

Optik



Ausschließlich für den Unterrichtsgebrauch

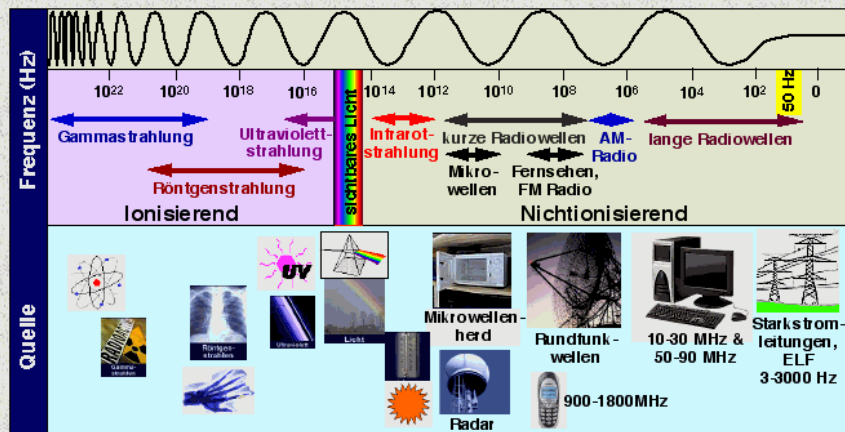
1

Optik

Optik ist ein Spezialgebiet der Physik, das Eigenschaften elektromagnetischer Strahlung im sichtbaren Bereich behandelt.

2

Elektromagnetisches Spektrum



Optik

1. „Geometrische Optik“ (optische Geräte)

- Typische Abmessungen D der abbildenden System (Blenden, Linsen) sind groß gegen die Wellenlänge λ des Lichts

2. „Wellenoptik“

- Typische Abmessungen D der abbildenden System (Blenden, Linsen) sind klein gegen die Wellenlänge λ des Lichts
- Wellencharakter des Lichts führt zu Erscheinungen wie Beugung und Interferenz

3. „Quantenoptik“

- Teilchencharakter des Lichts \rightarrow Photon

4

Licht

Eigenschaften des Lichts

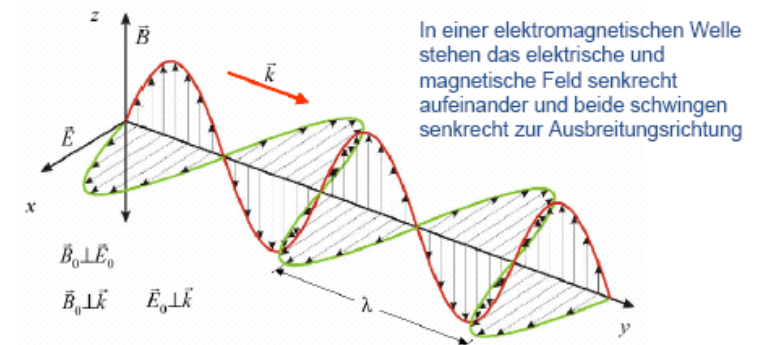
- Antikes Modell: Sehstrahlen, vom Auge ausgehend, tasten die Gegenstände ab
- Heute: Teilchen- und Wellenmodell

Licht kann entweder als Strahl von Teilchen oder als elektromagnetische Welle betrachtet werden

5

Licht

Das Licht ist eine elektromagnetische Welle, das sich geradlinig mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet



6

Licht

Das Licht ist eine elektromagnetische Welle, das sich geradlinig mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet.

Im Vakuum ist die Geschwindigkeit für alle elektromagnetischen Wellen gleich:

$$c_0 = (299\,792,46 \pm 0,018) \text{ km/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

