

Physik für Studierende der Medizin im 1. Fachsemester

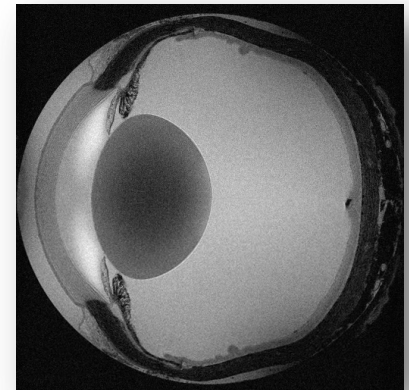
(PFMF-V); 09410100

Dienstag mit Freitag 8.15-9.00

Optik Teil 1 Am 14.05.2021

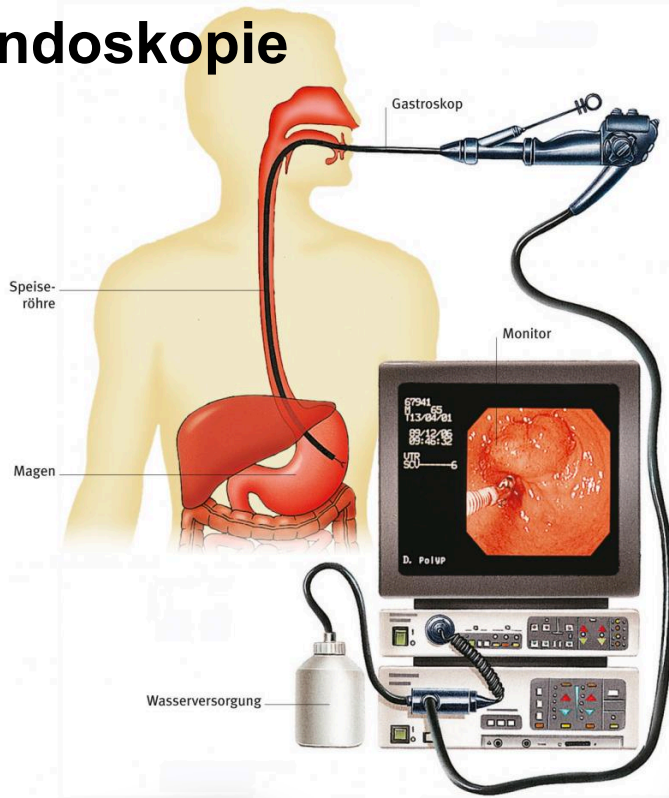


Dr. Simon Moser
Lehrstuhl für Exp. Physik IV,
Universität Würzburg
simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de

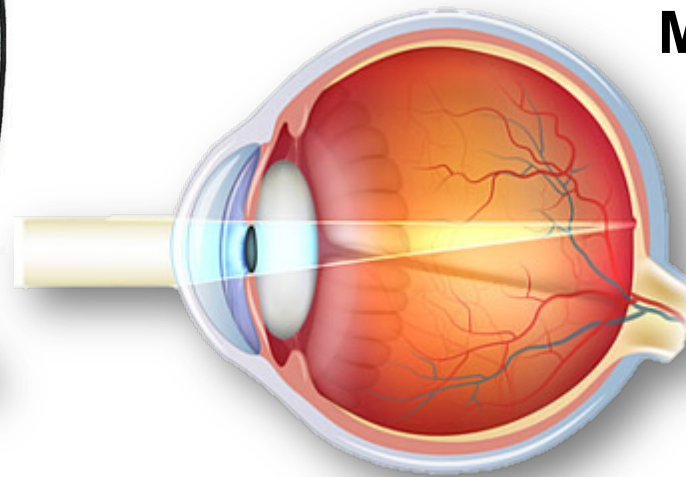


Optik in der Medizin

Endoskopie



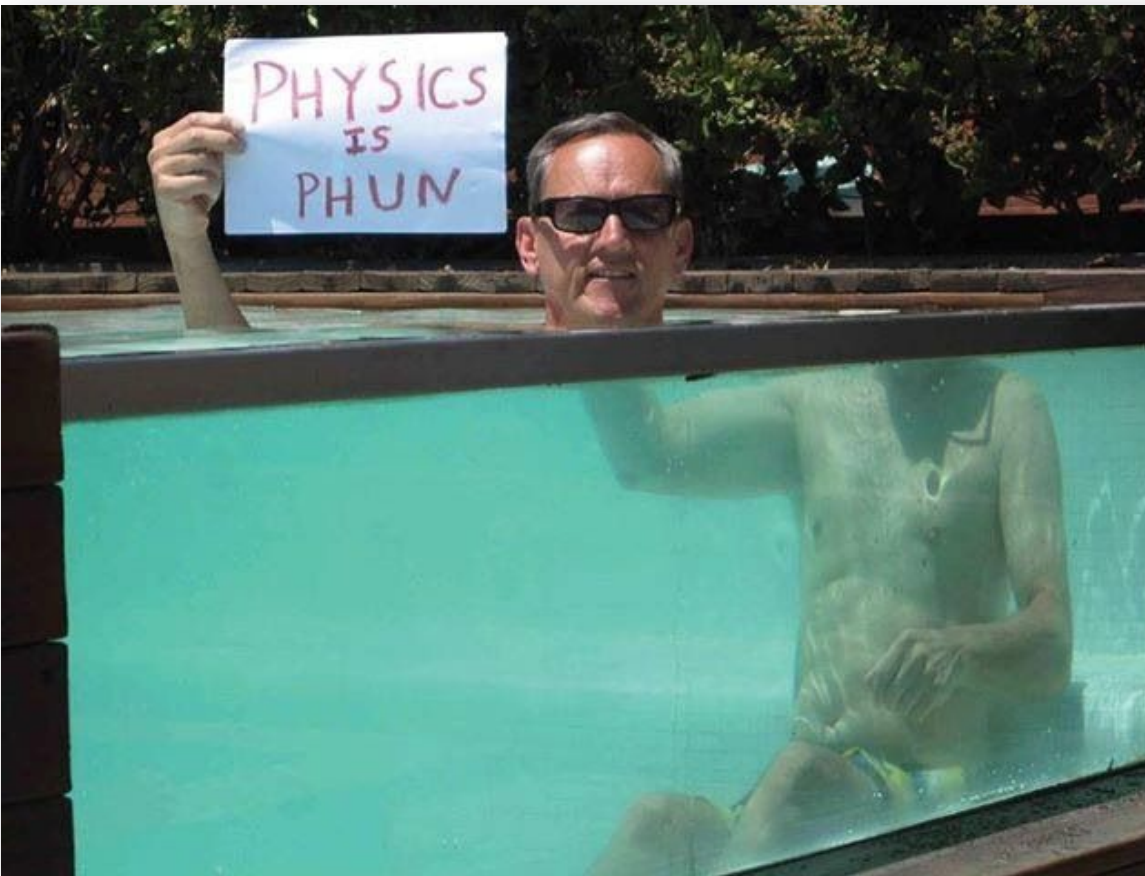
Mikroskopie



Ophtalmologie



Optische Illusion



Optik

Optik ist eine Spezialgebiet der Physik, das Eigenschaften **elektromagnetischer Strahlung/Wellen** im sichtbaren Bereich behandelt.

1) Geometrische Optik (Physik optischer 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, Gitter) sind klein gegen die Wellenlänge λ des Lichts.
- Wellencharakter des Lichts führt zu Erscheinungen der Beugung und Interferenz.

