

Optik



Ausschließlich für den Unterrichtsgebrauch

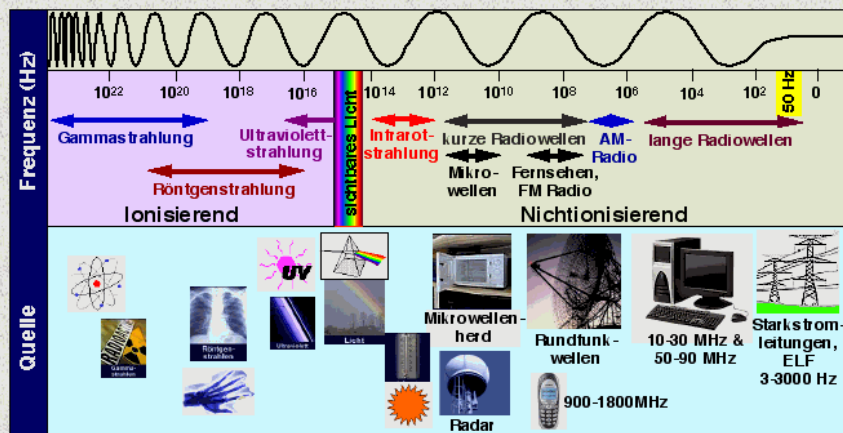
1



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

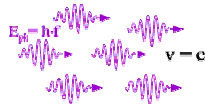
Eigenschaften des Lichts

•Antikes Modell: Sehstrahlen, vom Auge ausgehend, tasten die Gegenstände ab



•Heute: Teilchen- und Wellenmodell

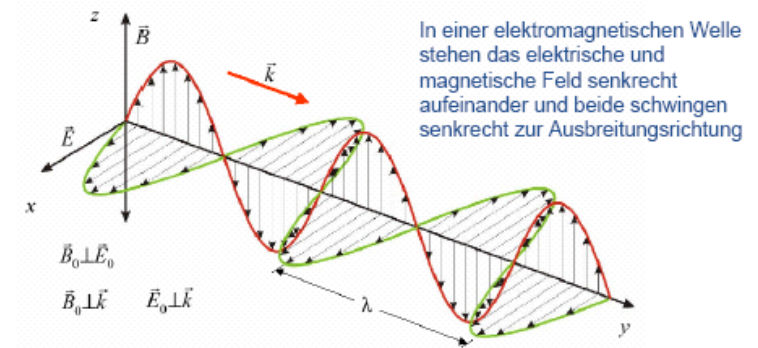
Licht kann entweder als Strahl von **Teilchen** oder als elektromagnetische **Welle** betrachtet werden



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:

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

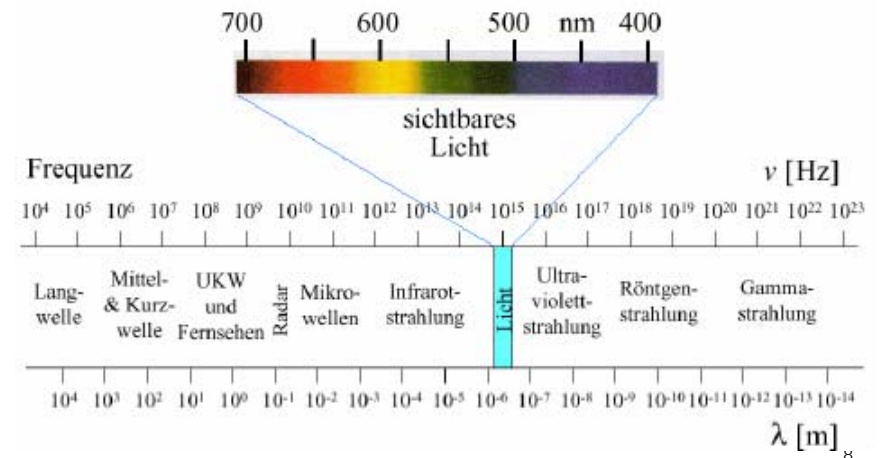
Olaf Römer - 1676: Verfinsterungen des Jupitermondes Io
 $c \approx 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Bradley - 1727: Aberration des Sternenlichtes

7

Licht

Licht als elektromagnetische Welle



8

Geometrische Optik

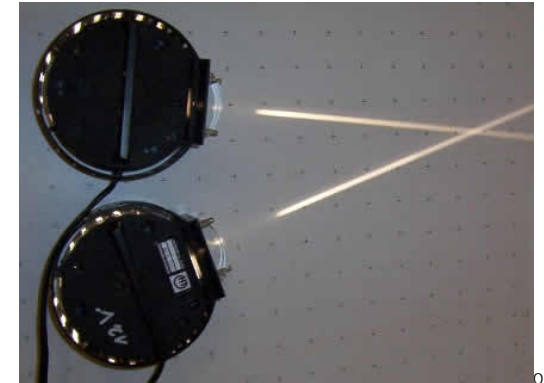
Typische Abmessungen D der abbildenden System (Blenden, Linsen) sind groß gegen die Wellenlänge λ des Lichts

