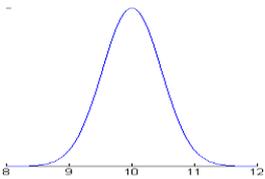
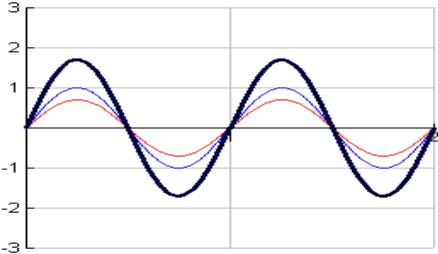
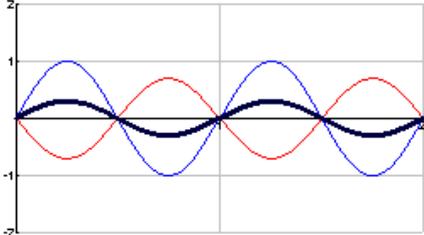
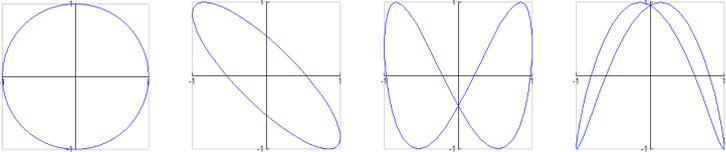
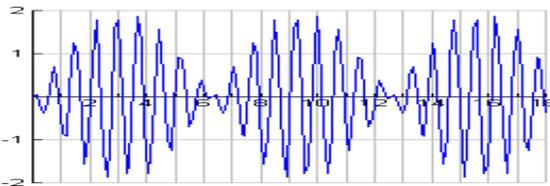
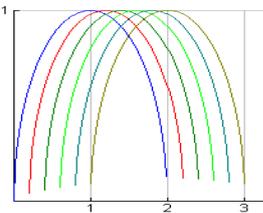
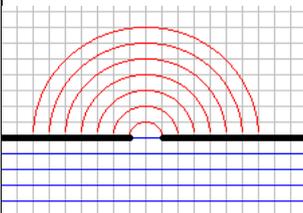
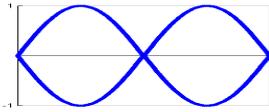


<p>25) Harmonische Schwingungen Beispiele experimenteller Vergleich mit gleichförmiger Kreisbewegung Zeit-Weg-Diagramm</p>	<p>Federpendel, Fadenpendel erzeugen harmonische Schwingungen, die sich aus der Kreisbewegung ableiten (Blick von der Seite)</p> <p>Es ergibt sich in einem Zeit-Weg-Diagramm eine Sinusschwingung $y = r \cdot \sin(\omega t)$</p>
<p>26) Feder- und Fadenpendel experimentelle Untersuchung Formeln</p>	<p>Die rücktreibende Kraft ist proportional der Auslenkung: $F = k \cdot y$ daraus folgt, dass die Auslenkung $y = r \cdot \cos(\omega t)$ ist, die Geschwindigkeit ist deren Ableitung: $v = y' = -r\omega \cdot \sin(\omega t)$ und deren Beschleunigung ist die zweite Ableitung: $a = y'' = -\omega^2 r \cdot \cos(\omega t)$ Weiters kann man die Schwingungsdauer (in sec) bestimmen:</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad k = \text{Federkonstante}, \quad m = \text{Masse}$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \text{ gilt für das Fadenpendel der Länge } L$
<p>27) Resonanz experimentelle Untersuchung Resonanzkurve Anwendungen</p>	<p>Regt man ein Federpendel mit einem Motor zu Schwingungen an, so tritt bei einer bestimmten Frequenz „Resonanz“ ein – die Schwingung wird besonders stark (hohe Amplitude). Das ist dann der Fall, wenn die Anregungsfrequenz mit der Eigenschwingungsfrequenz übereinstimmt. Die Bewegung des Schwingers läuft dann genau eine Viertelperiode hinter der Erregerfrequenz her.</p> <p>Das kann man auch bei der Resonanzkurve erkennen, wo die Erregerfrequenz auf der x-Achse und die Amplitude der Schwingung auf der y-Achse aufgezeichnet wird</p>  <p>Magnet-Resonanz-Tomografie wird zur medizinischen Diagnostik angewendet. Dabei treten die Resonanzen auf ein Magnetfeld in den Kernspins auf.</p> <p>Jedes Bauwerk muss vor Baubeginn (mit Computer) auf Resonanzfrequenzen untersucht werden und eventuell mit Schwingungsdämpfern versehen werden.</p>

