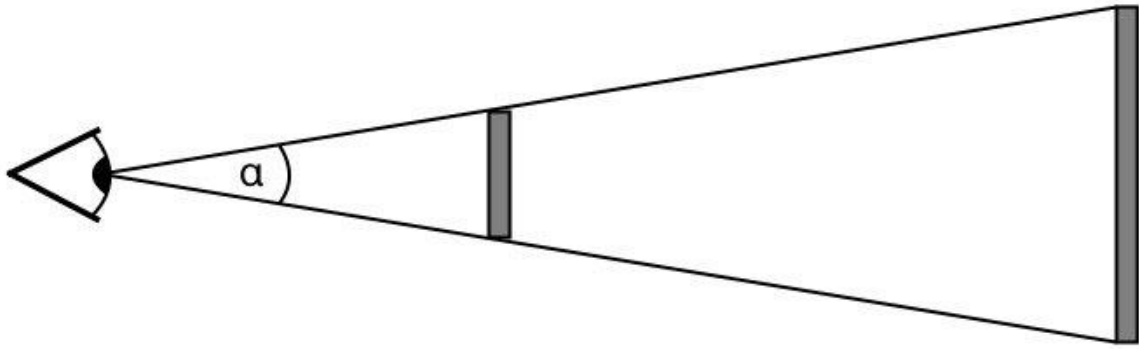
von seiner tatsächlichen **Größe**

von seiner **Entfernung**

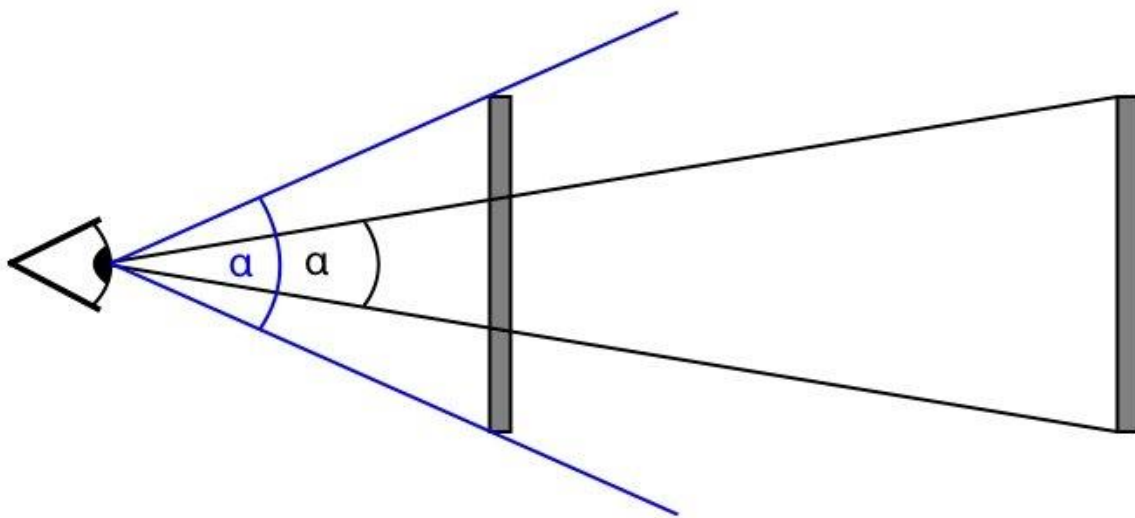
Zwei Gegenstände erscheinen gleich groß, wenn der **Sehwinkel** gleich ist.

Ein kleiner Gegenstand erscheint genauso groß wie ein weiter entfernter größerer Gegenstand, wenn der *Sehwinkel* (in den folgenden Skizzen mit α bezeichnet) gleich ist.

Sind zwei gleichgroße Gegenstände unterschiedlich weit entfernt, so erscheint der näher Gegenstand größer, weil der *Sehwinkel* größer ist.