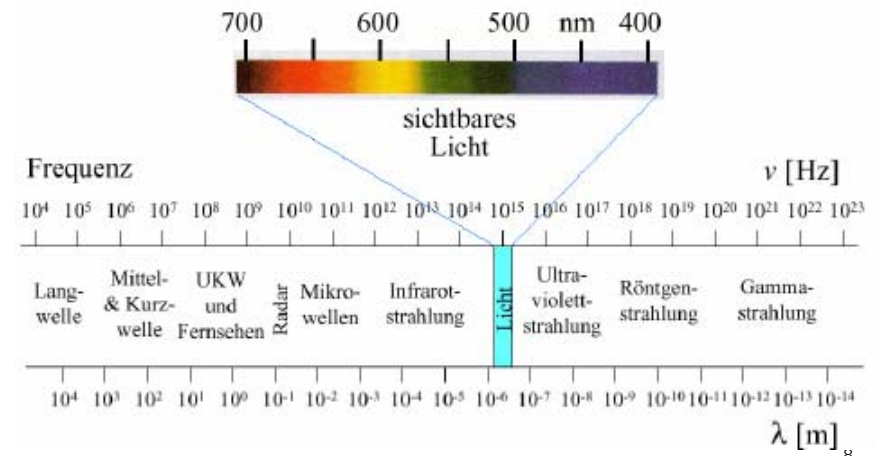
Olaf Römer - 1676: Verfinsterungen des Jupitermondes Io
 $c \approx 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Bradley - 1727: Aberration des Sternenlichtes

7

Licht

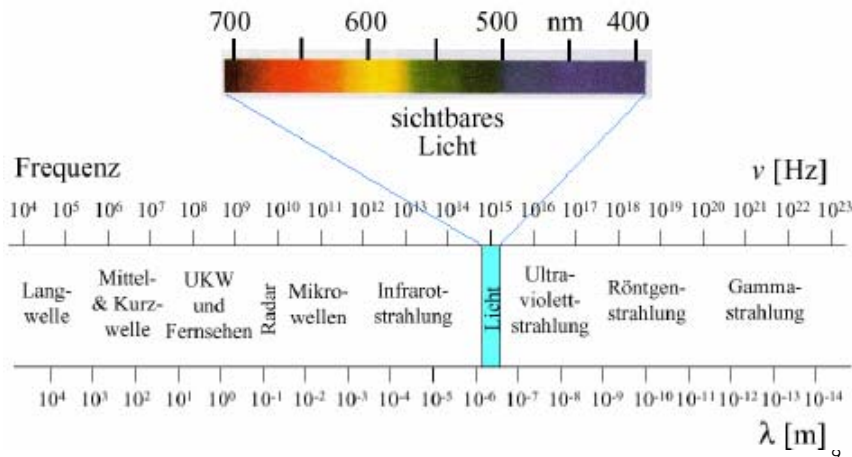
Licht als elektromagnetische Welle



8

Licht

Berechnen Sie die Frequenzen der einzelnen Farben des Lichts!



Geometrische Optik

Typische Abmessungen D der abbildenden System (Blenden, Linsen) sind groß gegen die Wellenlänge λ des Lichts

$$D \gg \lambda$$

10

Das Modell „Lichtstrahl“

- geradlinige Ausbreitung des Lichtes
- Lichtwege sind umkehrbar
- kreuzende Lichtstrahlen beeinflussen sich nicht

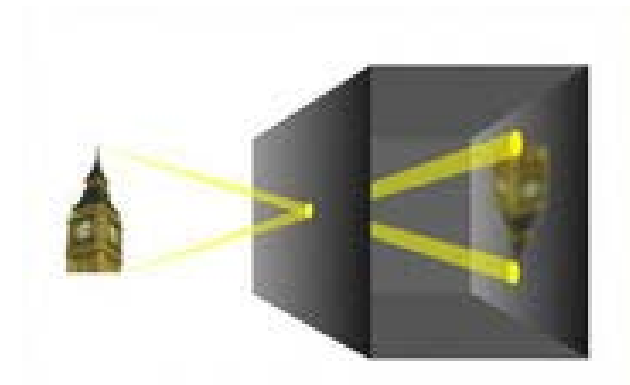
Fermatsches Prinzip

Die Ausbreitung des Lichtes zwischen zwei Punkten verläuft so, daß die verbrauchte Zeit minimal ist.

