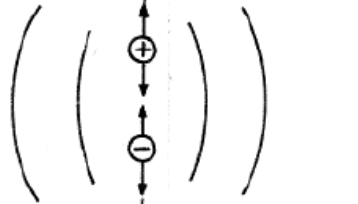
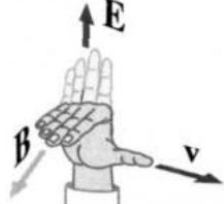


OPTIK

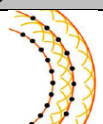
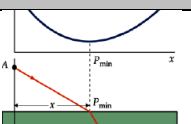
Elektromagnetische Wellen

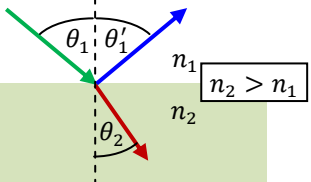
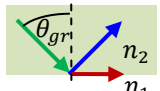
Grundprinzip: Beschleunigte elektrische Ladungen strahlen.


Licht ist eine elektromagnetische Welle.

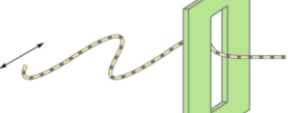
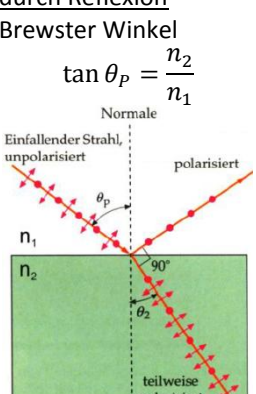
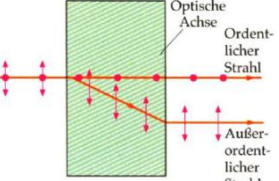

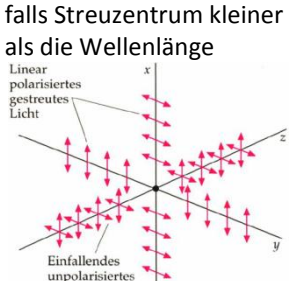
<p>Hertzscher Dipol</p>  <p>f der Welle = f der Schwingung Welle = senkrecht zur Dipolachse Intensität entlang Achse = 0</p>	<p>Ausbreitung</p>  <p>E-/B-Feld sind transversal, stehen senkrecht aufeinander und liegen in Phase</p>	<p>Streuung (Wechselwirkung mit Materie) Absorption und Abstrahlung von elektromagnetischer Wellen in Materie.</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="831 387 1166 577"> <p>Röntgenstrahlung Bremsstrahlung - Durch hohe Abbremsung beim Auftreten von Elektronen auf Materie charakt. Röntgenstrahlung - Durch sehr hohe Abbremsung</p> </td> <td data-bbox="1171 387 1450 577"> <p>Synchrotronstrahlung Durch Zentripetalbeschl. auf einer Kreisbahn gehaltenen Elektronen</p> </td> </tr> </table>	<p>Röntgenstrahlung Bremsstrahlung - Durch hohe Abbremsung beim Auftreten von Elektronen auf Materie charakt. Röntgenstrahlung - Durch sehr hohe Abbremsung</p>	<p>Synchrotronstrahlung Durch Zentripetalbeschl. auf einer Kreisbahn gehaltenen Elektronen</p>
<p>Röntgenstrahlung Bremsstrahlung - Durch hohe Abbremsung beim Auftreten von Elektronen auf Materie charakt. Röntgenstrahlung - Durch sehr hohe Abbremsung</p>	<p>Synchrotronstrahlung Durch Zentripetalbeschl. auf einer Kreisbahn gehaltenen Elektronen</p>			

Grundlagen der Optik

<p>Ausbreitung des Lichts</p> <p><u>Huygens'sche Prinzip</u> Jeder Punkt ist der Ausgangspunkt einer neuen Welle</p> 	<p><u>Fermat'sche Prinzip</u> Der Weg mit der dafür minimalen benötigten Zeitspanne</p> 	<p>Brechzahl</p> <table border="1"> <tr> <td>n</td> <td>Brechzahl</td> </tr> <tr> <td>$\frac{c_0}{c_n}$</td> <td>Lichtgeschwindigkeit im Vakuum</td> </tr> <tr> <td>c_n</td> <td>Lichtgeschwindigkeit im Medium</td> </tr> </table>	n	Brechzahl	$\frac{c_0}{c_n}$	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c_n	Lichtgeschwindigkeit im Medium
n	Brechzahl							
$\frac{c_0}{c_n}$	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum							
c_n	Lichtgeschwindigkeit im Medium							