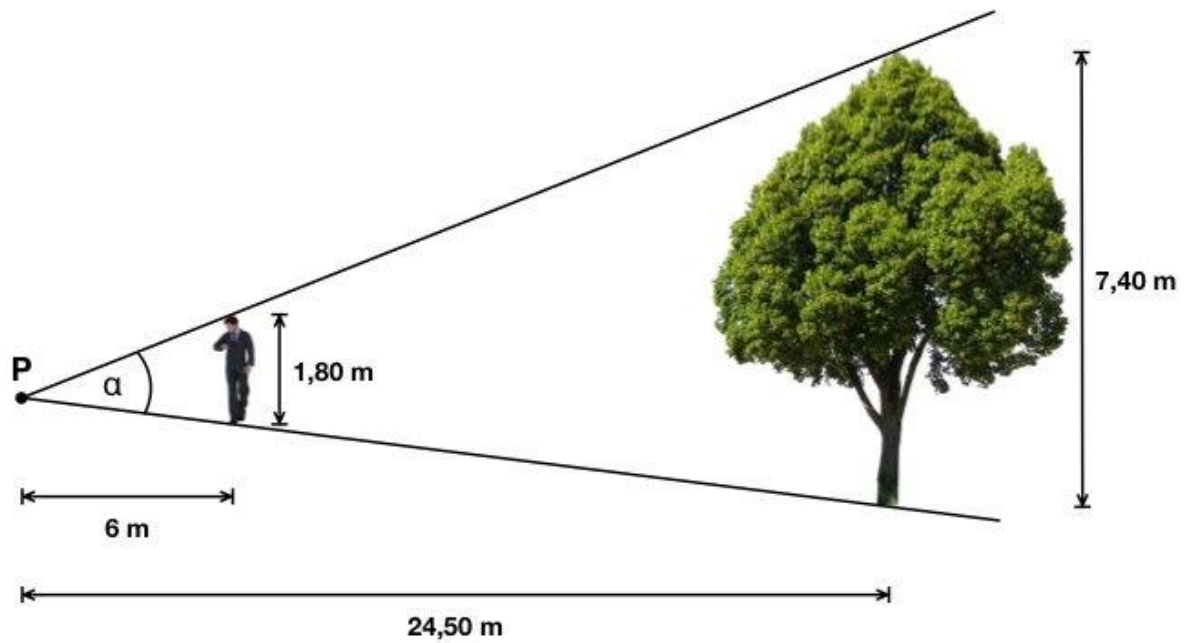
Zwei unterschiedlich große Gegenstände erscheinen gleich groß, wenn der Sehwinkel gleich ist.



Zwei gleich große Gegenstände erscheinen verschieden groß, wenn der Sehwinkel verschieden ist. Der weiter entfernte Gegenstand erscheint kleiner, weil der Sehwinkel kleiner ist.

Beispiel aus dem Alltag:

Von Punkt **P** aus gesehen erscheint die Person in 6 m Entfernung genauso groß wie der Baum, der 24,50 m entfernt ist, obwohl der Baum in Wirklichkeit viel größer ist, denn der *Sehwinkel* ist gleich:



Möchte man vorhersagen, welcher von zwei Gegenständen größer erscheint, lässt sich dies am einfachsten *zeichnerisch* lösen.

Dazu muss man die tatsächliche Größe der Gegenstände sowie ihre Entfernung kennen. Diese können dann in einem geeigneten *Maßstab* (z.B. ein Zentimeter cm oder ein Kästchen im Heft entspricht einem Meter (m) in der Realität) skizziert, anschließend werden Linien von den Randpunkten der Gegenstände bis zum Ort des Betrachters gezogen.

So erkennt man sofort, zu welchem Gegenstand der Sehwinkel größer ist.

Lichtbrechung

Licht kann sich nicht nur in Luft oder im Vakuum (luftleerer Raum), sondern auch in anderen Medien, wie z.B. Wasser oder Glas, ausbreiten. Medien, in denen sich Licht ausbreiten kann, bezeichnet man als *durchsichtig*. Doch wenn Licht in ein anderes Medium eindringt, lässt sich ein besonderes Phänomen beobachten, das man als *Brechung* bzw. *Lichtbrechung* bezeichnet. Dies soll mit Hilfe zweier Versuche demonstriert werden:

Versuch 1:

Eine Münze wird in eine leere Tasse gelegt. Nun schaut man von oben schräg auf die Tasse, so dass die Münze gerade hinter dem Tassenrand verschwunden ist, so dass man sie nicht sehen kann. Dann wird die Tasse mit Wasser gefüllt.

Beobachtung:



Versuch 2:

Ein Lineal, ein Trinkhalm oder ein Stift wird schräg in ein mit Wasser gefülltes Gefäß (Becher, Tasse oder Glas) getaucht. Nun blickt man von oben auf die Wasseroberfläche.

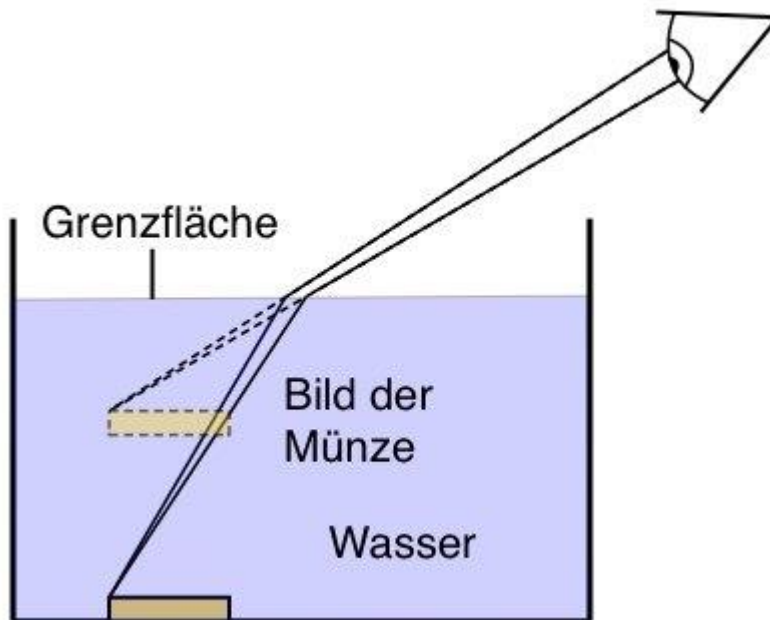
Beobachtung:



Wodurch entsteht dieser Eindruck?