11

Geradlinige Ausbreitung

Lochkamera - Camera Obscura



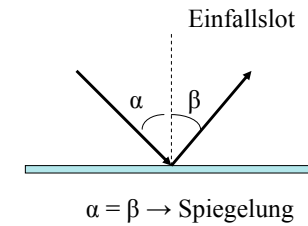
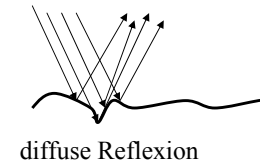
12

Reflexion und Brechung

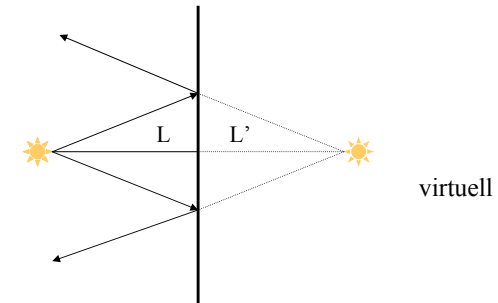


13

Reflexion des Lichtes

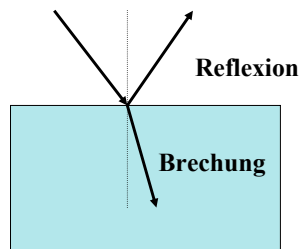


das Bild am
ebenen Spiegel



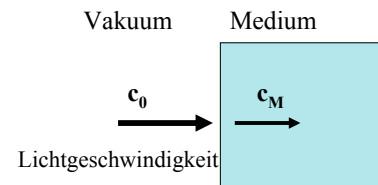
14

Brechzahl



bei 20° C
und 584 nm

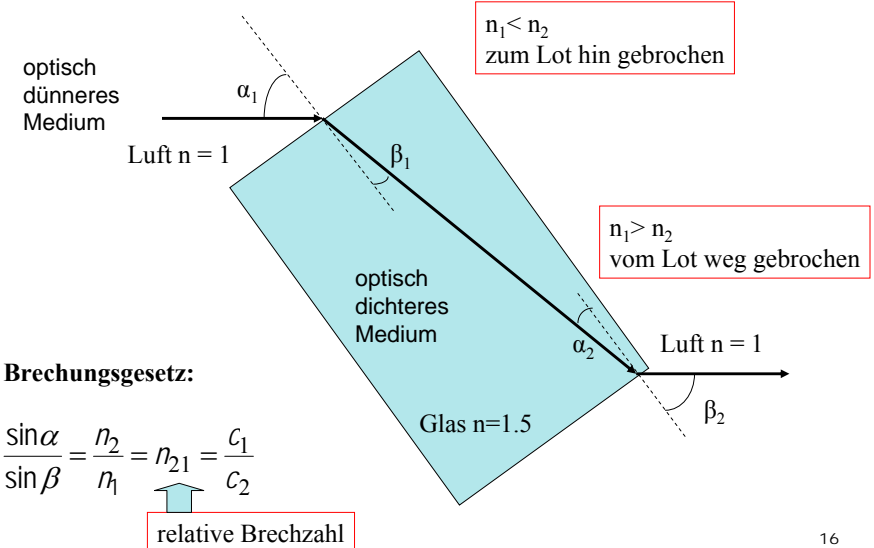
Material	n
Vakuum	1
Luft (1 atm)	1,00027
Wasser	1,333
Augenlinse	$\approx 1,34$
Ethylalkohol	1,361
Quarzglas	1,459
Flintglas	1,613
Diamant	2,417



absolute Brechzahl: $n = \frac{c_0}{c_M} \geq 1$

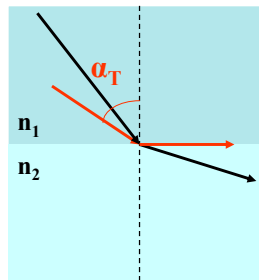
15

Brechung



16

Totalreflexion

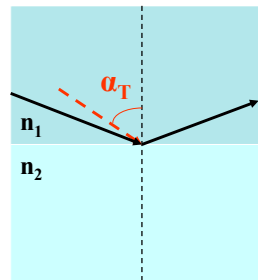


$$n_1 > n_2$$

α_T ...Grenzwinkel

optisch
dichteres
Medium

optisch
dünneres
Medium

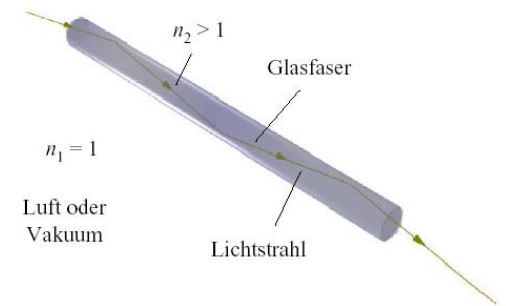
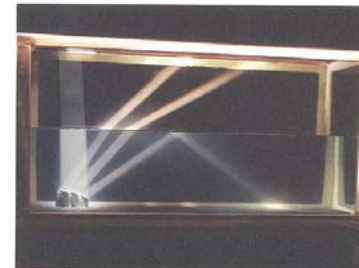


