

Physik für Studierende der Medizin im 1. Fachsemester

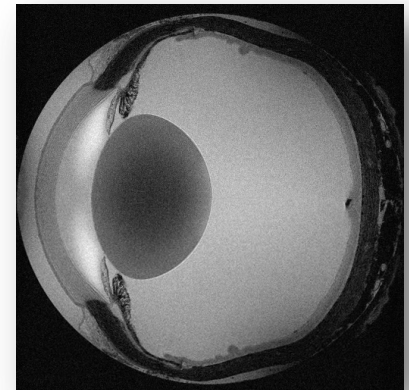
(PFMF-V); 09410100

Dienstag mit Freitag 8.15-9.00

Optik Teil 2 Am 18.05.2021

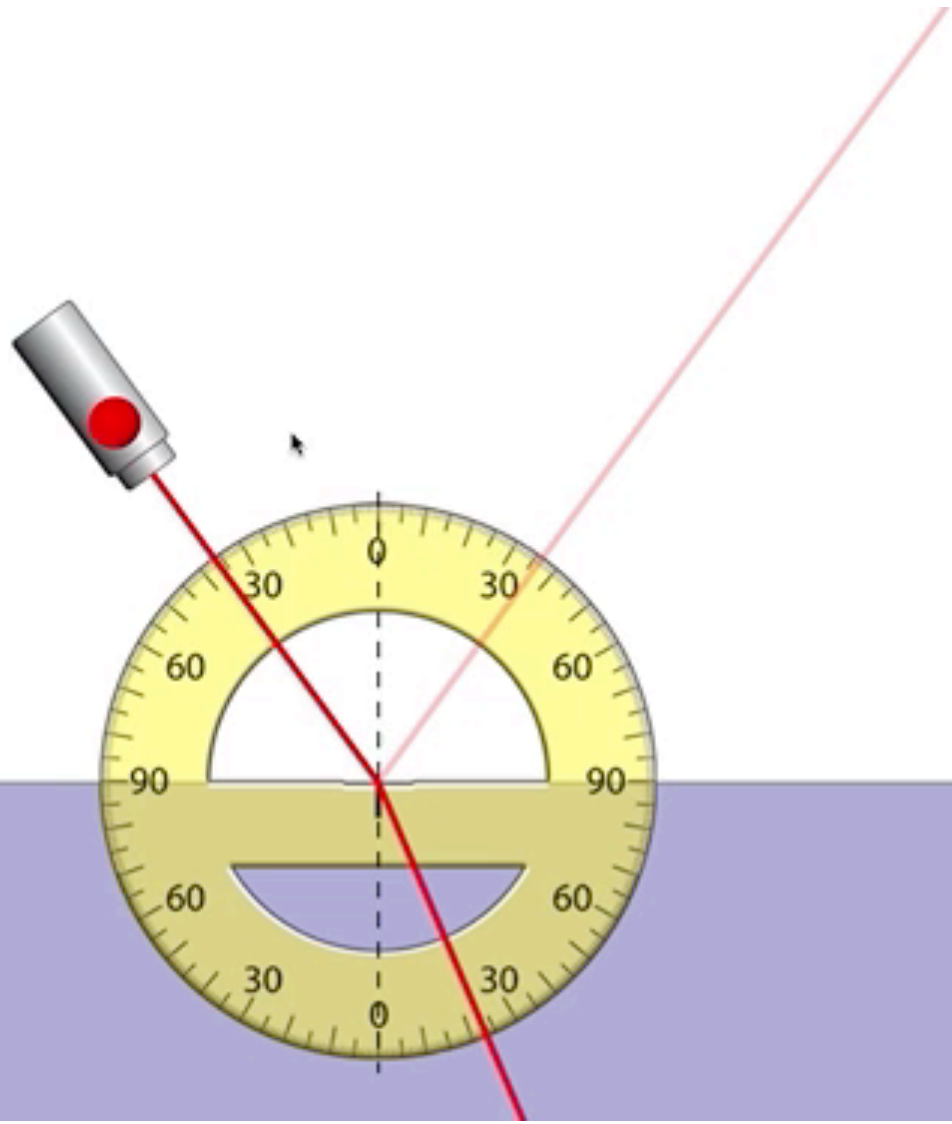


Dr. Simon Moser
Lehrstuhl für Exp. Physik IV,
Universität Würzburg
simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de



Wiederholung: Brechungsgesetz

- Strahl
- Welle



Material: ▲

Brechungsindex (n) ◀ ▶

Luft Wasser Glas

Material: ▲

Brechungsindex (n) ◀ ▶

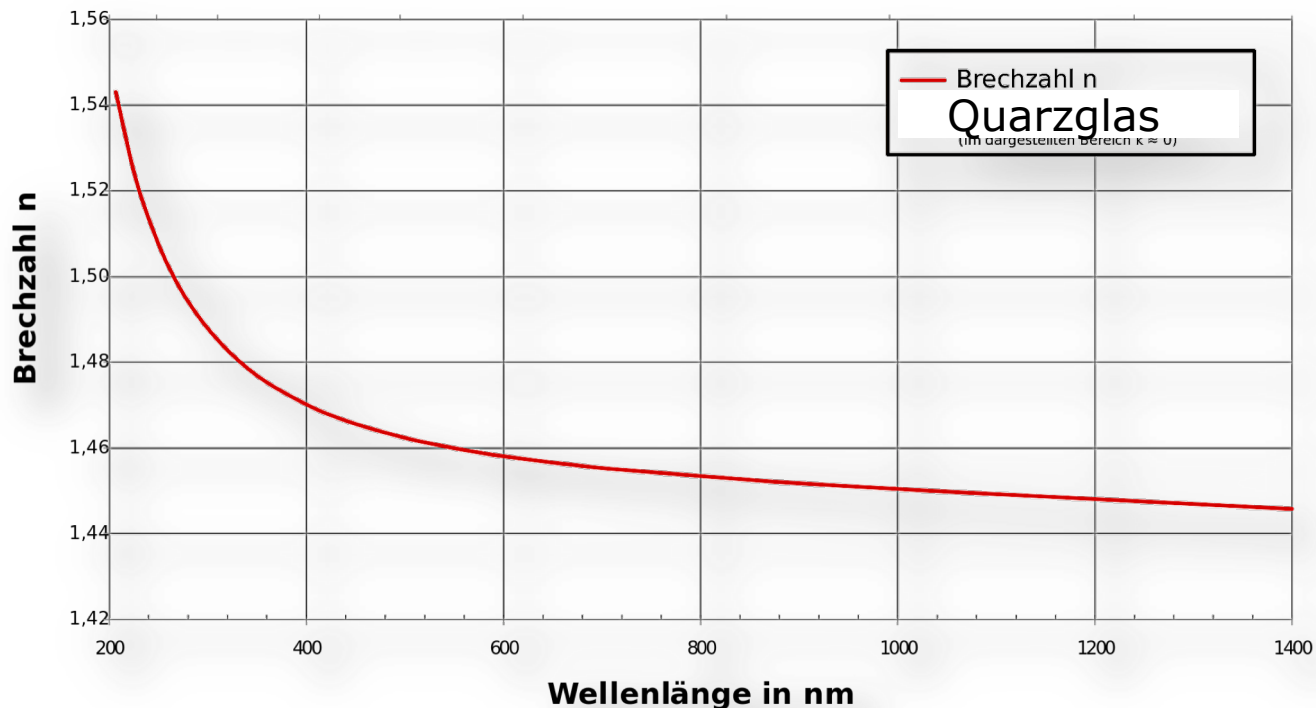
Luft Wasser Glas

Dispersion

Der Brechungsindex ist für Gläser wellenlängenabhängig, d.h. $n = n(\lambda)$.

Für die meisten Gläser nimmt Brechungsindex n mit abnehmender Wellenlänge zu, d.h.