<p>28) Überlagerung harmonischer Schwingungen experimentelle Untersuchung</p>	<p>Wenn sich Schwingungen in gleicher Richtung überlagern:</p>  <p>positive Interferenz: gleiche Schwingungsfrequenz und gleicher Anfang (=Phasenlage): die blaue und die rote Schwingung addieren sich zur schwarzen Schwingung</p>
<p>Lissajous Figuren</p> <p>Schwebung</p>	 <p>negative Interferenz: gleiche Schwingungsfrequenz und Anfang (=Phasenlage) um halbe Wellenlänge verschoben:</p> <p>die blaue und die rote Schwingung „subtrahieren“ sich zur schwarzen Schwingung, bei gleicher Ausgangsamplitude löschen sie sich aus!</p>  <p>Sind die Schwingungsebenen senkrecht zueinander, so entstehen die Lissajous-Figuren. Bei gleicher Frequenz entstehen Kreise und Ellipsen, bei doppelter Frequenz der einen Schwingung die Bilder daneben, usw.</p>  <p>Eine Schwebung entsteht aus zwei Schwingungen mit geringem Frequenzunterschied (z.B. 9 und 10 Hz) . Das klingt bei zwei benachbarten Tönen wie ein An- und Abschwellen der Lautstärke in der Differenzfrequenz (beim Klavierstimmen) - hier mit 1 Hz</p>
<p>29) Entstehung und Ausbreitung von Wellen Longitudinal- und Transversalwellen</p> <p>Energie</p> <p>Fortpflanzungsgeschwindigkeiten</p>	<p>Wellen entstehen durch Schwingungen, die durch Kopplung an andere schwingungsfähige Systeme weitergegeben wird (Luft: Stöße, Wasser: Anziehungskraft der Teilchen)</p> <p>Longitudinalwellen schwingen in Ausbreitungsrichtung der Wellen (Schall, Erdbeben)</p> <p>Transversalwellen schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Wellen (Wasser, Licht, elektromagnetische Wellen, Erdbeben)</p> <p>Energie einer Welle: $E = h \cdot f$ (h...Plancksches Wirkungsquantum $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js, f... Frequenz)</p> <p>Fortpflanzungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$ (λ...Wellenlänge)</p> <p>Schall in Luft 340 m/s in Wasser >1400m/s Licht: 300000 km/s</p>

