

# Einführung. Licht in der Medizin. Geometrische Optik.

**Balázs Kiss**

kissb3@gmail.com



**Institut für Biophysik und Strahlenbiologie,  
Myofilament-Mechanobiophysik Forschungsgruppe,  
Semmelweis Universität**

*10. September 2025.*

# Allgemeine Kursinformationen

- **Semmelweis E-learning:** <https://itc.semmelweis.hu>
  - Medizinische Biophysik I. (DM, 2025/26)
  - Neptun-Kode: AOKFIZ1090\_1N
  - 1x 45 Min Vorlesung, 3x 45 Min Praktikum pro Woche
  - Bedingung der Unterschrift (Zulassung zur Prüfung): Teilnahme an 75% der Biophysik Praktika
- **Website des Kurses:**  
<https://biofiz.semmelweis.hu/index.php?p=oktatas&mid=2&a=tantargy&id=570>
- **Prüfung:**
  - **Testprüfung:** Excel Auswertung und Multiple Choice Fragen
  - **Theoretische Prüfung:** 6 Fragen aus den Themenkatalogen
  - Liste der Zahlenwerte die man beim Kolloquium auswendig wissen muss.
  - Formelsammlung: Sie müssen die Formeln auswendig nicht kennen.

# Medizinische-biophysische Denkweise

- **Physikalische Größe** = Zahlenwert · Maßeinheit (z.B.:  $p_{\text{sys}} = 120 \text{ mmHg}$ )
- **Vorsätze der Maßeinheiten (SI-Präfixe)** (Dezimale Vielfache oder Teile, die in Verbindung mit Maßeinheiten zur Vereinfachung der Schreibweise von sehr großen oder sehr kleinen Werten benutzt werden), (z.B. kg,  $\mu\text{m}$ )
- **Definitionsformel** (Intensität = Leistung pro Fläche,  $J = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$ )
- **Zusammenhang** zwischen Variablen ( $x \rightarrow y$ ), ( $t_{\text{echo}} \rightarrow s_{\text{US}}$ ), ( $y = f(x)$ )
- **XY-Diagramm:**
  - Achsenbeschriftung!
  - Verlauf der Kurve!
- **Schätzung!**



# Vorlesungsthematik

	<b>Titel</b>	<b>Datum</b>
1	Einführung. Licht in der Medizin. Geometrische Optik.	2025.09.10
2	Das Lichtmikroskop. Biophysik des Auges.	2025.09.17
3	Wellenoptik. Auflösung des Lichtmikroskops.	2025.09.24
4	Strahlungsarten. Temperaturstrahlung, Lumineszenz.	2025.10.01
5	Teilchencharakter des Lichtes, Emissionsspektroskopie.	2025.10.08
6	Absorption und Streuung des Lichtes.	2025.10.15
7	Laser. Biologische Wirkungen des Lichtes.	2025.10.22
8	Struktur der Materie: atomare und molekulare Wechselwirkungen.	2025.10.29
9	Struktur der Materie: Gase, Flüssigkeiten	2025.11.05
10	Struktur der Materie: Festkörper und Flüssigkristalle.	2025.11.12
11	Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin.	2025.11.19
12	Nuklearmedizin Atomkern, Radioaktivität.	2025.11.26
13	Wechselwirkungen der Kernstrahlungen mit der Materie.	2025.12.03
14	Dosimetrie.	2025.12.10

# Eigenschaften des Lichtes

- Geradlinige Ausbreitung → Lichtstrahl

- Energietransport



Geometrische Optik

- **Wellennatur:** Wellenlänge,  $\lambda$
- **Teilchennatur:** Impuls

Wechselwirkung:

- biologische Wirkung
- medizinische Wirkung

# Geometrische Optik

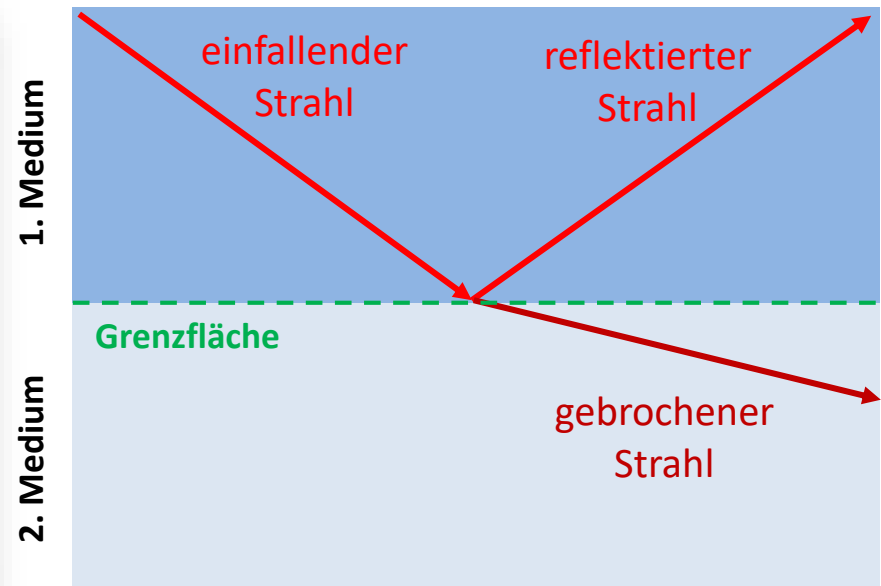
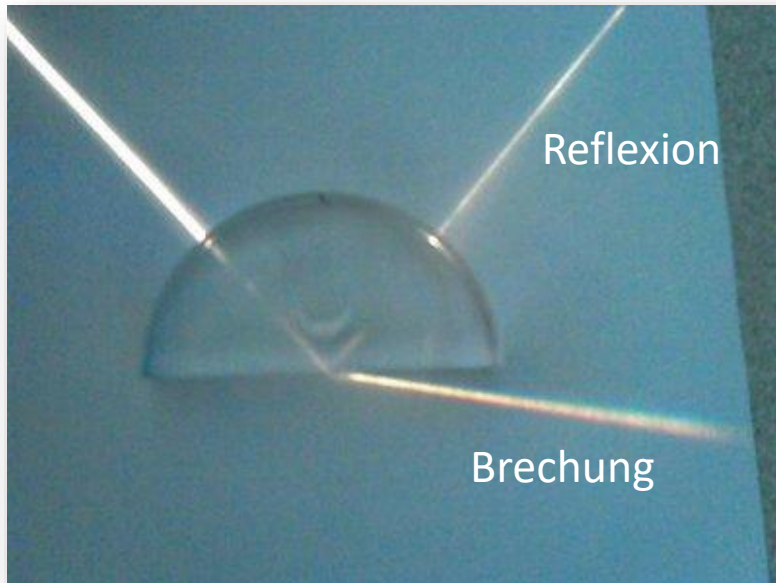
## Lichtstrahl

- Ein Lichtbündel mit einem sehr kleinen Durchmesser.
- Es wird als eine Linie gezeichnet.

## Grundprinzipien der geometrischen Optik

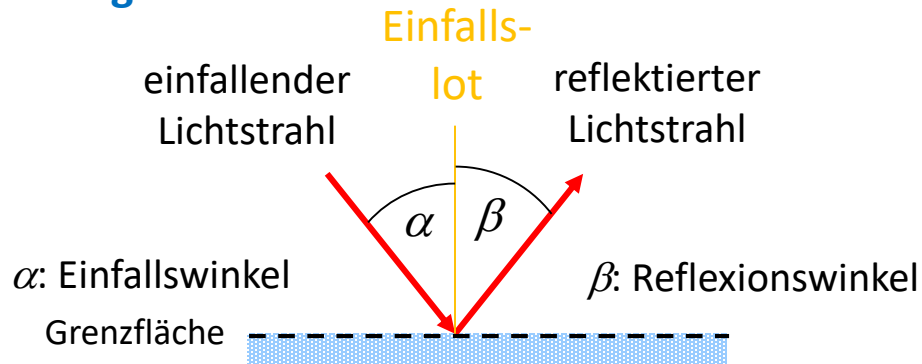
- geradlinige Ausbreitung des Lichtes
- Lichtwege sind umkehrbar
- kreuzende Lichtstrahlen beeinflussen einander nicht

## Erscheinungen an einer Grenzfläche



# Reflexion

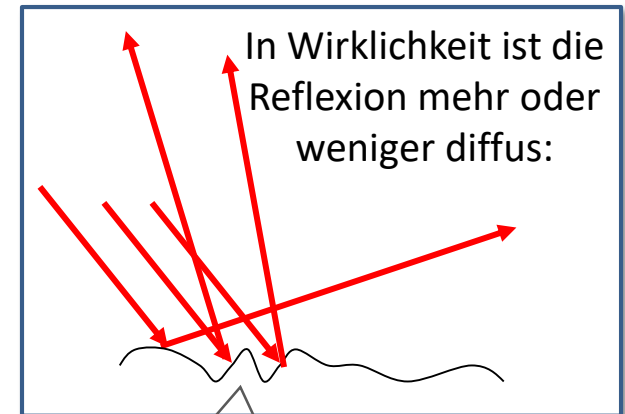
## Reflexionsgesetz



Reflexionsgesetz:  $\rightarrow \alpha = \beta$

- Einfallender strahl,
- Einfallslot und
- Reflektierter Strahl liegen in einer Ebene.