Da wir wissen, dass die Münze in **Versuch 1** nicht angehoben wurde, und das Lineal bzw. der Stift in **Versuch 2** gerade verläuft, handelt es sich um ein *optisches* Phänomen. Wenn ein Gegenstand an einer anderen Stelle erscheint als er wirklich ist, dann liegt dies daran, dass das Licht einen anderen Weg nimmt als gewohnt.

Normalerweise breitet sich das Licht geradlinig aus. Doch an der Grenzfläche zwischen zwei Medien (hier: Wasser und Luft), wird das Licht abgelenkt. Dieses Phänomen bezeichnet man als **Brechung** von Licht. Dadurch, dass wir es gewohnt sind, dass sich Licht immer geradlinig ausbreitet, vermuten wir den Gegenstand an einem anderen Ort – so als käme das Licht von dort aus geradlinig in unser Auge:

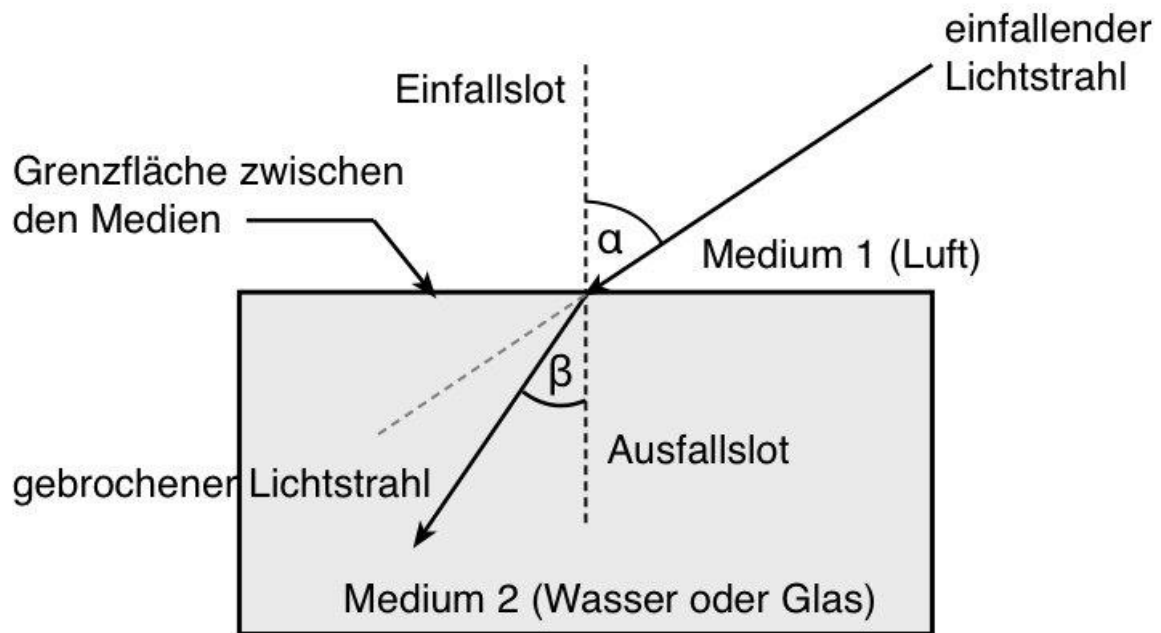


Das Licht wird an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft **gebrochen**. Die Münze erscheint dadurch an einem anderen Ort, als sie tatsächlich liegt.

Lässt man ein schmales Lichtbündel *schräg* in ein mit Wasser gefülltes Becken oder einen Quader aus Glas bzw. Plexiglas einfallen, so sieht man, dass das Licht an der Grenzfläche abknickt und die Richtung ändert. Man sagt, das Licht wird gebrochen (s.o.). Der Winkel gegenüber dem **Einfallslot**, mit dem es sich im Wasser oder Glas ausbreitet, wird **Brechungswinkel β** genannt. Dieser ist *kleiner* als der **Einfallswinkel α** . Man sagt, das Licht wird **zum Lot** hin gebrochen.

Tritt das Licht **senkrecht** auf die Grenzfläche ($\alpha = 0^\circ$), so tritt **keine Brechung** auf. Das Lichtbündel verläuft weiter in der ursprünglichen Richtung.

Übergang eines Lichtbündels beim Eintritt in Wasser oder Glas



Ein Lichtbündel wird beim Übergang von Luft in ein anderes optisches Medium **zum Lot hin gebrochen**.