<p>30) Ausbreitungs-gesetze von Wellen</p> <p>Reflexion</p> <p>Brechung und Beugung</p> <p>Erklärung durch das Huygenssche Prinzip</p>  <p>experimentelle Untersu-chung</p>	<p>Wenn an einem Ort eine Schwingung stattfindet, so teilt sich diese Schwingung durch Kopplung anderen schwingfähigen Systemen als Welle mit (Ein Wasserteilchen ist durch elektromagnetische Anziehung mit anderen Wasserteilchen verbunden, ein Luftmolekül teil sich der Umgebung durch Stöße mit, ein Metallatom schwingt und stößt sein Nachbaratom an,...)</p> <p>Durch Aufprall einer Welle auf eine Platte (Spiegel) wird die Welle reflektiert (Einfallswinkel = Ausfallswinkel). Die Wellen werden bei durchsichtigen Körpern nicht nur reflektiert, sondern auch durchgelassen, aber gebrochen, das heißt verlangsamt oder beschleunigt, dadurch erscheint ein Knick im Lichtstrahl, eine Richtungsänderung einer Parallelwelle, gut zu sehen unter: http://www.walter-fendt.de/ph14d/huygens.htm</p> <p>Aber nicht nur das, es gibt auch Farbzerlegung einer Welle, die aus mehreren Teilwellen unterschiedlicher Wellenlänge bestehen. Die kurzwelligeren werden stärker gebrochen, die langwelligeren werden schwächer gebrochen – das nennt man Dispersion!</p> <p>Beugung tritt bei einer Störung des Wellenverlaufes (durch einen Spalt oder Hindernis) auf – es entsteht eine Kugelwelle.</p> <p>Huygens'sches Prinzip: Jeder Punkt einer Wellenfläche kann als Ausgangspunkt einer sogenannten <i>Elementarwelle</i> angesehen werden, die sich mit gleicher Phasengeschwindigkeit und Wellenlänge wie die ursprüngliche Welle ausbreitet. Jede Wellenfläche kann als <i>Einhül-lende</i> von Elementarwellen aufgefasst werden. (Christian Huygens (1629 – 1695), in seinem „Traité de la Lumière“ (1678)) http://de.wikipedia.org/wiki/Huygenssches_Prinzip http://www.uni-stuttgart.de/ipf/lehre/online-skript/e50_04.html</p> <p>experimentelle Untersuchung durch Wasserwellen, Schallwellen, Federwellen, Vorhangwellen, Lichtwellen, ...</p>
<p>31) Überlagerung von Wellen</p> <p>Erscheinungen</p> <p>Gesetze experimentelle Untersu-chungen</p> <p>Anwendungen</p>	<p>Überlagerung zweier Wellen führt entweder zu räumlichen Mustern von Auslöschungen und Verstärkungszonen: http://www.walter-fendt.de/ph11d/interferenz.htm oder bei Wellen in einer Saite einer Gitarre zu stehenden Wellen: http://www.pk-applets.de/phy/interferenz/interferenz.html</p>  <p>Räumliche Wellenmuster entstehen bei Spaltbeugungsversuchen:</p> <p>Syntesizer erzeugen Überlagerungen von Sinuswellen verschiedener Frequenz und erzeugen so die Musik aus dem CD / MP3-Player</p>

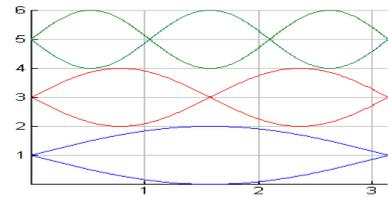
32) Schallausbreitung Ursachen



Gesetze

Schall breitet sich mit Schallgeschwindigkeit (340 m/s) in Form einer **longitudinalen Welle** mit Luftverdichtungen und -verdünnungen aus.

stehende Welle: eine Welle und ihre reflektierte Welle ergeben eine stehende Welle, das ist bei den Saiteninstrumenten in der Form der Grundschwingung oder der ersten Oberschwingung ...



Tonhöhe = Frequenz

Klangfarbe = Mischung aus Grundton und Obertöne

Lautstärke = Amplitude

Schallpegel:

Schallintensität I = Schallenergie [in Watt pro m^2], die pro Sekunde in senkrechter Richtung durch einen Quadratmeter tritt

Schallpegel $L = 10 \cdot \lg(I/10^{-12})$ ist die logarithmische Darstellung, Einheit Dezibel (dB)

subjektive Lautstärke = PHON ... stimmt mit dB bei 1000 Hertz überein, nimmt bei 5000 Hz den größten Wert an, wenn Schallintensität gleich ist

Grundgesetz $c = \lambda \cdot f$

Dopplerereffekt: Schall, der sich nähert erfährt eine Tonerhöhung, bei Entfernung – Tonerniedrigung mit dem Faktor $(1+v/c)$ wenn sich der Beobachter bewegt oder $(1-v/c)$ wenn sich die Schallquelle bewegt. Damit kann man den Überschallknall erklären.