$$n_1 > n_2$$

$\alpha > \alpha_T$ Totalreflexion

17

Totalreflexion

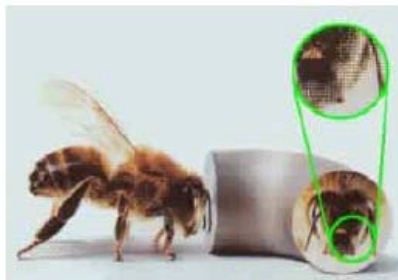
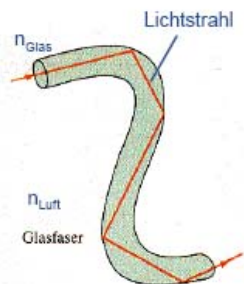


Anwendung:

- Lichtleiter – Endoskopie
- Faseroptik – optische Informationsübertragung

18

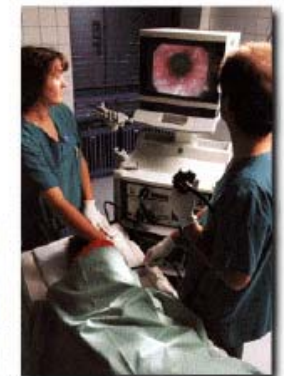
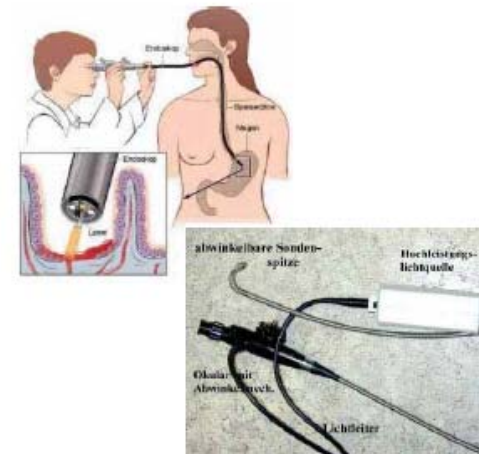
Totalreflexion & Endoskopie



Optische Nachrichtenübertragung

19

Totalreflexion & Endoskopie



20

Dispersion und Prisma

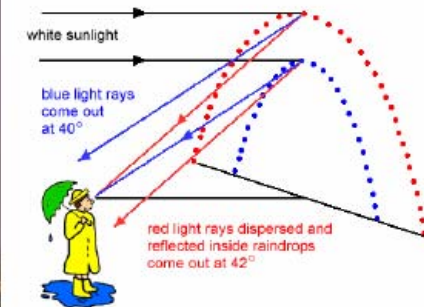


Weißes Licht wird zerlegt
Kurzwelliges Licht (violett) wird stärker gebrochen als langwelliges (rot)

21

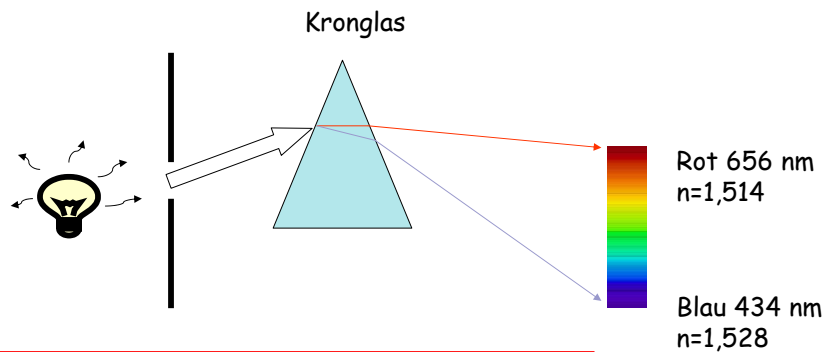
Dispersion und Regenbogen

Der Brechungsindex von Wassertropfen ist wellenlängenabhängig.
→ Farben unter verschiedenen Winkeln.