<p>Reflexion und Brechung</p> <p>Medium 1 optisch dünner</p> <p>Medium 2 optisch dichter</p>  <p>Einfallsebene = gezeichnete Ebene</p> <p>Reflexion Einfallswinkel = Ausfallswinkel $\theta_1 = \theta'_1$</p> <p>Brechung $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$</p>	<p>spiegelnde Reflexion, bei glatter Fläche</p> <p>diffuse Reflexion, bei rauher Fläche</p> <p>Totalreflexion, wenn $\theta_1 > \theta_{gr}$ und wenn vom dichteren zum dünneren</p> <p>Grenzwinkel: $\sin \theta_{gr} = \frac{n_1}{n_2}$</p> 
---	--

<p>Dispersion</p> 	<p>Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht in durchsichtigen Materialien hängt von der Wellenlänge ab. normale Dispersion: n sinkt mit wachsender Wellenlänge.</p>
--	---

<p>Lineare Polarisation</p> <p><u>Prinzip</u> Wenn unpolarisiertes Licht auf einen Polarisator fällt, wird nur der parallel zur Polarisatorachse schwingende Anteil durchgelassen.</p> <p>$E_{transm.} = E_0 * \cos(\theta_1)$</p> 	<p><u>durch Reflexion</u> Brewster Winkel $\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1}$</p> 	<p><u>durch Doppelbrechung</u> optisch anisotrope Kristalle</p> <p>vorzugsrichtung = optische Achse</p> 	<p><u>durch Absorption</u> (Dichroismus)</p> 	<p><u>durch Streuung</u> blaues Licht wird stärker gestreut als gelbes</p> <p>falls Streuzentrum kleiner als die Wellenlänge</p> 
--	--	---	---	--

<p>Welle-Teilchen Dualismus bei Licht</p> <p>$W = h * f = \frac{h * c}{\lambda}$ $h = 6.626 * 10^{-34} Js$</p> <p>$c = \lambda * f = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 299'792'458 \frac{m}{s}$</p>	<table border="1"> <tr> <td>W</td> <td>Energie</td> </tr> <tr> <td>h</td> <td>Planck'sches Wirkungsquantum</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>Lichtgeschwindigkeit (im Vakuum)</td> </tr> <tr> <td>λ</td> <td>Wellenlänge</td> </tr> <tr> <td>f</td> <td>Frequenz</td> </tr> <tr> <td>ϵ_0, μ_0</td> <td>elektrische Feldkonstanten</td> </tr> </table>	W	Energie	h	Planck'sches Wirkungsquantum	c	Lichtgeschwindigkeit (im Vakuum)	λ	Wellenlänge	f	Frequenz	ϵ_0, μ_0	elektrische Feldkonstanten
W	Energie												
h	Planck'sches Wirkungsquantum												
c	Lichtgeschwindigkeit (im Vakuum)												
λ	Wellenlänge												
f	Frequenz												
ϵ_0, μ_0	elektrische Feldkonstanten												

Elektromagnetische Strahlung (also auch Licht) wird in Form von diskreten Energiepaketen, den **Photonen**, abgegeben. Da Energiezustände nur diskrete Werte annehmen, sind auch die Farben auf diskrete Werte beschränkt. -> **Spektrallinien**

Optische Abbildung durch Linsen und Spiegel

4 Grundgesetze

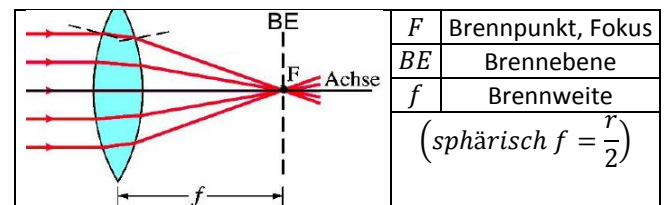
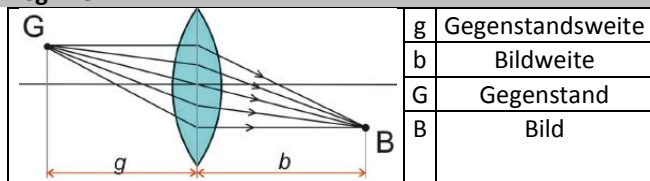
Geradlinigkeit	Licht breitet sich geradlinig aus
Unabhängigkeit	zwei Lichtstrahlen beeinflussen sich nicht
Reflexionsgesetz	Einfallswinkel = Ausfallswinkel
Brechungsgesetz	$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$

