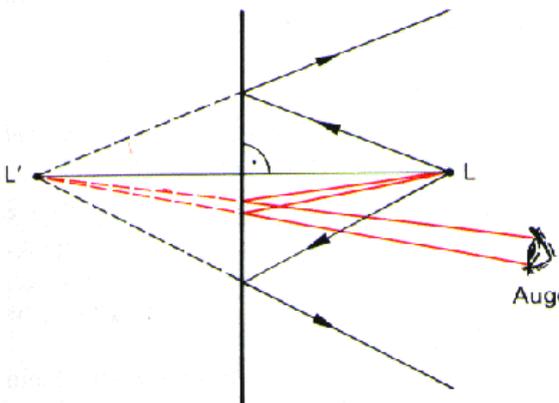


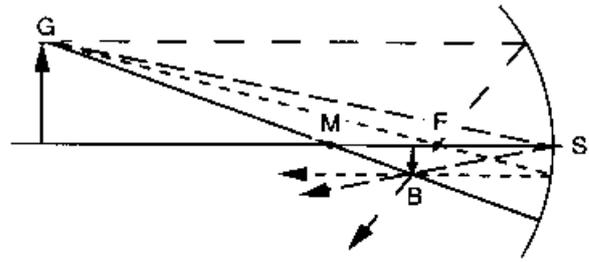
Thema: OPTIK 7.Klasse

1) Reflexion und Brechung

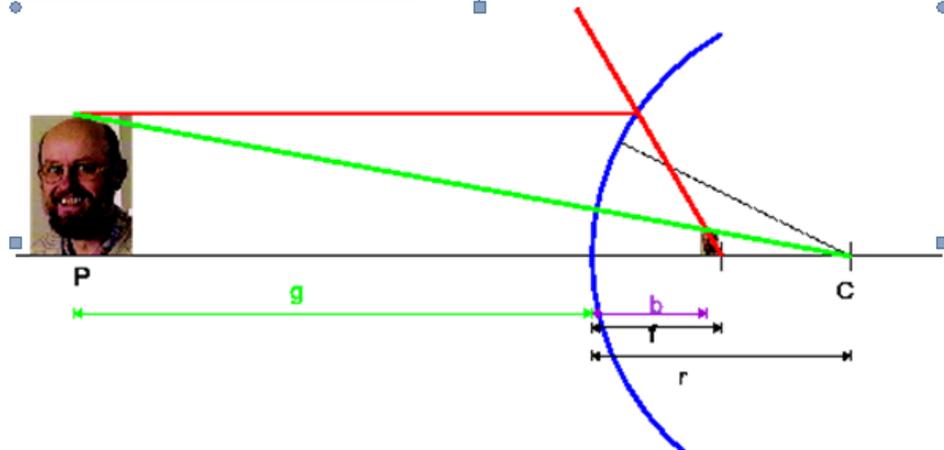
<p>3 Methoden zur Messung der Lichtgeschwindigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Römer • Fizeau • Foucault 	<p>Der dänische Astronom Ole Römer entdeckte bereits 1676 bei Beobachtungen der Jupitermonde, dass der zeitliche Abstand zwischen den Verfinsterungen anwuchs, wenn sich die Erde vom Jupiter entfernte. Damit konnte Römer die Lichtgeschwindigkeit zu 214.000–300.000 km/s bestimmen (berechnet mit 1400 bzw. 1000 s verfrühte Verfinsterung des Mondes).</p> <p>Die erste irdische Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit gelang Armand Hippolyte Louis Fizeau. Er sandte 1849 Licht durch ein sich drehendes Zahnrad auf einen mehrere Kilometer entfernten Spiegel, der es wieder zurück durch das Zahnrad reflektierte.</p> <p>Je nachdem, wie schnell sich das Zahnrad dreht, fällt das reflektierte Licht, das auf dem Hinweg eine Lücke des Zahnrads passiert hat, entweder auf einen Zahn oder gelangt wieder durch eine Lücke - und nur im letzteren Fall sieht man es. Fizeau kam damals auf einen um 5% zu großen Wert.</p> <p>Léon Foucault verbesserte 1850 die Methode weiter, indem er mit der Drehspiegelmethode die Messstrecken deutlich verkürzte. Damit konnte er erstmals die Materialabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit nachweisen: Licht breitet sich in anderen Medien langsamer aus als in Luft. (aus wikipedia)</p>
<p>Das Reflexionsgesetz</p> <p>Spiegel</p>	<p>Der einfallende Strahl, das Lot auf die Körperoberfläche und der reflektierte Strahl liegen stets in einer Ebene. Der Reflexionswinkel α' ist stets gleich groß wie der Einfallswinkel α</p> <p>Ein Teil des Lichts wird reflektiert, der andere Teil des Lichts wird absorbiert - und so ergeben sich die Körperfarben, da immer bestimmte Farben (= Wellenlängen) absorbiert werden.</p> <p>Mit Hilfe des Reflexionsgesetzes kann man die Spiegel-Abbildungen erklären.</p> <p>1. ebener Spiegel</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Warum sieht man sich im Spiegel seitenverkehrt und wie kann man das korrigieren? ○ Wie groß muss ein Spiegel sein, damit ich mich ganz sehe? ○ Wie weit ist das Spiegelbild hinter dem Spiegel? <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ Gehirn hält Lichtstrahlen für gerade – "verlängert" einfallende Strahlen nach hinten rekonstruiert "Spiegelbild" – virtuelles Bild