22

Dispersion und Prisma

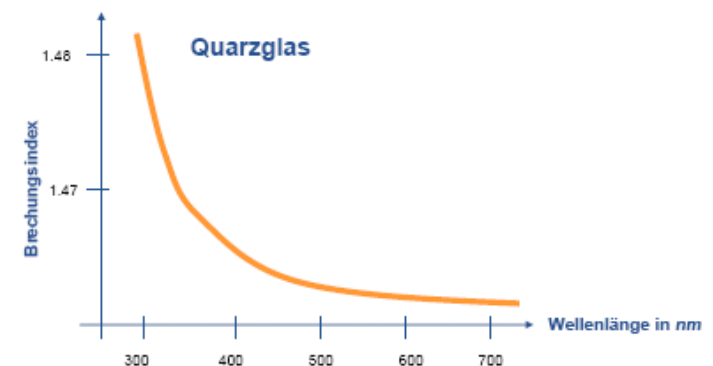


Wellenlängenabhängigkeit der Brechzahl

23

Dispersion

Der Brechungsindex ist für alle Gläser wellenlängenabhängig, d.h. $n = n(\lambda)$.
Für die meisten Gläser nimmt n mit abnehmender Wellenlänge zu, d.h. **BLAU** wird stärker gebrochen als **ROT** (normale Dispersion)

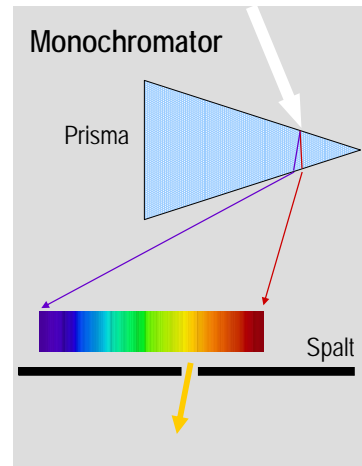


24

Anwendung der Dispersion Monochromator

Monochromatisches Licht:
einfarbiges Licht

Anwendung:
Lichtanalyse
(Spektralanalyse)



25

Brechung an gekrümmten Flächen

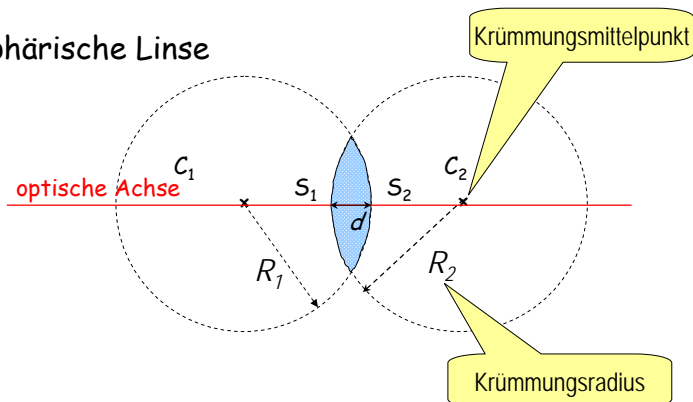
Dünne Linsen

Kombination zweier gekrümmter brechender Flächen
Abstand der Scheitelpunkte $d \ll$ Krümmungsradien R_1
und R_2