Paraxiale Optik	rotationssymmetrisches optisches System		
Kleinwinkelnäherung	$\sin \varphi = \tan \varphi = \varphi$ und $\cos \varphi = 1$, falls $\varphi < 5^\circ$		
Optische Abbildungen	reelle	virtuell	kein Bild

Linsentypen

Sammellinse		bikonvex	plankonvex	konv. Meniskus
Zerstreuungslinse		bikonkav	plankonkav	konk. Meniskus

Begriffe



dünne Linse: Dicke < 5% Radius

Strahlen

	0	Hauptstrahl durch Hauptachse HA	
	1	Achsenparallele Strahlen parallel zur Achse -> durch Fok	
	2	Brennpunktstrahlen durch Fok -> parallel zur Achse	
	3	Mittelpunktstrahl durch Nebenachse NA	
	4	Parallel zur Nebenachse schneiden sich in BE	

Spiegel

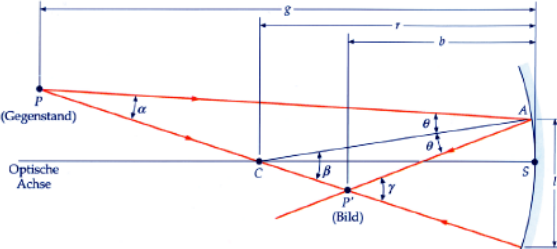
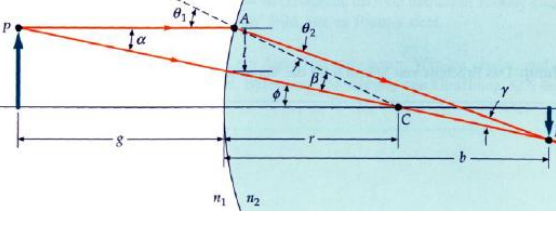
Ebener Spiegel 	Gewölbter Spiegel 	Sphärischer Spiegel 	Parabolspiegel
---------------------------	------------------------------	--------------------------------	---------------------------

Bildkonstruktion an sphärischen Spiegel

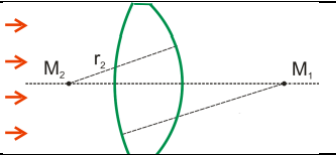
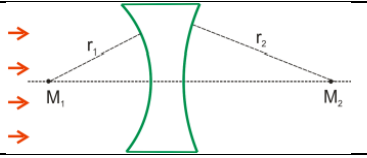
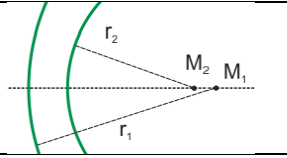
konkaver Spiegel (Kugelspiegel) 	konvexer Spiegel
analog Sammellinse	analog Zerstreuungslinse

Abbildungsgleichungen, Mehrlinsensysteme und Linsenfehler

Abbildungsgleichung (Konvention von + und -)

<p>mittels Reflexion (Spiegel)</p> 	<p>mittels Brechung (Zylinder)</p> 	<p>dünne Linse</p> <p>Linsengleichung von Reflexion</p> <p>aber Konvention von Brechung</p>
$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$	$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{r}$	$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

Brennweiten dünner Linsen

<p>unendlich weit entfernter Gegenstand:</p> $\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_{Luft}} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$	<p>Sammellinse</p>  <p>$r_1 > 0$ $r_2 < 0$ } $f > 0$</p> <p>F auf Transmissionsseite</p>	<p>Zerstreuungslinse</p>  <p>$r_1 < 0$ $r_2 > 0$ } $f < 0$</p> <p>F auf Gegenstandsseite</p>	<p>Meniskuslinsen</p>  <p>$r_1 > 0$ $r_2 > 0$ } f unbekannt</p> <p>je nach Betrag von r_1, r_2</p>
---	---	--	---

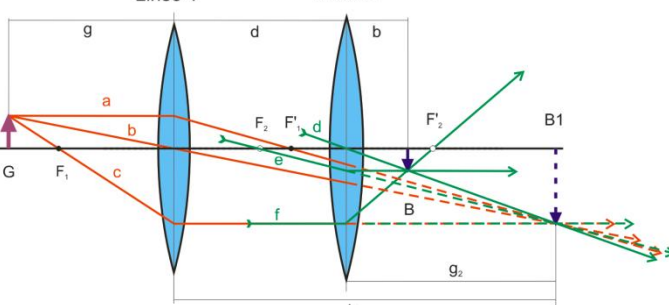
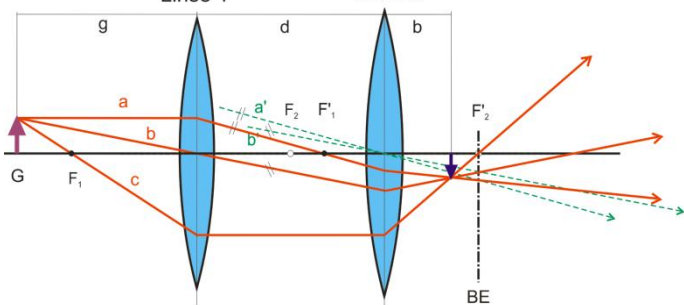
Definition Linsenstärke (Brechwert) D