33) Entstehung von Licht

Bohrsches Atommodell

Energiequantisierung

Bohrsches Atommodell: (aus: <http://85.183.56.51/grundlagen.asp?Kapitel=11>)

*Ein Elektron kann sich nur auf bestimmten, diskreten **Kreisbahnen** aufhalten. Diese diskreten Kreisbahnen werden auch **Energieniveaus** genannt. Die Bahnen sind konzentrisch um den Atomkern angeordnet. Jede Bahn wird mit einem Buchstaben (K, L, M, ...) bezeichnet Für jede Bahn, auf der das Elektron den Atomkern umkreist, hat das Elektron eine **bestimmte Energie**. Auf der K-Schale, die dem Atomkern am nächsten ist, kommt dem Elektron die geringste Energie zu. Um das Elektron auf eine weiter außen liegende Bahn zu bringen, muss ihm Energie zugeführt werden. Die Energie eines Elektrons darf keine Werte annehmen, die es auf einen Ort zwischen den erlaubten Bahnen bringen würde.*

Wenn sich das Elektron auf der innersten Bahn befindet und die geringste Energie hat, so befindet sich das Atom im Grundzustand.

*Durch die Zufuhr von Energie kann das Elektron auf eine größere Bahn springen und einen höheren Energiezustand annehmen; dieser wird **angeregter Zustand** genannt.*

*Wenn das Elektron von einem angeregten Zustand auf eine weiter innen liegende Bahn springt, wird eine definierter Energiebetrag freigesetzt und in Form eines **Lichtquants** emittiert. Der Energiebetrag entspricht der Differenz der Energien des höheren und des niedrigeren Energiezustands*

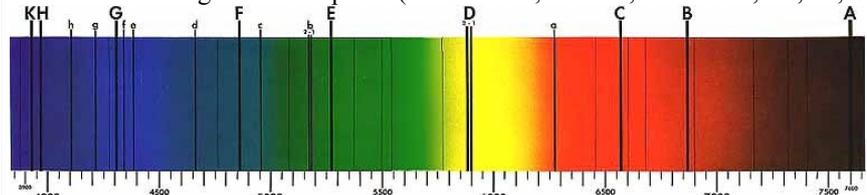
34) Emissions- und Absorptionsspektrum Entstehung

diskrete und kontinuierliche Energiezustände Spektralanalyse

Fraunhofersche Linien

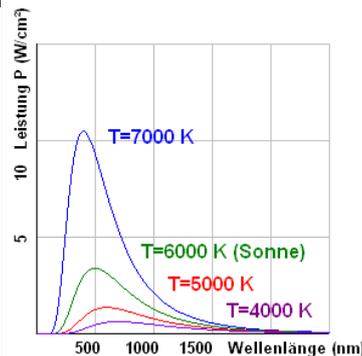
Emission entsteht, wenn ein Elektron von einer höheren Schale auf eine niedrigere Schale springt und dabei ein Photon abstrahlt.
Absorption entsteht, wenn Photonen auf Atome treffen und dabei ein Elektron auf eine höhere Schale heben, wobei das Photon verschwindet. Das ist nur bei genauer Übereinstimmung der Frequenz des Photons (=Energie $E=h \cdot f$) möglich. Daher entstehen auch bestimmte Spektrallinien, das sind Lichtwellen ganz bestimmter Frequenz. Mit Hilfe der **Spektralanalyse** (Auffächerung der Lichtstrahlen mit Hilfe eines Prismas) kann man die Intensität und die Spektrallinien bei verschiedenen Frequenzen (=Farben) bestimmen.

Die **Fraunhoferschen Linien** (aus: http://de.wikipedia.org/wiki/Fraunhofersche_Linien) sind dunkle Linien im **Spektrum der Sonne**. Solche Linien entstehen dadurch, dass Gase in der **Photosphäre** - der sichtbaren Sonnenoberfläche - einen Teil des Sonnenlichts absorbieren. Es handelt sich also um **Absorptionslinien**. Die Fraunhoferlinien geben durch die Art ihrer Entstehung Auskunft über die chemische Zusammensetzung der Photosphäre (Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Na, Fe, Ca,...)