2. Hohlspiegel (konkav) – Rasierspiegel

Welche Bilder entstehen bei dem Hohlspiegel, wenn der Mensch außerhalb der doppelten Brennweite ist?
 Welche Bilder entstehen, wenn der Mensch innerhalb der einfachen Brennweite ist?



3. Wölbspiegel (konvex [wie der Buckel der HEX]) – Verkehrsspiegel, Autospiegel, Spiegelteleskop



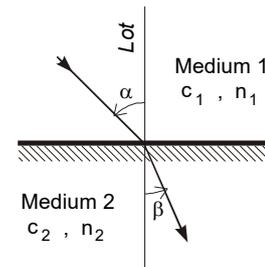
Welche Bilder entstehen beim Wölbspiegel?

Das Brechungsgesetz

Brechung: Knickung der Lichtstrahlen beim Übergang vom optisch dünneren Medium (Luft, Vakuum) ins optisch dichtere Medium (Wasser, Glas) – Brechung zum Lot.

Ebenso umgekehrt (Brechung vom Lot)

An der Grenzfläche zweier Medien wird ein Lichtstrahl nicht nur reflektiert, sondern er tritt mit einem Teil seiner Energie in anderer Richtung in das neue Medium über, er wird gebrochen.

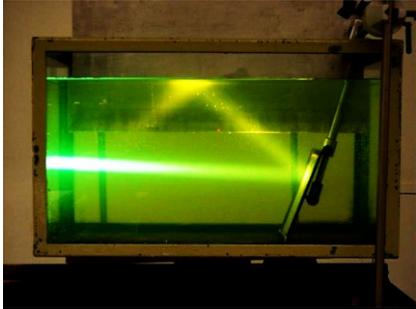


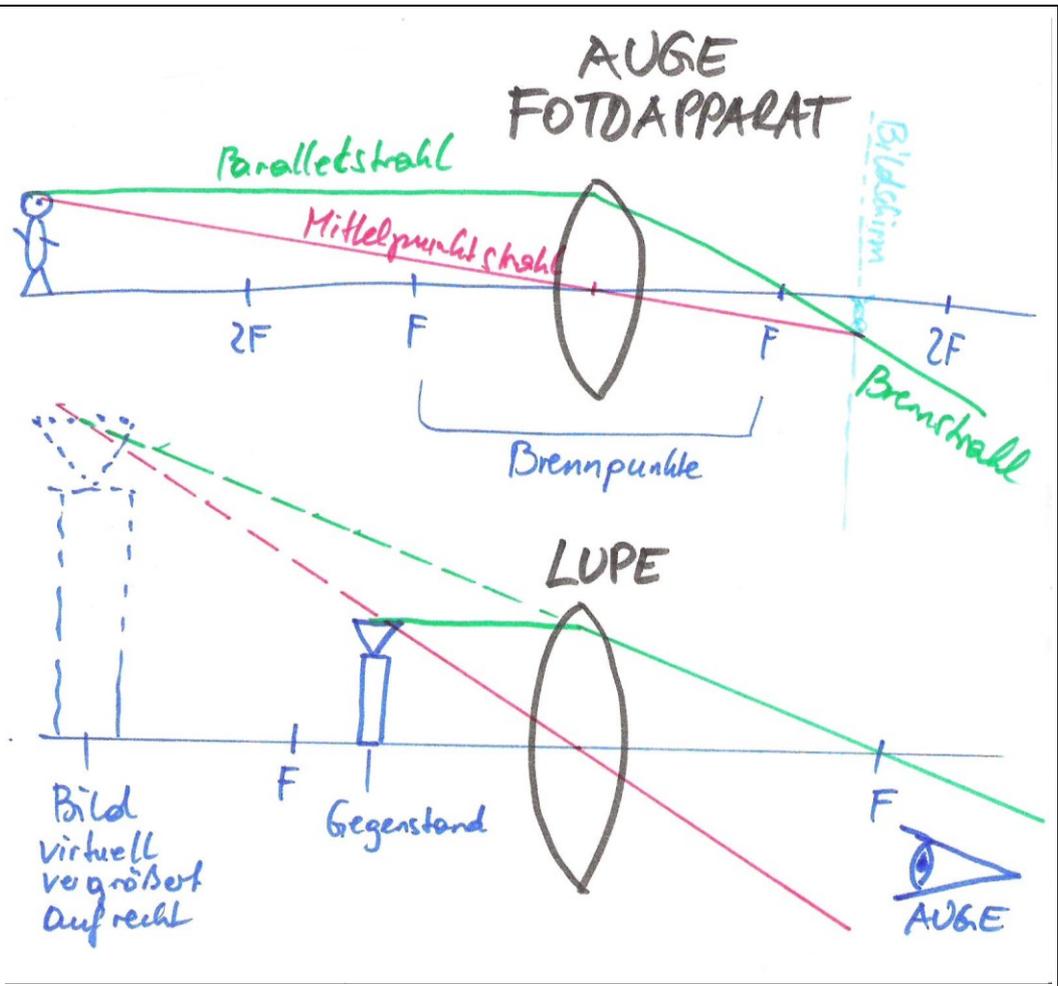
- α Einfallswinkel
- β Brechungswinkel
- c_1 Lichtgeschwindigkeit im Medium 1
- c_2 Lichtgeschwindigkeit im Medium 2
- ($c_{\text{Glas}} \approx 200\,000 \text{ km/s}$)
- n_1, n_2, \dots Brechzahlen