26

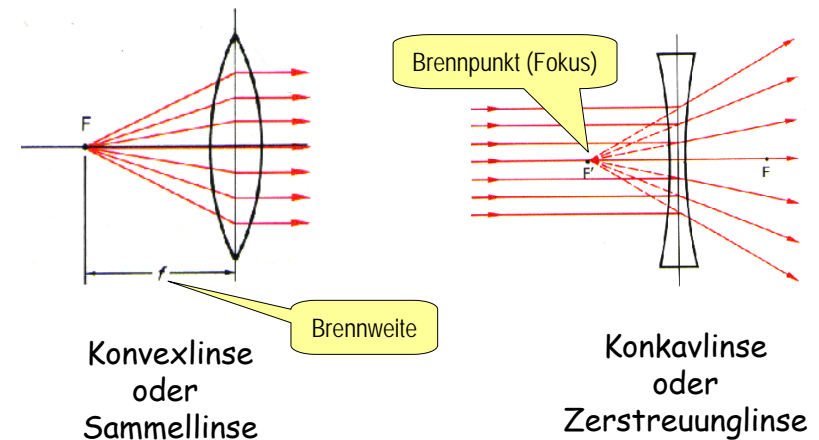
Dünne Linsen

•sphärische Linse

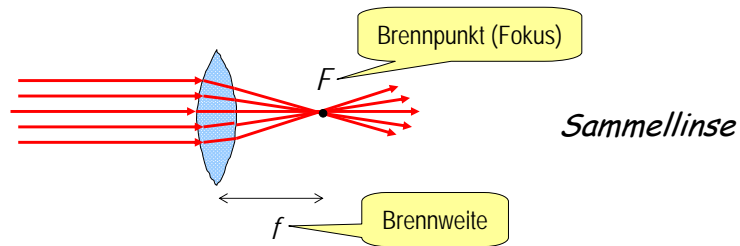


27

Linsenarten



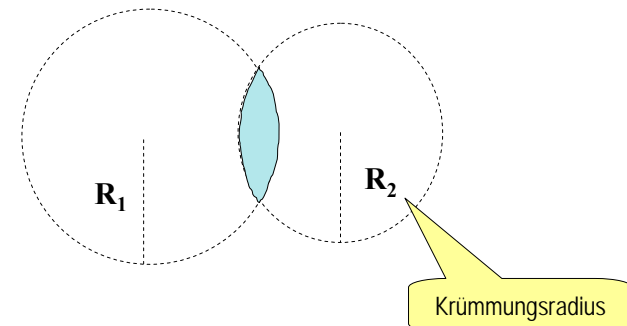
28



Brechkraft (D): $D = \frac{1}{f} \quad [D] = \frac{1}{\text{m}} = \text{dpt (Dioptrie)}$

29

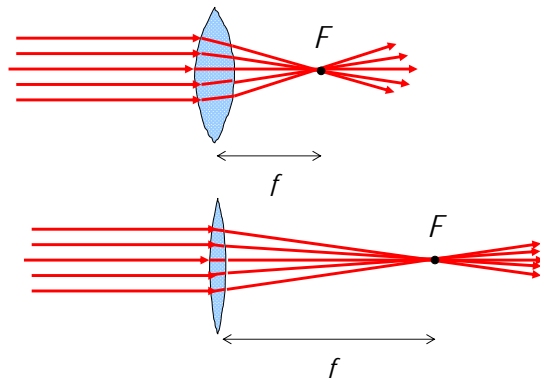
Linsenschleiferformel der dünnen Linsen



$$\frac{1}{f} = (n_{\text{rel}} - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$n_{\text{rel}} = \frac{n_{\text{Linse}}}{n_{\text{Umgebung}}}$$

30



$$D = \frac{1}{f} = (n-1) \frac{2}{R}$$

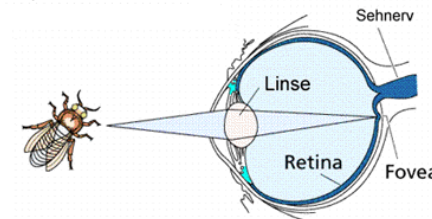
**Linsenschleiferformel
symmetrischer Linsen**

s. Akkomodation d. Augenlinse \Rightarrow

31

Nahsicht (Akkommodation)

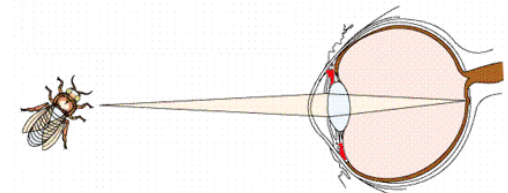
Der Ciliarmuskel kontrahiert sich,
als Folge wölbt sich die Linse



$$R_1 \text{ und } R_2 \downarrow \\ f \downarrow \Rightarrow D \uparrow$$

Fernsicht

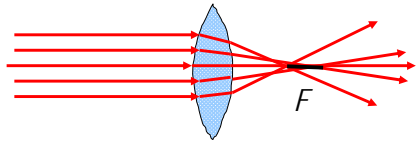
Der Ciliarmuskel entspannt sich,
die Zonulafasern ziehen die Linse in eine abgeflachte Form



