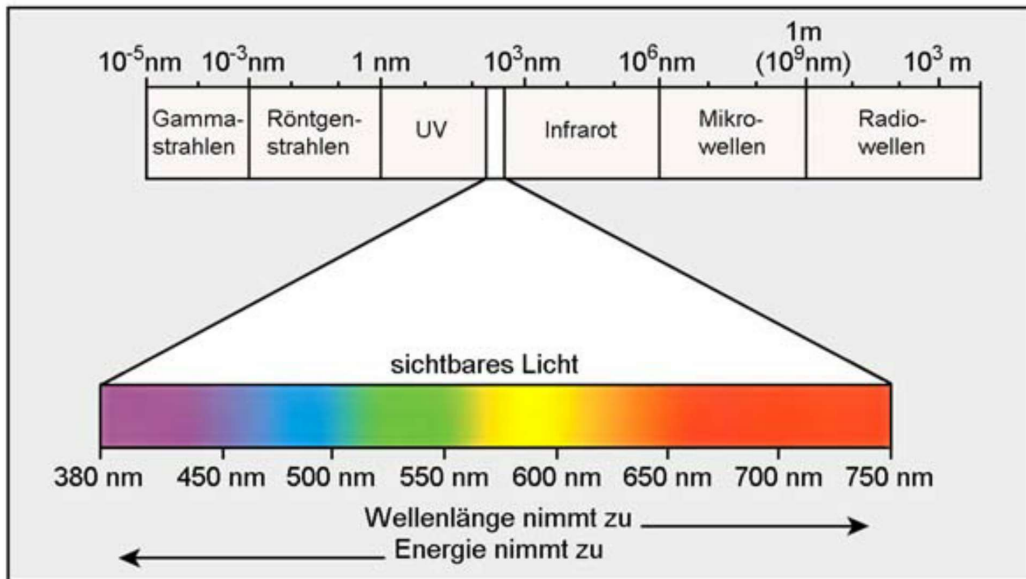


6. GEOMETRISCHE OPTIK



$$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

h = Planck'sches Wirkungsquantum

$$h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

exakt, da im SI festgelegt

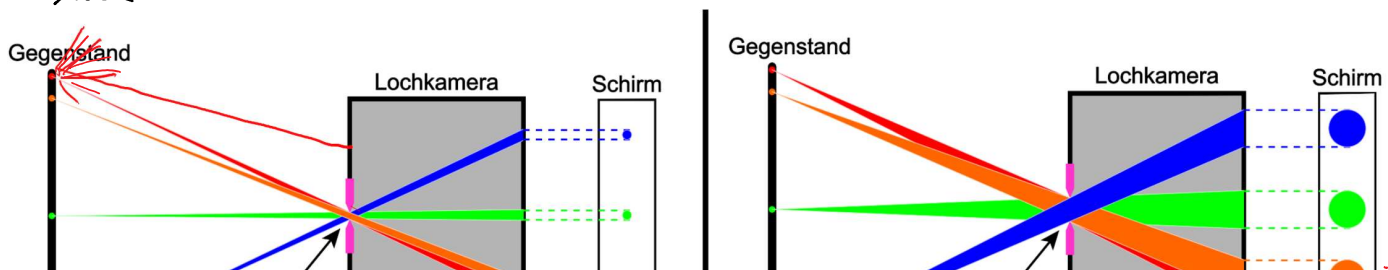
6.1. Lichtausbreitung

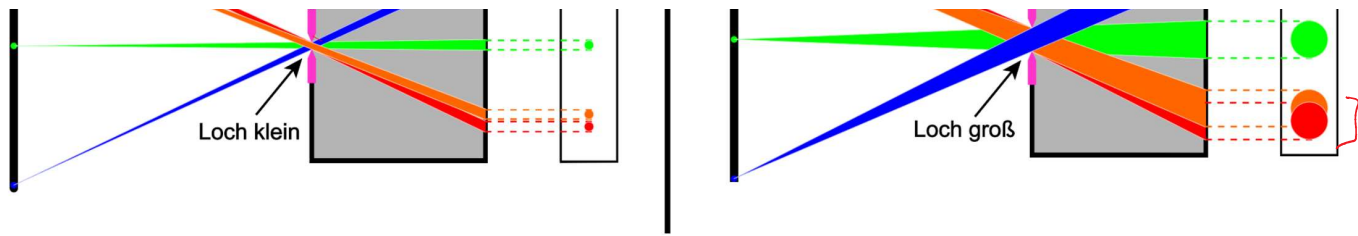
Licht zeigt Wellencharakter (2 Videos)