Dabei gilt das **Brechungsgesetz von Snellius:**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{1,2}$$

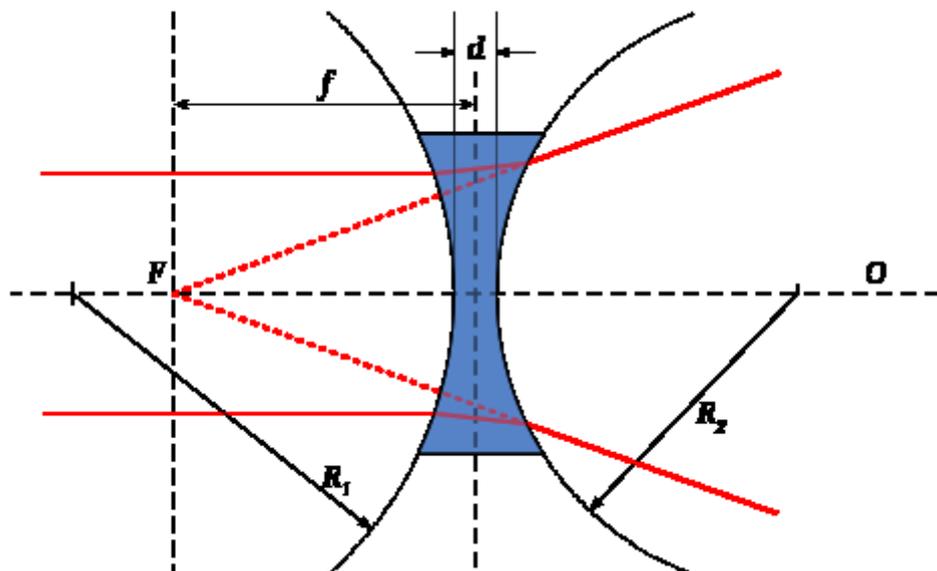
Es gilt das **Fermat'sche Prinzip:** Der Lichtweg verläuft so, dass ein zeitlich möglichst kurzer Weg entsteht (Minimal-Prinzip)