$$R_1 \text{ und } R_2 \uparrow \\ f \uparrow \Rightarrow D \downarrow$$

Linsenfehler

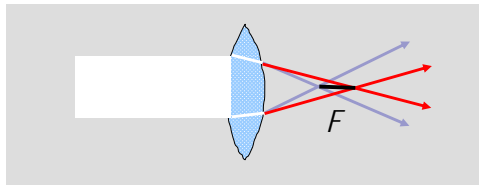
Spärische Aberration – Öffnungsfehler



Ursache: Teilnahme der achsenfernen Strahlen in der Bildentstehung

Ergebnis: eine abweichende Brennweite der nicht paraxialen Strahlen

Chromatische Aberration – Farbabweichung

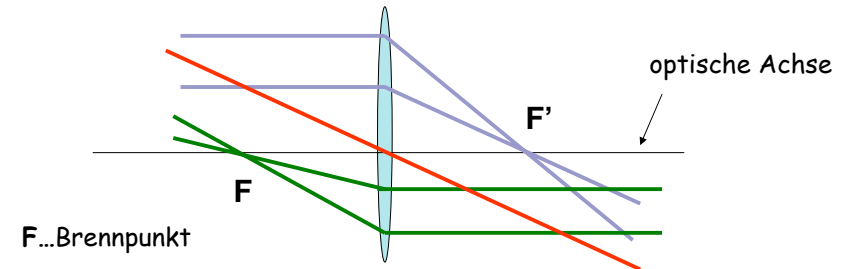


Ursache: Dispersion

Ergebnis: eine etwas abweichende Brennweite der verschiedenen Farben

33

Abbildung mit Linsen

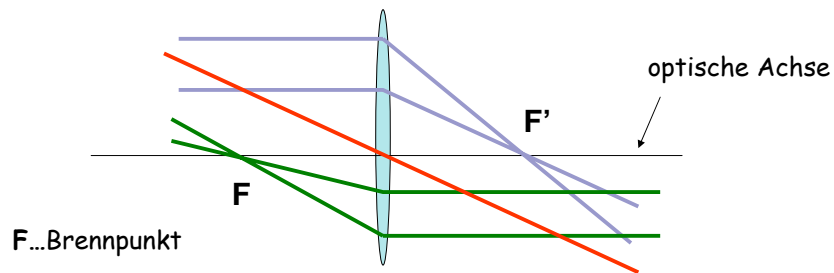


Parallelstrahl

Brennpunktstrahl

Mittelpunktstrahl

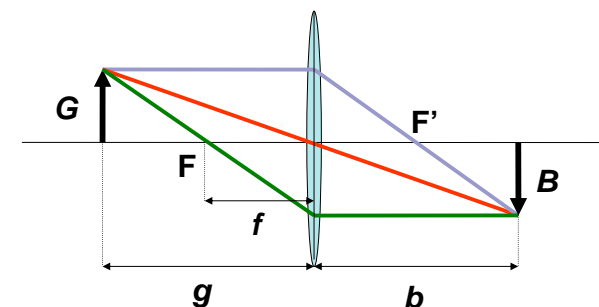
34



- Strahlen, die die Linse auf der optischen Achse schneiden, werden nicht abgelenkt
- achsenparallele Strahlen werden im Brennpunkt fokussiert
- Strahlen aus dem Brennpunkt werden zu achsenparallelen Strahlen