3) Quantenoptik

- Teilchencharakter des Lichts.

Licht



Eigenschaften des Lichts

- **Antikes Modell:** Sehstrahlen, vom Auge ausgehend, tasten die Gegenstände ab.
- **Heute:** Teilchen- und Wellenmodell.
- Licht ist eine elektromagnetische Welle, die sich geradlinig mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet.

Im **Vakuum** ist die Geschwindigkeit für alle elektromagnetischen Wellen gleich:

$$c_0 = 299792,458 \text{ km/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

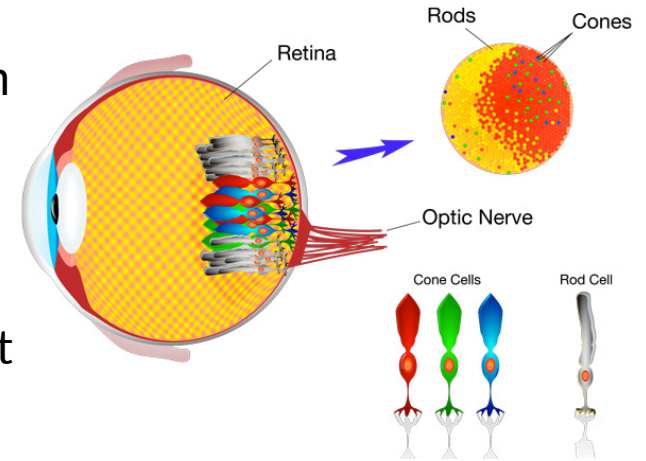
Seit 1983 als Konstante durch Neudefinition des Meters festgelegt

Licht

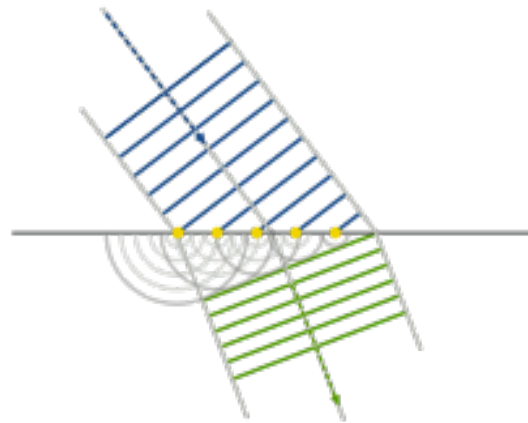


Abu Ali al-Hasan Ibn al-Haitham
(Alhazen, 965 – 1040)
Mathematiker, Optiker,
Astronom

Der Aufbau des Auges widerlegt
die Sehstrahlen-Theorie.



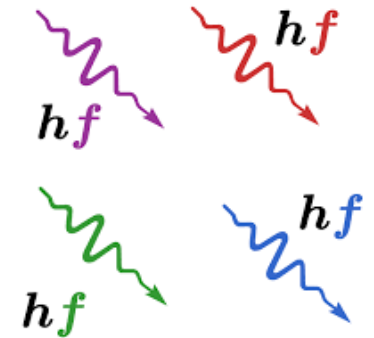
Christiaan Huygens
(1629 - 1695)



Wellenbild

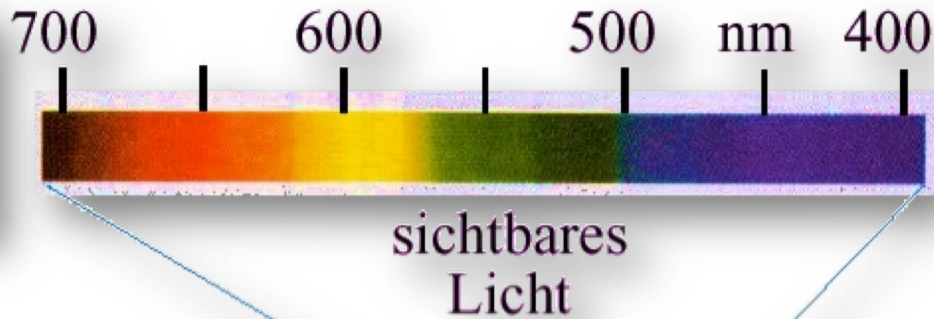
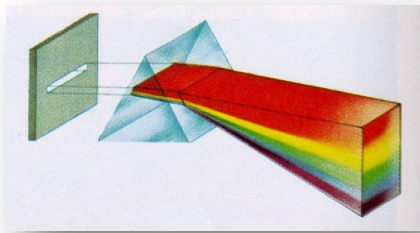


Sir Isaac Newton
(1642 - 1727)



Licht

Licht als elektromagnetische Welle und Informationsträger



Frequenz

ν [Hz]

10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} 10^{19} 10^{20} 10^{21} 10^{22} 10^{23}

Lang-
welle

Mittel-
& Kurz-
welle

UKW
und
Fernsehen

Radar

Mikro-
wellen

Infrarot-
strahlung

Licht

Ultra-
violett-
strahlung

Röntgen-
strahlung

Gamma-
strahlung

10^4 10^3 10^2 10^1 10^0 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11} 10^{-12} 10^{-13} 10^{-14}

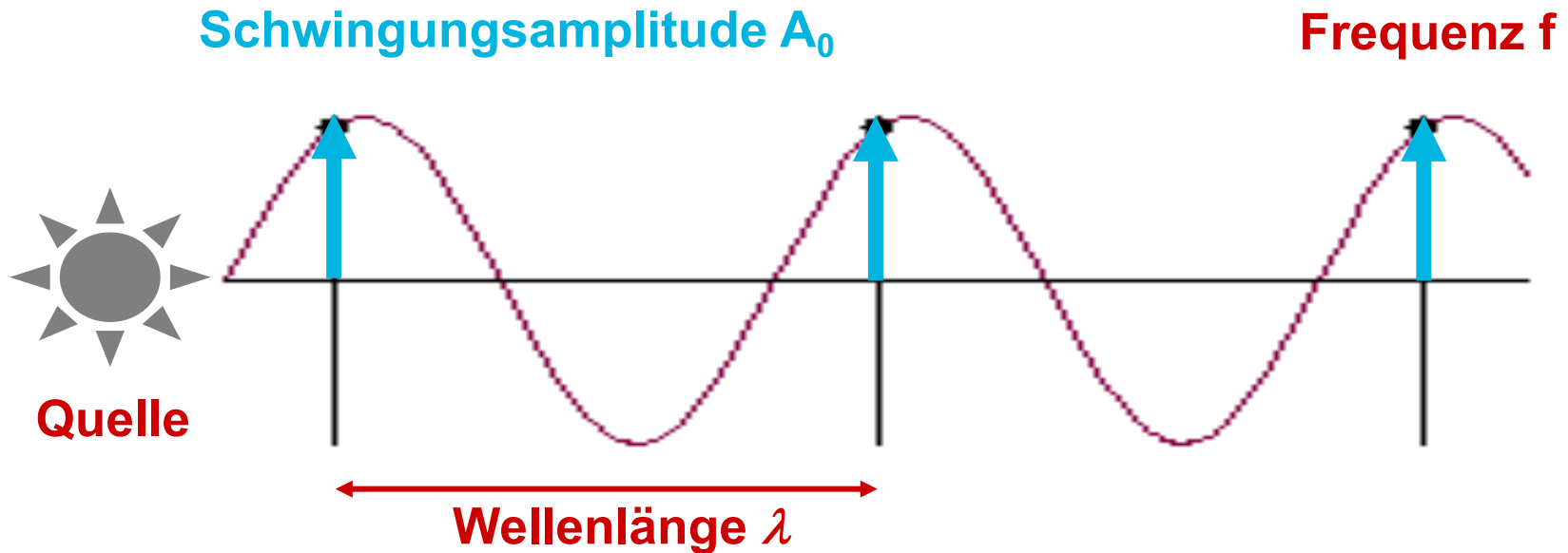
λ [m]

Sichtbares Licht umfasst den Bereich von 380 nm bis 780 nm.