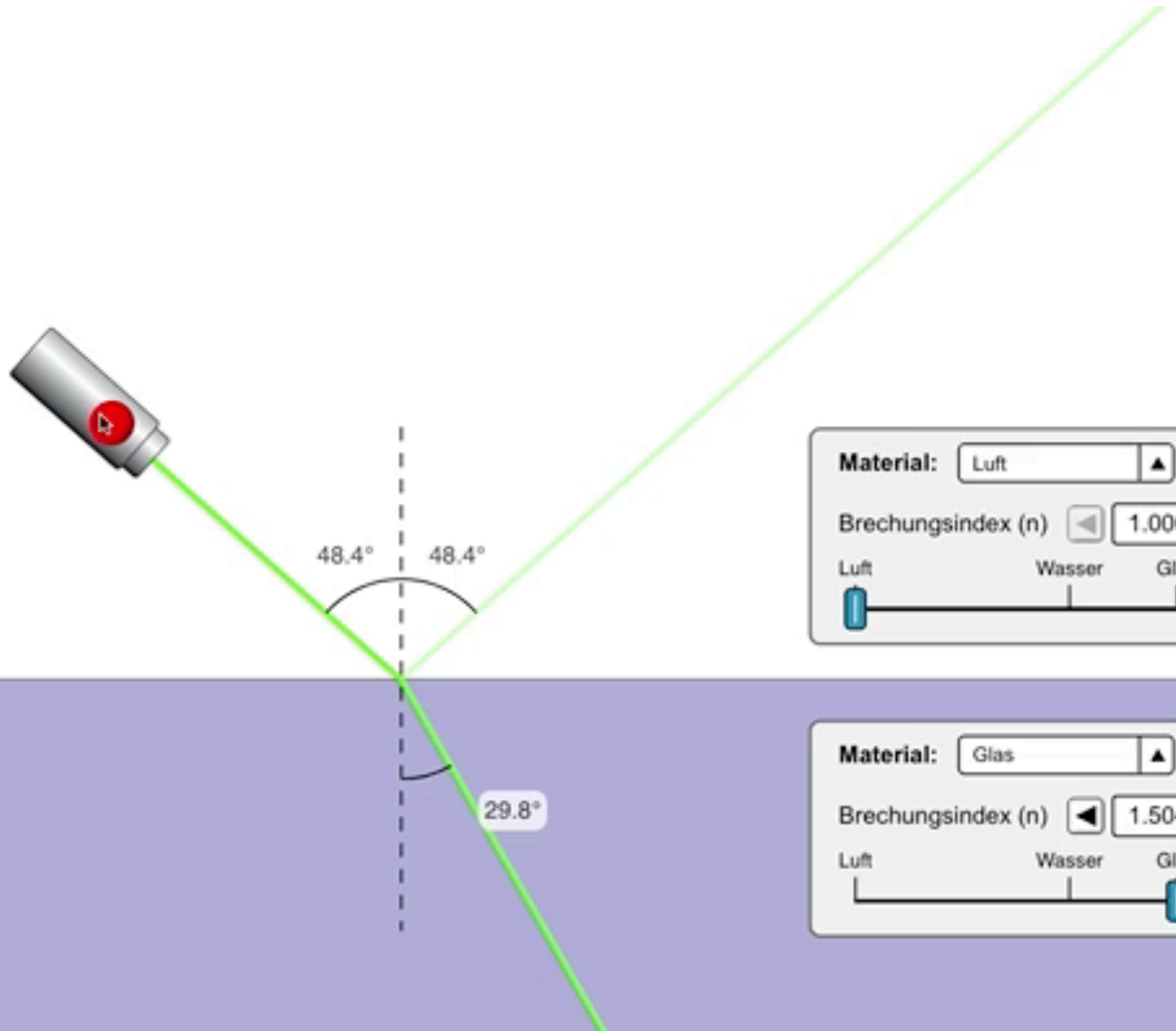

BLAU wird stärker gebrochen als **ROT** (**normale Dispersion**).



Dispersion: Beispiel

Strahl
 Welle

◀ 539 nm ▶



Material: Luft ▲

Brechungsindex (n) ◀ 1.000 ▶

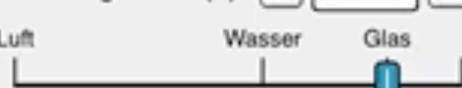
Luft Wasser Glas



Material: Glas ▲

Brechungsindex (n) ◀ 1.504 ▶

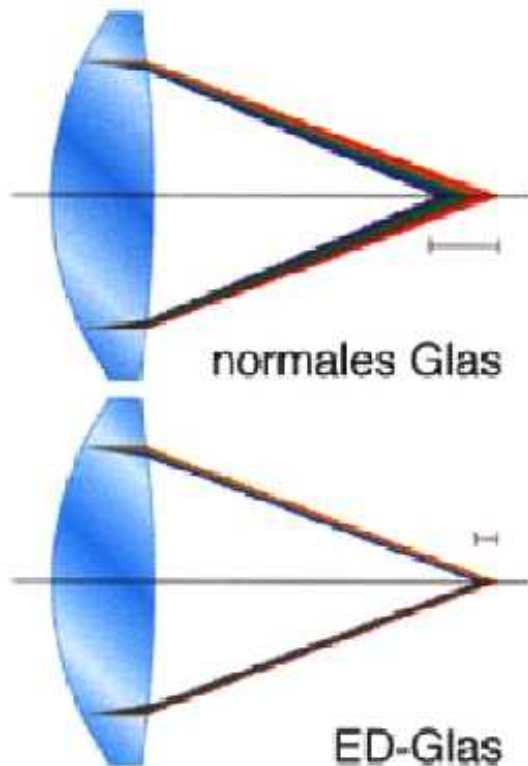
Luft Wasser Glas



Interaktiv

Dispersion

Der Brechungsindex ist für 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**).