$D = \frac{n_M}{f}$	<p>D Dioptrie</p> <p>n_M Brechzahl des Mediums</p>	<p>$[D] = m^{-1}$</p>
---------------------	---	----------------------------------

Dicke Linsen

Näherung der Mittelebene nicht mehr gültig. -> Zwei Hauptebenen

Mehrere Linsen

<p>Konstruktion mit Zwischenbild</p> 	<p>Konstruktion ohne Zwischenbild</p> 
<p>1. Konstruktion von Bild B1 (als ob Linse 2 nicht existiere) 2. Endgültiges Bild durch Strahlen (d,e,f) zeichnen</p>	<p>1. Brechung der Linse 1 bis zu Linse 2 weiterziehen 2. Parallele Strahlen durch den Mittelpunkt von Linse 2 3. Durchstoßpunkte der Linse mit derjenigen der BE verbinden</p>

Brennweite mehrere dünner aufeinanderliegender Linsen

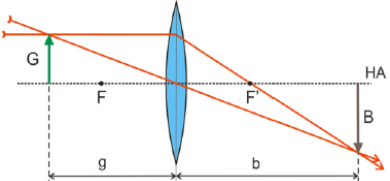
$D_{tot} = D_1 + D_2$	$\frac{1}{f_{tot}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$
-----------------------	---

Abbildungsfehler

<p>spärische Aberration</p>	<p>zu grosser Winkel zur Achse -> Parabolspiegel oder Blende</p>	<p>Materialfehler</p>
<p>Astigmatismus schiefer Bündel</p>	<p>Strahlen fallen schräg zur Achse ein</p>	
<p>chromatische Aberration</p>	<p>nur bei Linsen (Brechung), Dispersion -> Kombination von Linsen</p>	

