

Medizinische Biophysik

Licht in der Medizin. Medizinische Optik

4. Vorlesung
26. 09. 2016

I. Geometrische Optik

1. Reflexion (im Rahmen der geometrischen Optik)

- a) Reflexionsgesetz
- b) Abbildung durch Reflexion

2. Brechung

- a) Brechzahl (Brechungsindex)
- b) Brechung, Brechungsgesetz
- c) Grenzwinkel
- d) Totalreflexion
- e) Dispersion

3. Brechung an einer sphärischen Grenzfläche

- a) Brechkraft (D)
- b) Optische Abbildung durch eine sphärische Grenzfläche, Abbildungsgesetz

4. Linsen

- a) Brechkraft einer Linse, Linsenschleierformel
- b) Linsenfehler
- c) Abbildung durch eine Linse, Linsengleichung

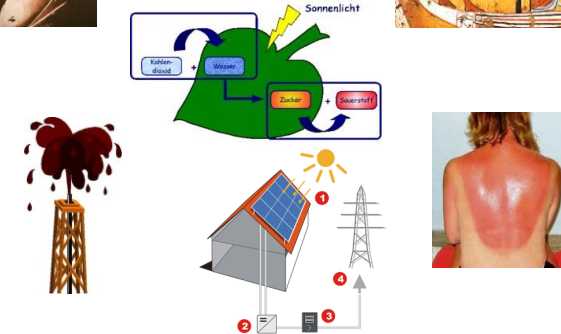
5. Lichtmikroskop

1

Bedeutung des Lichtes

„Schön erscheinst du im Horizonte des Himmels, du lebendige Sonne, die das Leben bestimmt!“

(Pharaoh Echnaton)



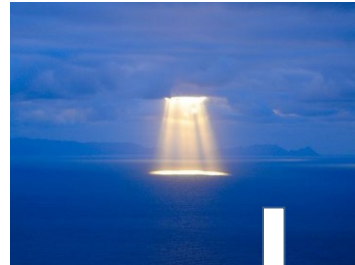
2

Eigenschaften des Lichtes

• Energietransport



• Geradlinige Ausbreitung



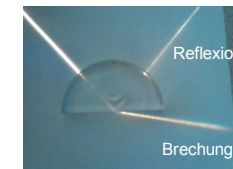
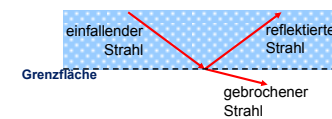
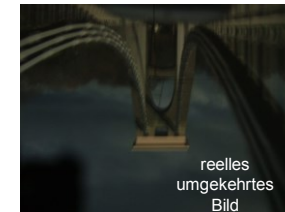
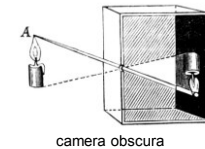
Geometrische Optik

- Wellennatur
- Teilchennatur

3

I. Geometrische Optik

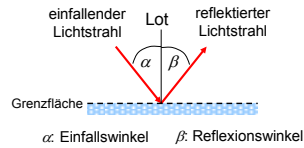
Geradlinige Ausbreitung



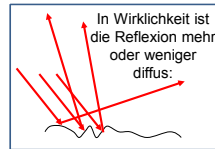
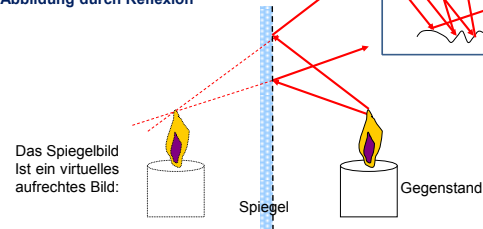
4