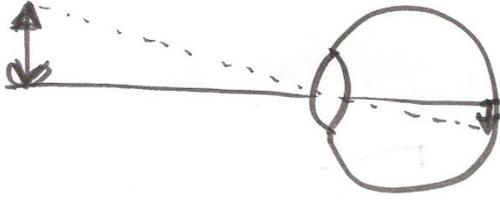
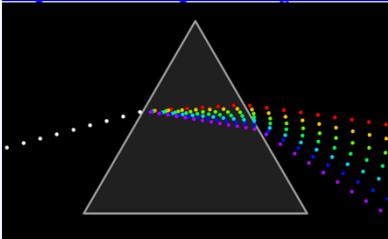
<p>Totalreflexion</p>	<p>Totalreflexion (Lichtfaserleiter, Fisch im Wasser, Prismenfeldstecher, Fata Morgana und Luftspiegelungen) → Extremfall der Brechung vom Lot</p> <p>Wirkungsweise: Beim Übergang eines Lichtstrahls von einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium (z.B. von Wasser in Luft) wird das Licht vom Lot weggebrochen. Dabei gibt es einen Winkel zwischen Lichtstrahl und Grenzfläche, den man Grenzwinkel der Totalreflexion nennt. Ist er erreicht, kann das Licht das dichtere Medium nicht mehr verlassen. (Totalreflexion).</p> 												
<p>Fata Morgana</p>	<p>Luftspiegelungen (Fata morgana) http://www.meteoros.de/mirage/mirage.htm ein Lichtstrahl wird beim Durchgang durch unterschiedlich dichte Luftschichten gekrümmt. Im Fall der "nassen Straße" wird die unterste Luftschicht durch den heißen Asphalt der dunklen Straße stark erhitzt, so dass sich der Himmel darin spiegelt - also eine Luftspiegelung nach unten. GRUND: Totalreflexion an der Grenzschicht der Luftschichten. Anders ist es bei der Fata Morgana, der Luftspiegelung nach oben. In diesem Fall liegt die wärmere (also dichtere) Luftschicht über der kalten; wie z.B. über Wasser- oder Eisflächen oder auch bei Inversionswetterlagen.</p>												
<p>Die Sammel- linse</p>	<p>Sammellinse: Bildkonstruktion mit Parallelstrahl (→ Brennstrahl) Mittelpunktstrahl (→ Mittelpunktstrahl) Brennstrahl (→ Parallelstrahl)</p> <table border="1" data-bbox="392 1294 1222 1671"> <thead> <tr> <th>Gegenstand</th> <th>Bild</th> <th>Verwendung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>außerhalb der doppelten Brennweite</td> <td>reell verkehrt verkleinert</td> <td>Auge, Fotoapparat</td> </tr> <tr> <td>zwischen doppelter und einfacher Brennweite</td> <td>reell verkehrt vergrößert</td> <td>Diaprojektor, Overhead</td> </tr> <tr> <td>innerhalb der einfachen Brennweite</td> <td>virtuell aufrecht vergrößert</td> <td>LUPE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fernrohr: 1.Linse (Objektiv) ist Fotoapparat – 2.Linse (Okular) ist Lupe</p> <p>Mikroskop: 1.Linse (Objektiv) ist Diaprojektor – 2.Linse (Okular) ist Lupe Höchstens 1500–fache Vergrößerung, weil Lichtwellenlänge im $\frac{1}{2} \mu\text{m}$ – Bereich ist Grenze</p>	Gegenstand	Bild	Verwendung	außerhalb der doppelten Brennweite	reell verkehrt verkleinert	Auge, Fotoapparat	zwischen doppelter und einfacher Brennweite	reell verkehrt vergrößert	Diaprojektor, Overhead	innerhalb der einfachen Brennweite	virtuell aufrecht vergrößert	LUPE
Gegenstand	Bild	Verwendung											
außerhalb der doppelten Brennweite	reell verkehrt verkleinert	Auge, Fotoapparat											
zwischen doppelter und einfacher Brennweite	reell verkehrt vergrößert	Diaprojektor, Overhead											
innerhalb der einfachen Brennweite	virtuell aufrecht vergrößert	LUPE											



Die Zerstreuungslinse

Gegenstand	Bild	Verwendung
irgendwo	virtuell aufrecht verkleinert	in Linsensystemen, bei Kurzsichtigen



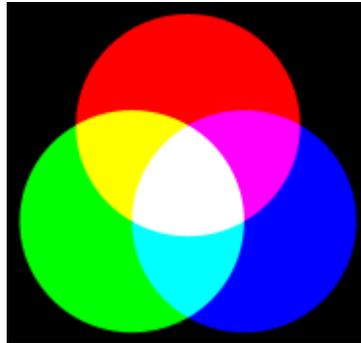
Linsen- gleichung	<ul style="list-style-type: none"> • Bildgröße: Gegenstandsgröße = Bildweite: Gegenstandsweite → B:G = b:g • $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ (f = Brennweite)
Das menschliche AUGE	 <p>Das Auge besteht im wesentlichen aus einer Sammellinse, welche die Brechkraft durch Verdicken und Verdünnen ändern kann. Das Bild entsteht wie beim Fotoapparat in der Nähe des Brennpunkts der Linse auf der Netzhaut.</p>
Sehfehler und Brille	<p>Augenfehler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurzsichtigkeit: Durch oftmaliges Sehen auf kurze Distanz wird man kurzsichtig, wobei sich das Auge nach hinten verlängert, so dass das Bild ohne Anspannung der Augenlinsenverdickungsmuskeln auf der Netzhaut entsteht. Dadurch sind aber die Bilder von entfernten Gegenständen unscharf. Korrektur: Zerstreuungslinse für Sehen in der Ferne, (keine Brille beim Nahsehen)! • Weitsichtigkeit: vor allem im Alter (Altersweitsichtigkeit) – Alles genau umgekehrt • Astigmatismus: unterschiedliche Brechkraft der Augenlinse in verschiedene Richtungen, elliptisches Bild. Korrektur: Brille mit Linse, die korrigierende Brechkraft in verschiedene Richtungen hat LINK: http://www.medizinfo.de/augenheilkunde/fehlsichtigkeit/astigmatismus.htm • grauer Star: Trübung der Augenlinse im Alter, diese kann durch Laseroperation durch neue Linse ersetzt werden. • grüner Star: Durch zu hohen Augendruck kann die Sehfähigkeit bis Null gehen. Daher regelmäßige Augendruckmessung! • Alterssichtigkeit: Abnahme der Akkommodationsfähigkeit des Auges (dicke Linse – dünne Linse für Nah–Weitsehen) im Alter, daher kombinierte Nah–Fernbrille! <p><u>Dioptrie = 1 : Brennweite</u> (z.B. +2 Dioptrien bedeutet eine Brennweite von ½ m bei einer Sammellinse, –2 Dioptrien bedeutet eine Brennweite von ½ m bei einer Zerstreuungslinse)</p>
Spektral- farben	<p>Farbzerlegung (Dispersion) mit Prisma (Newton) http://de.wikipedia.org/wiki/Dispersion_%28elektromagnetische_Wellen%29</p>  <p>Farben sind gekoppelt mit Wellenlängen: rot: 700 nm, grün: 500 nm, blau: 400 nm</p>

Suntraktive Farbmischung:

Beim Malen werden die Farben übereinander gemalt und jede Fläche entnimmt dem Licht Wellenlängen, die absorbiert und nicht mehr reflektiert werden, so dass gelb und blau grün ergeben, gelb und rot ergibt orange und blau und rot ergibt braun. Alle zusammen ergeben schwarz.