Grafik: public domain (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fraunhofer_lines.svg)

Emission und Absorption glühender Körper



Glühende Körper (Ofen, Bügeleisen – ja selbst wir) sind Strahlungsquellen. Dabei entsteht **Strahlung jeglicher Frequenz**, wobei sich eine Art **Gauß'sche Glockenkurve** einstellt mit einer mittleren Temperatur T, die durch das **Wien'sche Verschiebungsgesetz** angegeben werden kann:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \text{ mm K}$$

35) Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum und in verschiedenen Stoffen

astronomische und terrestrische Methoden zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit insbesondere nach **Foucault**

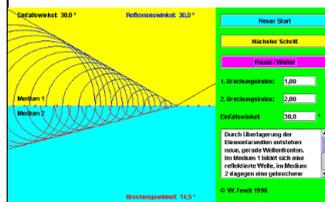
Der dänische Astronom **Ole Rømer** entdeckte bereits 1676 bei Beobachtungen der Jupitermonde, dass der zeitliche Abstand zwischen den Verfinsterungen anwuchs, wenn sich die Erde vom Jupiter entfernte. Damit konnte Rømer die Lichtgeschwindigkeit zu 214.000–300.000 km/s bestimmen (berechnet mit 1400 bzw. 1000 s verfrühte Verfinsterung des Mondes).

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.

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.

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](http://de.wikipedia.org/wiki/Lichtgeschwindigkeit))

36) Reflexion und Brechungsgesetz;



(Bild: <http://www.walter-fendt.de/ph11d/huygens.htm>)
 Durch das **Huygensche Prinzip** kann man die **Reflexion** einer Welle durch Entstehung von Kugelwellen darstellen. Auch das **Brechungsgesetz** lässt sich durch geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit im dichteren

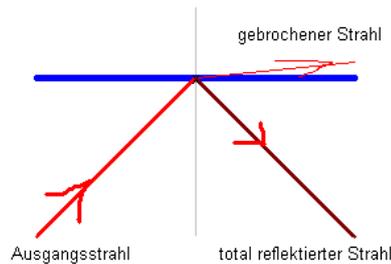
Medium erklären.

$$\text{Brechungsgesetz: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \frac{c1}{c2}$$

α ...Einfallswinkel, β ...Ausfallswinkel, n ...Brechzahl, $c1, c2$...Lichtgeschwindigkeiten in den 2 Medien

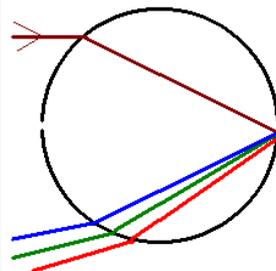
Totalreflexion

Ableitung nach dem Prinzip von Huygens anhand einer Skizze



Totalreflexion entsteht, wenn eine Welle unter einem flachen Winkel (kleiner als der Grenzwinkel) an die Grenzschicht von einem dichteren Medium auf ein dünneres Medium kommt, so wird sie vollständig reflektiert und nicht mehr nach außen gebrochen.

Entstehung des Regenbogens

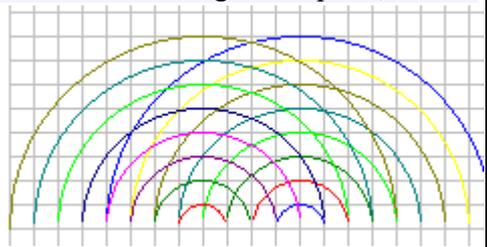
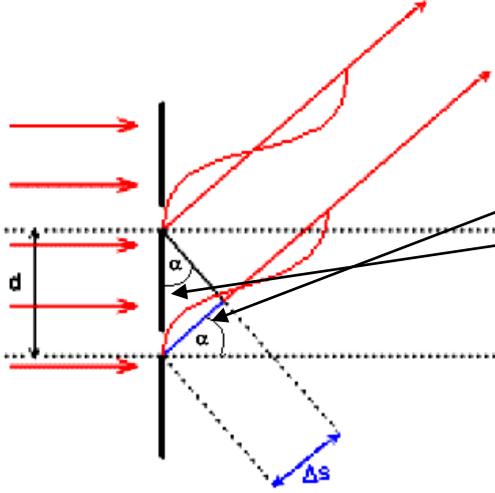