Hindernisgröße $d \leftrightarrow$ Wellenlänge λ

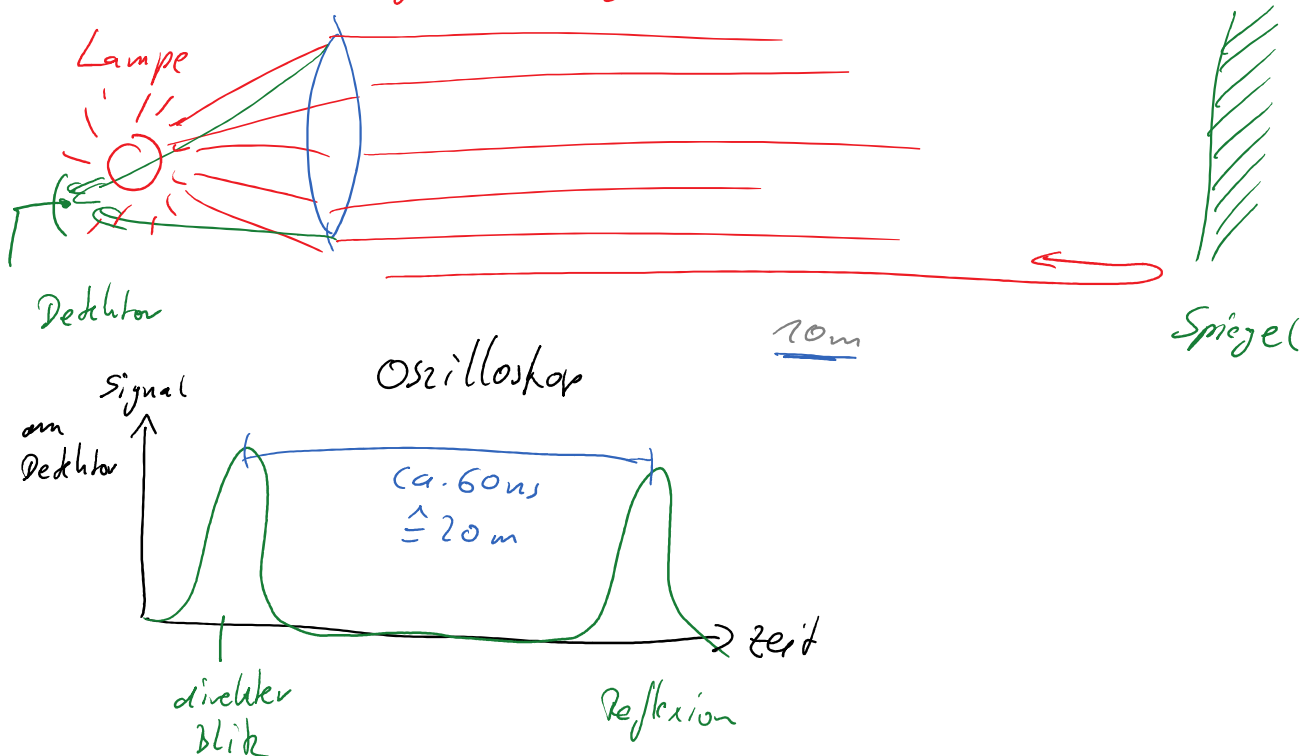
- $d \sim \lambda \Rightarrow$ Beugungseffekte $\hat{=}$ Wellenoptik
- $d \gg \lambda \Rightarrow$ Lichtstrahlen $\hat{=}$ Geometrische Optik

Versuch Lochkamera:





Ausbreitung des Lichts als **geradlinige** Strahlen
mit **Ausbreitungsgeschwindigkeit c** .