1. Reflexion (im Rahmen der geometrischen Optik)

a) Reflexionsgesetz: $\alpha = \beta$



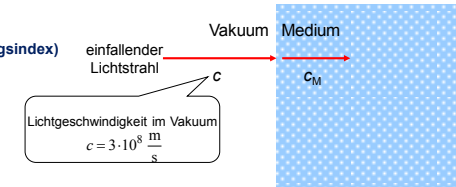
b) Abbildung durch Reflexion



5

2. Brechung

a) Brechzahl (Brechungsindex)



$$\text{absolute Brechzahl (n): } n = \frac{c}{c_M} \geq 1$$

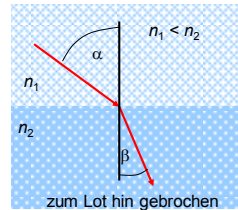
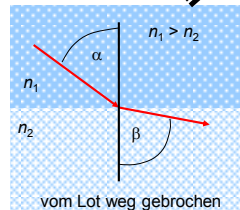
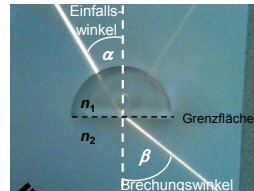
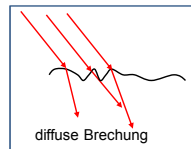
z.B.

Material	n (20 °C und 589 nm)
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

(Ist $n_1 > n_2$, so heißt Medium 1 *optisch dichter*, als Medium 2.)

6

b) Brechung,
Brechungsgesetz



Brechungsgesetz
(Snellius-Descartes-Gesetz):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} = \frac{c_1}{c_2}$$

relative Brechzahl

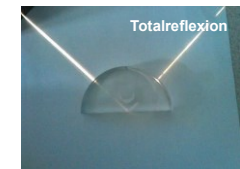
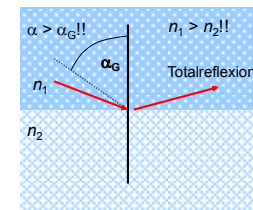
7