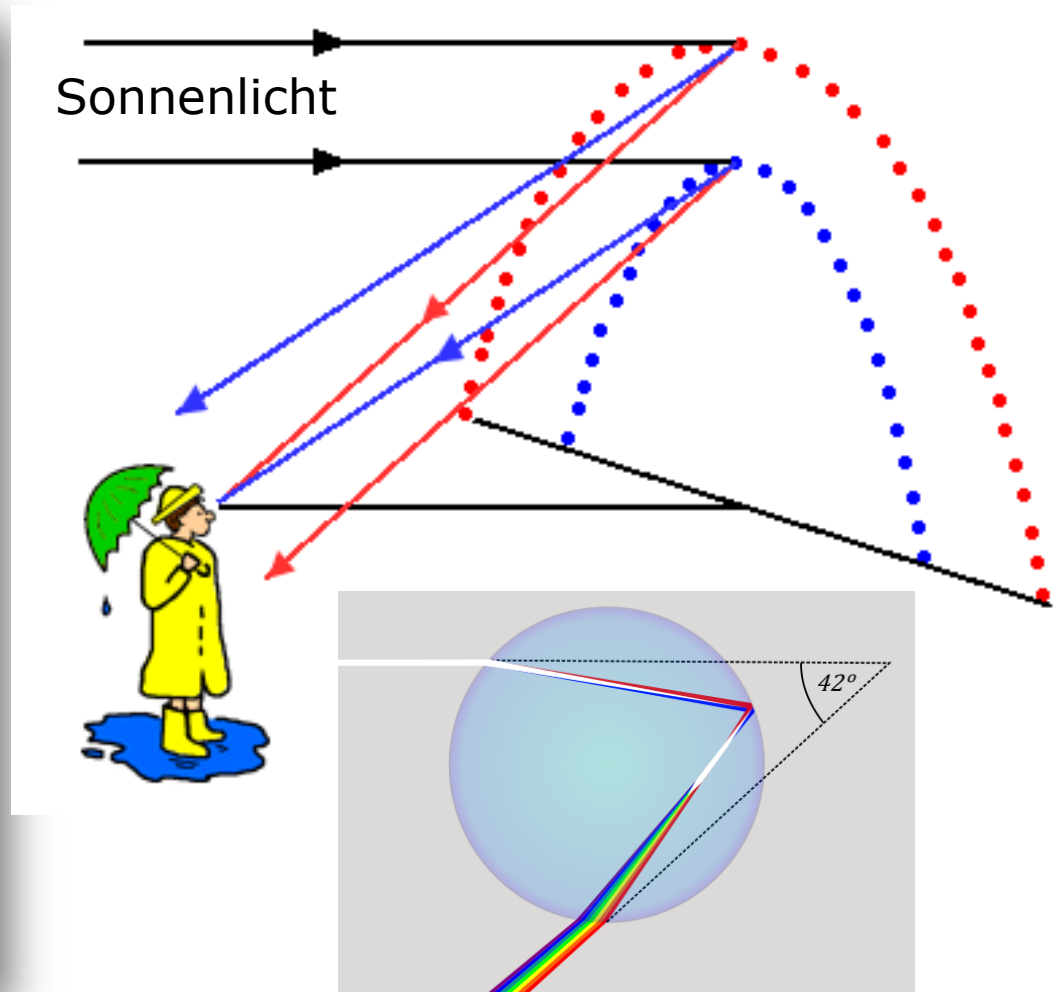


Korrektur-
gläser



Dispersion und Regenbogen

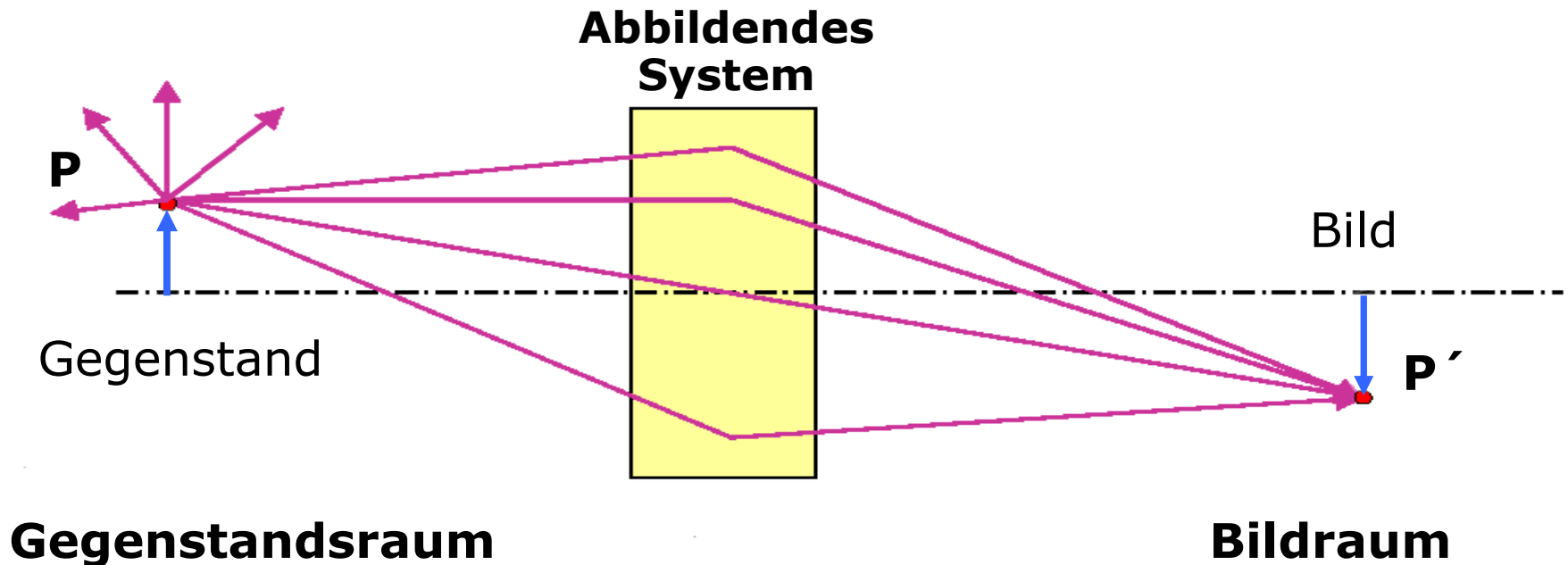
Der Brechungsindex von Wassertropfen ist wellenlängenabhängig, d.h. $n = n(\lambda)$



Reale Abbildungen

Definition einer Abbildung:

Ein Gegenstandspunkt wird auf **genau** einen Bildpunkt abgebildet.

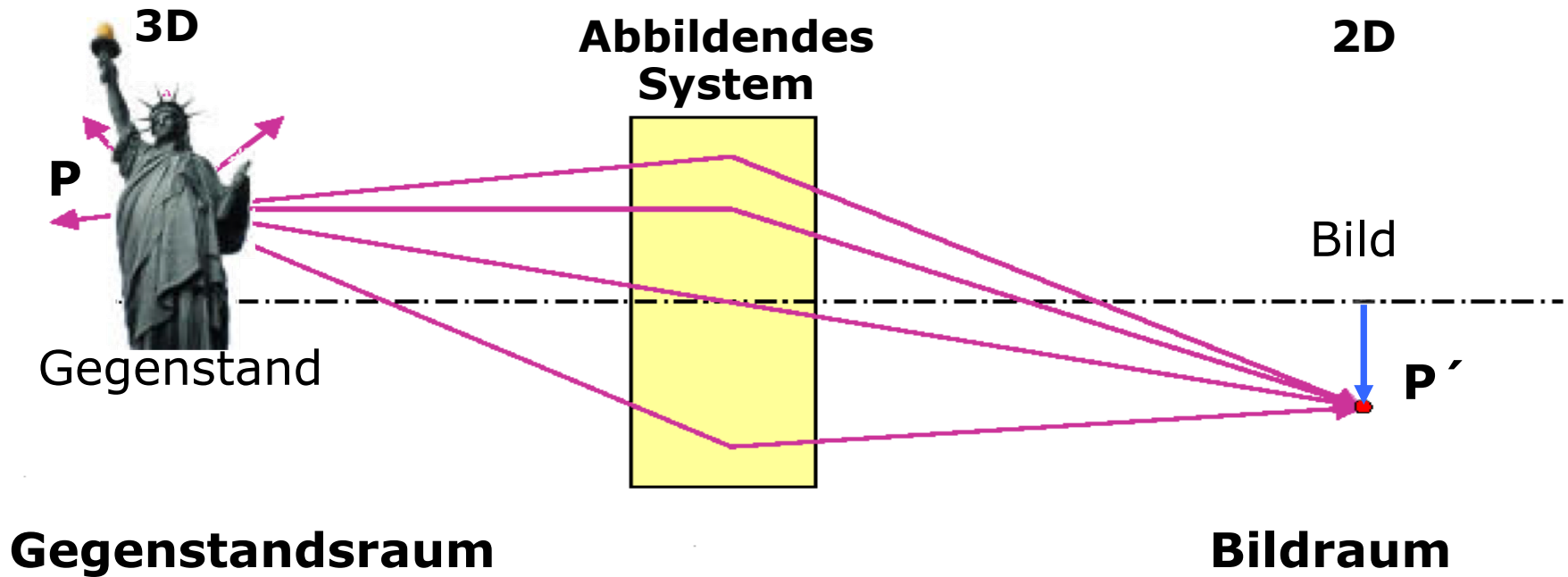


Ein divergierendes Lichtbündel, das von einem Gegenstandspunkt P ausgeht, wird durch ein abbildendes System im Bildpunkt P' vereinigt.

Reale Abbildungen

Definition einer Abbildung:

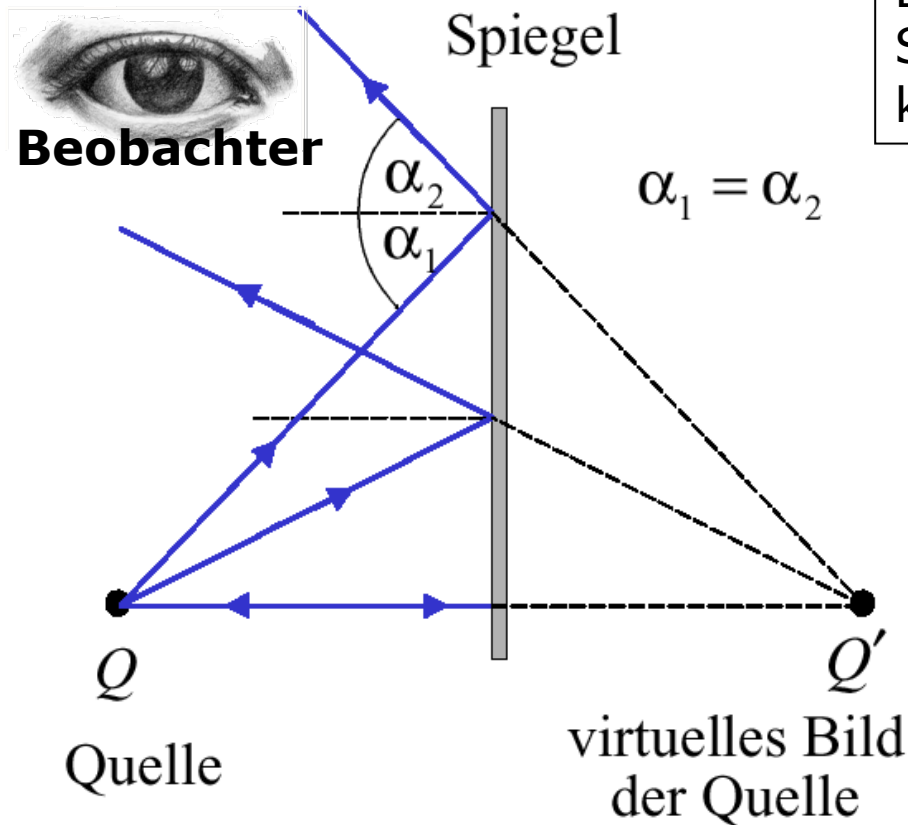
Ein Gegenstandspunkt wird auf **genau** einen Bildpunkt abgebildet.