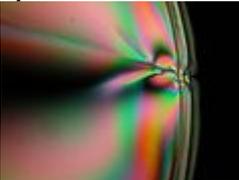
Der **Regenbogen** entsteht beim Durchgang des Lichtes durch den Wassertropfen, wobei es zur Totalreflexion kommt. Daher muss die Sonne hinter dem Betrachter stehen. Es gibt auch den doppelten **Regenbogen**, wenn es zu doppelter Totalreflexion kommt.

Zustandekommen von Luftspiegelungen

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.
 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.
http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web_ph09/umwelt_technik/11fatamorgana/fatamorgana.htm

<p>37) Interferenz des Lichtes Kohärenzbedingungen</p> <p>Erzeugung von kohärentem Licht</p>	<p>Licht, das gleichphasig, gleich polarisiert (gleiche Raumrichtung der Schwingungsebene) und gleichfrequent schwingt, bezeichnet man als kohärent.</p> <p>Heute können wir äußerst einfach kohärentes Licht für Interferenzexperimente realisieren, und zwar mit Hilfe von Lasern (LASER - 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 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.</p> <p>http://www.pohlig.de/Physik/SchwingungenUndWellen/Kohaerenz.ppt</p>
<p>Interferenz an dünnen Schichten</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

<p>38) Beugung des Lichtes – Nachweis der Wellennatur</p> <p>Erklärung der Beugung am Einfach- oder Doppelspalt</p>	<p>Die Beugung oder Diffraktion 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.</p> <p>1. Interferenz 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.</p>  <p>2. 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.</p> 
<p>Ableitung der Beziehung für Maxima bzw. Minima n-ter Ordnung anhand einer Skizze</p>	 <p>$\sin \alpha = \Delta s / d = k \cdot \lambda / d$ für $k=1,2,3,\dots$ Die Gegenkathete 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>
<p>39) Beugung am Gitter – Bestimmung der Lichtwellenlänge Experiment Formeln Berechnung der Lichtwellenlänge</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>40) Polarisation des Lichtes</p> <p>Polarisation durch Reflexion – Brewstersches Gesetz</p> <p>Polarisation durch Streuung</p> <p>und Doppelbrechung</p>	<p>http://www.iap.uni-bonn.de/P2K/polarization/index.html</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)</p> <p>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. →</p> <p>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.</p>
<p>41) Spannungsdoppelbrechung – Drehung der Polarisationsebene Versuchsbeschreibung</p> <p>Farberscheinungen durch Doppelbrechung optisch aktive Stoffe</p> <p>Drehung der Polarisationsebene durch elektrische und magnetische Felder Faraday-Effekt</p>	<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</p>  <p>(Grafik: Rainer Ziel, in: wikipedia)</p> <p>Bei doppelbrechenden Substanzen (Dichroismus) führt eine Durchleuchtung zu markanten Farberscheinungen.</p> <p>Beim Durchgang von linear polarisiertem Licht durch Substanzen mit chiralen Molekülen (wie die Hand) wird die Polarisationsebene 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 Polarisationsebene 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 Polarisationsebene ist umso größer, je stärker das angelegte Feld ist.</p> <p>Weist das Medium auch ohne ein angelegtes Magnetfeld einen Einfluss auf die Polarisationsebene auf, spricht man von optischer Aktivität.</p> <p>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>41) LCD-Anzeige</p>	<p>Ein Flüssigkristallbildschirm (englisch <i>liquid crystal display</i>, kurz LCD) ist ein Bildschirm, bei dem spezielle Flüssigkristalle genutzt werden, die die Polarisationsrichtung von Licht beeinflussen können. TFT-Bildschirme stellen die zurzeit dominante Flachbildschirm-Technologie dar.</p> <p>Ein einfaches Flüssigkristall-Anzeigeelement besteht aus der „<i>Schadt-Helfrich-Zelle</i>“: 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 Polyimid beschichteten und in einer Vorzugsrichtung gebürsteten Oberfläche. Außerdem sind die äußeren beiden Platten mit um 90 Grad zueinander verdrehten Polarisationsfiltern beschichtet. Auf der Rückseite befindet sich ein Spiegel (besser Reflektor oder Transflektor), 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 elektrische Spannung 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>
<p><u>42) Dopplereffekt in der Optik</u> Frequenz des beobachteten Lichtes als Funktion der Geschwindigkeit</p> <p>Entfernungsbestimmung von Galaxien Hubble Gesetz</p> <p>Galaxienflucht + Urknall Alter des Universums</p>	<p>In der Optik gibt es auch einen Doppler-Effekt, wenn sich die Lichtquelle oder der Beobachter bewegt. Zueinander gibt es Blauverschiebung (Frequenzerhöhung), voneinander gibt es Rotverschiebung (Frequenzerniedrigung).</p> $f' = f \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \text{ (Annäherung)} \quad f' = f \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \text{ (Entfernung)}$ <p>Damit kann man auch die Entfernung von Galaxien bestimmen, wenn man das Hubble-Gesetz kennt: $v = H \cdot d$ mit d...Entfernung der Galaxie, v...Geschwindigkeit der Entfernungsbewegung und $H(t_0) \approx (15 \text{ bis } 30) \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Millionen Lichtjahre}}$.</p> <p>Daraus kann man schließen, dass es einen Urknall gegeben haben muss und seither expandiert das Weltall.</p> <p>Aus der Hubble-Konstante berechnet sich auch das Alter des Universums: ca. 20 Milliarden Jahre. (heutiger Wissensstand! – früher 10 Md.Jahre!)</p>