Additive Farbmischung

Wenn zwei Taschenlampen auf ein und dieselbe Fläche gehalten werden, so wird diese Fläche heller beleuchtet, als wenn sie nur von einer einzigen Taschenlampe angestrahlt würde. Auch dann noch, wenn man vor die eine Taschenlampe einen grünen Filter setzt und vor die andere einen roten: Das Licht addiert sich und die Fläche strahlt heller. Weil sich die Intensitäten der Lichtfarben addieren, heißt dieser Vorgang **additive Farbmischung**. In folgender Grafik sind drei Scheinwerfer mit jeweils **rotem**, **blauem** und **grünem** Licht in einem stark abgedunkelten Raum auf eine helle Fläche gerichtet:



Man sieht, dass rotes und grünes Licht sich zu **gelbem Licht** addieren, rotes und blaues Licht zu **Magenta** und blaues und grünes Licht zu **Cyan**, gleichzeitig nehmen auch die Helligkeiten der Farben zu. Ebenso, wie man weißes Licht in seine bunten Komponenten auftrennen kann (z.B. wenn man es durch ein Prisma schiebt), ergibt die Summe aller Komponenten auch wieder weißes Licht, was an der mittleren Fläche zu sehen ist.

Wir erleben das additive Mischverfahren täglich beispielsweise am **Computer** und **Fernseher**: Ein Monitor erzeugt Farben, indem verschiedene Leuchtstoffe zum Leuchten angeregt werden. Jedes Pixel auf dem Bildschirm besteht aus drei unterschiedlichen Leuchtstoffen, die den drei RGB-Farben entsprechen. Auf dem PC-Monitor sind die Pixel sehr klein und können nur mit Hilfe einer Lupe erkannt werden. Auf dem Fernseher allerdings sind sie mit bloßem Auge sichtbar: Zeigt der Fernseher eine weiße Fläche, so leuchten die drei Leuchtstoffe gleichmäßig stark auf. Die roten, grünen und blauen Punkte sind dann sehr gut zu erkennen. Bei einer gelben Fläche leuchten nur die roten und grünen Leuchtstoffe, die blauen sind dunkel. Ein Monitor kann mit nur drei Grundfarben einen Eindruck von Millionen von Farben erzeugen. Das additive Farbmischverfahren wird immer dann angewendet, wenn Licht direkt - ohne Reflexion durch einen Gegenstand - in das Auge gelangen soll.

2) Die Lichtwelle

Beugung an Spalt und Doppelspalt

Die **Beugung** oder **Diffraction** ist die "Ablenkung" von Wellen (wie Licht- und anderen elektromagnetischen Wellen, Wasser- oder Schallwellen) an einem Hindernis. Bei Beugungserscheinungen kann sich die Welle im geometrischen Schattenraum des Hindernisses (Spalt, Gitter, usw.) ausbreiten. Zur Beugung kommt es durch die Entstehung neuer Wellen entlang der Wellenfront – siehe **Huygensschen Prinzip**. Diese können durch Überlagerung zu Interferenz-Erscheinungen führen.

Huygens'sches Prinzip: Jeder Punkt einer Wellenfläche kann als Ausgangspunkt einer sogenannten *Elementarwelle* angesehen werden, die sich mit gleicher Phasengeschwindigkeit und Wellenlänge wie die ursprüngliche Welle ausbreitet. Jede Wellenfläche kann als *Einhüllende* von Elementarwellen aufgefasst werden. (Christian Huygens (1629 – 1695)

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/wellenmodell-des-lichts/ausblick>

http://www.walter-fendt.de/html5/phde/refractionhuygens_de.htm

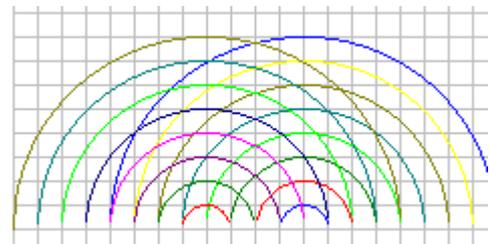
Beugung am Einfachspalt

Teilt man in Gedanken ein Lichtbündel, das an einem Einfachspalt in eine bestimmte Richtung abgelenkt wird, in zwei Hälften, können sich diese beiden Anteile des Lichtbündels konstruktiv oder destruktiv überlagern. An einem Spalt ergibt sich so wieder eine Reihe von Beugungsmaxima