Im Vakuum:

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 30 \frac{\text{cm}}{\text{ns}}$$

exakt

SI: Festlegung des Meters

im Medium:
(Glas)

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

Brechungsindex

Lichtgeschw. im Medium

Lichtsekunde: $\text{ca. } 300'000\,4\text{m} \quad (c \cdot 1\text{s})$

Lichtjahr: $\Delta x = c \cdot 1\text{a} \approx c \cdot \pi \cdot 10^7 \text{s}$

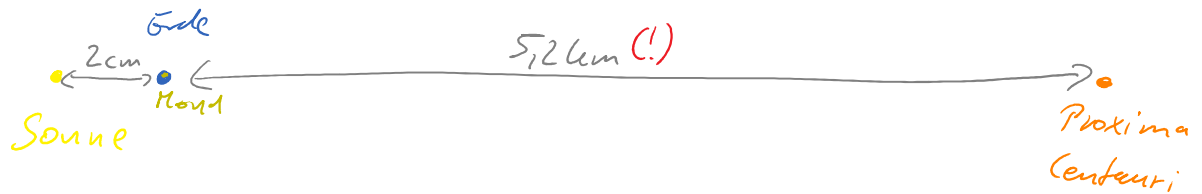
Lichtjahr : $\Delta x = c \cdot 1a \approx c \cdot \pi \cdot 10^7 s$

$$= 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot \pi \cdot 10^7 s = 10^{16} m$$

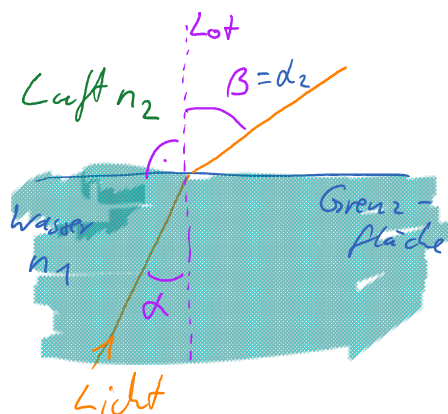
Mond : $380'000 km \hat{=} 1,3$ Lichtsekunden

Sonne : $8,5$ Lichtminuten

Proxima Centauri : $4,2$ Lichtjahre



6.2. Lichtbrechung



Snellius

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

(äquivalent)

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

Licht brecht sich so lange geradlinig aus, solange sich der Brechungsindex nicht ändert.

Film: Glas verschwindet

↳ Brechungsindex der Flüssigkeit ist angepasst.

Achtung: $n = n(\lambda)$
 $\Rightarrow c = c(\lambda)$
 $\Rightarrow$ Prisma (später)

Material	$n(\lambda = 578 \text{ nm})$
Vakuum	1,0
Luft	1,0003
H ₂ O	1,33
Glas	1,5 - 1,8
Diamant	2,417

Snellius

Begründung ①

Huygen'sches Prinzip

- Lichtgeschwindigkeit im Medium

$$c_2 = \frac{c_0}{n_2} < \frac{c_0}{n_1} = c$$

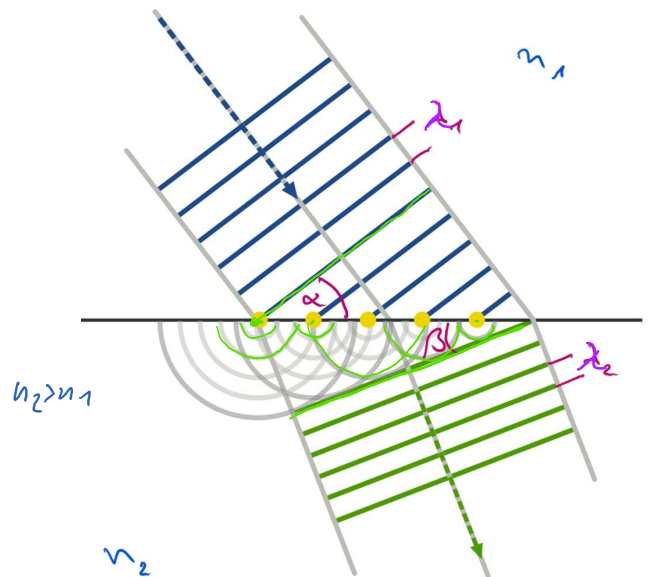
- Frequenz (Farbe) des Lichts bleibt unverändert