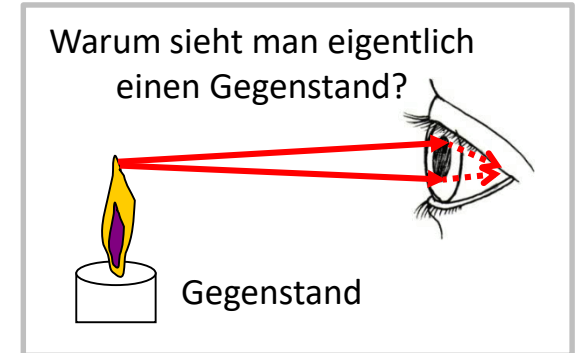
## Diffuse Reflexion



- unebene Grenzfläche
- makroskopisch
  - mikroskopisch



# Abbildung durch Reflexion



## Bildpunkt:

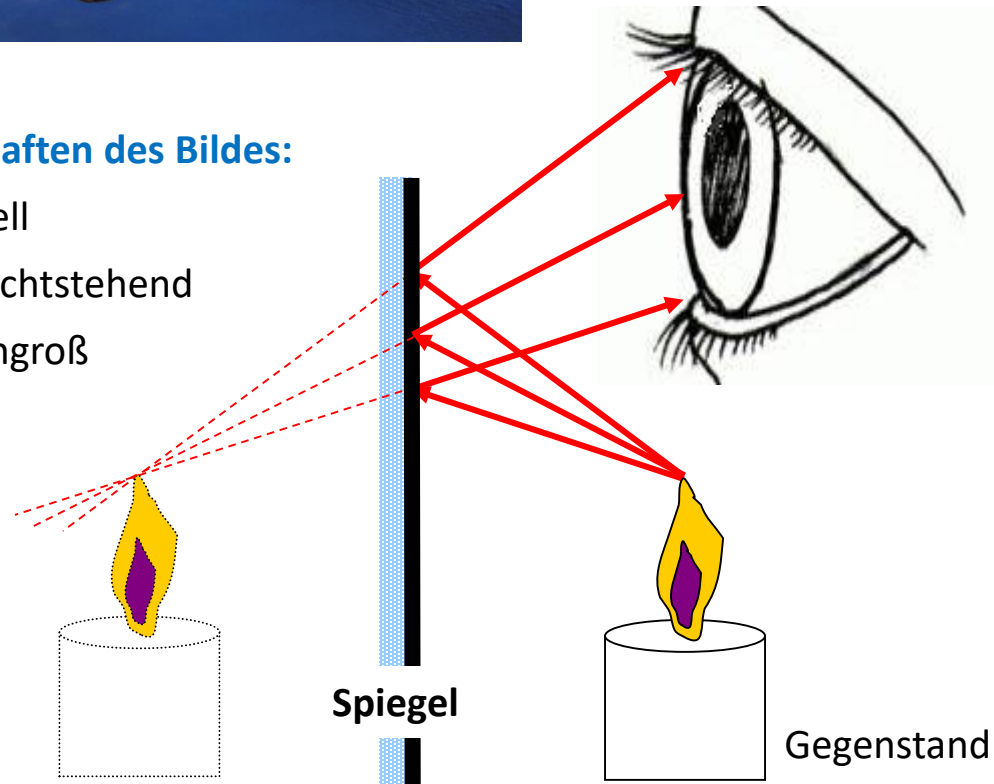
wo die aus dem Gegenstandspunkt ausgehende Lichtstrahlen (oder ihre Verlängerungen) einander kreuzen.

## Virtuelles Bild:

die Lichtstrahlen sind divergent, nur ihre Verlängerungen (in Richtung der Rückseite des Spiegels) kreuzen einander.

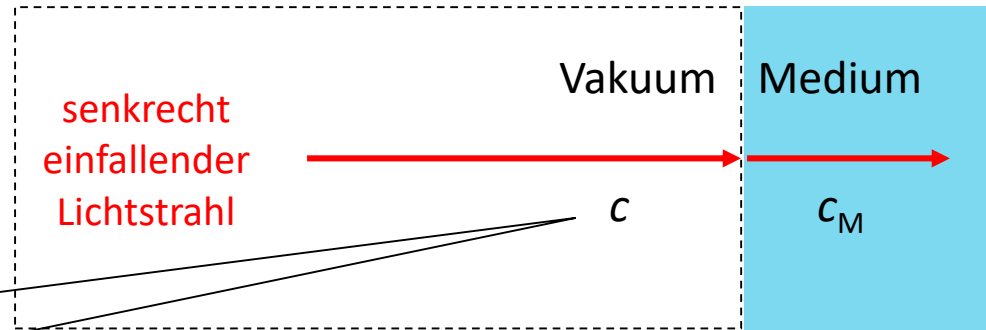
## Eigenschaften des Bildes:

- virtuell
- aufrechtstehend
- gleichgroß



# Brechung

## Brechzahl (Brechungsindex)



Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## 1) absolute Brechzahl (n):

$$n = \frac{c}{c_M} \geq 1$$

c: Lichtgeschwindigkeit im Vakuum  
c<sub>M</sub>: Lichtgeschwindigkeit in der Materie oder Medium)