$$D \gg \lambda$$

9

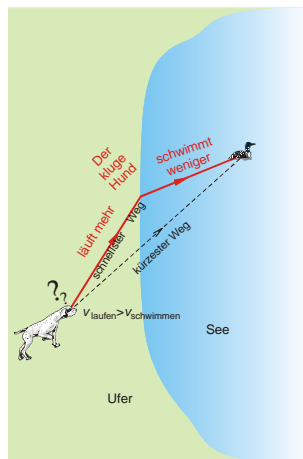
Das Modell „Lichtstrahl“

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



10

Das Fermatsche Prinzip



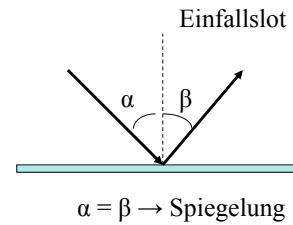
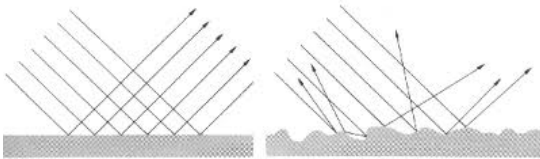
Die Ausbreitung des Lichtes zwischen zwei Punkten verläuft so, daß die verbrauchte Zeit minimal ist.

Reflexion und Brechung



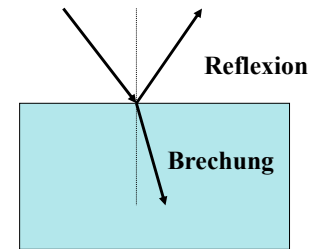
12

Reflexion des Lichtes



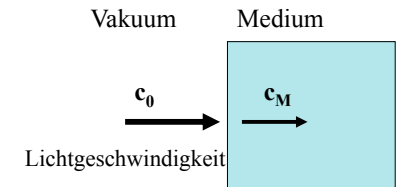
13

Brechzahl



bei 20° C
und 584 nm

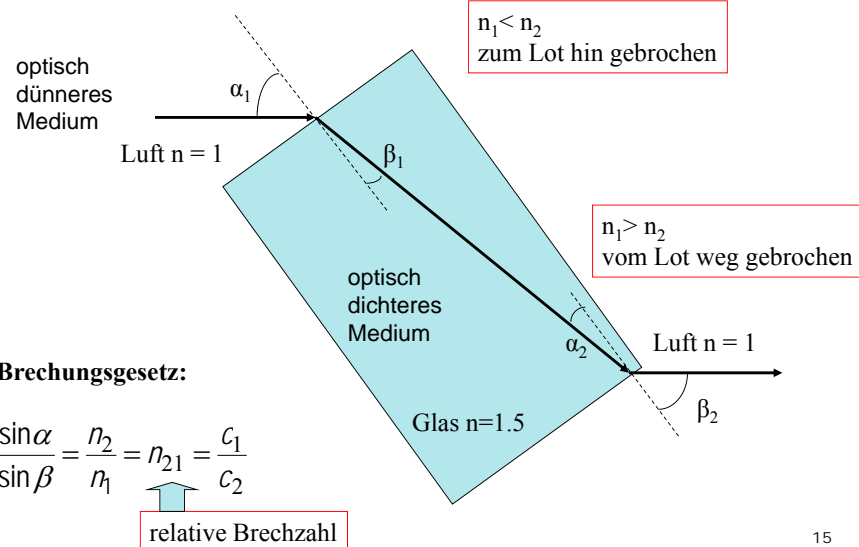
Material	<i>n</i>
Vakuum	1
Luft (1 atm)	1,00027
Wasser	1,333
Augenlinse	≈1,34
Ethylalkohol	1,361
Quarzglas	1,459
Flintglas	1,613
Diamant	2,417