Was bedeutet optisch dichter bzw. optisch dünner?

Luft und Glas bzw. Wasser, also verschiedene *optische Medien*, haben offensichtlich unterschiedliche optische Eigenschaften, obwohl sie alle lichtdurchlässig sind. Die Ursache für die Brechung ist, dass sich das Licht in verschiedenen optischen Medien unterschiedlich schnell ausbreitet.

Optische Medien werden als *optisch dichter* bzw. als *optisch dünner* im Vergleich zu anderen optischen Medien bezeichnet:

Das Medium, in dem der **kleinere** der beiden **Winkel** liegt, wird als **optisch dichter** bezeichnet.

(Die Lichtgeschwindigkeit in diesem Medium ist *kleiner*.)

Das Medium, in dem der **größere Winkel** liegt, wird als **optisch dünner** bezeichnet.

(Die Lichtgeschwindigkeit in diesem Medium ist *größer*.)

Aus den Versuchen ergibt sich also: **Wasser und Glas sind optisch dichter als Luft.**

Auch bei der Brechung gilt: Der Lichtweg ist umkehrbar

Die Umkehrbarkeit des Lichtweges gilt auch bei der Brechung.

Das bedeutet: Geht das Licht von einem optisch dichteren (Wasser oder Glas) in ein optisch dünneres Medium (Luft) über, so wird es **vom Lot weg gebrochen**. Der *Brechungswinkel* β wäre dann **kleiner** als der *Einfallswinkel* α .

Daraus ergibt sich folgender Zusammenhang:

Brechung beim Übergang in ein anders optisches Medium

Beim Übergang **von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium** wird das Licht **zum Lot hin** gebrochen.

Der **Brechungswinkel β** ist **kleiner** als der **Einfallswinkel α** .

Beim Übergang **von einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium** wird das Licht **vom Lot weg** gebrochen.

Der **Brechungswinkel β** ist **größer** als der **Einfallswinkel α** .

Auf die Frage, welches Medium optisch dichter bzw. dünner ist, gilt natürlich anders herum:

Wird das Licht beim Übergang von *Medium 1* in *Medium 2* **zum Lot hin** gebrochen, so ist *Medium 2* **optisch dichter**.

Wird das Licht beim Übergang von *Medium 1* in *Medium 2* **vom Lot weg** gebrochen, so ist *Medium 2* **optisch dünner**.

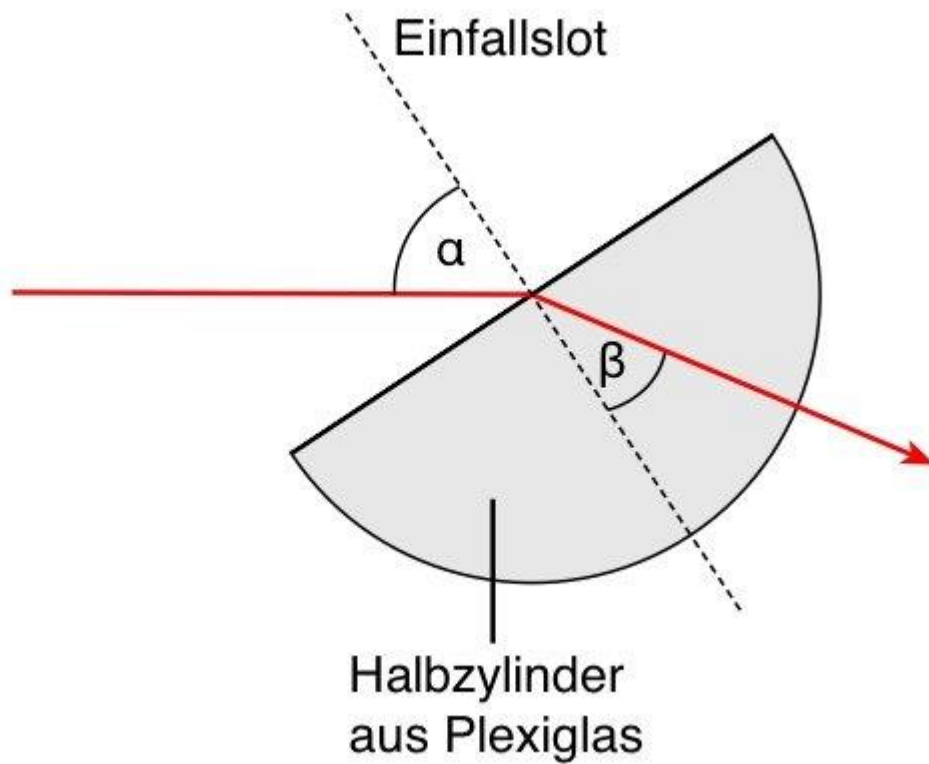
Zusammenhang zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel

Wenn das Licht in ein anderes Medium übergeht, so wissen wir, dass der Brechungswinkel sich gegenüber dem Einfallswinkel ändert. Doch wie groß ist der Brechungswinkel, und wovon hängt er ab?