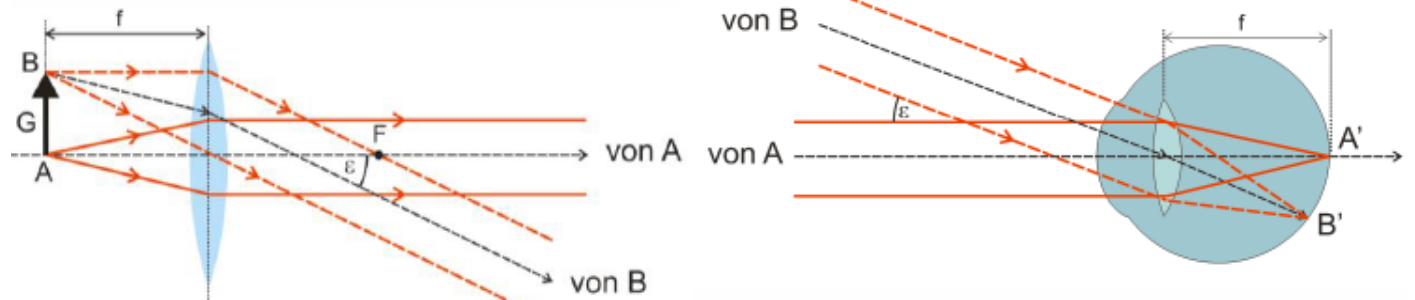
Optische Instrumente

Lateralvergrößerung

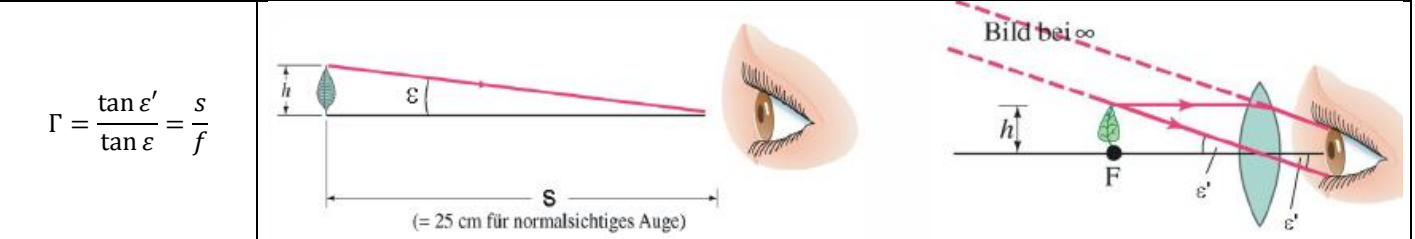
$\gamma = \frac{B}{G} = \frac{1}{1 - \frac{g}{f}}$ 	Sammellinse (f positiv)			Zerstreuungslinse (f negativ)			
	g < f	$1 < \gamma < \infty$	virtuell vergrößert	aufrecht	$0 < \gamma < 1$	virtuell verkleinert	aufrecht
	g = f	$\gamma = \infty$	virtuell vergrößert	aufrecht	$0 < \gamma < 1$	virtuell verkleinert	aufrecht
	f < g < 2f	$\gamma < -1$	reell vergrößert	verkehrt	$0 < \gamma < 1$	virtuell verkleinert	aufrecht
	g = 2f	$\gamma = -1$	reell 1:1	verkehrt	$0 < \gamma < 1$	virtuell verkleinert	aufrecht
g > 2f	$-1 < \gamma < 0$	reell verkleinert	verkehrt	$0 < \gamma < 1$	virtuell verkleinert	aufrecht	

Die Lupe

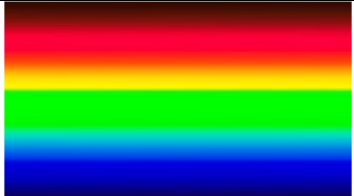
kurzbrennweitige Sammellinse, Gegenstand in Brennebene



Angularvergrößerung



Frequenzspektrum

Bezeichnung	Wellenlänge	Frequenz	Einsatzgebiet
Niederfrequenz	> 10 km	< $3 \cdot 10^4$ Hz	Funknavigation
Hochfrequenz			
Langwelle (LW)	10 km - 1 km	$3 \cdot 10^4$ - $3 \cdot 10^5$ Hz	Langwellenrundfunk
Mittelwelle (MW)	1 km - 100 m	$3 \cdot 10^5$ - $3 \cdot 10^6$ Hz	Mittelwellenrundfunk
Kurzwelle (KW)	100 m - 10 m	$3 \cdot 10^6$ - $3 \cdot 10^7$ Hz	Kurzwellenrundfunk
Ultrakurzwelle (UKW)	10 m - 10 cm	$3 \cdot 10^7$ - $3 \cdot 10^9$ Hz	Hörfunk, Fernsehen
Mikrowellen	10 cm - 0,1 mm	$3 \cdot 10^9$ - $3 \cdot 10^{12}$ Hz	Radar, Mikrowelle
Licht			
Infrarot (IR)	100 μ m – 780 nm	$3 \cdot 10^{12}$ - $3,85 \cdot 10^{14}$ Hz	Wärmestrahlung, Fernbedienungen
Sichtbar (VIS)	780 nm – 400 nm	$3,8 \cdot 10^{14}$ - $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz	DVD, Laserpointer, Lichtzeichenanlage
Rot	750 – 640 nm	$4,0$ – $4,7 \cdot 10^{14}$ Hz	
Orange	640 – 600 nm	$4,7$ – $5,0 \cdot 10^{14}$ Hz	
Gelb	600 – 555 nm	$5,0$ – $5,4 \cdot 10^{14}$ Hz	
Grün	555 – 485 nm	$5,4$ – $6,2 \cdot 10^{14}$ Hz	
Blau	485 – 430 nm	$6,2$ – $7,0 \cdot 10^{14}$ Hz	
Violett	430 – 380 nm	$7,0$ – $7,9 \cdot 10^{14}$ Hz	
Ultraviolett (UV)	400 nm – 1 nm	$7,5 \cdot 10^{14}$ - $3 \cdot 10^{17}$ Hz	Schwarzlicht, Banknotenprüfung, Lithografie
- Soft UV (UV)	400 nm – 200 nm		Lithografie, Laserbearbeitung
- Deep UV (DUV)	200 nm – 50 nm		EUV-Lithografie
- Extreme UV (XUV)	50 nm - 1 nm		
Röntgenstrahlen	1 nm – 10 pm	$3 \cdot 10^{17}$ - $3 \cdot 10^{19}$ Hz	med. Diagnostik, Röntgenanalyse,
Gammastrahlen	10 pm - 0,1 pm	$3 \cdot 10^{19}$ - $3 \cdot 10^{21}$ Hz	Medizin, Sterilisation
Kosmische Strahlung	< 0,1 pm	> $3 \cdot 10^{21}$ Hz	