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

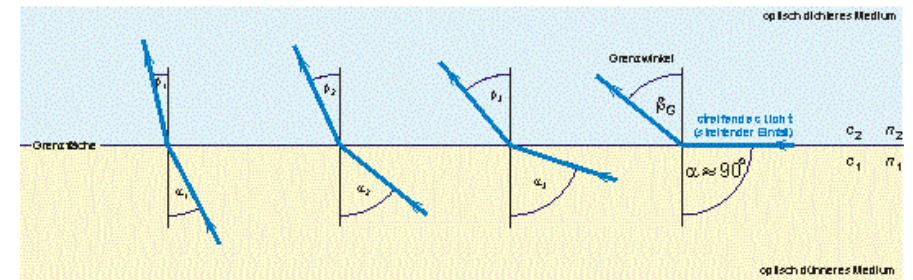
14

Brechung



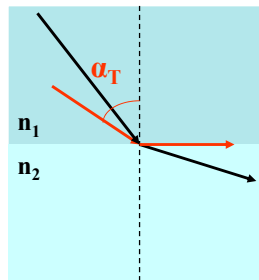
15

Totalreflexion



16

Totalreflexion

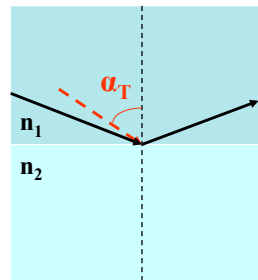


$$n_1 > n_2$$

α_T ...Grenzwinkel

optisch
dichteres
Medium

optisch
dünneres
Medium

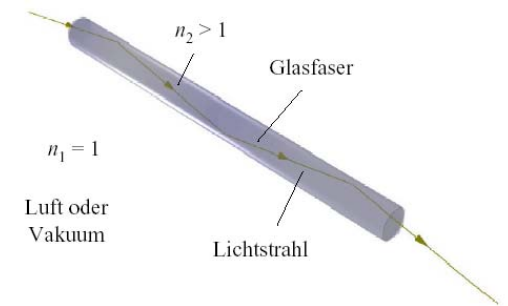


$$n_1 > n_2$$

$\alpha > \alpha_T$ Totalreflexion

17

Totalreflexion

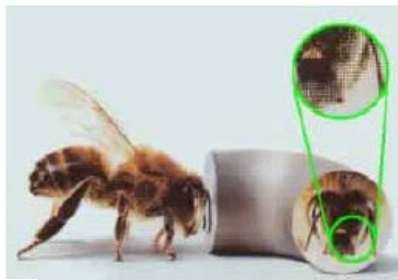
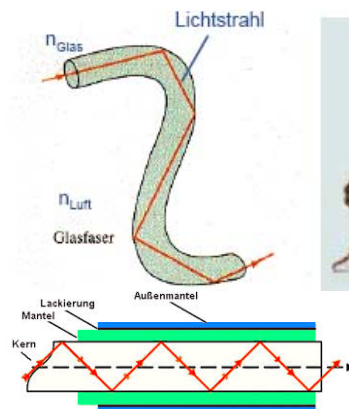


Anwendung:

- Lichtleiter – Endoskopie
- Faseroptik – optische Informationsübertragung

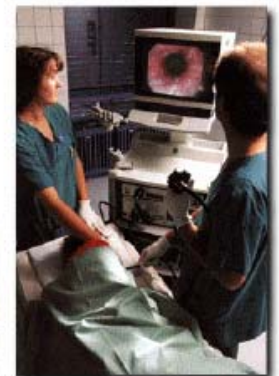
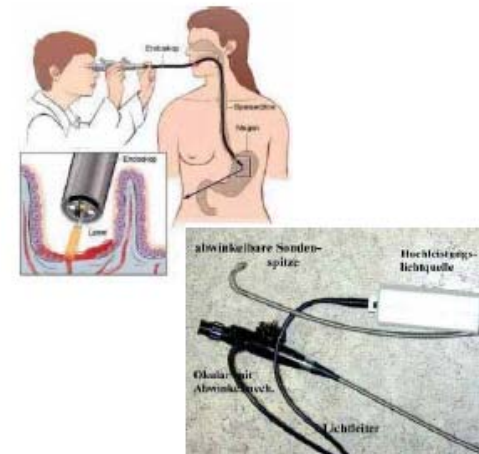
18

Totalreflexion & Endoskopie



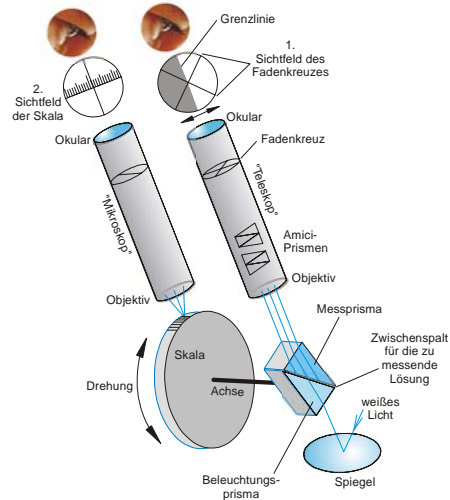
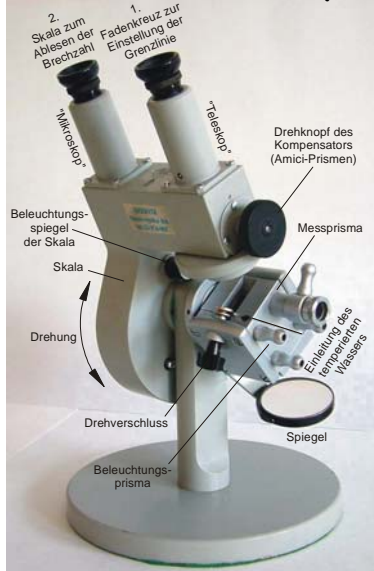
19