Projektion eines 3D-Objekts durch ein optisches System auf eine 2D-Bildebene.

Virtuelle Abbildungen

Neben **realen Abbildungen** (Gegenstand ist real - Bild kann mit einer Mattscheibe betrachtet werden), gibt es **virtuelle Abbildungen**.



Das von Q ausgehende divergente Strahlenbündel wird so reflektiert, als käme es vom virtuellen Punkt Q' .

Merke:

- 1) Ein virtuelles Bild wird von **divergenten Lichtbündeln** erzeugt und lässt sich nur durch ein zusätzliches abbildende System (z.B. Auge) wahrnehmen.
- 2) Ein reelles Bild wird von **konvergenten Lichtbündeln** erzeugt und lässt sich auf einem Bildschirm auffangen.

Abbildung durch eine Lochblende

- ① Ein kleiner Lochdurchmesser lässt nur ein eng begrenztes Strahlenbündel durch, was zu einer scharfen Abbildung führt.
- ② Allerdings kommt nur wenig Licht durch das Loch, so dass das Bild sehr dunkel wird.
- ③ Nach dem (Geometrie) gilt:

$$\frac{B}{G} = \frac{H}{h}$$

B = Bildweite
 G = Gegenstandsweite
 h = Gegenstandsgröße
 H = Bildgröße

Strahlensatz

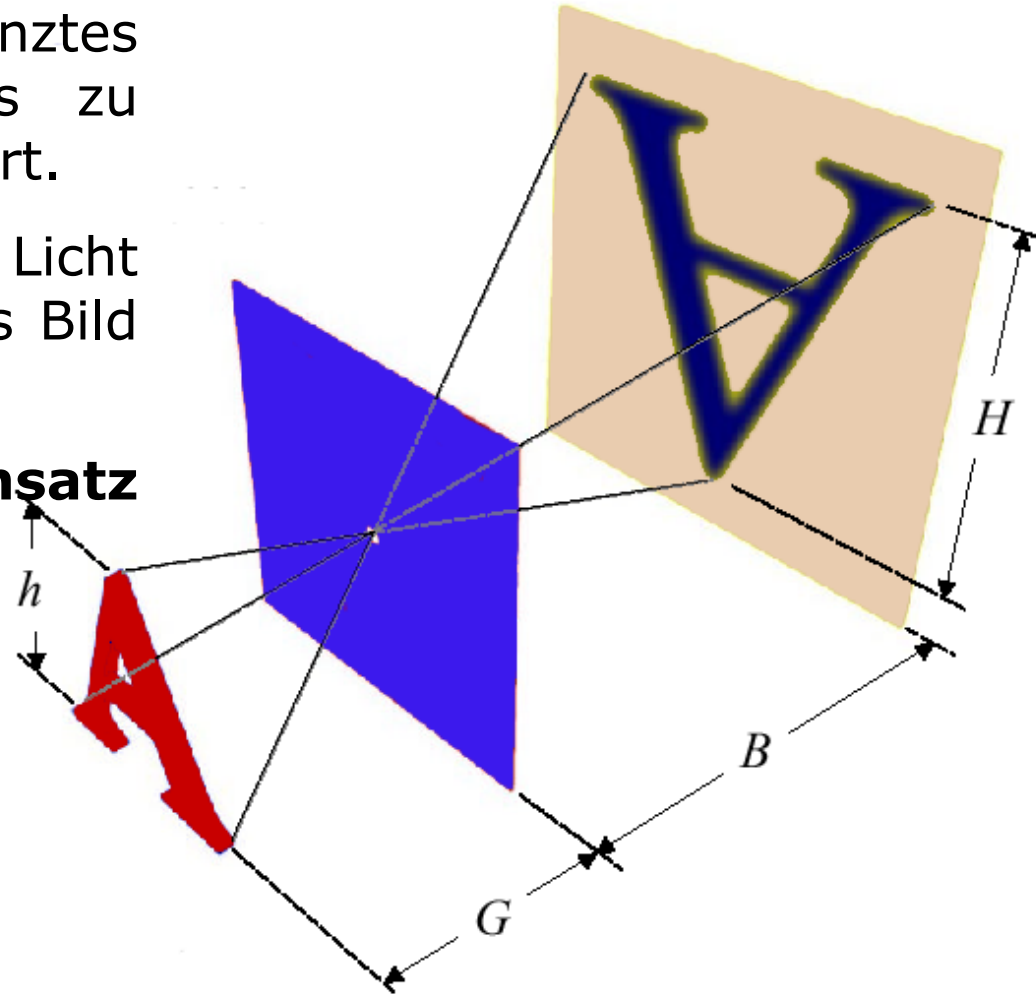


Abbildung durch eine Lochblende

Prinzip: Ein kleiner Lochdurchmesser lässt nur ein eng begrenztes Strahlenbündel durch, was zu einer scharfen Abbildung führt.

Aber: Es kommt nur wenig Licht durch das Loch, so dass das Bild sehr dunkel wird.

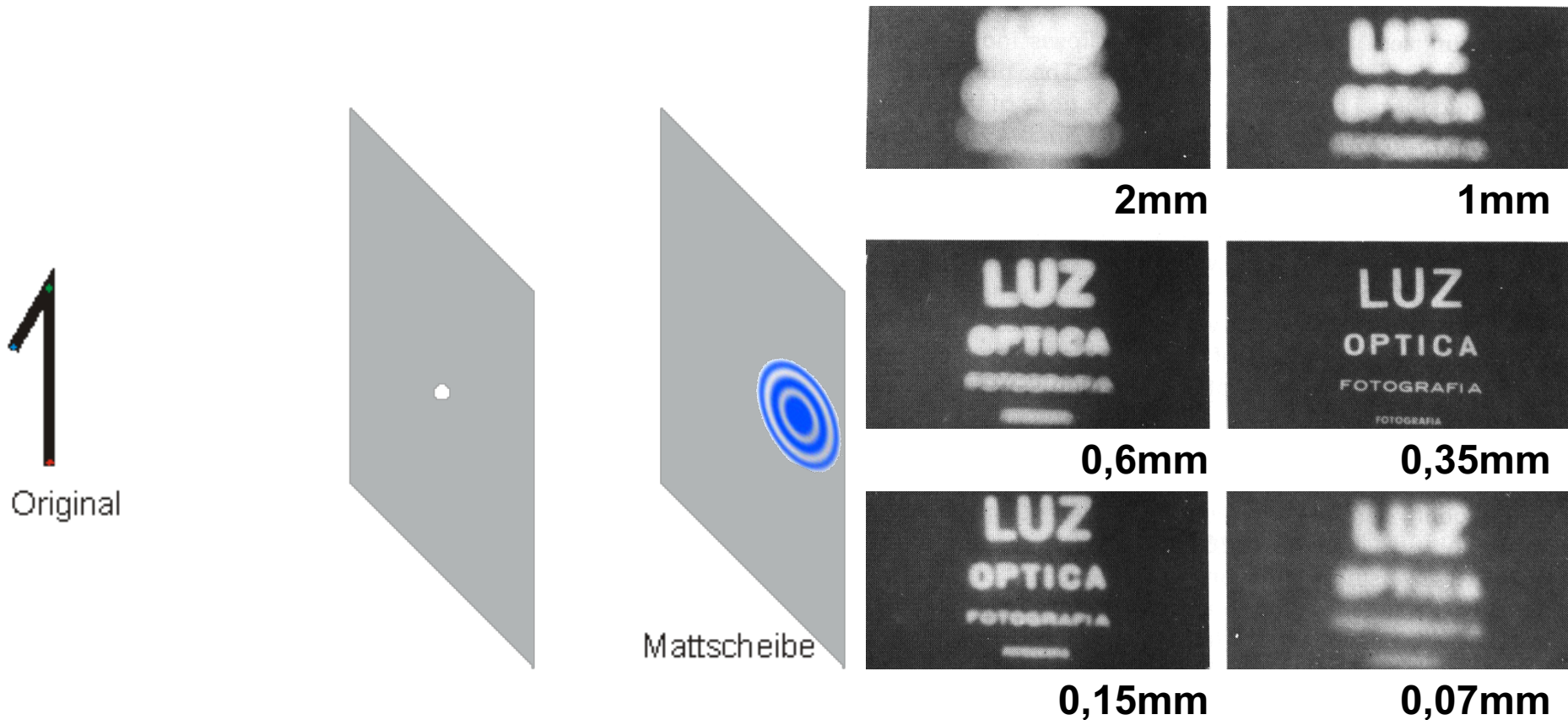


Abbildung durch ein Prisma

Anwendung des Brechungsgesetzes beim Prisma

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

- Zwei brechende Flächen
- Symmetrischer Strahlengang

Näherung für kleine Winkel:

$$\Theta = (n - 1) \cdot \gamma$$

d.h. großes $\gamma \rightarrow$ große Brechung Θ

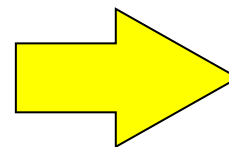
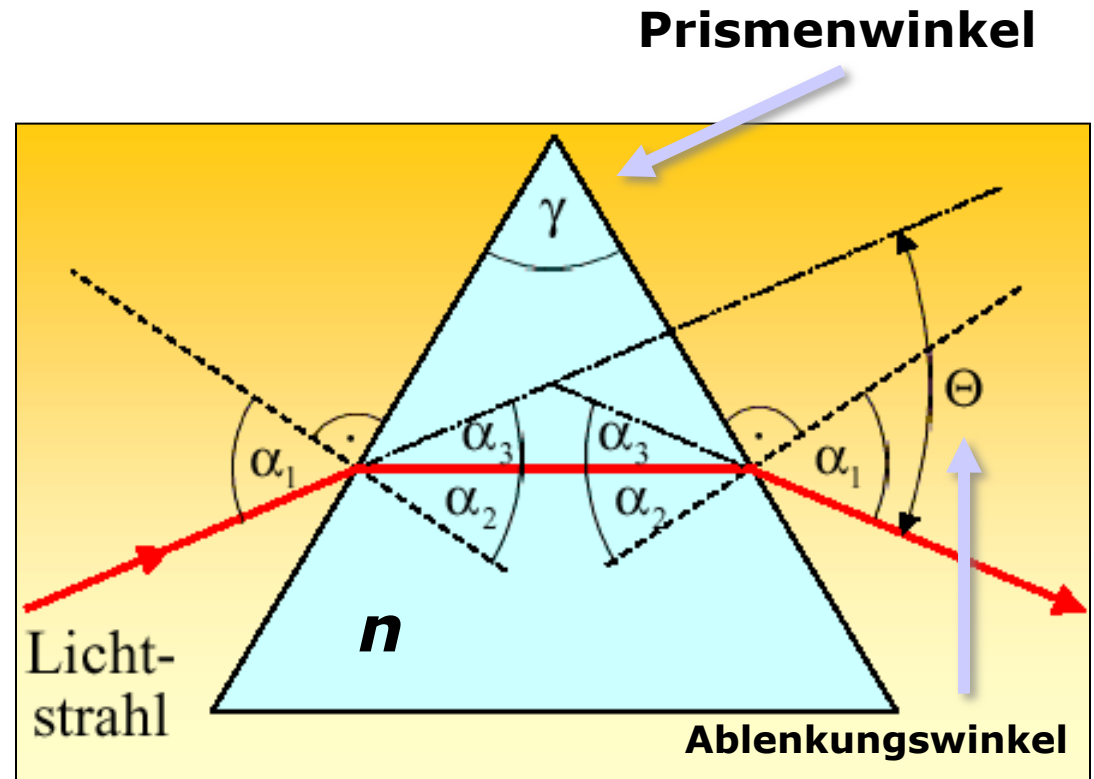


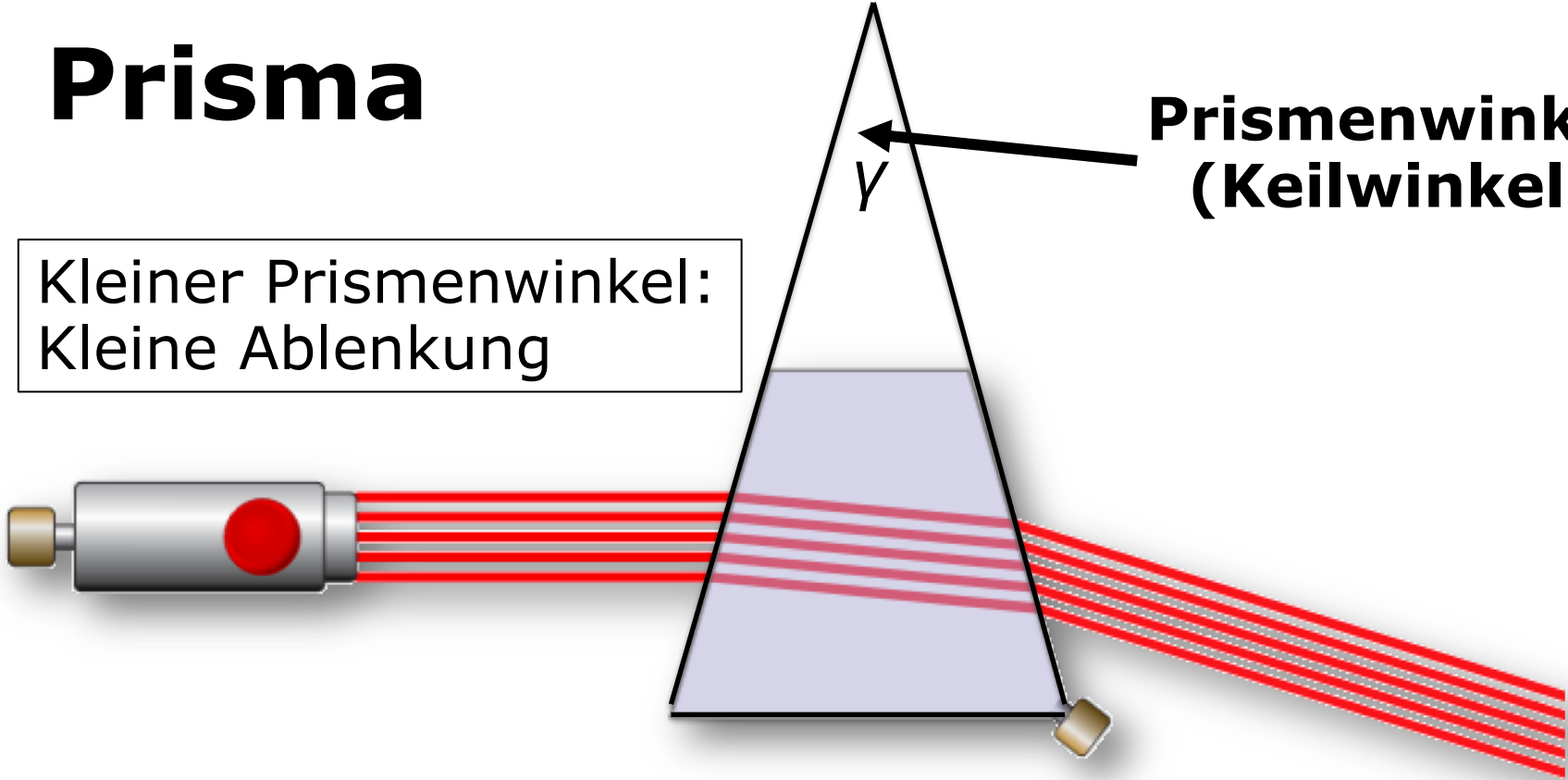
Abbildung durch Linsen



Prisma

Prismenwinkel
(Keilwinkel)