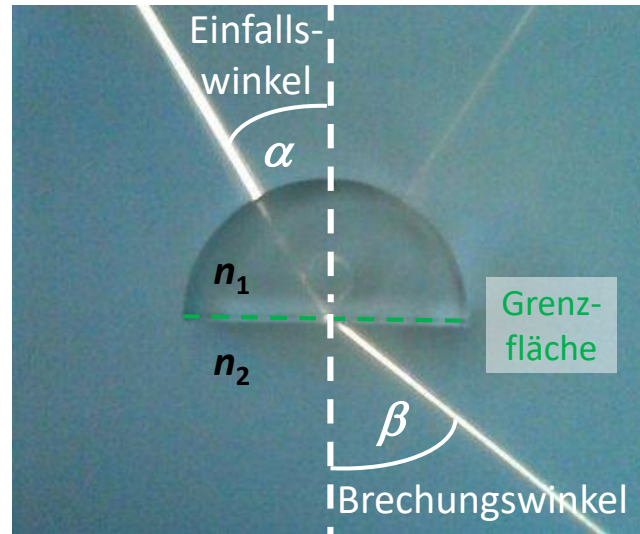
(Ist  $n_1 > n_2$ , so heißt Medium 1 **optisch dichter**, als Medium 2)

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

# Brechungsgesetz

## Fermatsches Prinzip:

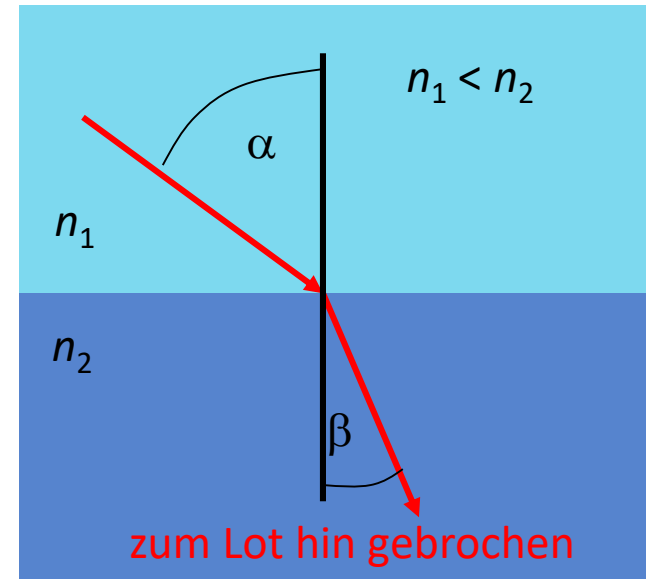
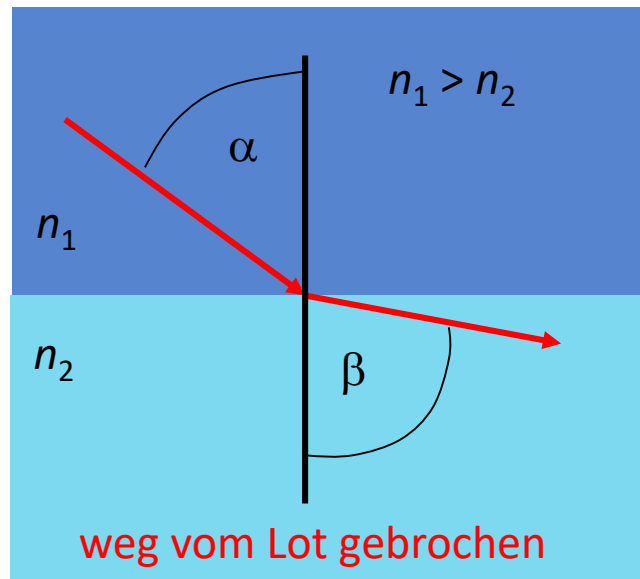
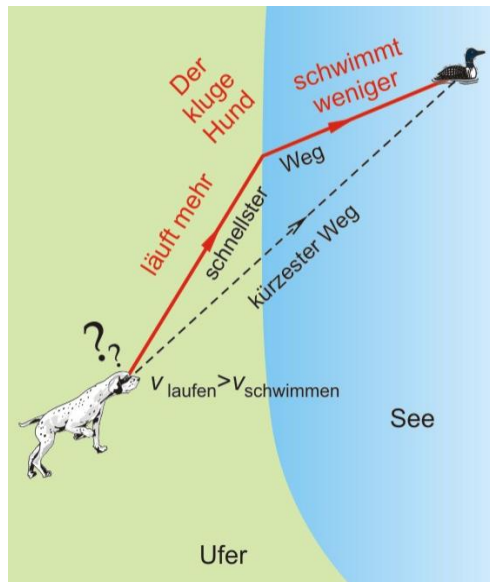
Das Licht wählt zw. zwei Punkten den schnellsten und nicht den geometrisch kürzesten Weg.