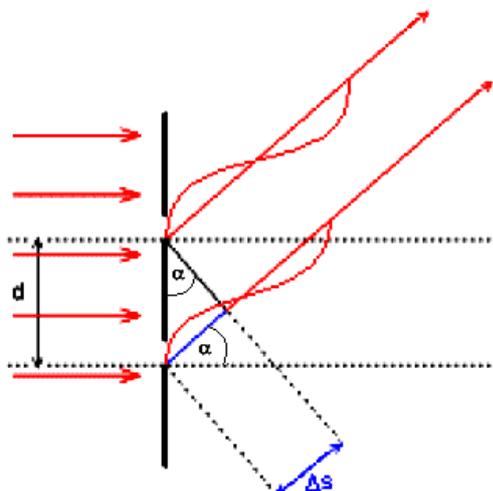


Beugung am Doppelspalt

Eine Welle trifft auf zwei dicht beieinander liegende Spalte, dahinter überlagern sich die beiden Teilstrahlen. Es ergibt sich eine Reihe von Interferenzmaxima wenn der Weglängenunterschied der beiden Teilstrahlen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist.



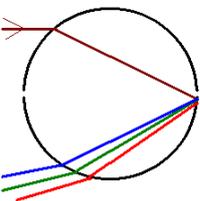
Es gilt für den Winkel der Maxima: $\sin \alpha = k \cdot \lambda / d$ ($k=1,2,3,\dots$)
 λ ...Wellenlänge (in m) d ...Spaltbreite (in m)



Die Gegenkathete Δs dividiert durch die Hypotenuse (= Spaltbreite d) ergibt den SINUS α

Die Gegenkathete Δs muss ein k -faches der Wellenlänge λ sein, dann ergibt sich das k -te Maximum.

<p>Beugung am Gitter</p>	<p>Ein optisches Gitter (parallele Ritze auf Glas) ist ein verbesserter Doppelspalt, die Linien werden schärfer. Die Formeln sind gleich wie beim Doppelspalt. Die Lichtwellenlänge ergibt sich dann zu: $\lambda = d \cdot \sin \alpha$ für das erste Beugungsmaximum, d darf nicht zu klein ($< \lambda$) werden, da $\sin \alpha$ maximal 1 sein kann!</p> <p>Die Beugungsmaxima liegen umso weiter auseinander, je kleiner der Spaltabstand d ist. Die Beugungsmaxima werden umso intensiver und schärfer, je größer die Zahl der beugenden Spaltöffnungen ist.</p> <p>Kann auch zur Lichtwellenlängen-Messung verwendet werden!</p>
<p>Polarisation</p>	<p>Polarisation ist die Einengung der Schwingungsrichtungen von Transversalwellen (Licht) auf eine Richtung – senkrecht zur Ausbreitungsrichtung (lineare Polarisation) oder auf eine kreisförmige Schraubenbewegung (zirkulare Polarisation) Durch Reflexion des Lichtes in einem bestimmten Winkel an einem durchsichtigen Körper (Wasser) wird Licht polarisiert. Der einfallende Lichtstrahl erzeugt einen gebrochenen und einen reflektierten Strahl. Wenn beide senkrecht aufeinander stehen, wird der reflektierte Strahl polarisiert. → Brewstersches Gesetz $\tan \alpha = n$ (Brechzahl)</p> <p>Auch durch Streuung kann Polarisation erzielt werden. Hierbei treffen die Lichtwellen auf Teilchen die viel kleiner sind als die Wellenlänge und regen diese zum Schwingen an. Es entsteht ein Hertz'scher Dipol</p> <p>Als Doppelbrechung bezeichnet man in der Optik die Aufteilung eines Lichtstrahls in zwei Teilstrahlen (den <i>ordentlichen</i> und den <i>außerordentlichen</i> Strahl), wenn er durch ein optisch anisotropes, meistens kristallines Material wie z. B. Kalzit läuft. Diese Strahlen sind polarisiert.</p> <div data-bbox="384 1200 628 1379" data-label="Image"> </div> <p>Mechanische Spannungen können in linear polarisiertem Licht zwischen gekreuzten Polarisatoren in Form von Spannungsdoppelbrechung (Gangunterschied) sichtbar gemacht werden. Spannungsfreie bzw. spannungsarme optische Substrate besitzen keine bzw. nur eine geringe Aufhellung. (Grafik: Rainer Ziel, in: wikipedia)</p> <p>Bei doppelbrechenden Substanzen (Dichroismus) führt eine Durchleuchtung zu markanten Farberscheinungen. Beim Durchgang von linear polarisiertem Licht durch Substanzen mit chiralen Molekülen (wie die Hand) wird die Polarisationssebene des Lichts gedreht. Man spricht dann von optischer Aktivität und sagt, die Substanz ist optisch aktiv.</p> <p>Der Faraday-Effekt ist ein magneto-optischer Effekt. Er beschreibt die Drehung der Polarisationssebene von polarisiertem Licht beim Durchgang durch ein transparentes Medium, an das ein Magnetfeld parallel zur Ausbreitungsrichtung der Lichtwelle angelegt wurde. Er tritt in den meisten dielektrischen Materialien (einschließlich Flüssigkeiten) auf, wenn sie einem starken magnetischen Feld ausgesetzt werden. Die Drehung der Polarisationssebene ist umso größer, je stärker das angelegte Feld ist. Weist das Medium auch ohne ein angelegtes Magnetfeld einen Einfluss auf die Polarisationssebene auf, spricht man von optischer Aktivität. Der Faraday-Effekt wurde von Michael Faraday 1845 entdeckt. Er wurde als erster experimenteller Hinweis dafür gedeutet, dass Licht und Magnetismus miteinander in Beziehung stehen. Dass Licht als elektromagnetische Welle beschrieben werden kann, wurde theoretisch wenige Jahre später von James Clerk Maxwell hergeleitet.</p>