35

Abbildung durch Sammellinse



f ...Brennweite

g ...Gegenstandsweite

b ...Bildweite

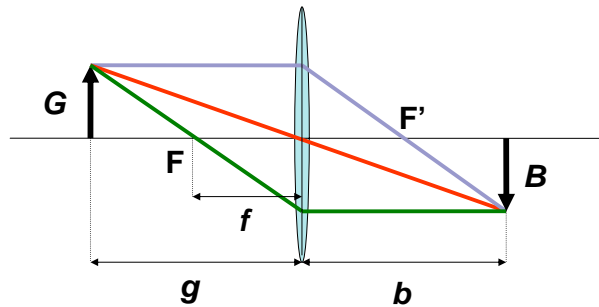
F ...Brennpunkt

G ...Gegenstandsgröße

B ...Bildgröße

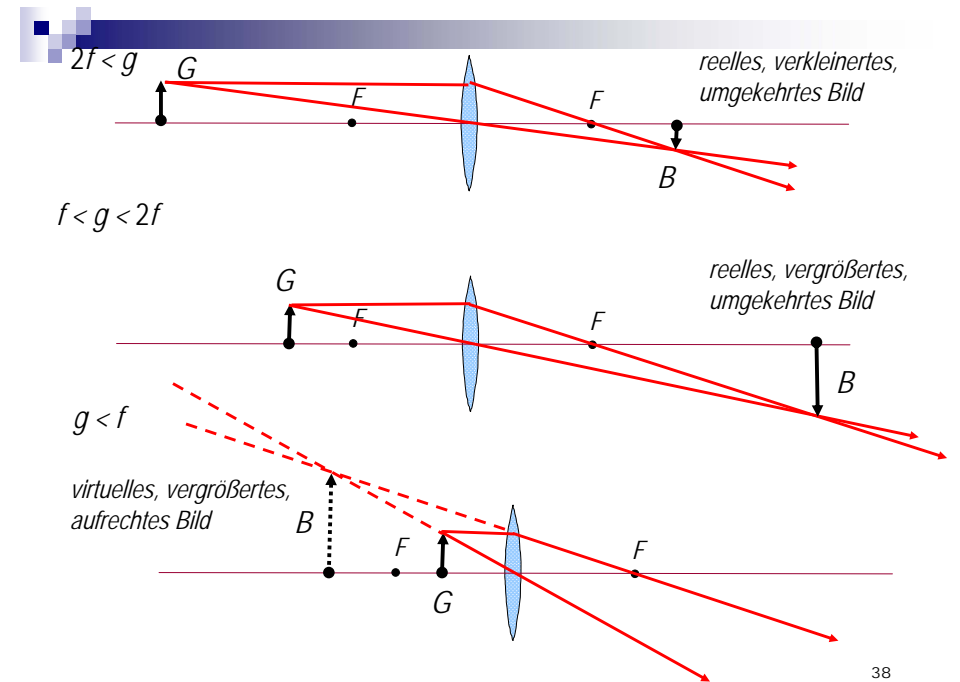
36

Abbildung durch Sammellinse



Brechkraft: $D = \frac{1}{f}$ $[D] = \frac{1}{\text{m}} = \text{dpt (Dioptrie)}$

Abbildungsgleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ Abbildungsmaßstab: $V = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$



38

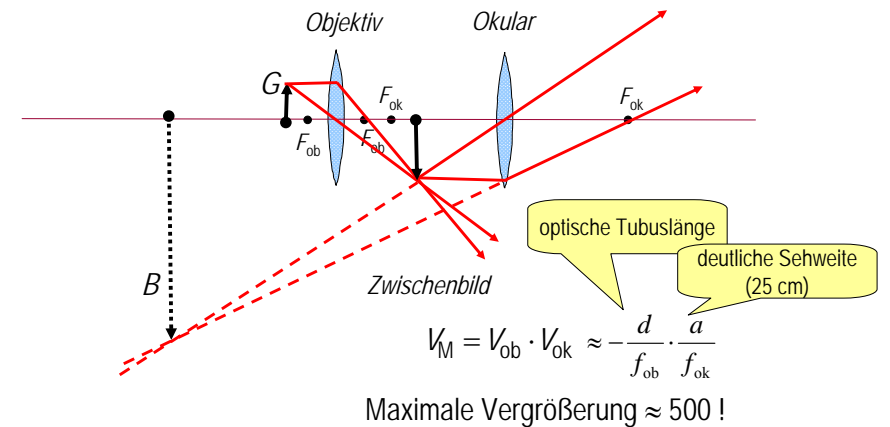
Gegenstand

Bild

Lage	Lage	Art, Stellung, Größe
$g > 2f$	$f < b < 2f$	reell, umgekehrt, seitenvertauscht, verkleinert
$g = 2f$	$b = 2f$	reell, umgekehrt, seitenvertauscht, gleichgroß
$f < g < 2f$	$b > 2f$	reell, umgekehrt, seitenvertauscht, vergrößert
$g < f$	Auf der Gegenstandsseite	virtuell, aufrecht, seitenrichtig, vergrößert

39

Das Lichtmikroskop



? s. Wellenoptik \Rightarrow

40