Kleiner Prismenwinkel:
Kleine Ablenkung



Großer Prismenwinkel:
Große Ablenkung

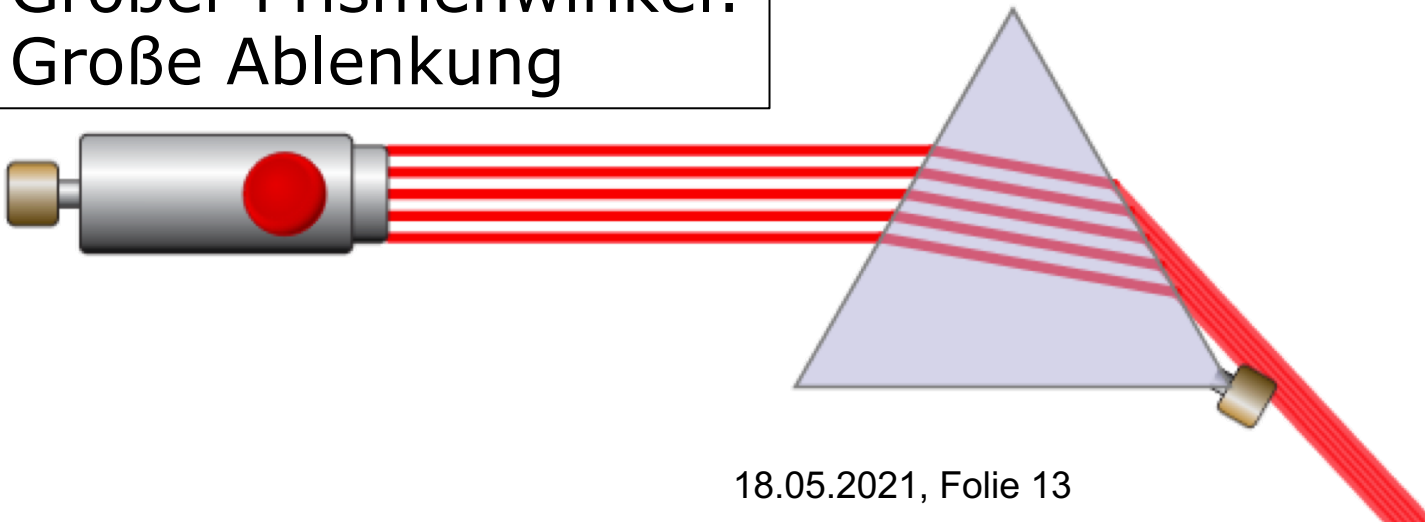
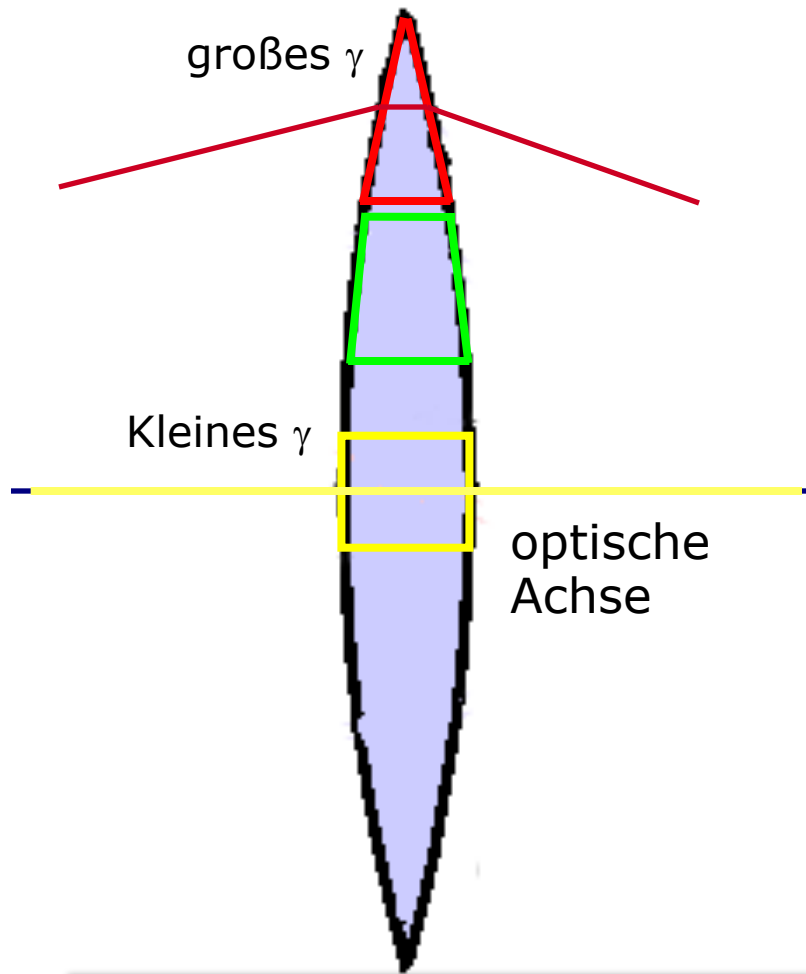


Abbildung durch eine Linse

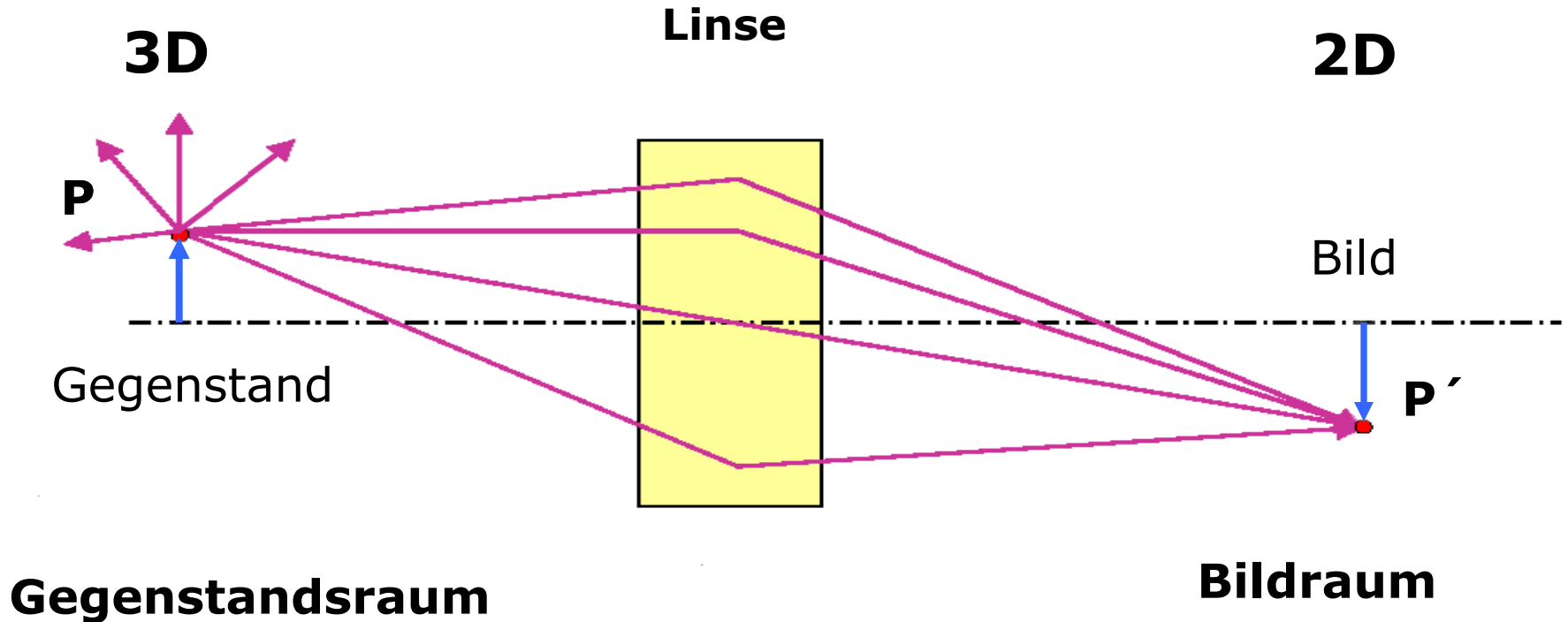


Grundidee: Zerlegung der Linse in viele kleine Prismen.

- Achsenferne Strahlen werden stärker gebrochen als achsennahe Strahlen.
- Strahlen durch die Mitte der Linse werden nicht gebrochen.