Totalreflexion & Endoskopie



20

Totalreflexion & Refraktometer



21

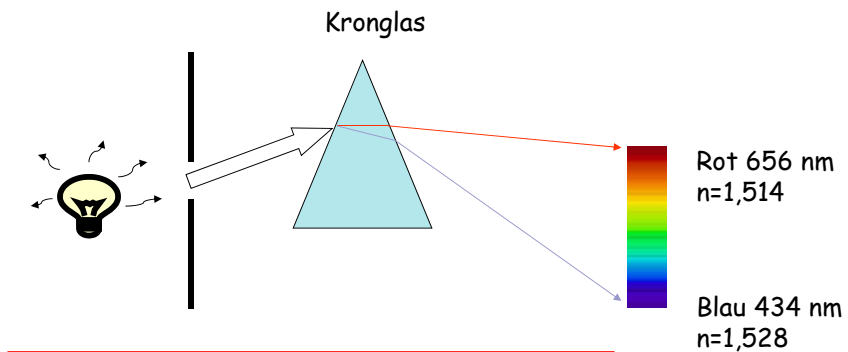
Dispersion und Prisma



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

22

Dispersion und Prisma

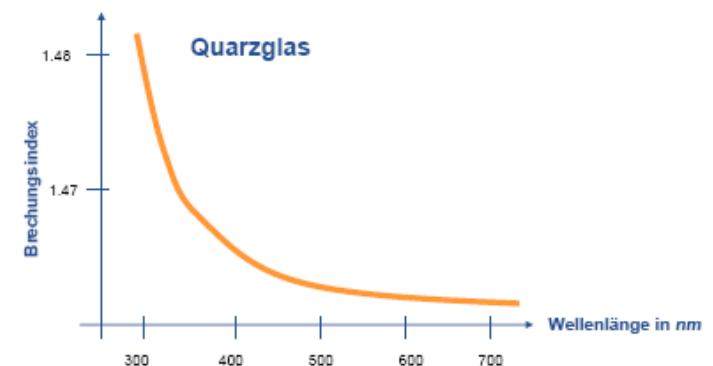


Wellenlängenabhängigkeit der Brechzahl

23

Dispersion

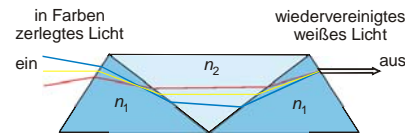
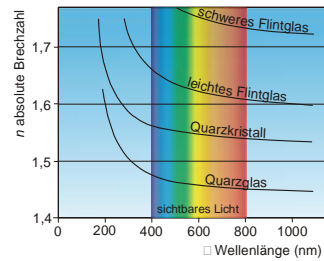
Der Brechungsindex ist für alle Gläser wellenlängenabhängig, d.h. $n = n(\lambda)$.
Für die meisten Gläser nimmt n mit abnehmender Wellenlänge zu, d.h. **BLAU** wird stärker gebrochen als **ROT** (normale Dispersion)



24

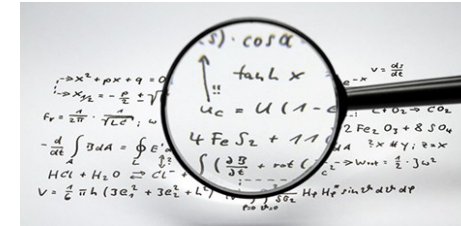
Dispersion

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)