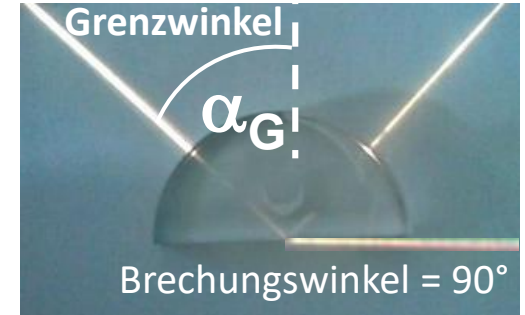
## Snellius-Descartes-Gesetz:

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

2) relative Brechzahl



# Grenzwinkel, Totalreflexion

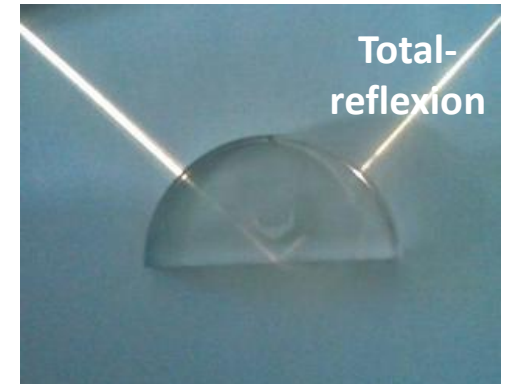
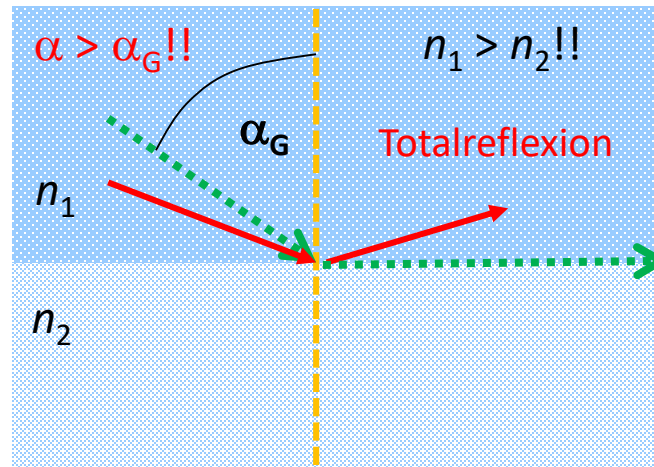


**Grenzwinkel:** Einfallswinkel des aus dem optisch dichteren Medium kommenden Lichtstrahles wozu ein Brechungswinkel von  $90^\circ$  gehört.