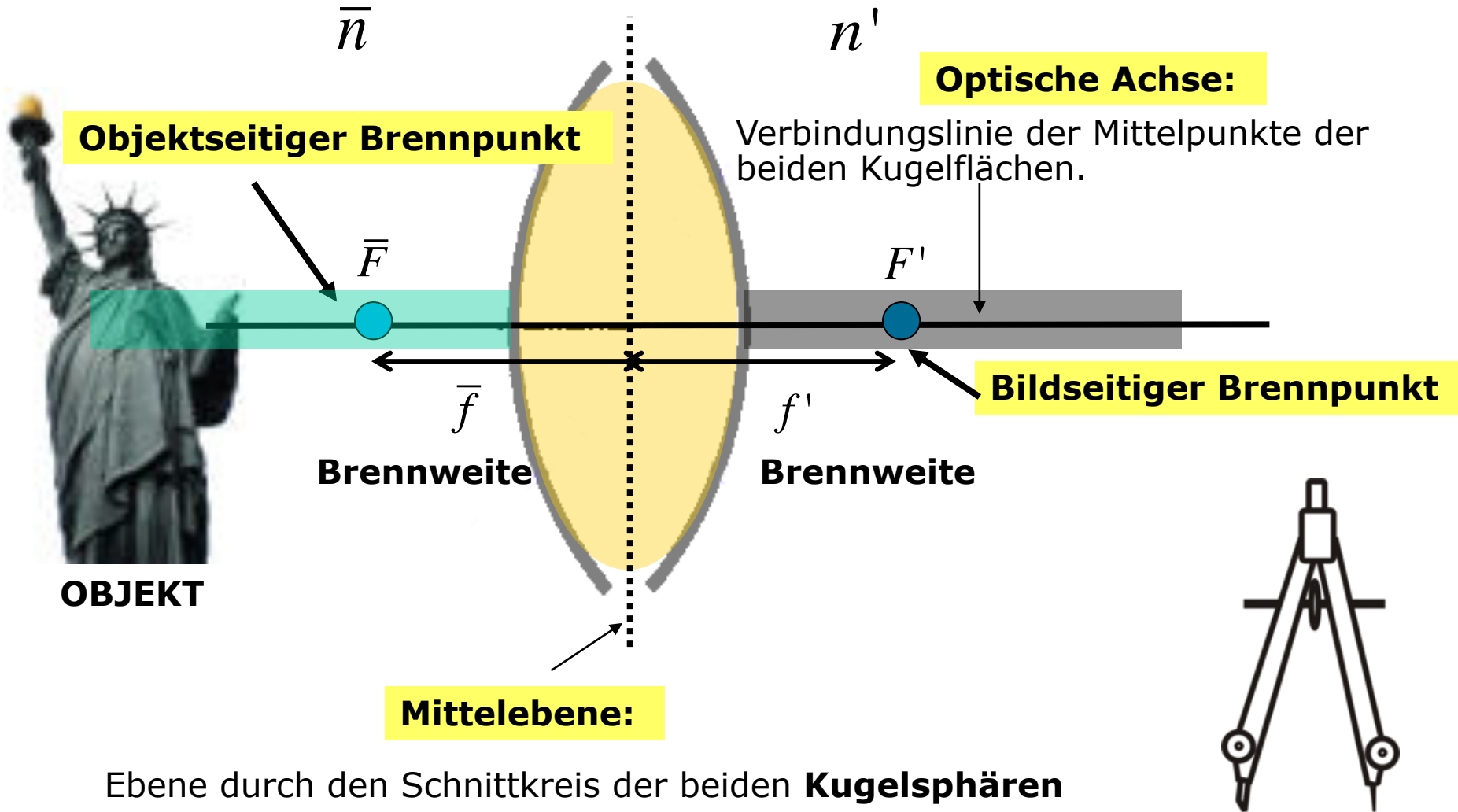
großes γ → große Brechung

Abbildung durch eine Linse



Divergierendes Lichtbündel, das von einem Gegenstandspunkt P ausgeht, wird durch ein abbildendes System im Bildpunkt P' vereinigt.

Charakterisierung einer Linse



Brechkraft

- ① Brechkraft D ist das Charakteristikum einer Linse
- ② D ist unabhängig von den die Linse umgebenden Medien

$$D' = \frac{n'}{f'} = \frac{\bar{n}}{f} = \bar{D}$$

Einheit [D] = 1/m = 1 Dioptrie = 1 dpt

Beispiel:

Linse mit Brennweite 0,5 m in Luft:

$$D_L = 1,00 / 0,5 \text{ m} = 2,00 \text{ dpt}$$

Linsentypen

(Dünne) Linsen bestehen aus zwei hintereinander angeordneten brechenden Flächen.

2 Klassen:

Sammellinsen:

- Einfallendes Licht wird gebündelt.
- positive Brechkraft D .

Zerstreuungslinsen:

- Einfallendes Licht wird gestreut.
- negative Brechkraft D .