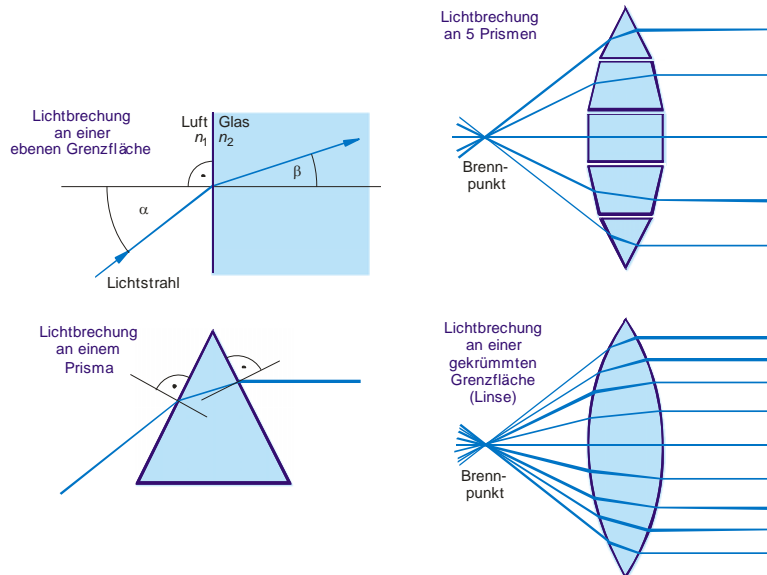
25

Brechung an gekrümmten Flächen



Ausschließlich für den Unterrichtsgebrauch

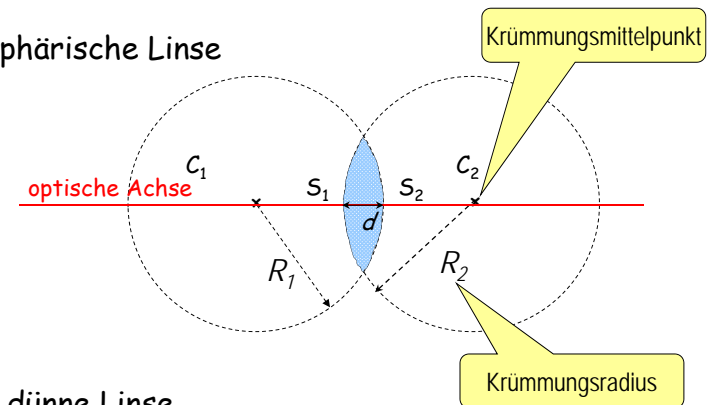
26



27

Linse

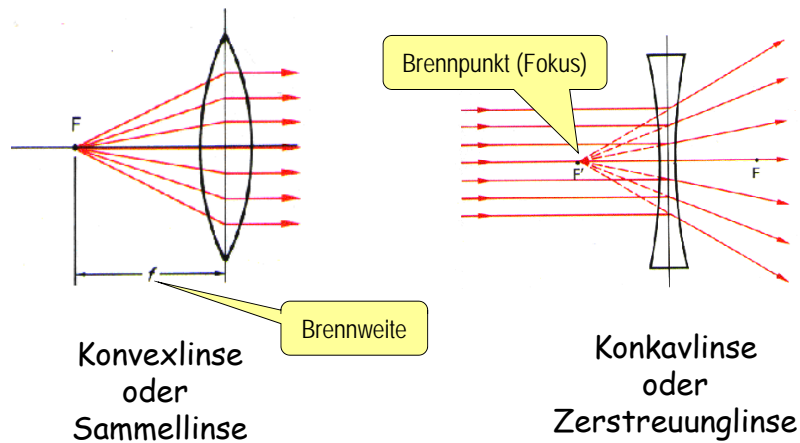
• sphärische Linse



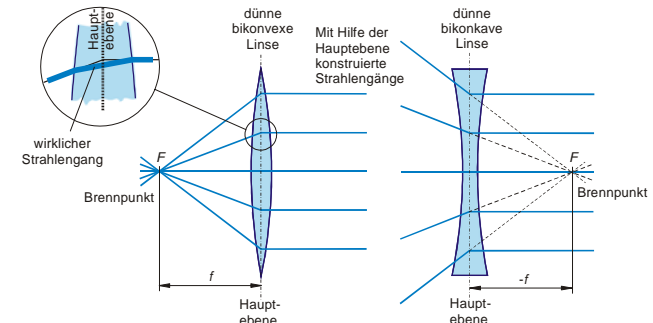
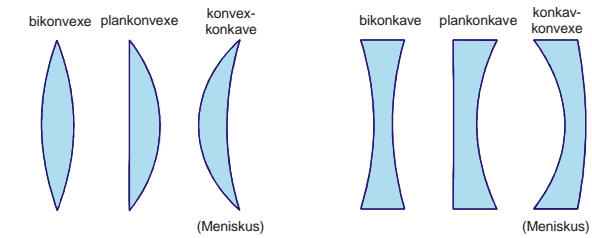
• dünne Linse
 $d \ll R_1$ und R_2

28

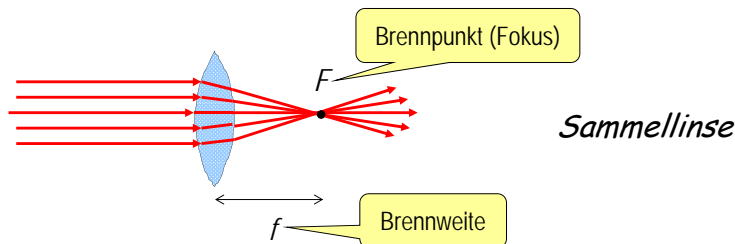
Linsenarten



29



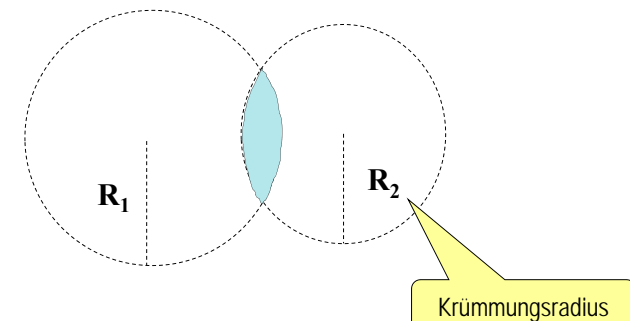
30



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

31

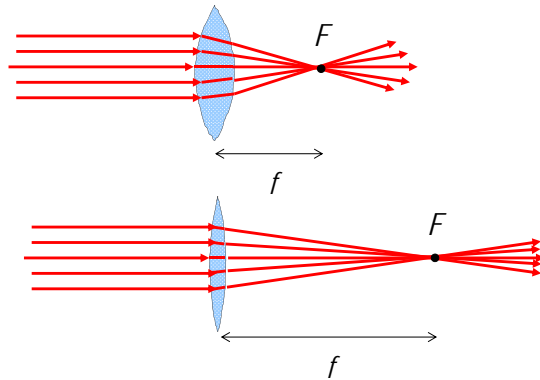
Linsenschleiferformel der dünnen Linsen



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

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

32



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

**Linsenschleiferformel
symmetrischer Linsen**

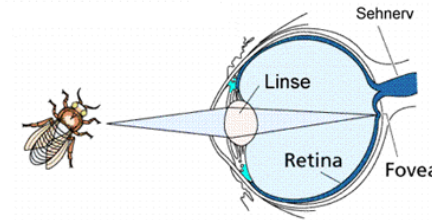
s. Akkomodation d. Augenlinse \Rightarrow

33

Nahsicht (Akkomodation)

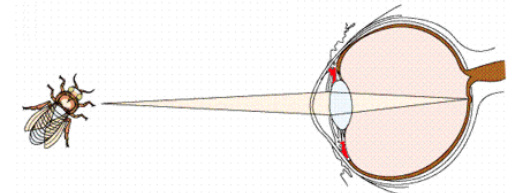
Der Ciliarmuskel kontrahiert sich,
als Folge wölbt sich die Linse

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



Fernsicht

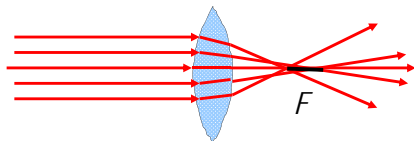
Der Ciliarmuskel entspannt sich,
die Zonulafasern ziehen die Linse in eine abgeflachte Form