<p><u>43) Strahlungsgesetze</u> Strahlung schwarzer Körper</p> <p>Begriff der Strahlungsleistung</p> <p>Kirchhoffsches Gesetz</p> <p>Wiensches Verschiebungsgesetz</p> <p>Stefan-Boltzmann-Gesetz</p> <p>Formeln</p>	<p>Schwarzer Strahler: ist ein Körper, der (idealisiert) alle Strahlung in allen Wellenlängen, die auf ihn trifft, absorbiert. Nach dem Kirchhoffschen Gesetz ist ein schwarzer Strahler auch in der Lage, in allen Wellenlängen Strahlung zu emittieren.</p> <p>Die Strahlungsleistung P (auch Strahlungsfluss, engl.: <i>radiant flux</i>) ist die Strahlungsenergie ($=h \cdot f$), die pro Zeiteinheit von elektromagnetischen Wellen transportiert wird:</p> <p>→ $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$ (Stefan-Boltzmann-Gesetz) [Watt]</p> <p>Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen Absorption (Aufnahme) und Emission (Abgabe) eines realen Körpers im thermischen Gleichgewicht. Es besagt, dass Strahlungsabsorption und -emission einander entsprechen: eine schwarze Fläche heizt sich im Sonnenlicht leichter auf als eine weiße (weiß getünchte Häuser in warmen Ländern), dafür gibt sie die (Wärme-)Strahlung leichter ab (schwarz eloxierte Kühlbleche).</p> <p>Glühende Körper (Ofen, Bügeleisen – ja selbst wir) sind Strahlungsquellen. Dabei entsteht <u>Strahlung jeglicher Frequenz</u>, wobei sich eine Art <u>Gauß'sche Glockenkurve</u> einstellt mit einer mittleren Temperatur T, die durch das Wien'sche Verschiebungsgesetz angegeben werden kann: $\lambda_{\max} \cdot T = 2,9 \text{ mm K}$</p> <p>Jeder Körper, dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt liegt, sendet <u>Wärmestrahlung</u> aus. Ein Schwarzer Körper ist ein idealisierter Körper, der alle auf ihn treffende Strahlung vollständig absorbieren kann (<u>Absorptionsgrad = 1</u>). Nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz erreicht daher auch sein <u>Emissionsgrad den Wert 1</u> und er sendet die bei der betreffenden Temperatur maximal mögliche thermische Leistung aus. Das Stefan-Boltzmann-Gesetz gibt an, welche Strahlungsleistung P ein Schwarzer Körper der Fläche A und der absoluten Temperatur T emittiert. Es ist $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$ mit der Stefan-Boltzmann-Konstanten $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.</p> <p>Die Strahlungsleistung eines Schwarzen Körpers ist also proportional zur <u>vierten</u> Potenz seiner absoluten Temperatur T: eine Verdopplung der Temperatur bewirkt, dass die abgestrahlte Leistung um den Faktor 16 ansteigt.</p>
<p><u>44) Auskünfte aus Sternspektren</u> Spektralanalyse</p> <p>Berechnung der Oberflächentemperatur</p> <p>der Strahlungsleistung = Leuchtkraft</p> <p>und des Radius eines Sterns</p>	<p>Ein Sternspektrum sind die verschiedenen Farben des Lichtes, das ein Stern aussendet. Aus einem Sternspektrum lassen sich eine Reihe von Informationen über einen Stern ermitteln:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ die <u>Oberflächentemperatur</u> durch Vergleich mit der <u>Schwarzkörperstrahlung</u> + Wiensches Verschiebungsgesetz ❖ die <u>Leuchtkraft</u> durch die relative Linienintensität bestimmter Spektrallinien; Leuchtkraft L (absolute Helligkeit) ermöglicht zusammen mit der scheinbaren Helligkeit I die Entfernungsbestimmung eines Sterns → $L = 4\pi r^2 \cdot I$ ❖ der Radius eines Sterns kann durch Vergleich mit unserer Sonne ermittelt werden (und mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz $L = \sigma \cdot A \cdot T^4 \rightarrow \frac{L}{L_{\odot}} = \frac{R^2 T^4}{R_{\odot}^2 T_{\odot}^4} \quad (\text{weil } A = R^2 \pi)$