Um diese Frage zu klären, lässt man ein Lichtbündel unter verschiedenen Einfallswinkel in ein optisch dichteres Medium fallen, und misst jeweils den Einfallswinkel sowie den Brechungswinkel. Die gemessenen Werte werden in eine *Tabelle* eingetragen.

Anschließend werden in einem *Diagramm* Einfallswinkel und Brechungswinkel gegeneinander aufgetragen.

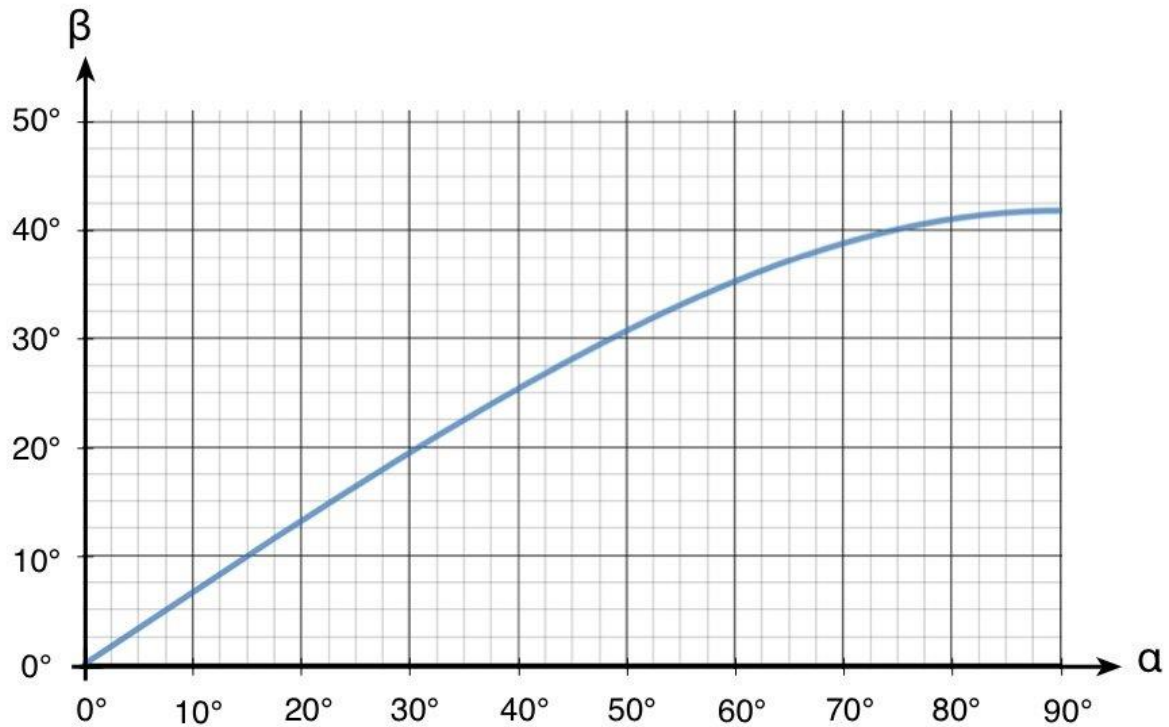
Für diesen Versuch eignet sich besonders gut ein **Halbzylinder aus Plexiglas**. Man lässt das Licht auf der geraden Seite einfallen, so dass man den Einfallswinkel mit Hilfe einer Winkelscheibe einfach ablesen kann. Auf der runden Seite tritt das Licht ohne Brechung (also ohne Richtungsänderung) wieder hinaus, weil es auf diese Grenzfläche stets *senkrecht* trifft (s.o.). So lässt sich auch der Brechungswinkel einfach ablesen:



Bei diesem Versuch stellt man fest, dass die Richtungsänderung des Lichtbündels umso stärker ist, je größer der Einfallswinkel ist, also je schräger das Licht auf die Oberfläche trifft. Die Messwerte für 8 verschiedene Einfallswinkel sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Der Einfallswinkel kann natürlich nicht 90° oder größer sein, da dann kein Licht mehr auf die Grenzfläche treffen würde.

Einfallswinkel α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Brechungswinkel β	$6,6^\circ$	$13,2^\circ$	$19,5^\circ$	$25,4^\circ$	$30,7^\circ$	$35,3^\circ$	$38,8^\circ$	41°

Stellt man den Brechungswinkel in Abhängigkeit vom Einfallswinkel in einem Diagramm dar, so ergibt sich folgender Verlauf:



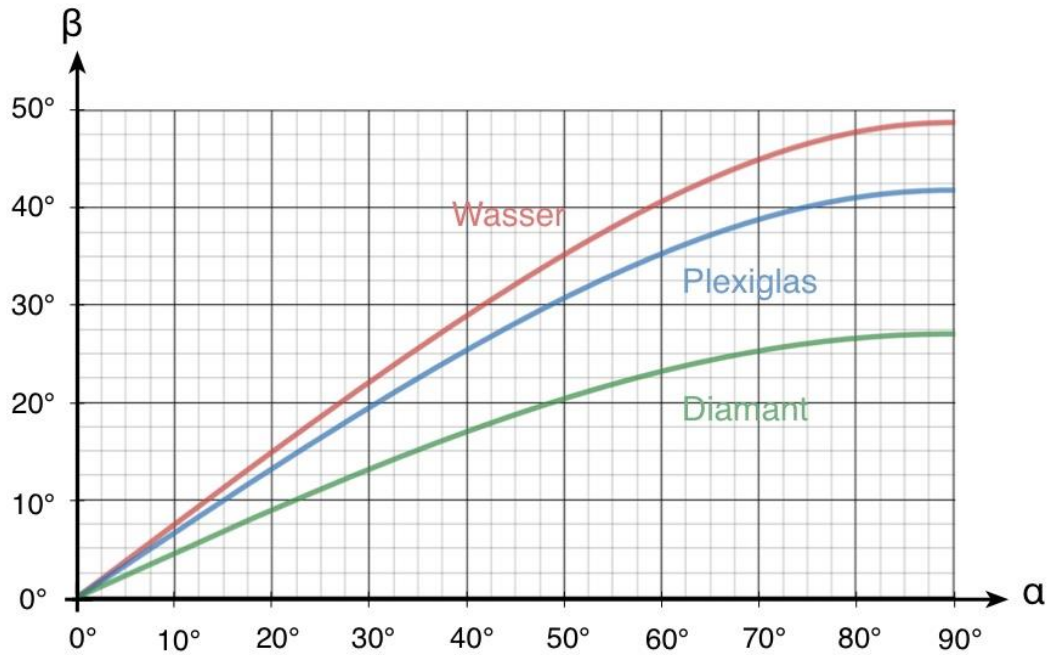
Brechungswinkel β in Abhängigkeit vom Einfallswinkel α

Man erkennt, dass der Zusammenhang zwischen Brechungs- und Einfallswinkel nicht proportional ist. Je größer der Einfallswinkel ist, umso stärker nimmt der Brechungswinkel zu.

Im Diagramm ist die Kurve bis zum (theoretisch maximal möglichen) Einfallswinkel von $\alpha = 90^\circ$ verlängert. Man erkennt: Auch der Brechungswinkel β nähert sich einem Höchstwert, den er nicht überschreiten kann. Dieser maximal mögliche Brechungswinkel hängt von den optischen Medien ab. Man bezeichnet ihn als **Grenzwinkel β_g** . In diesem Beispiel (Übergang von Luft in Plexiglas) beträgt der Grenzwinkel β_g ca. 42° .

Info:

Würde man den Versuch mit einem anderen optischen Medium (statt Plexiglas *Wasser* oder *Diamant*) durchführen, so würde man für die gleichen Einfallswinkel andere Brechungswinkel messen. Der Verlauf des Diagramms sieht ähnlich aus, ist jedoch flacher oder steiler:



Je größer die optische Dichte des zweiten Mediums ist, umso flacher verläuft die Kurve, da das Licht dann stärker gebrochen wird und der Brechungswinkel bei gleichem Einfallswinkel *kleiner* ist.

Mit Hilfe des Diagramms lässt sich für jeden beliebigen Einfallswinkel der zugehörige Brechungswinkel ablesen, auch für Winkel, die wir gar nicht gemessen haben.

Außerdem lässt sich das Diagramm auch umgekehrt verwenden:

Beim umgekehrten Lichtweg, also beim Übergang von Plexiglas (optisch dichter) nach Luft (optisch dünner), wäre der Brechungswinkel **größer** als der Einfallswinkel. Vertauscht man die Achsen, so lässt sich der Brechungswinkel auch für den umgekehrten Lichtweg ablesen.

Beim umgekehrten Lichtweg wird man feststellen: Für den Fall, dass der Einfallswinkel größer ist als der Grenzwinkel von ca. 42° , kann man gar keinen Brechungswinkel mehr ablesen.

Doch was passiert, wenn man ein Lichtbündel unter einem größeren Winkel auf die Grenzfläche Plexiglas \rightarrow Luft treffen lässt? Wir wollen dies in einem Versuch herausfinden. Statt Plexiglas verwenden wir Wasser, aus dem das Licht einer Lampe von unten auf die Wasseroberfläche trifft.