	<p>Anwendung: LCD–Bildschirme in Taschenrechnern</p> <p>Ein <u>Flüssigkristallbildschirm</u> (englisch liquid crystal display, kurz LCD) ist ein Bildschirm, bei dem spezielle <u>Flüssigkristalle</u> genutzt werden, die die Polarisationsrichtung von Licht beeinflussen können. TFT-Bildschirme stellen die zurzeit dominante <u>Flachbildschirm-Technologie</u> dar.</p> <p>Ein einfaches Flüssigkristall-Anzeigeelement besteht aus der „Schadt-Helfrich-Zelle“: Die Innenseiten zweier Glasplatten sind mit einer transparenten Elektrodenschicht (Indium-Zinn-Oxidschicht, ITO) überzogen, dazwischen befindet sich der Flüssigkristall. Die Moleküle ordnen sich in eine vorgegebene Richtung, parallel zu der beispielsweise mit einem <u>Polyimid</u> beschichteten und in einer Vorzugsrichtung gebürsteten Oberfläche. Außerdem sind die äußeren beiden Platten mit um 90 Grad zueinander verdrehten <u>Polarisationsfiltern</u> beschichtet. Auf der Rückseite befindet sich ein Spiegel (besser Reflektor oder Transfektor), der das einfallende Licht zurückwirft. (Je nach Einsatzgebiet kann das Display anstelle des Spiegels eine weiße Hintergrundbeleuchtung haben)</p> <p>Daraus ergibt sich, dass die Flüssigkristalle schraubenförmig angeordnet sind, bei einer um 90 Grad gedrehten Schraube (auch Verdrillwinkel von 90 Grad genannt) spricht man von TN = Twisted Nematic (engl.: twisted = verdreht).</p> <p>Einfallendes Licht wird also vor dem Eintritt in die Flüssigkeit polarisiert. Durch die Verdrillung der Molekülflächen folgt eine Drehung der Polarisationsrichtung des Lichts. Dies hat wiederum zur Folge, dass das Licht den gegenübergesetzten Filter passieren kann und die Zelle hell erscheint. Im Ruhezustand ist das Display durchsichtig, diese Anordnung wird auch <i>Normally-White-Mode</i> genannt.</p> <p>Legt man eine <u>elektrische Spannung</u> an die Elektroden an, so tritt unter dem Einfluss des elektrischen Feldes eine Drehung der Moleküle ein, sodass sie sich senkrecht zu den Elektrodenoberflächen ausrichten. Die Verdrillung ist damit aufgehoben, die Polarisationsrichtung des Lichts wird nicht mehr geändert und damit kann es den zweiten Polarisationsfilter nicht mehr passieren.</p>
Die Farbe des Himmels	 <p>Der Regenbogen entsteht beim Durchgang des Lichtes durch den Wassertropfen, wobei es zur Totalreflexion kommt. Daher muss die Sonne hinter dem Betrachter stehen. Es gibt auch den doppelten Regenbogen, wenn es zu doppelter Totalreflexion kommt.</p> <p>Der blaue Himmel hingegen entsteht durch Streuung der Lichtstrahlen an feinsten Teilchen, die in der Luft vorhanden sind. Das gestreute Licht kommt in einen bestimmten Winkel zum Auge des Betrachters, es wird polarisiert. Blaues Licht wird stärker gebrochen als rotes Licht (siehe Brechung) – daher ist der Himmel blau!</p>
Interferenz	<p>Licht, das gleichphasig, gleich polarisiert (gleiche Raumrichtung der Schwingungsebene) und gleichfrequent schwingt, bezeichnet man als kohärent. Heute können wir äußerst einfach kohärentes Licht für Interferenzexperimente realisieren, und zwar mit Hilfe von Lasern (<u>LASER</u> - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).</p> <p>Es ist möglich, inkohärentes Licht annähernd kohärent zu machen, indem man es durch Farbfilter, Polarisationsfilter und Blenden schickt. Dabei sinkt die Intensität jedoch enorm ab!</p> <p>Nur bei annähernd kohärenten Wellen kann man Interferenz beobachten. Interferenz beschreibt die Überlagerung von zwei oder mehr Wellen. Bei der Überlagerung von zwei Wellen mit gleicher Wellenlänge, gleicher Frequenz und gleichem Takt bzw. gleicher Phase verstärkt sich die Amplitude - man spricht</p>