$$f_2 = f_1 = f$$

- mit $c = \lambda \cdot f$

$\Rightarrow$ Wellenlänge $\frac{c_2}{\lambda_2} = \frac{c_1}{\lambda_1}$

• Geometrie $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ✓ Snellius



Q: λ vs. f ?

$$E = h \cdot f$$

E-Erhaltung

$h = \text{konst.}$

f gut konst

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$c = c(n) = c(\lambda)$$

$\Rightarrow \lambda$ nicht so gut

Begründung B:

Fermat'sches Prinzip

Die optische Weglänge (Laufzeit des Lichts)

zwischen 2 Punkten

ist immer extrem (maximal oder minimal)

- Lichtlaufzeit

$$t = \frac{1}{c_0} \int_A^B n(s) ds$$

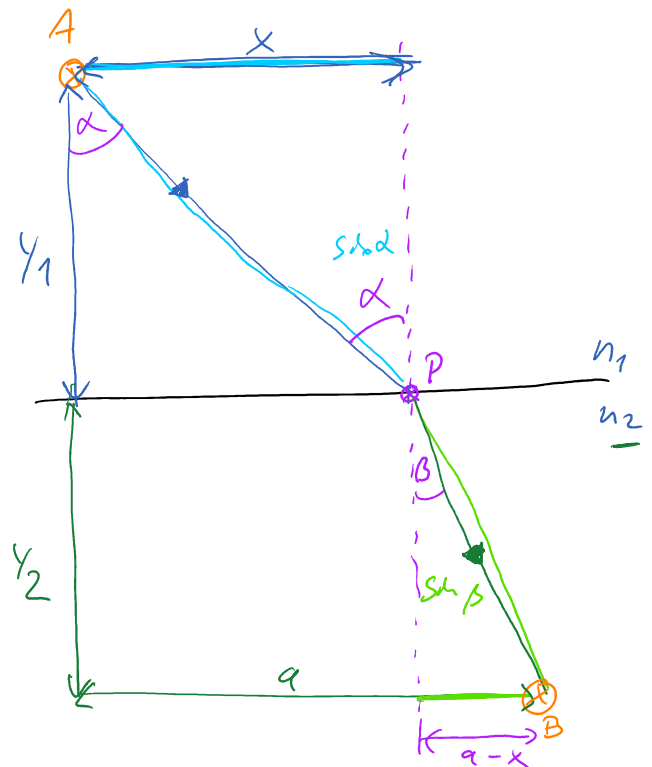
$\Rightarrow$ soll extremal sein

$$\frac{d}{dx} t \stackrel{!}{=} 0$$

- Teilstrecken

$$t = \frac{1}{c_0} \left[n_1 \cdot \sqrt{x^2 + y_1^2} + n_2 \cdot \sqrt{y_2^2 + (a-x)^2} \right]$$

$$0 \stackrel{!}{=} \frac{d}{dx} t = \frac{2n_1}{2} \frac{x}{\sqrt{x^2 + y_1^2}} - \frac{2n_2}{2} \frac{(a-x)}{\sqrt{y_2^2 + (a-x)^2}}$$



$$0 \stackrel{!}{=} \frac{d}{dx} t = \frac{\cancel{2}n_1}{\cancel{2}c_0} \frac{x}{\sqrt{y_1^2 + x^2}} - \frac{\cancel{2}n_2}{\cancel{2}c_0} \frac{(a-x)}{\sqrt{y_2^2 + (a-x)^2}}$$

$$= \sin \alpha \quad \quad \quad = \sin \beta$$

$$\Rightarrow \quad n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$\quad \quad \quad \sin \alpha_1 \quad \quad \quad \sin \alpha_2$$

In $\text{optisch dichtere Medium}$ bricht Licht zum Lot hin