Versuch:

Eine Lampe mit einer Blende mit mehreren Schlitzen erzeugt unter Wasser mehrere schmale Lichtbündel, die unter verschiedenen Winkeln von unten auf die Wasseroberfläche treffen:



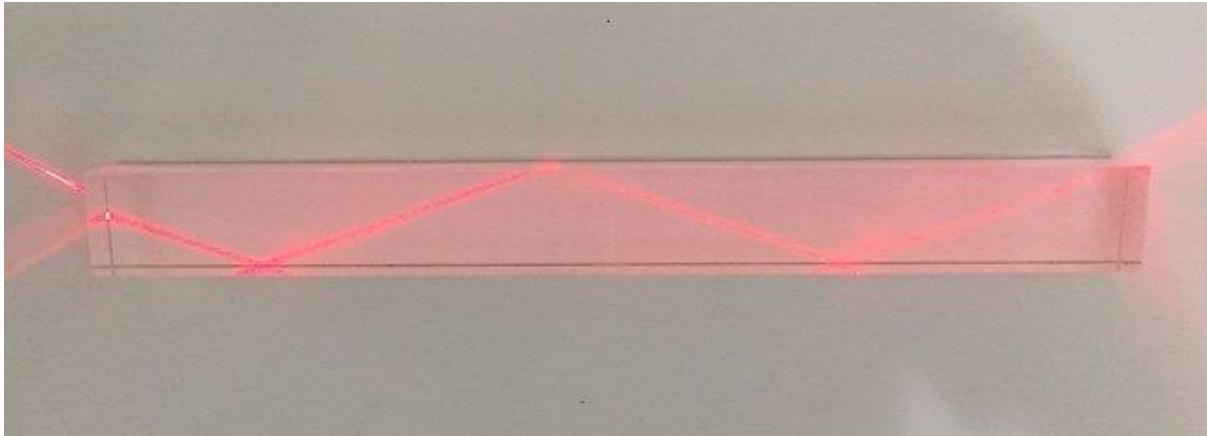
Beobachtung:

Totalreflexion

Wenn Licht von einem optisch dichteren Medium in ein optisch dünneres Medium übergeht, dann wird das Licht *vom Lot weg* gebrochen – der Brechungswinkel ist *größer* als der Einfallswinkel.

Ist der Einfallswinkel größer als der *Grenzwinkel*, verlässt kein Licht mehr das optisch dichtere Medium. Das Licht wird an der Grenzfläche total reflektiert, man spricht von **Totalreflexion**.

Das folgende Bild zeigt, wie das Licht eines Lasers innerhalb eines Plexiglasstabes immer wieder total reflektiert wird. An jeder Grenzfläche zwischen Plexiglas und Luft ist der *Grenzwinkel zur Totalreflexion* überschritten:



Dieses Phänomen wird in sogenannten *Lichtleitern* genutzt. Diese bestehen aus **Glasfasern**. Darin wird das Licht weitergeleitet und tritt erst am Ende wieder aus – auch wenn die Glasfasern gebogen werden.

Optische Abbildungen mit einer Lochblende

Mit Hilfe einer Lochblende lassen sich einfache optische Abbildungen erzeugen. Das ist die Funktion einer sogenannten **Lochkamera**.

Um dies zu zeigen, führen wir folgenden Versuch durch:

Versuch:

Eine Kerze wird vor eine kleine (runde) Lochblende gestellt. Dahinter befindet sich ein Schirm, der das Licht, welches durch die Lochblende gelangt, auffängt.

Beobachtung:

Der Lichtfleck auf dem Schirm ist nicht rund, sondern hat die Form der Kerzenflamme. Offensichtlich entsteht auf dem Schirm ein *Bild* der Kerzenflamme. Das Bild der Kerzenflamme steht jedoch auf dem Kopf.

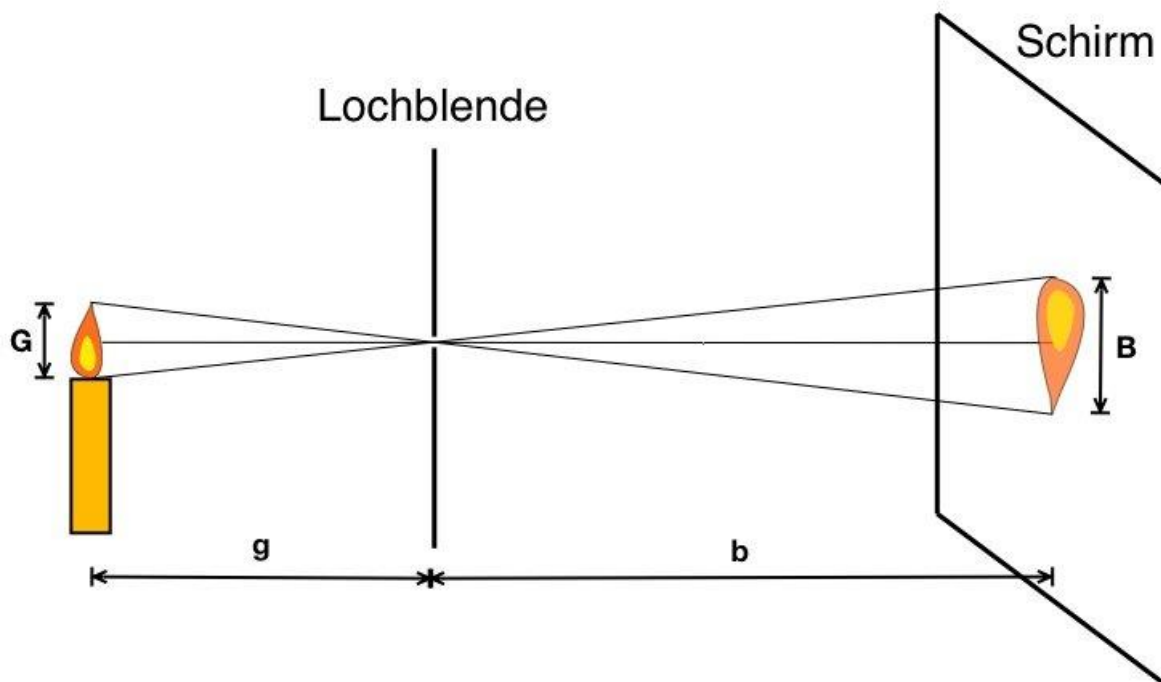
Wird das Loch vergrößert, so wird das Bild heller aber unschärfer.