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

Linsenfehler

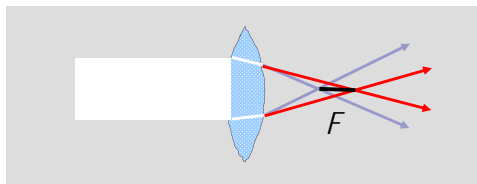
Spärische Aberration – Öffnungsfehler



Ursache: Teilnahme der
achsenfernen Strahlen in der
Bildentstehung

Ergebnis: eine abweichende
Brennweite der nicht paraxialen
Strahlen

Chromatische Aberration – Farbabweichung

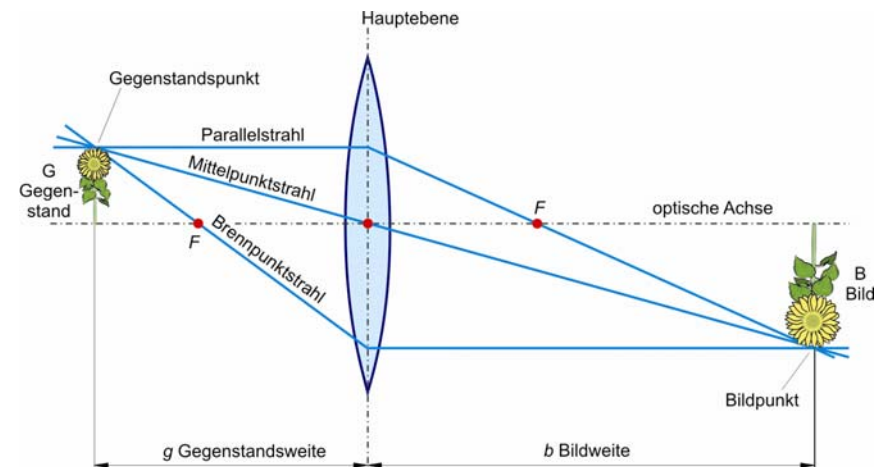


Ursache: Dispersion

Ergebnis: eine etwas
abweichende Brennweite der
verschiedenen Farben

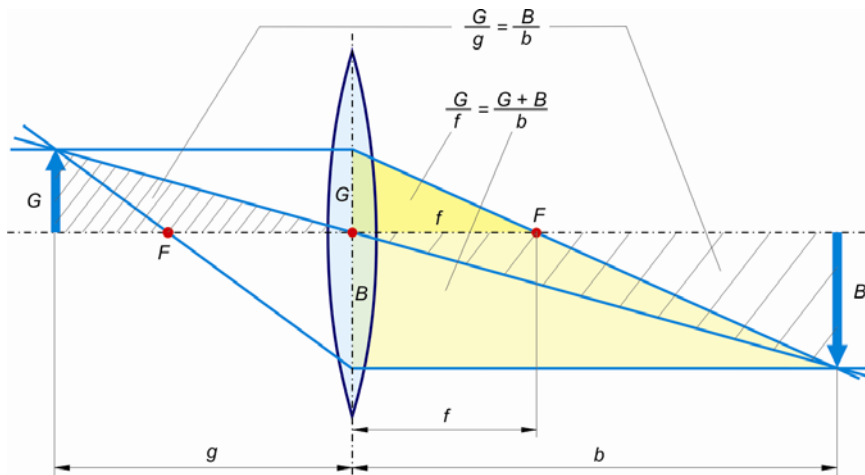
35

Abbildung mit Linsen

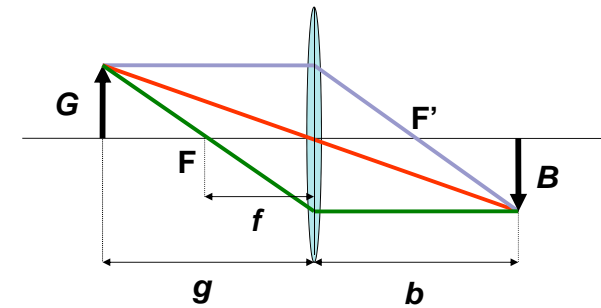


36

Abbildung durch Sammellinse

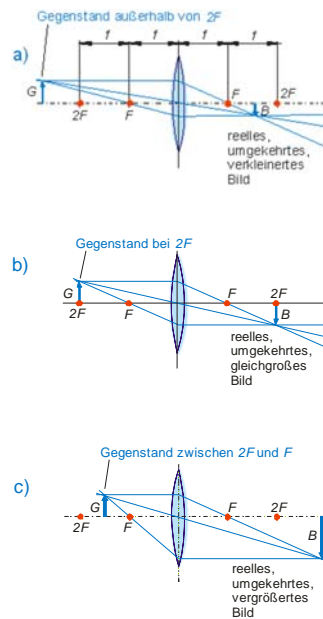


37

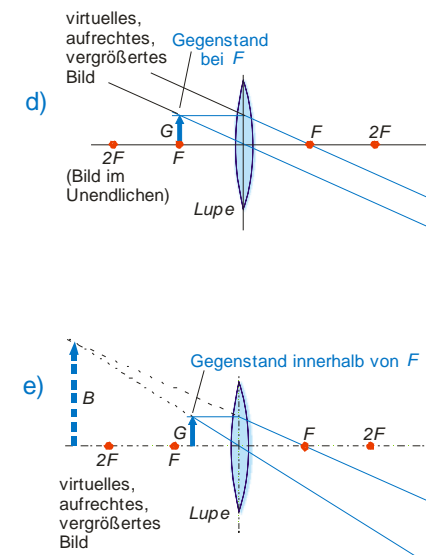


Brechkraft: $D = \frac{1}{f}$ $[D] = \frac{1}{m} = \text{dpt (Dioptrie)}$

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

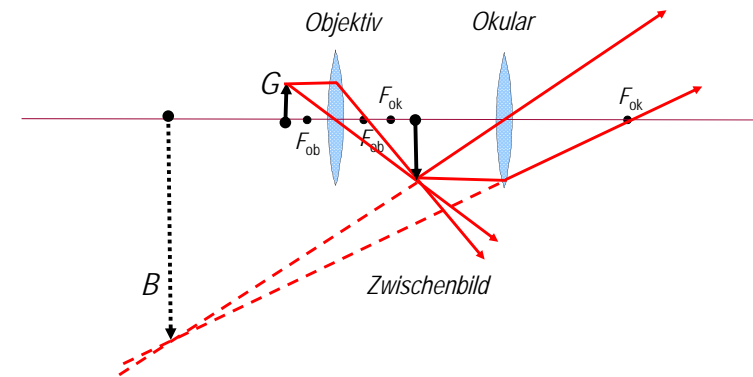


39



40

Das Lichtmikroskop



Optik des Auges



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

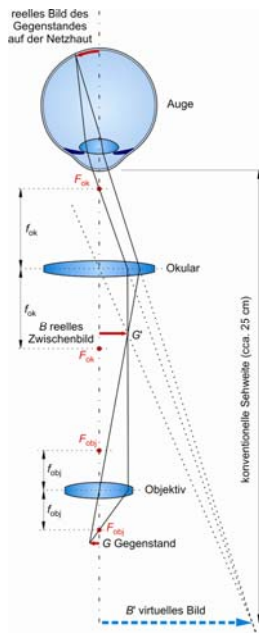
optische Tubuslänge

deutliche Sehweite (25 cm)