	dann von konstruktiver Interferenz; sind die beiden Wellen um 180° phasenverschoben, sodass ein Wellenberg mit einem Wellental zusammenfällt, löschen sie sich gegenseitig aus, wenn ihre Amplitude gleich groß ist - die sogenannte destruktive Interferenz.
Interferenz bei dünnen Schichten (Seifenblase, Ölschicht)	Bei sehr dünnen durchsichtigen Schichten wird Licht nicht nur von der Oberfläche, sondern auch von der gegenüberliegenden Grenzfläche zurückgeworfen. Die beiden Lichtstrahlen überlagern sich. Da das Licht, das von der tiefer liegenden Oberfläche reflektiert wurde, einen geringfügig längeren Weg zurücklegt, sind die Wellen phasenverschoben. Ist die Verschiebung gerade so groß, dass Wellenberge des einen Lichtstrahls mit den Wellentälern des anderen Lichtstrahls zusammentreffen, so gibt es Auslöschung. Treffen hingegen Wellenberg auf Wellenberg und Wellental auf Wellental, so wird das Licht verstärkt. Dieser Effekt wird Interferenz genannt. Ob Licht nun verstärkt oder abgeschwächt wird, hängt von der Dicke der Schicht, dem Winkel des einfallenden Lichts und der Wellenlänge (Farbe) ab. Die Farben von Seifenblasen oder einer Ölschicht auf dem Wasser werden so erzeugt.
LASER (Thema Quanten)	Laser [<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>] (Lichtverstärkung durch angeregte Strahlungsaussendung). Beim LASER wird ein kohärentes Licht erzeugt. Durch Energiezufuhr kann ein Elektron eines Atoms oder der Schwingungszustand eines Moleküls in einen angeregten Zustand wechseln. Licht entsteht dadurch, dass ein Elektron oder ein Schwingungsmodus von solch einem energiereicheren zu einem energieärmeren Zustand wechselt, wobei die Energiedifferenz in Form eines Lichtteilchens (Photon) abgegeben wird. Der entgegengesetzte Vorgang ist die Absorption, bei der durch die Energie eines Photons ein Elektron in ein höheres Energieniveau gehoben wird. Bei herkömmlichen Lichtquellen erfolgt dieser Übergang durch spontane Emission , das heißt sowohl der Zeitpunkt als auch die Richtung, in die das Photon ausgesendet wird, sind zufällig. Beim Laser hingegen erfolgt dieser Übergang durch stimulierte Emission : Ein Lichtteilchen stimuliert diesen Übergang, und dadurch entsteht ein zweites Lichtteilchen, dessen Eigenschaften (Frequenz, Phase, Polarisation und Ausbreitungsrichtung) mit dem des ersten identisch sind: Lichtverstärkung. In einem technischen Laser wird das Licht durch eine Anordnung zweier Spiegel immer wieder durch das Gebiet, in dem Besetzungsinversion herrscht, geleitet. Eine solche Anordnung nennt man optischen Resonator (lat. resonare= zurücksingen, hallen). Im Resonator wird das Licht beim Hin- und Herlaufen zwischen den beiden Spiegeln immer weiter verstärkt, bis der Leistungszuwachs innerhalb des Systems durch die Abnahme der Besetzungsinversion und die immer stärker ansteigenden Verluste ausgeglichen wird. Einer der beiden Spiegel ist teilweise (typisch: Promille bis 15%, je nach Verstärkung) durchlässig, um Licht aus dem Laser auskoppeln zu können. Die Feldstärke innerhalb des Resonators ist dadurch viel höher als die ausgekoppelte Leistung. Die Energie , welche benötigt wird, um die Atome oder Moleküle in die angeregten Zustände zu versetzen, muss dem System von außen zugeführt werden. Dieser Prozess wird als Pumpen bezeichnet. Es kann elektrisch in Form einer Gasentladung , durch Injektion von Ladungsträgern beim Halbleiterlaser oder optisch durch das Licht einer Gasentladungslampe (Blitzlampe oder Bogenlampe) oder eines anderen Lasers stattfinden. Auch eine chemische Reaktion kann zum Pumpen dienen. Beim Freielektronen-Laser stammt die Pumpenergie aus dem Elektronenstrahl. Kristall-, Gas-, Glas-, Flüssigkeits-, Halbleiter-LASER Medizin : Operationsskalpell, Strahlentherapie, Augenheilkunde, Zahnbohrer Technik : Materialverdampfen, Schneiden, Bohren, Entfernungsmessen (Erde-Mond) Alltag : CD, CD-ROM, DVD, Laserdrucker, Liniencodeleser im Supermarkt