Wird der Abstand zwischen Kerze und Lochblende *verkleinert* oder der Abstand zwischen Lochblende und Schirm *vergrößert*, so *vergrößert* sich das Bild.

Erklärung:

Um die Entstehung des Bildes und die genannten Zusammenhänge zu erklären, zeichnen wir den Strahlengang durch die Lochblende.

Dazu wählen wir *drei Lichtstrahlen*, die von der Kerzenflamme ausgehen, aus (die beiden *Randstrahlen* sowie einen Lichtstrahl aus der Mitte der Kerzenflamme), und schauen, in welchen Punkten diese Lichtstrahlen auf den Schirm gelangen:



Wir erkennen, dass das Licht von jedem Punkt der Kerzenflamme genau auf einem Punkt auf dem Schirm gelangt.

Wird die Lochblende größer, so gibt es für jeden Lichtstrahl vom Gegenstand (Kerzenflamme) mehrere mögliche Wege durch die Lochblende zum Schirm. Das Licht eines Gegenstandspunktes wird also nicht eindeutig in einem Punkt auf dem Schirm abgebildet; das Bild wird *unscharf*.

Bildentstehung mit einer Lochblende

Es entsteht ein scharfes Bild, wenn jedem Gegenstandspunkt eindeutig ein Bildpunkt zugeordnet werden kann.

Wir bezeichnen den Abstand zwischen Gegenstand (Kerzenflamme) und Lochblende als **Gegenstandsweite g** sowie den Abstand zwischen Lochblende und Bild (auf dem Schirm) als **Bildweite b** .

Die Größe des Gegenstandes wird als **Gegenstandsgröße G** , die Größe des Bildes als **Bildgröße B** bezeichnet.

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Gegenstandsgröße und der Bildgröße?

Natürlich wird das Bild umso größer, je größer der Gegenstand ist.

Außerdem haben wir gesehen, dass die Bildgröße von der *Gegenstandsweite* sowie der *Bildweite* abhängt.

Der Abbildungsmaßstab

Das Verhältnis zwischen **Bildgröße B** und **Gegenstandsgröße G** wird als **Abbildungsmaßstab A** bezeichnet.

Der Abbildungsmaßstab sagt uns, wieviel mal größer (oder kleiner) das Bild gegenüber dem Gegenstand ist.

Beispiel: Ist das Bild doppelt so groß wie der Gegenstand (also **2-mal** so groß), so ist der Abbildungsmaßstab **$A = 2$** .

Für den **Abbildungsmaßstab A** gilt also:

Teilt man die Bildgröße durch die Gegenstandsgröße, so erhält man den Abbildungsmaßstab.

Mit Hilfe von Versuchen oder durch Anwendung des Strahlensatzes ergibt sich, dass das Verhältnis zwischen Bildgröße und Gegenstandsgröße genauso groß ist wie zwischen Bildweite und Gegenstandsweite.

Es gilt also:

Da dieses Verhältnis gleich dem *Abbildungsmaßstab A* ist (s.o.), gilt folgender Zusammenhang:

Abbildungsmaßstab an einer Lochblende

Für den **Abbildungsmaßstab A** an einer Lochblende gilt:

Dabei ist:

B Bildgröße

G Gegenstandsgröße

b Bildweite

g Gegenstandsweite

Eine Anordnung aus einer Lochblende und einem Schirm in einem Gehäuse wird als **Lochkamera** bezeichnet. Die Lochkamera bietet die einfachste Möglichkeit, eine optische Abbildung eines Gegenstandes zu erhalten.

Bereits im Mittelalter wurden dunkle Kammern (*Camera obscura*) mit einem Loch auf der einen und einer Leinwand auf der anderen Seite benutzt, um Abbildungen von Landschaften etc. zu erzeugen und diese nachzuzeichnen.

Eine Lochkamera kannst Du auch ganz einfach selbst bauen.

Eine Bauanleitung für eine Lochkamera findest Du z.B. [hier](#)!