Wellen

Lokale Schwingungen, die sich räumlich ausbreiten nennt man **Wellen**

(transversale) Welle = periodischer Vorgang in Zeit & Raum



Eine **harmonische Welle** liegt vor, wenn jeder Punkt des Mediums, in dem sich die Welle ausbreitet, periodisch mit **derselben Frequenz** schwingt

Wellen

WICHTIG:

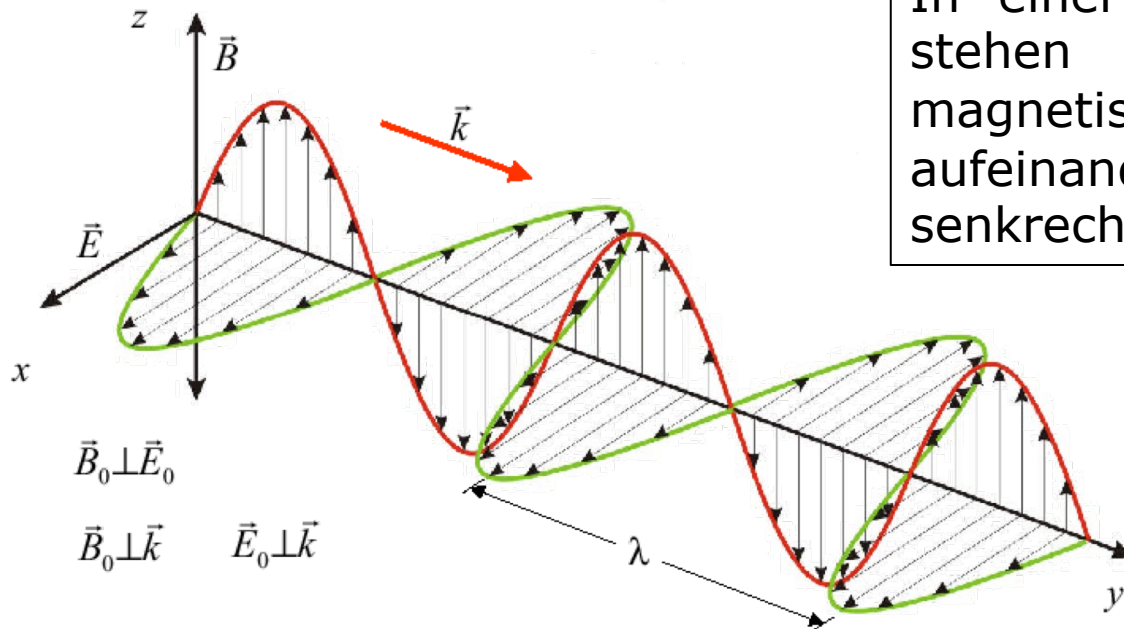
Während einer Schwingungsdauer $T=1/f$ läuft die Welle um genau eine Wellenlänge λ weiter

Ausbreitungsgeschwindigkeit =
Phasengeschwindigkeit c :

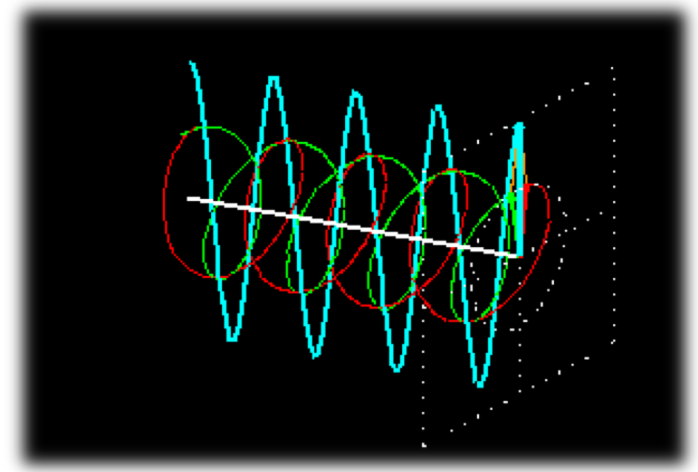
$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

Licht

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



In einer elektromagnetischen Welle stehen das elektrische und magnetische Feld senkrecht aufeinander und beide schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung.



Brechungszahl

Das Verhältnis der Phasengeschwindigkeit c_0 **im Vakuum** relativ zur Phasengeschwindigkeit c in einem **Medium** ist die **Brechzahl** eines Mediums:

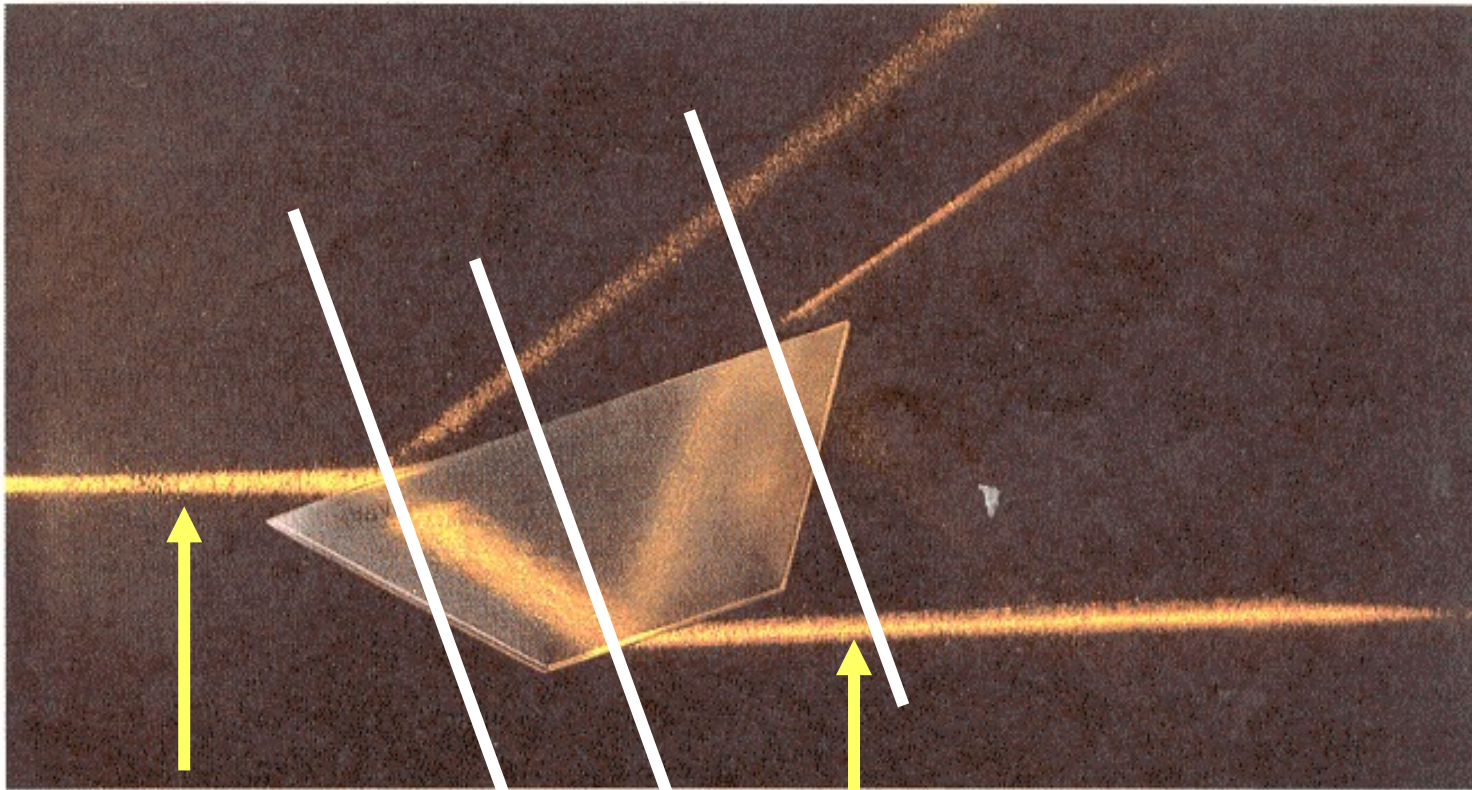
$$n = \frac{c_0}{c}$$

Für $\lambda = 589 \text{ nm}$ bei 20°C gilt beispielsweise:

Material	Brechzahl	Phasengeschwindigkeit km/s
Luft ($p=p_n$)	1,000272	299710,94
Wasser	1,333	224900,57
Glas	1,501	199728,49
Diamant	2,417	124034,94

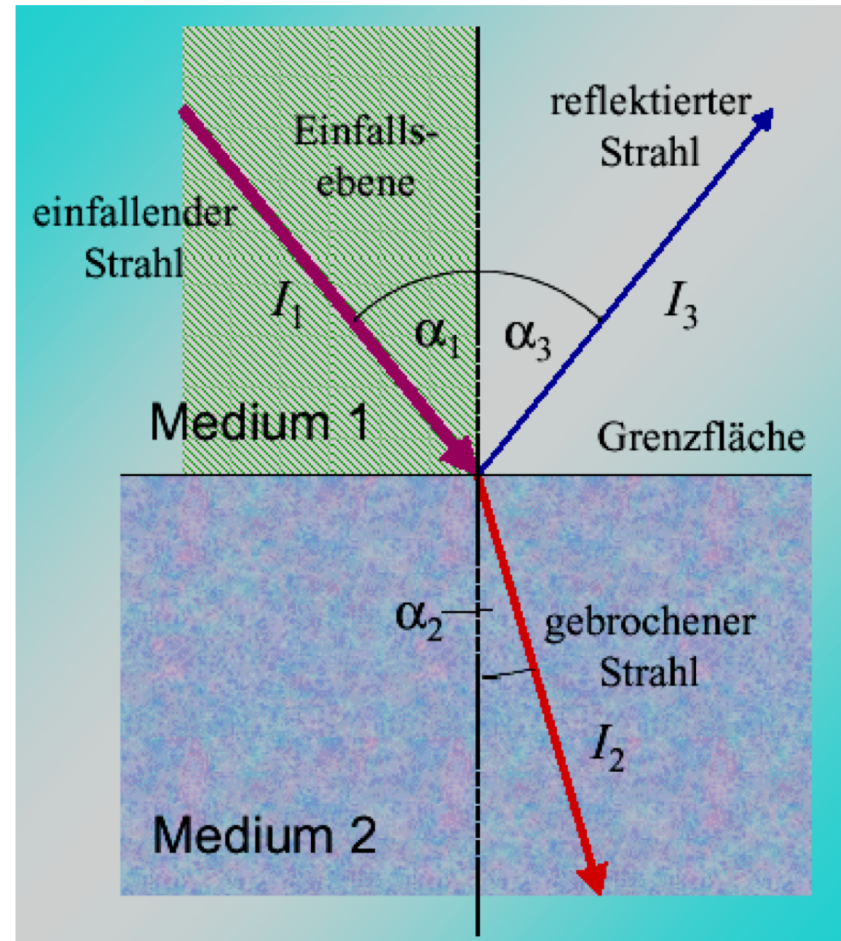
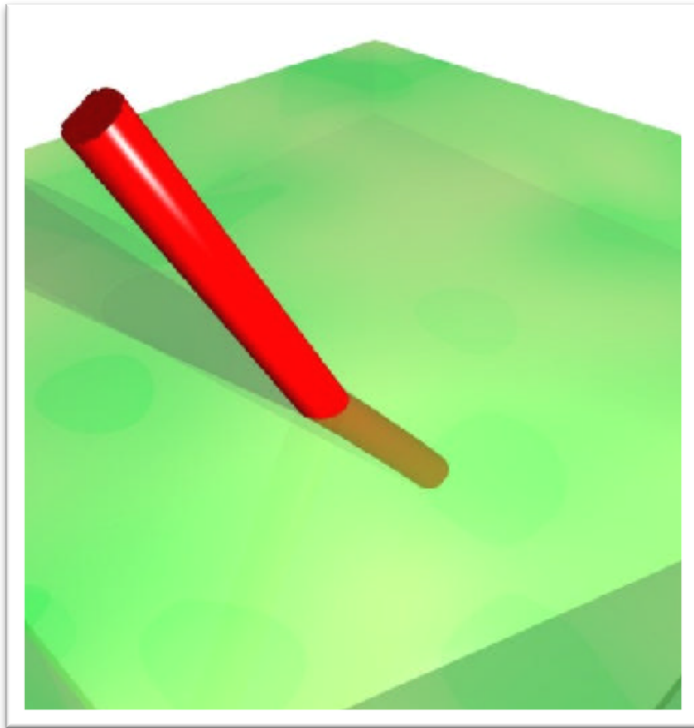
Reflexion und Brechung

An der Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen Medien werden Wellen reflektiert und gebrochen.