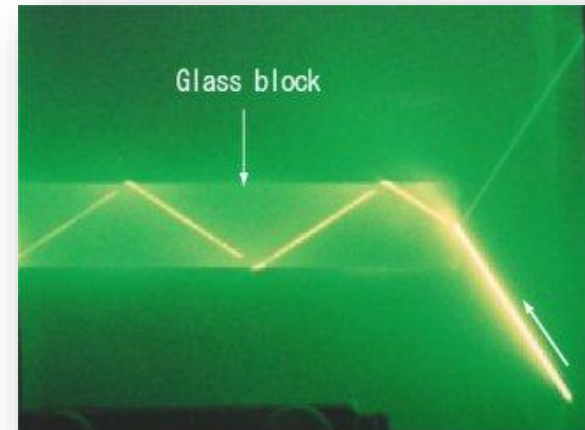
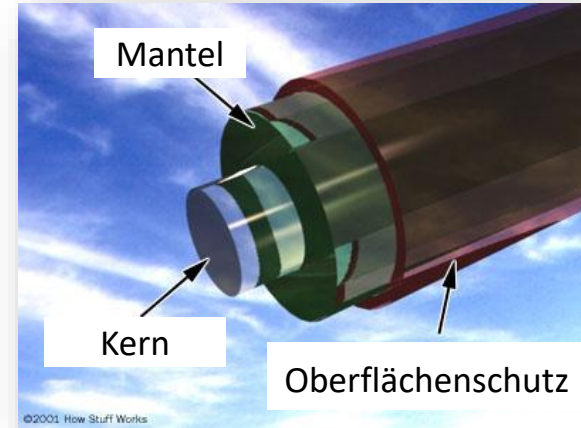
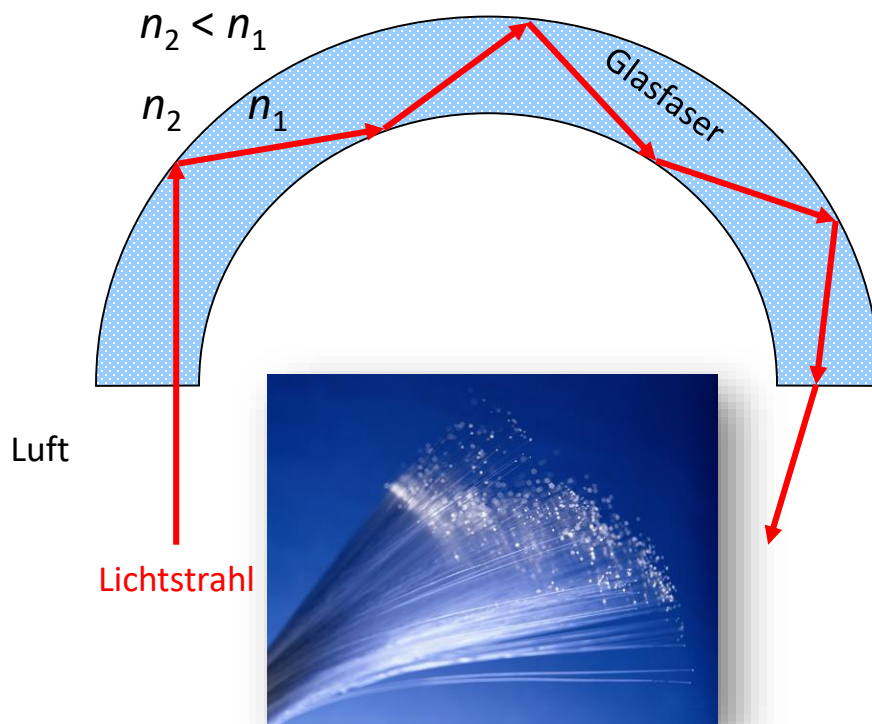
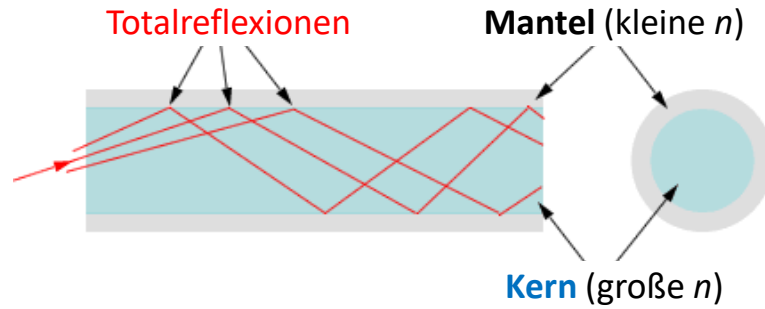
s. Praktikum  
„Refraktometer“

**Totalreflexion:**  
Reflexion eines aus dem optisch dichten Medium kommenden Lichtstrahles wenn der Einfallswinkel grösser ist als der Grenzwinkel.



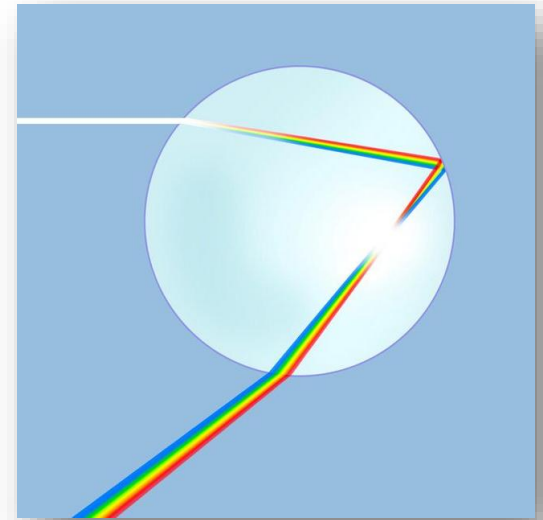
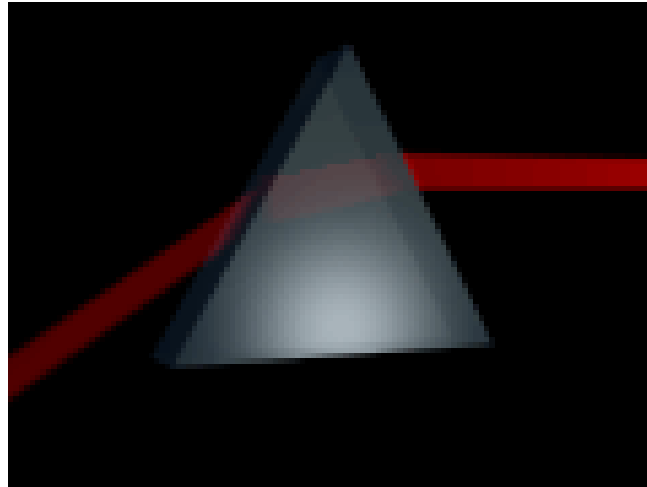
optisches Kabel, Endoskop