c) Grenzwinkel



→ siehe Refraktometer
im Praktikum

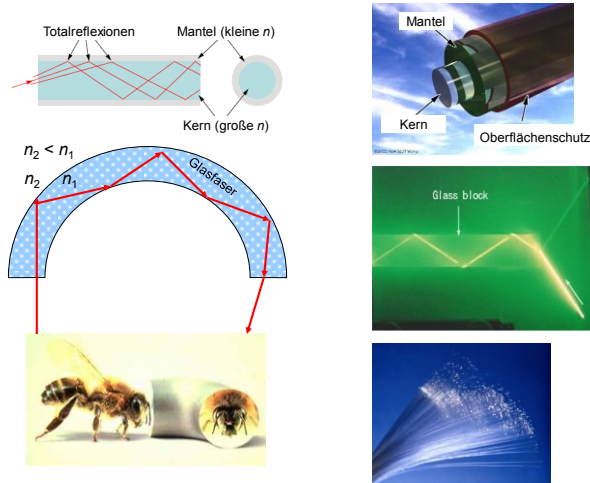
d) Totalreflexion



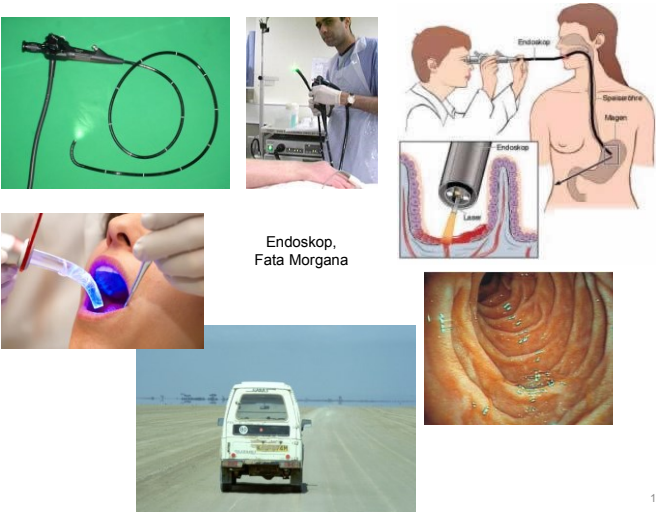
→ optisches Kabel, Endoskop

8

optisches Kabel, Endoskop

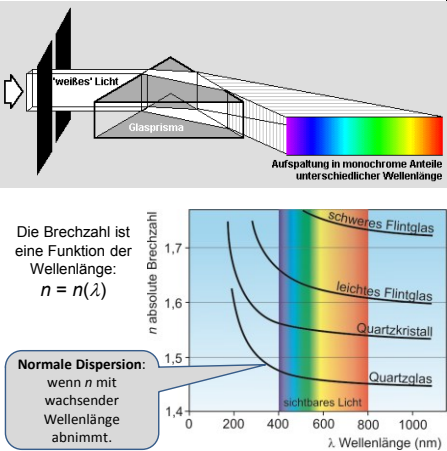


9



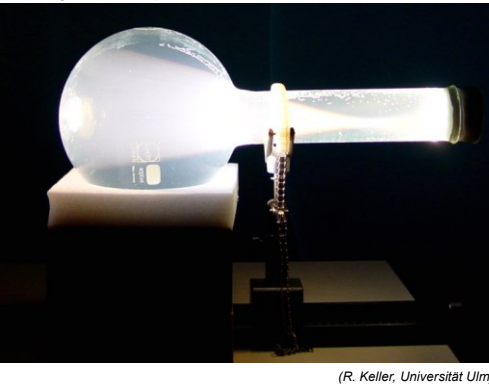
10

e) Dispersion



11

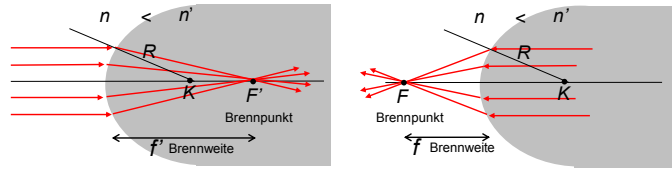
Brechung durch eine sphärische Grenzfläche:



(R. Keller, Universität Ulm)

12

3. Brechung an einer sphärischen Grenzfläche



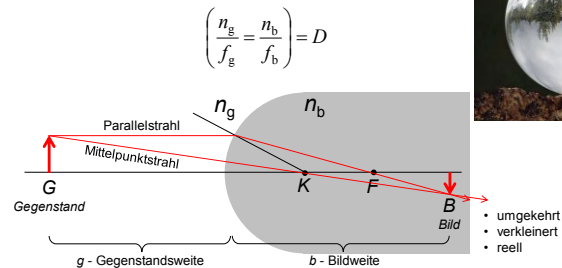
a) Brechkraft (D): $D = \frac{n'}{f'} = \frac{n}{f} = \frac{n' - n}{R} \quad \left(\frac{1}{\text{m}} = \text{dpt (Dioptrie)} \right)$

positive Brechkraft und positive Brennweite (Fokussierung)

Die Formel gilt genau nur für achsennahe Strahlen!

13

b) Optische Abbildung durch eine sphärische Grenzfläche, Abbildungsgesetz



- umgekehrt
- verkleinert
- reell

Abbildungsgesetz: $\left(\frac{n_g}{f_g} = \frac{n_b}{f_b} \right) = D = \frac{n_g}{g} + \frac{n_b}{b}$

Gilt nur für achsennahe Strahlen!

15

Allgemein:

Brechzahl des zweiten Mediums n_2
 Brechzahl des ersten Mediums n_1
 Krümmungsradius (R)

$D = \frac{n_2 - n_1}{R}$

$n_2 - n_1$	R	D	
positiv	positiv	positiv	Fokussierung
negativ	positiv	negativ	Zerstreuung
positiv	negativ	negativ	Zerstreuung
negativ	negativ	positiv	Fokussierung

negative Brechkraft und negative Brennweite (Zerstreuung)

virtueller Brennpunkt

virtueller Brennpunkt

Für mehrere naheliegenden Grenzflächen gilt:
 $D_{\text{gesamt}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$

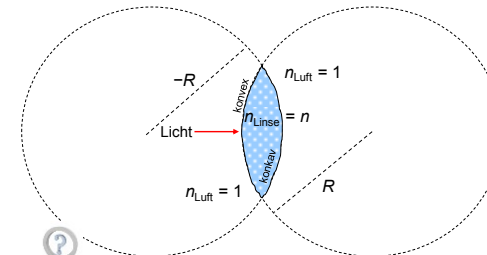
→ siehe Linse und Auge

14

4. Linsen

a) Brechkraft einer Linse, Linsenschleierformel

Symmetrische sphärische bikonvexe Linsen:



Linsenschleierformel:

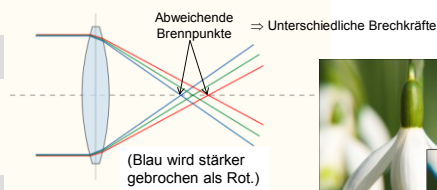
$D_{\text{Linse}} =$

$D_{\text{gesamt}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$
 $D = \frac{n_2}{f_2} + \frac{n_1}{f_1} = \frac{n_2 - n_1}{R}$

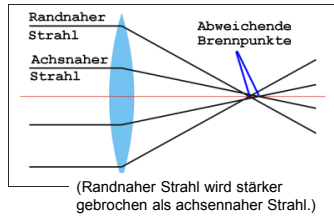
16

b) Linsenfehler

Chromatische
Aberration



Sphaerische
Aberration

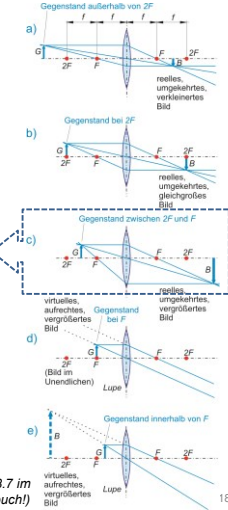
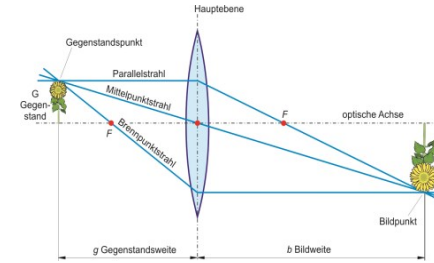


Verallgemeinerung:

- > **Positive** sphaerische Aberration, wenn randnahe Strahlen staerker gebrochen werden.
- > **Negative** sphaerische Aberration, wenn achsnahe Strahlen staerker gebrochen werden.

17

c) Abbildung durch eine Linse, Linsengleichung



(s. Abbildung 3.7 im Praktikumbuch!)

18

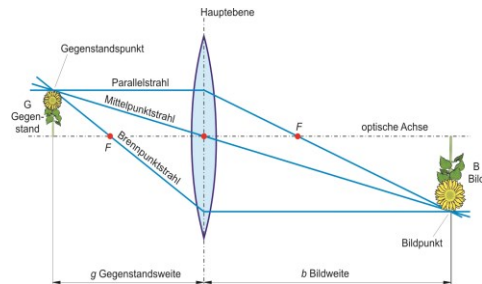
Linsengleichung (Abbildungsgesetz):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Luft:} \\ n_g = n_b = 1 \\ f_g = f_b = f \end{array} \right\} \frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad (\text{Bei einem virtuellen Bild ist } b \text{ negativ.})$$

$$\left(\frac{n_g}{f_g} = \frac{n_b}{f_b} \right) = D = \frac{n_g}{g} + \frac{n_b}{b}$$

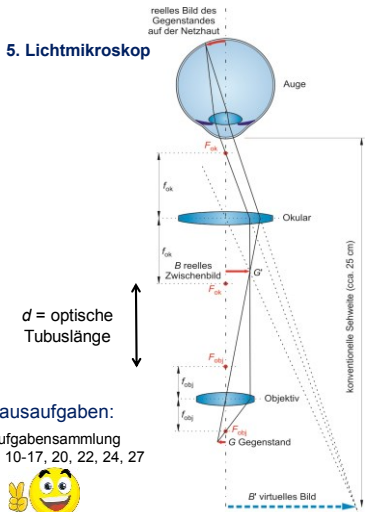
Vergroerung (V):

$$V = \frac{B}{G} = \frac{b}{g} \quad (\text{Bei einem virtuellen Bild ist } B \text{ und } b \text{ negativ.})$$



19

5. Lichtmikroskop



Hausaufgaben:
Aufgabensammlung
2. 10-17, 20, 22, 24, 27



Vergroerung des Mikroskops:

$$V = V_{\text{Objektiv}} \cdot V_{\text{Okular}}$$

$$= \frac{b_{\text{Objektiv}}}{g_{\text{Objektiv}}} \cdot \frac{b_{\text{Okular}}}{g_{\text{Okular}}}$$

$$\approx \frac{d}{f_{\text{Objektiv}}} \cdot \frac{-a}{f_{\text{Okular}}}$$

Über $V \approx 500$ nur leere Vergroerung!!

→ siehe Wellenoptik

20