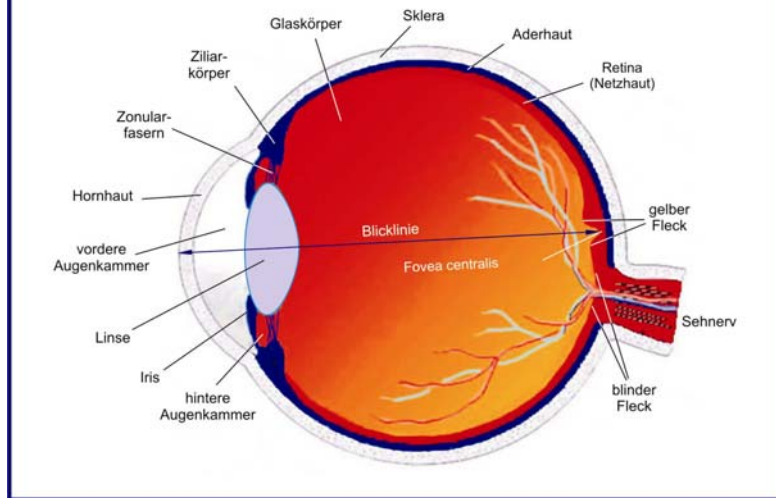
$$V_M = V_{ob} \cdot V_{ok} \approx -\frac{d}{f_{ob}} \cdot \frac{a}{f_{ok}}$$

Maximale Vergrößerung $\approx 500\times$!

? s. Wellenoptik \Rightarrow



AUFBAU DES AUGES



Brechkraft des menschlichen Auges

$$D = \frac{n' - n}{R}$$

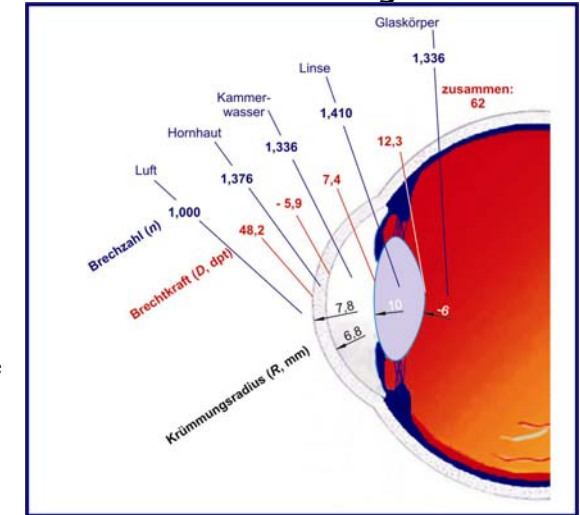
D : Brechkraft (dpt)

n : Brechzahl des 1. Mediums

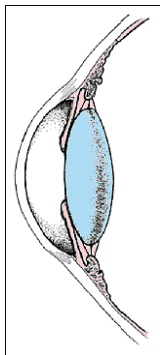
n' : Brechzahl des 2. Mediums

R : Krümmungsradius (m)

+ für konvexe Fläche
- für konkave Fläche

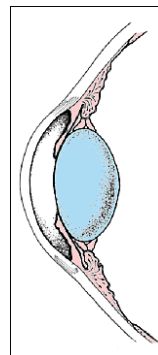
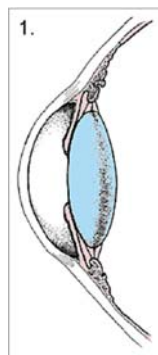