Sammellinsen
 $f > 0$



bikonvex



plankonvex



konkavkonvex^{*)}

Zerstreuungslinsen
 $f < 0$



bikonkav



plankonkav

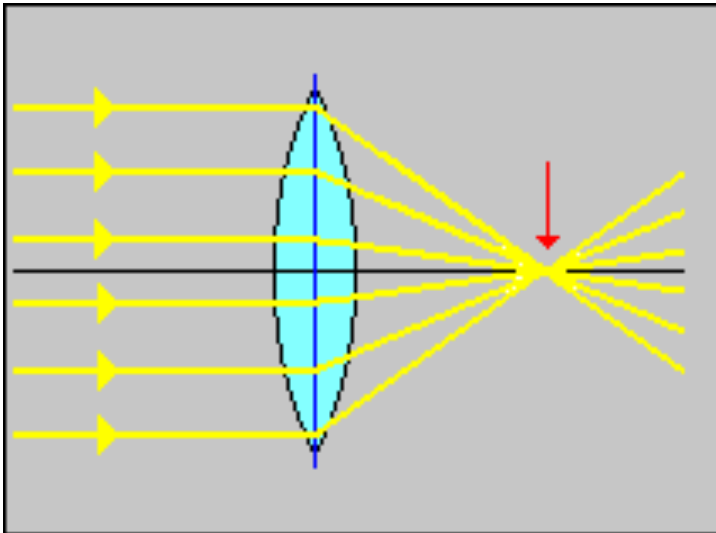


konvexkonkav^{*)}

^{*)} Linse optisch dichter als Umgebung

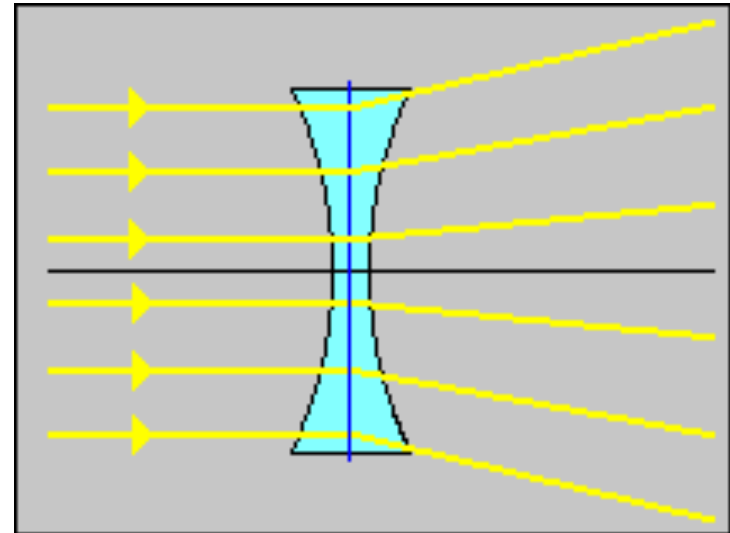
Linsentypen

Bikonvexe Linse



- Sammellinse *)
- Brechkraft positiv

Bikonkave Linse

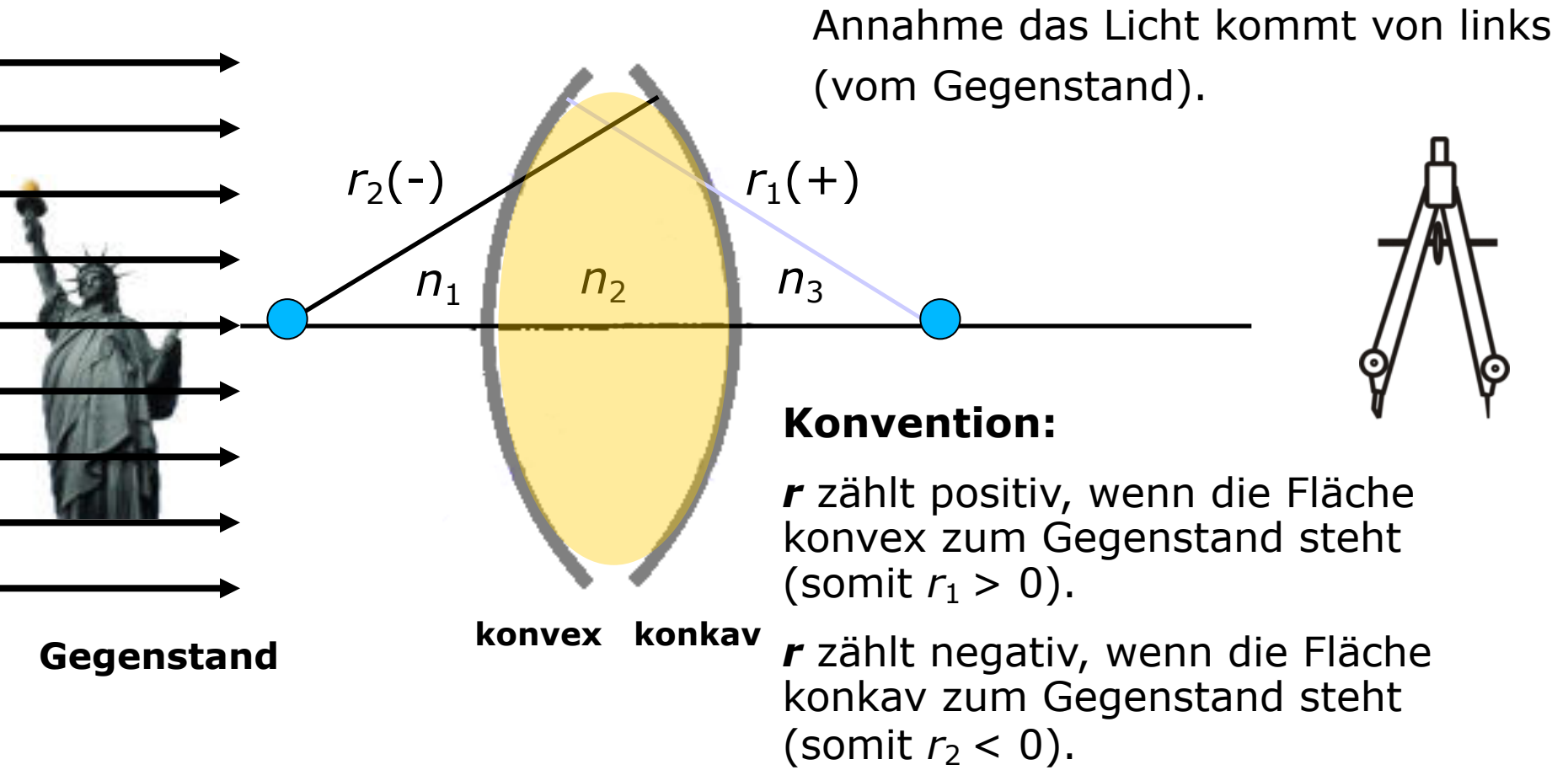


- Zerstreuungslinse *)
- Brechkraft negativ

*) Linse optisch dichter als Umgebung

Linsenschleifergleichung

Linsen bestehen aus zwei hintereinander angeordneten brechenden Flächen.

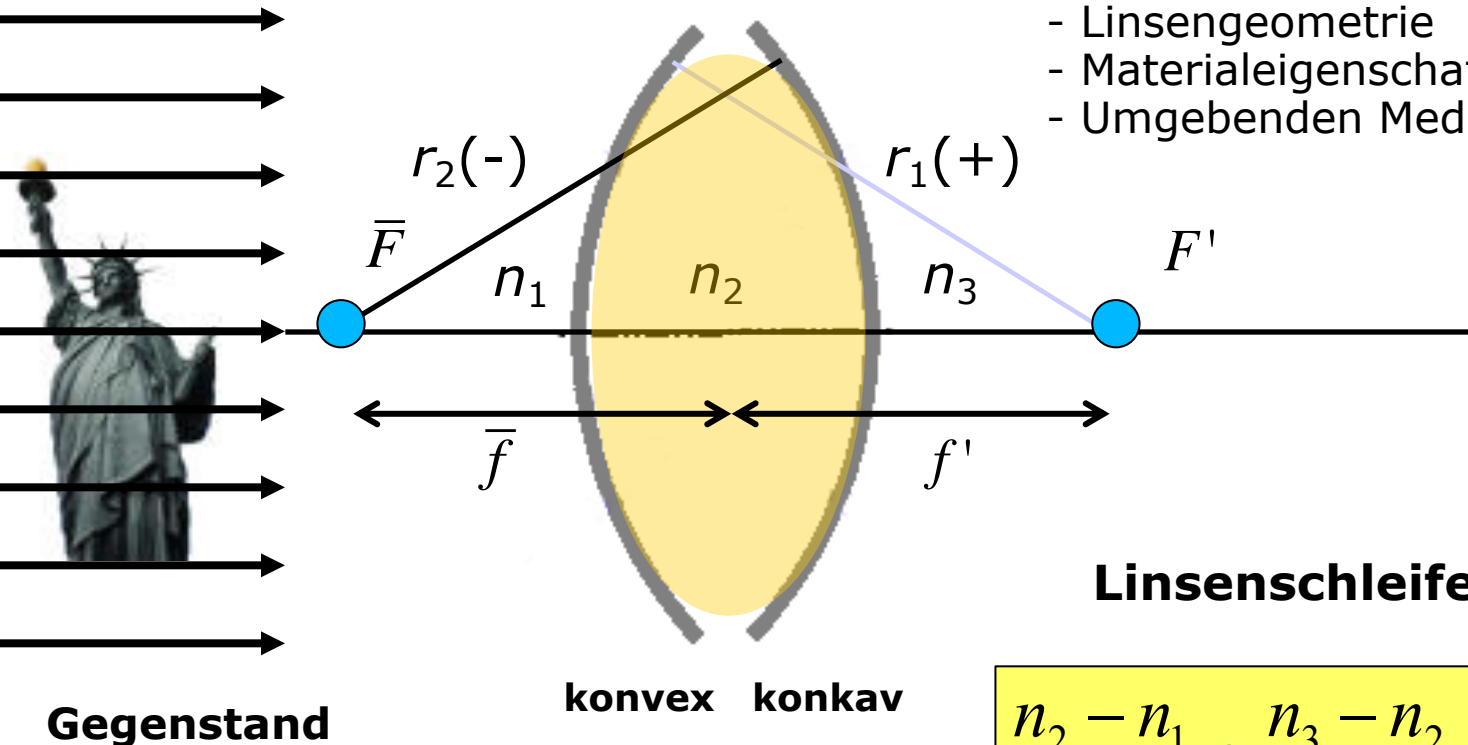


Linsenschleifergleichung

Für dünne Linsen gilt die Linsenschleifergleichung:

LSG liefert Berechnungsgrundlage für die Brechkraft einer Linse aus:

- Linsengeometrie
- Materialeigenschaften der Linse
- Umgebenden Medien



Linsenschleifergleichung

$$\frac{n_2 - n_1}{r_1} + \frac{n_3 - n_2}{r_2} = D = \frac{n_1}{\bar{f}} = \frac{n_3}{f'}$$

Linsenschleifergleichung

Die Bedeutung der Linsenschleifergleichung:

LSG liefert Berechnungsgrundlage für die Brechkraft einer Linse aus:

- Linsengeometrie: r_1, r_2
- Materialeigenschaften der Linse: n_2
- Umgebenden Medien: n_1, n_3

D.h., es lassen sich mit der LSG die Abbildungseigenschaften einer Linse berechnen.

Linsenschleifergleichung:

$$\frac{n_2 - n_1}{r_1} + \frac{n_3 - n_2}{r_2} = D = \frac{n_1}{f} = \frac{n_3}{f'}$$

Brechkraft einer Linse ist umso größer, je größer die Krümmungen ihrer Oberflächen sind, d.h. je kleiner die Linsenradien sind.