# Optisches Kabel, Endoskop



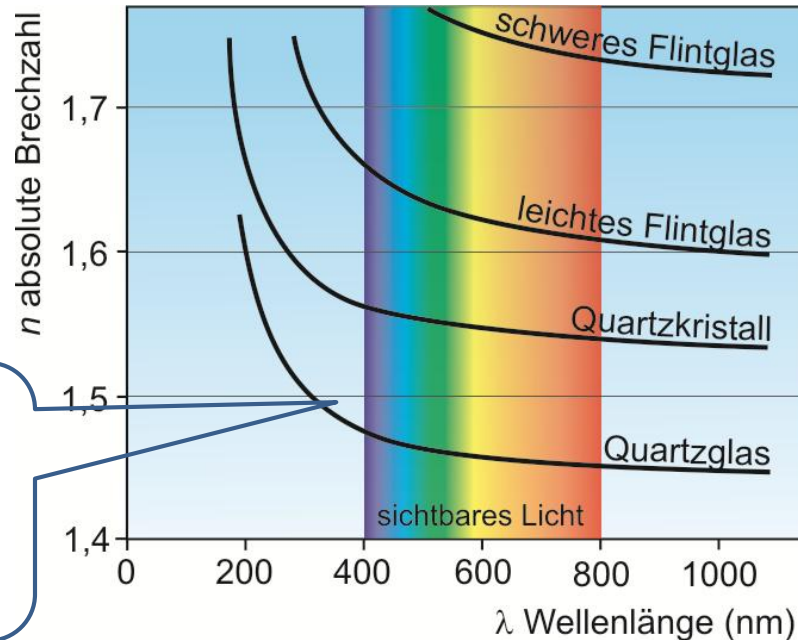
# Dispersion

**Dispersion:**  
Wellenlänge-  
abhängigkeit der  
Brechzahl

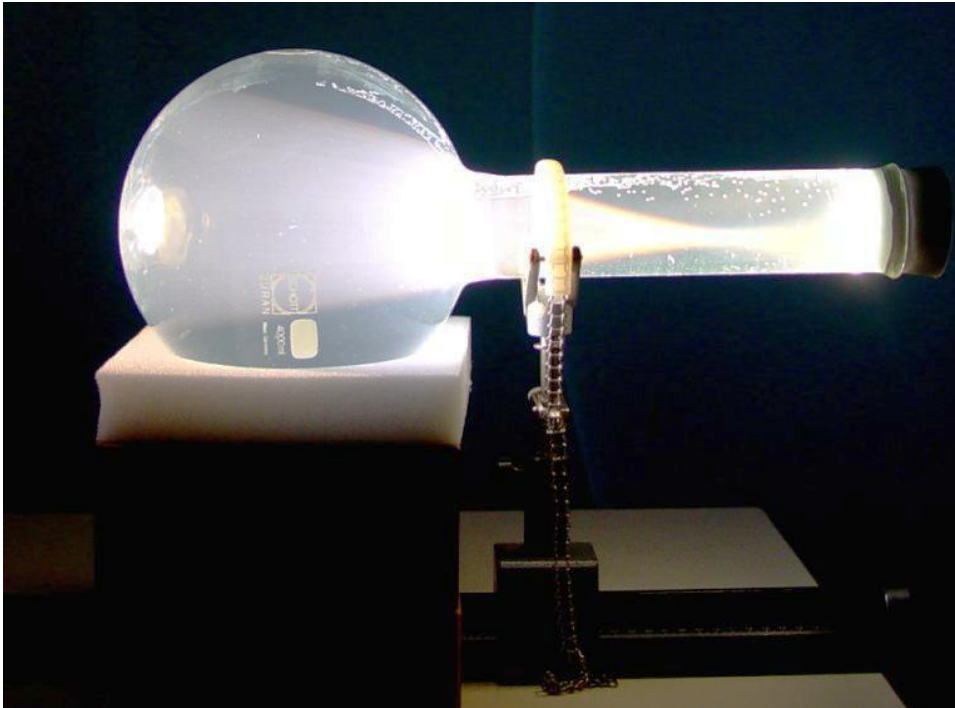


Die Brechzahl ist  
eine Funktion der  
Wellenlänge:  
 $n = n(\lambda)$

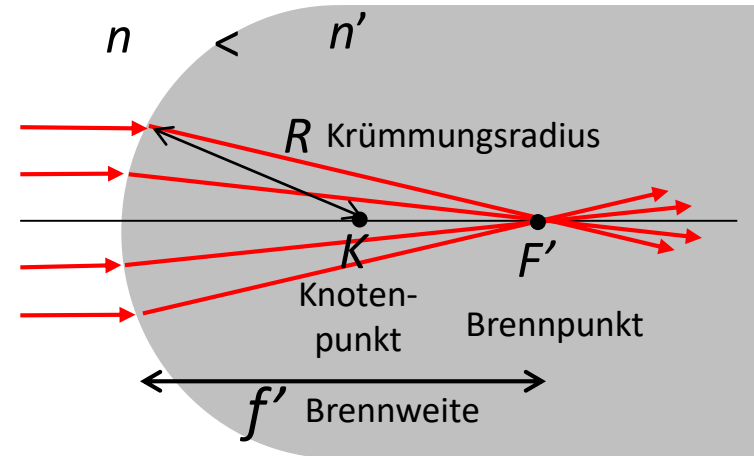
**Normale Dispersion:**  
wenn  $n$  mit  
zunehmender  
Wellenlänge  
abnimmt.