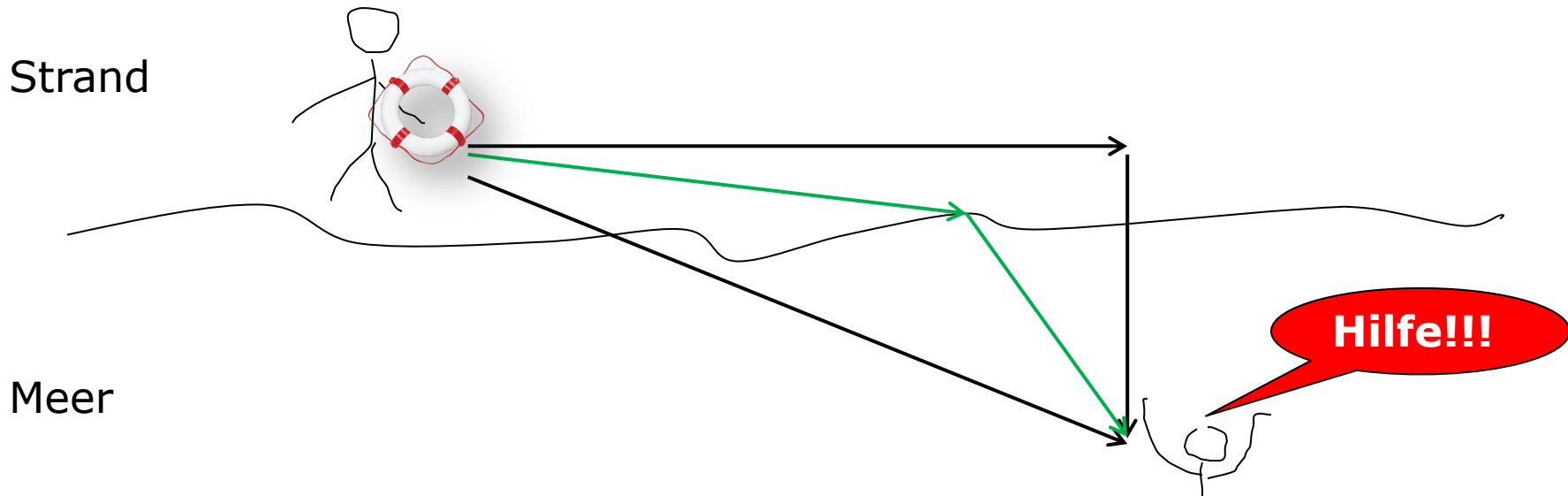


Reflexion und Brechung

An der Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen Medien werden Wellen reflektiert und gebrochen.



Reflexion und Brechung

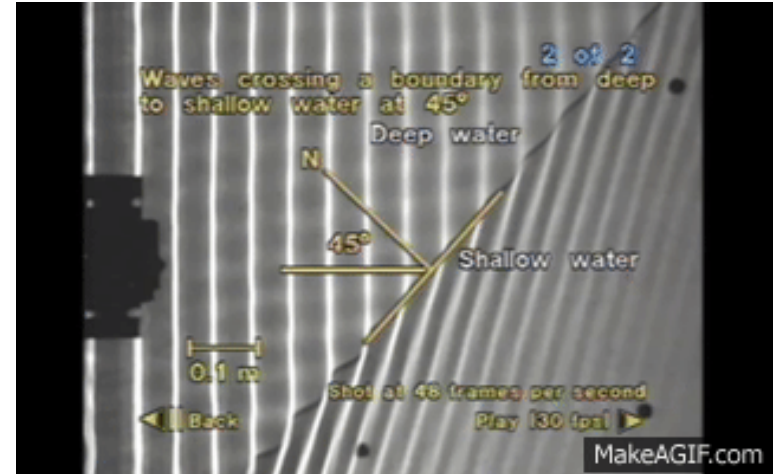
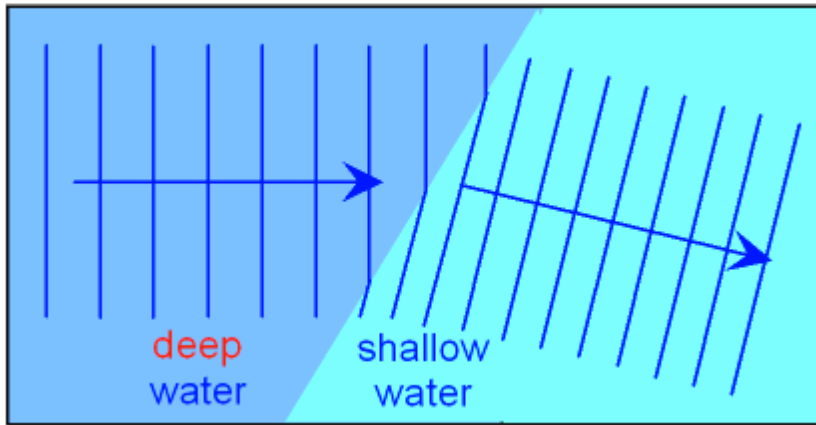


Der Rettungsschwimmer ist an Land schneller als im Wasser. Daher wird er den längeren Weg an Land zurücklegen und erst dann ins Wasser abbiegen. So ist er am schnellsten bei dem Ertrinkenden.

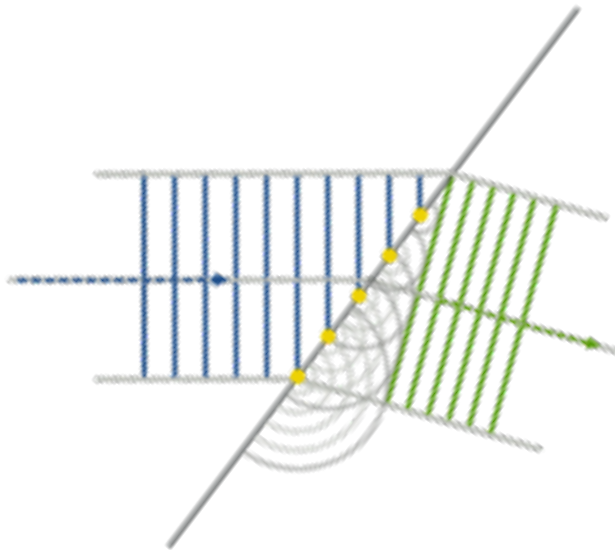
Fermatsches Prinzip:

Licht folgt immer einem **extremalen Weg**. d.h., es sucht sich den schnellsten Weg von A nach B .

Reflexion und Brechung



Richtungswechsel aufgrund unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeiten



Das Huygenssche Prinzip



Christiaan Huygens
(1629 - 1695)

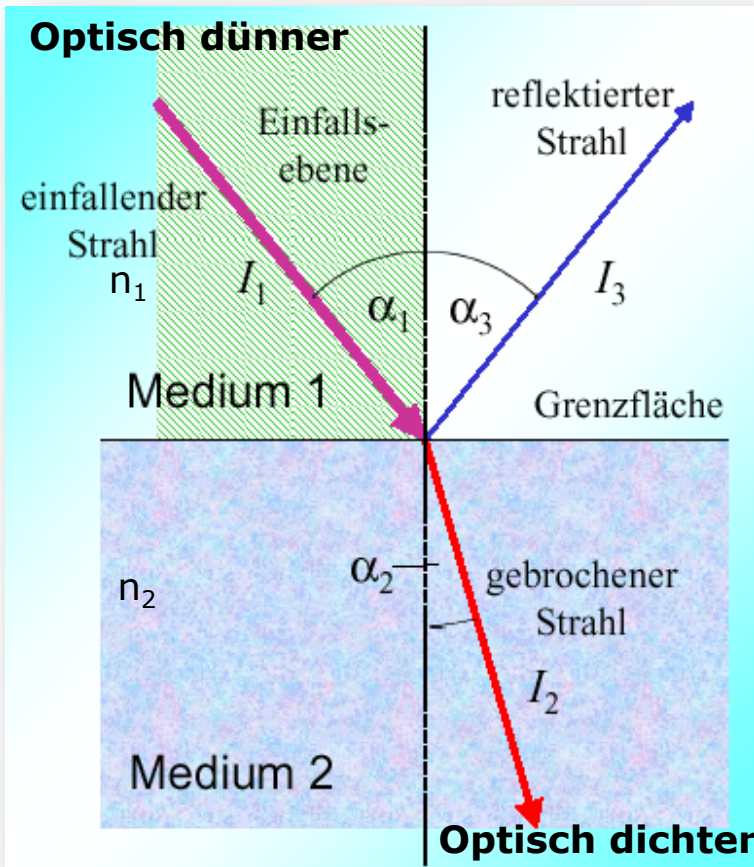
Reflexion und Brechung

Sind die Lichtgeschwindigkeiten in beiden Medien unterschiedlich, so tritt Brechung auf:

$$c_1 = \lambda_1 f$$

$$c_2 = \lambda_2 f$$

An der Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen Medien werden Wellen reflektiert und gebrochen.