<p>45) Laser Aufbau und Wirkungsweise eines Lasers optische Eigenschaften</p>	<p>Laser [<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i>] (Lichtverstärkung durch angeregte Strahlungsaussendung). Beim LASER wird ein <u>kohärentes</u> 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 (<u>Photon</u>) abgegeben wird. Der entgegengesetzte Vorgang ist die Absorption, bei der durch die Energie eines Photons ein Elektron in ein höheres Energieniveau gehoben wird.</p>
<p>stimulierte Emission</p>	<p>Bei herkömmlichen Lichtquellen erfolgt dieser Übergang durch <u>spontane Emission</u>, das heißt sowohl der Zeitpunkt als auch die Richtung, in die das Photon ausgesendet wird, sind zufällig. Beim Laser hingegen erfolgt dieser Übergang durch <u>stimulierte Emission</u>: 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 <u>zweier Spiegel</u> 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 <u>Gasentladung</u>, durch Injektion von Ladungsträgern beim <u>Halbleiterlaser</u> oder optisch durch das Licht einer <u>Gasentladungslampe</u> (Blitzlampe oder Bogenlampe) oder eines anderen Lasers stattfinden. Auch eine chemische Reaktion kann zum Pumpen dienen. Beim Freie-Elektronen-Laser stammt die Pumpenergie aus dem Elektronenstrahl. Kristall-, Gas-, Glas-, Flüssigkeits-, Halbleiter-LASER</p>
<p>Arten</p>	<p><u>Medizin</u>: Operationsskalpell, Strahlentherapie, Augenheilkunde, Zahnbohrer <u>Technik</u>: Materialverdampfen, Schneiden, Bohren, Entfernungsmessen (Erde-Mond) <u>Alltag</u>: CD, CD-ROM, DVD, Laserdrucker, Liniencodeleser im Supermarkt</p>
<p>Anwendungen</p>	

LINKS zu den Wellen:

JAVA-Applets zum Anschauen:

<http://www.walter-fendt.de/ph14d/>

Skriptum:

<http://www-aix.gsi.de/~wolle/TELEKOLLEG/SCHWINGUNG/schwingung.html>

Definitionen:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Welle_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Welle_(Physik))