# Brechung an einer sphärischen Grenzfläche



(R. Keller, Universität Ulm)



positive Brechkraft und  
positive Brennweite  
(Fokussierung)

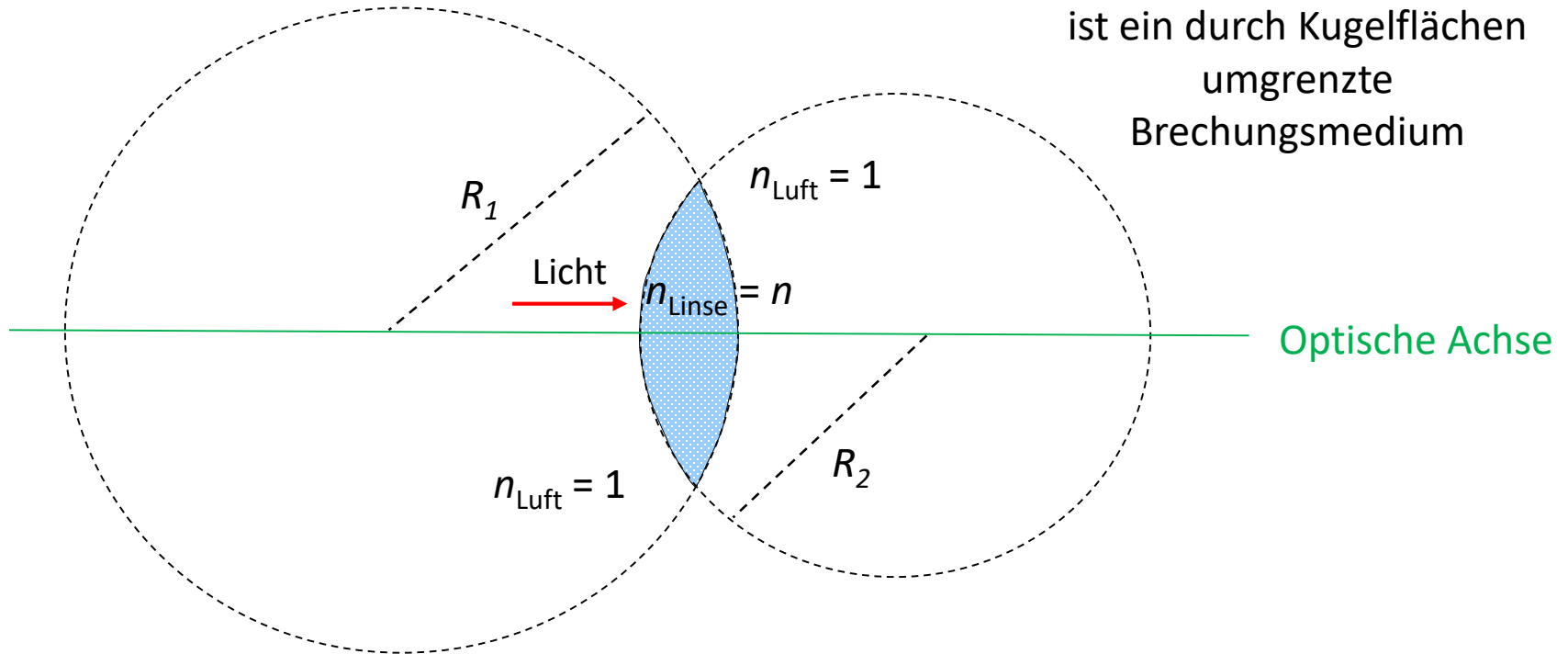
**Brechkraft ( $D$ ):**

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

Die Formel gilt genau nur für achsennahe Strahlen!

# Linsen

Sphärische bikonvexe Linsen:



Linsenschleiferformel, Brechkraft einer Linse:

$$\left. \begin{array}{l} D_{\text{gesamt}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots \\ D = \frac{n_2}{f_2} \left( = \frac{n_1}{f_1} \right) = \frac{n_2 - n_1}{R} \end{array} \right\} \longrightarrow D = \frac{1}{f} = (n_{21} - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

# Hausaufgaben

## Aufgabensammlung

2. 10-17, 20, 22, 24

## Feedback