Reflexionsgesetz:

Einfallswinkel = Reflexionswinkel

$$\alpha_1 = \alpha_3$$

Brechungsgesetz:

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

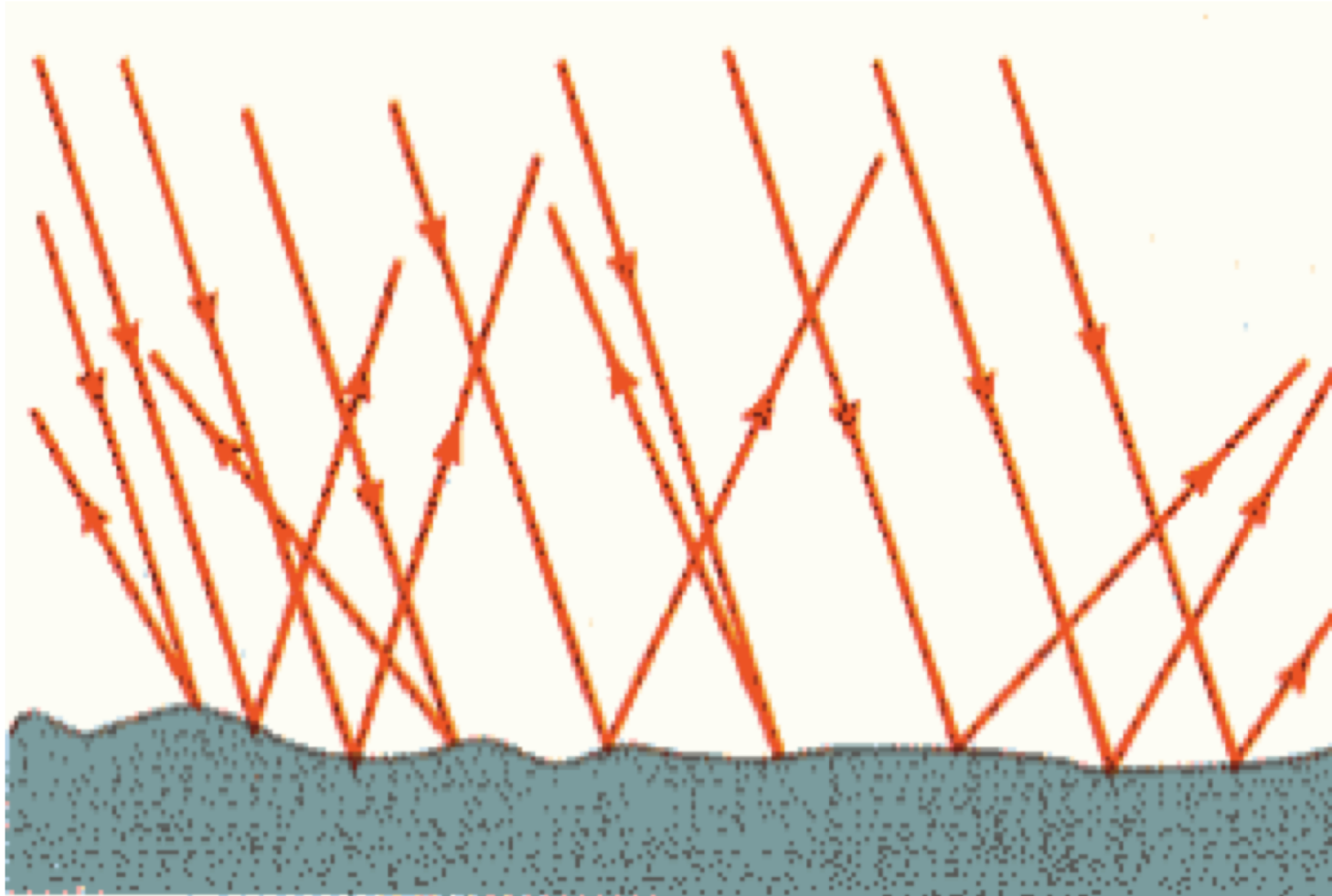
c = Lichtgeschwindigkeit

n = Brechungsindex

α = Einfalls-/Brechungswinkel

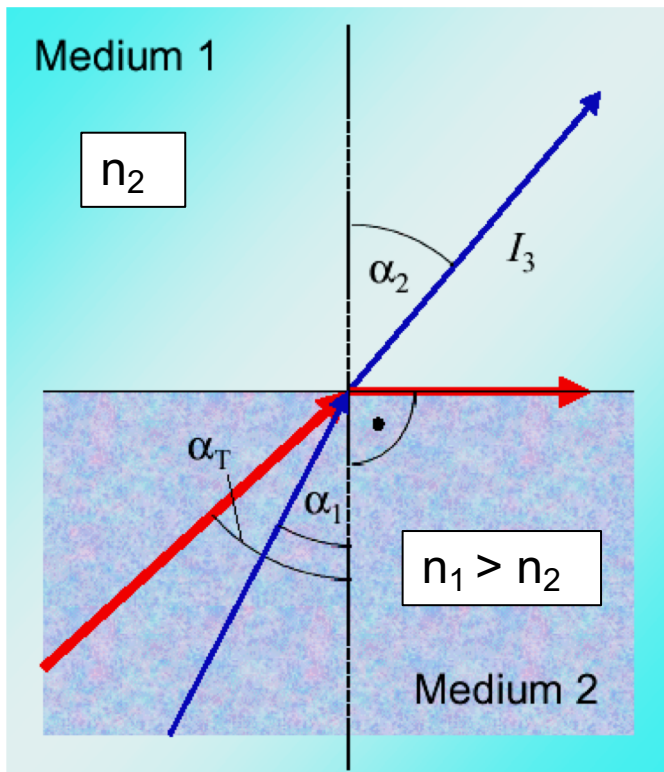
Diffuse Reflexion

An rauen Oberflächen wird Licht nur diffus reflektiert.



Totalreflexion

Totalreflexion tritt nur auf, wenn das Licht von einem optisch dichteren Medium in ein optisch dünneres Medium eintritt: $n_2 > n_1$



$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

α_2 kann maximal 90° werden.