Akkommodation



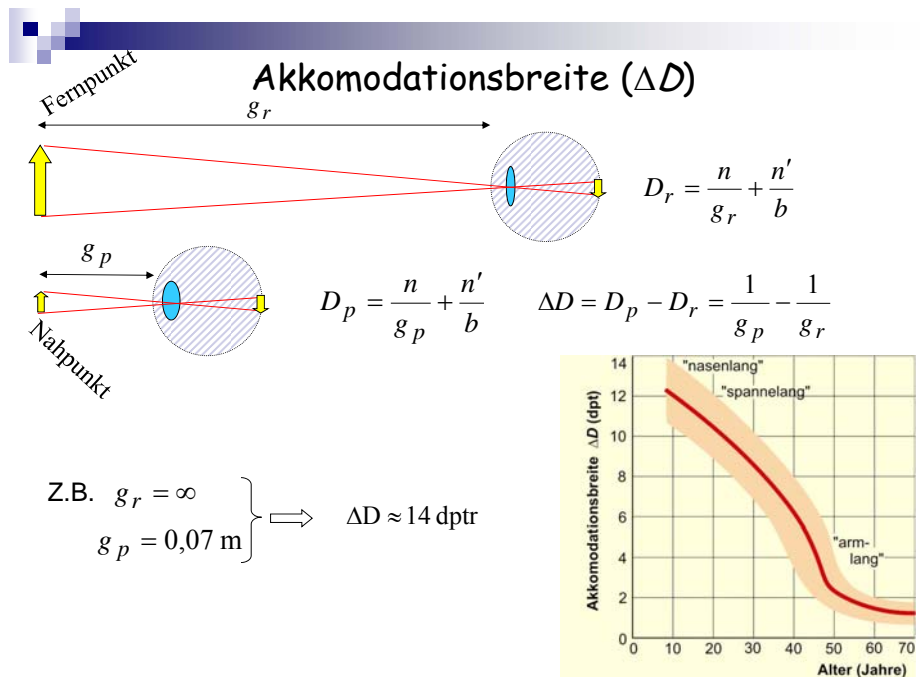
Ferneinstellung

Fernpunkt: g_r



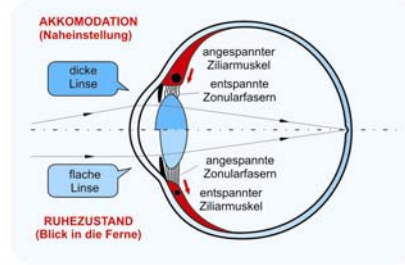
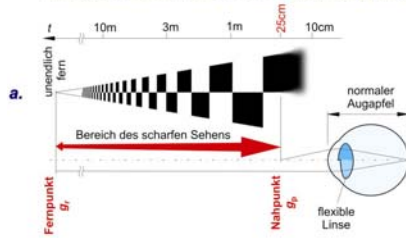
Naheinstellung

Nahpunkt: g_p

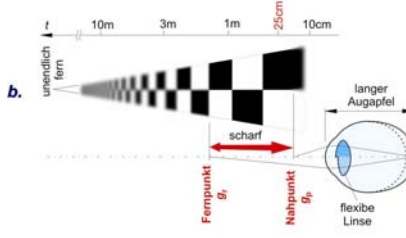


Einige Augenfehler (Kurzichtigkeit)

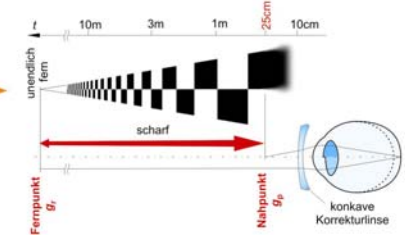
NORMALSCHICHTIGES AUGE (Emmetropie)



KURZSICHTIGKEIT (Myopie)

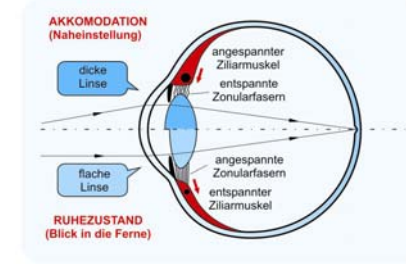
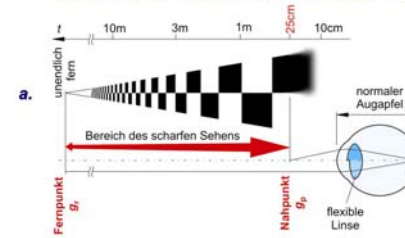


KORRIGIERTE KURZSICHTIGKEIT

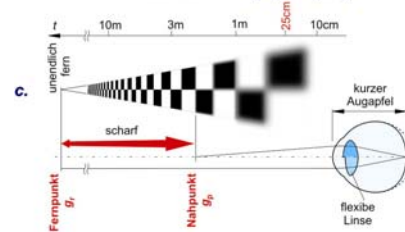


Einige Augenfehler (Übersichtigkeit)

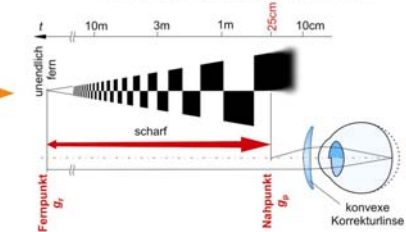
NORMALSCHICHTIGES AUGE (Emmetropie)



ÜBERSICHTIGKEIT (hyperopie)

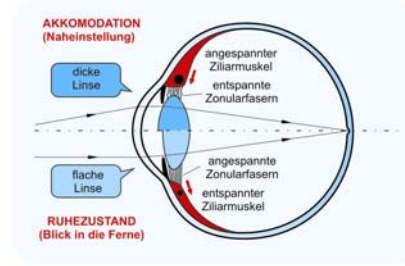
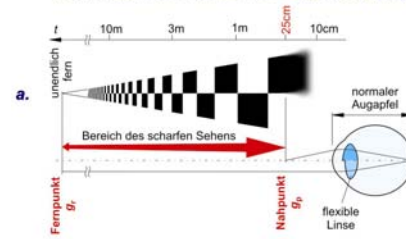


KORRIGIERTE ÜBERSICHTIGKEIT

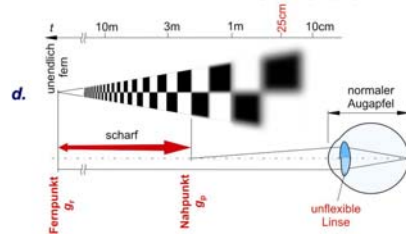


Einige Augenfehler (Alterssichtigkeit)

NORMALSCHICHTIGES AUGE (Emmetropie)



ALTERSSICHTIGKEIT (presbyopie)



KORRIGIERTE ALTERSSICHTIGKEIT