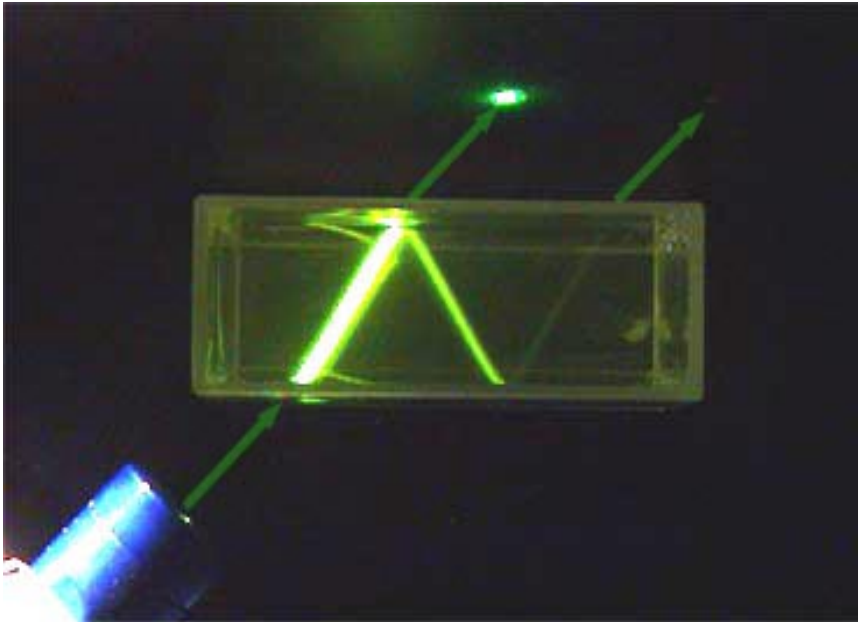
$$\frac{n_2}{n_1} = \sin \alpha_1$$

Im Beispiel Glas/Luft ist der Grenzwinkel der Totalreflexion 49° .

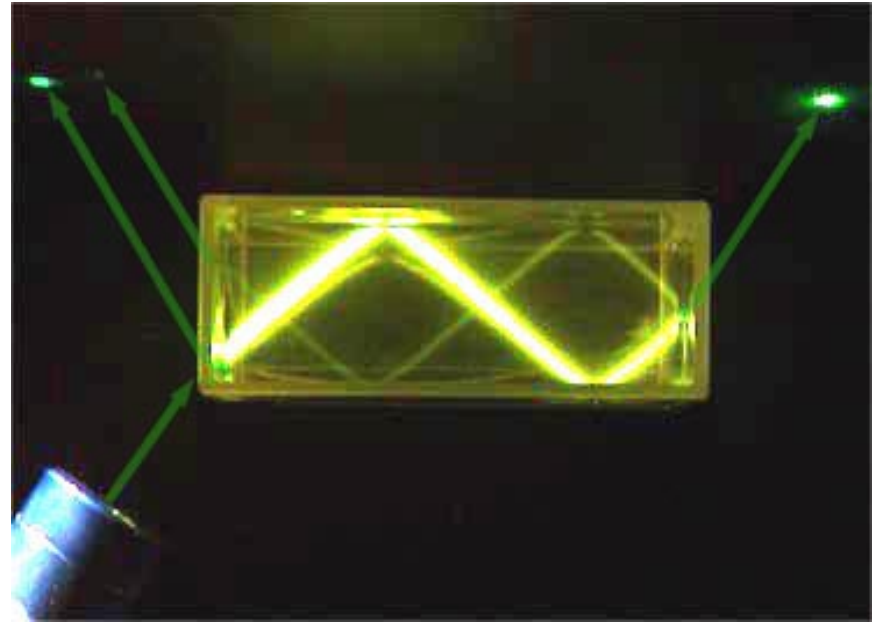
Totalreflexion

Beispiele:

Keine Totalreflexion



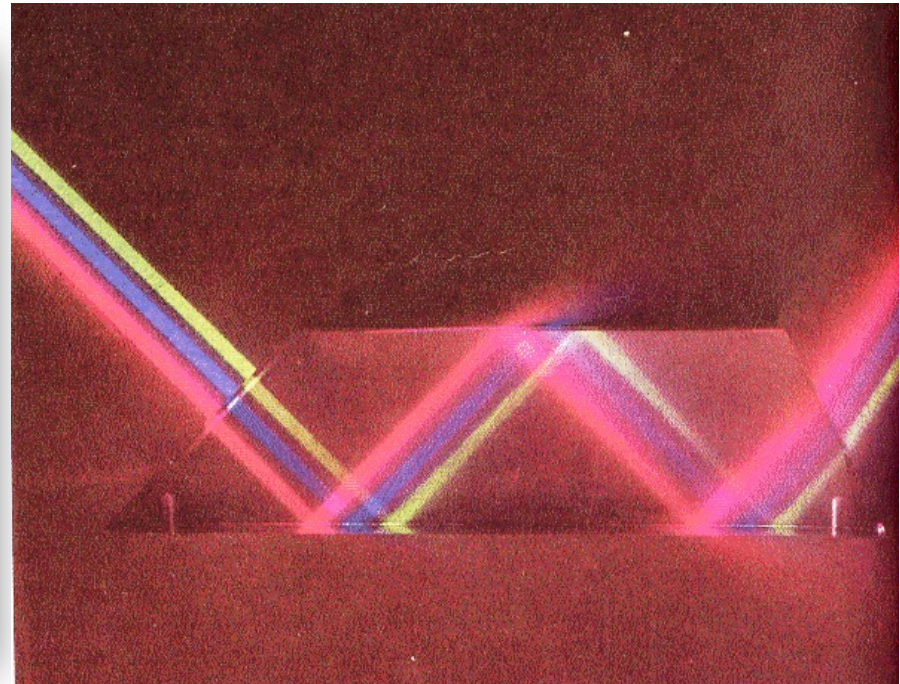
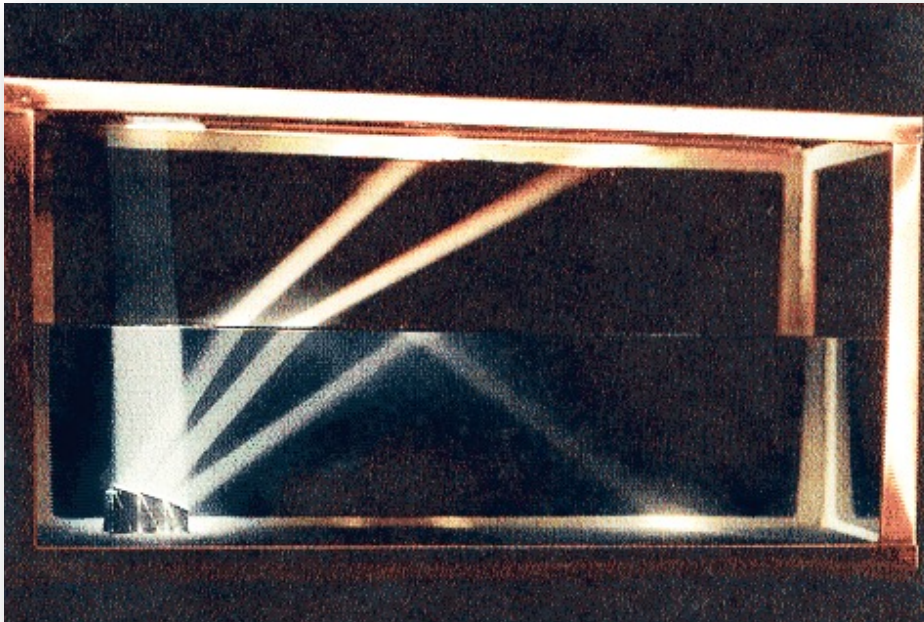
Totalreflexion



Umlenkung von Lichtstrahlen

Totalreflexion

Beispiele:

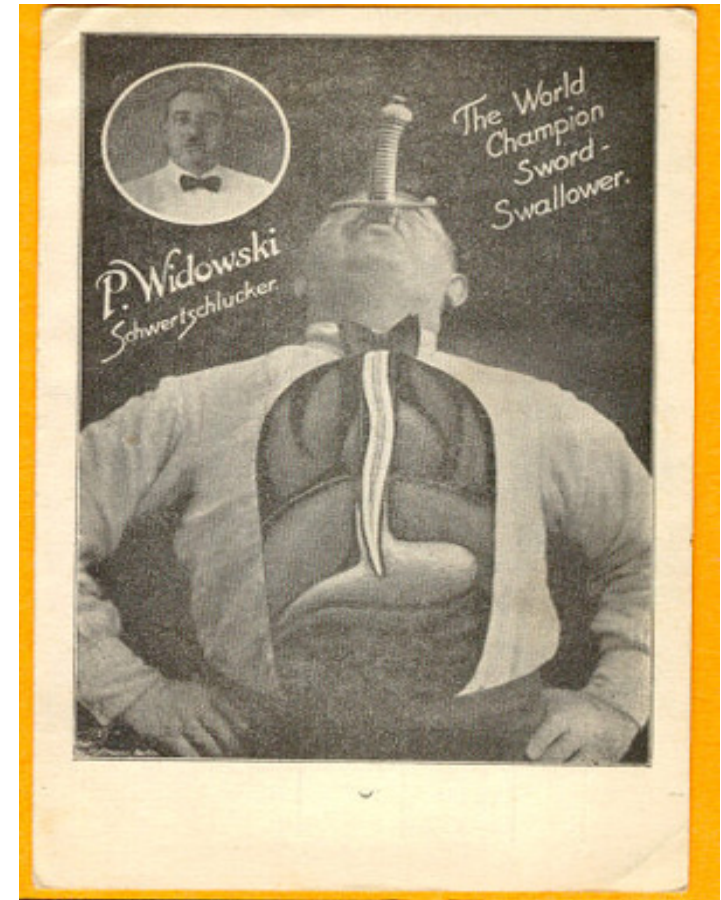


Umlenkung von Lichtstrahlen
in totalreflektierenden Prismen.

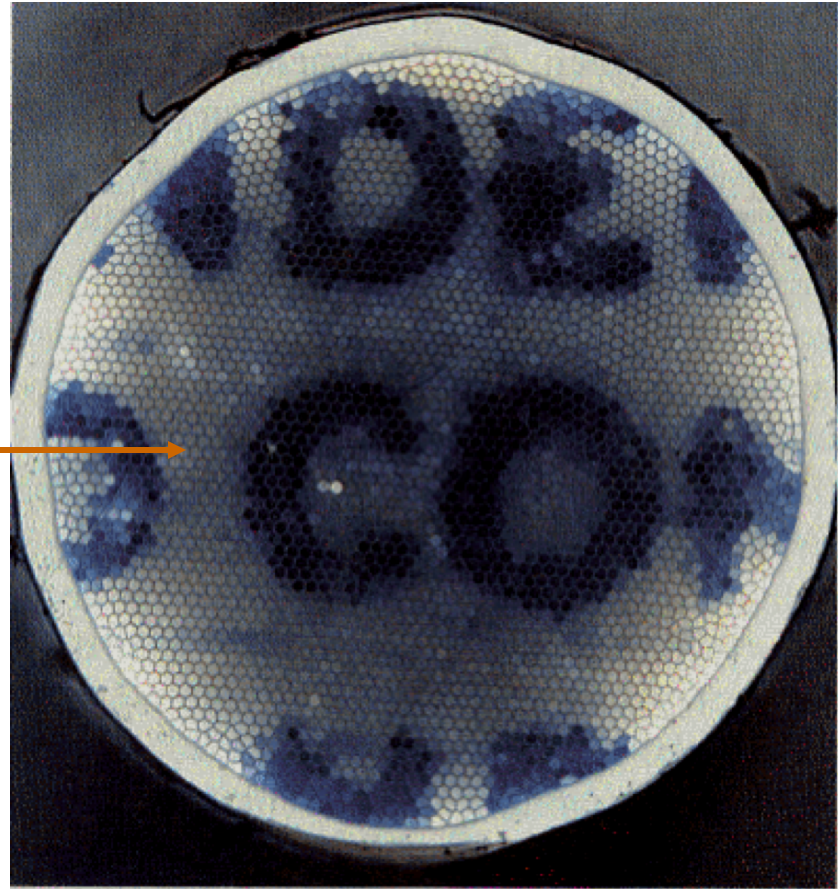
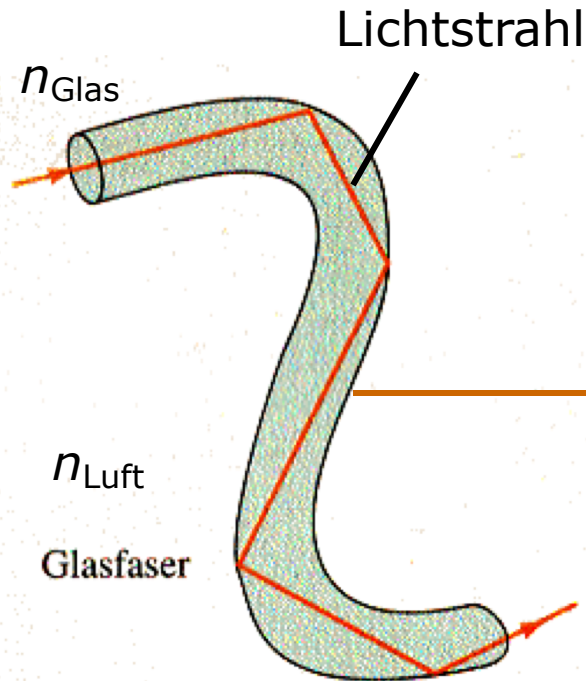
Die erste *in vivo*-Bildgebung

1868 führte der Internist Adolf Kussmaul die erste Gastroskopie am lebenden Menschen (Schwertschlucker) mit einem 43 cm langen Metallrohr durch.

„Zu sehen war nüscht“ sagte Kussmaul.

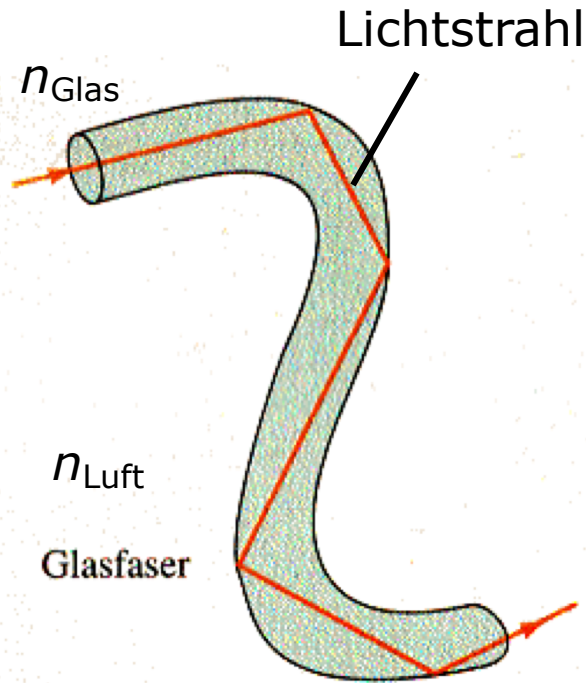


Totalreflexion und Endoskopie



Lichtleitung in Glasfasern (Optische Nachrichtenübertragung oder Endoskopie).

Totalreflexion und Endoskopie



Lichtleitung in Glasfasern (Optische Nachrichtenübertragung oder Endoskopie).

Totalreflexion und Endoskopie

