

Physik für Studierende der Medizin im 1. Fachsemester

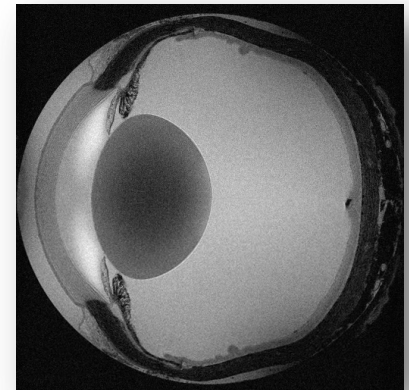
(PFMF-V); 09410100

Dienstag mit Freitag 8.15-9.00

Optik Teil 3 Am 19.05.2021

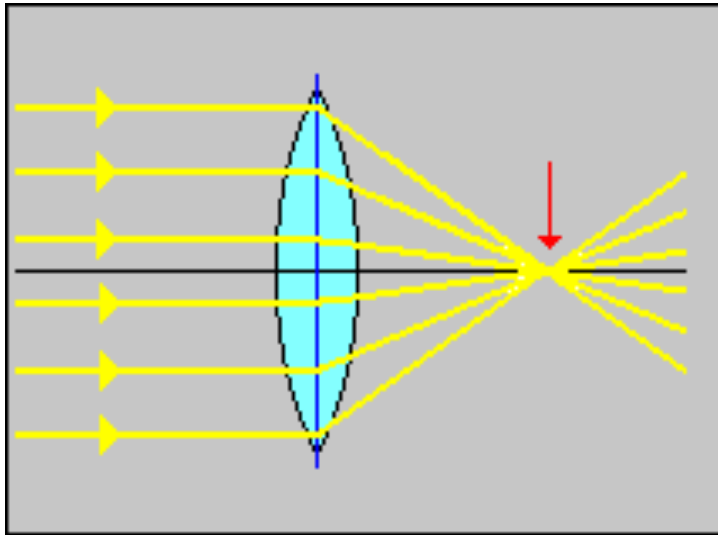


Dr. Simon Moser
Lehrstuhl für Exp. Physik IV,
Universität Würzburg
simon.moser@physik.uni-wuerzburg.de



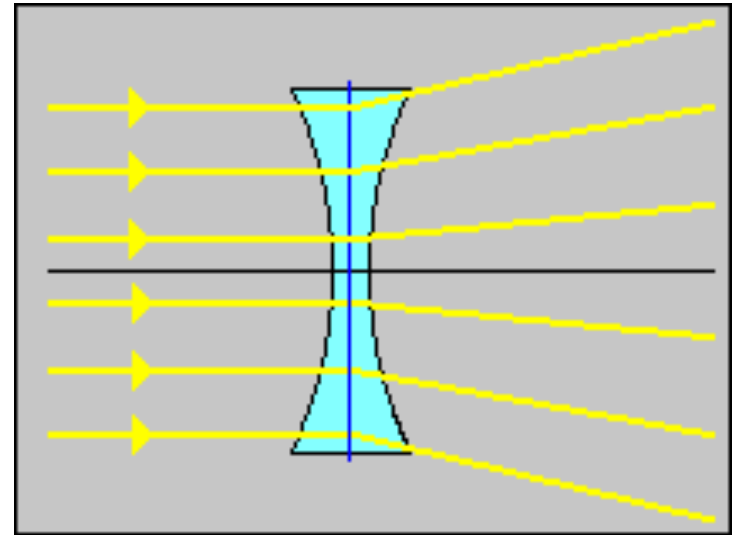
Wiederholung: Linsentypen

Bikonvexe Linse



- Sammellinse *)
- Brechkraft positiv

Bikonkave Linse

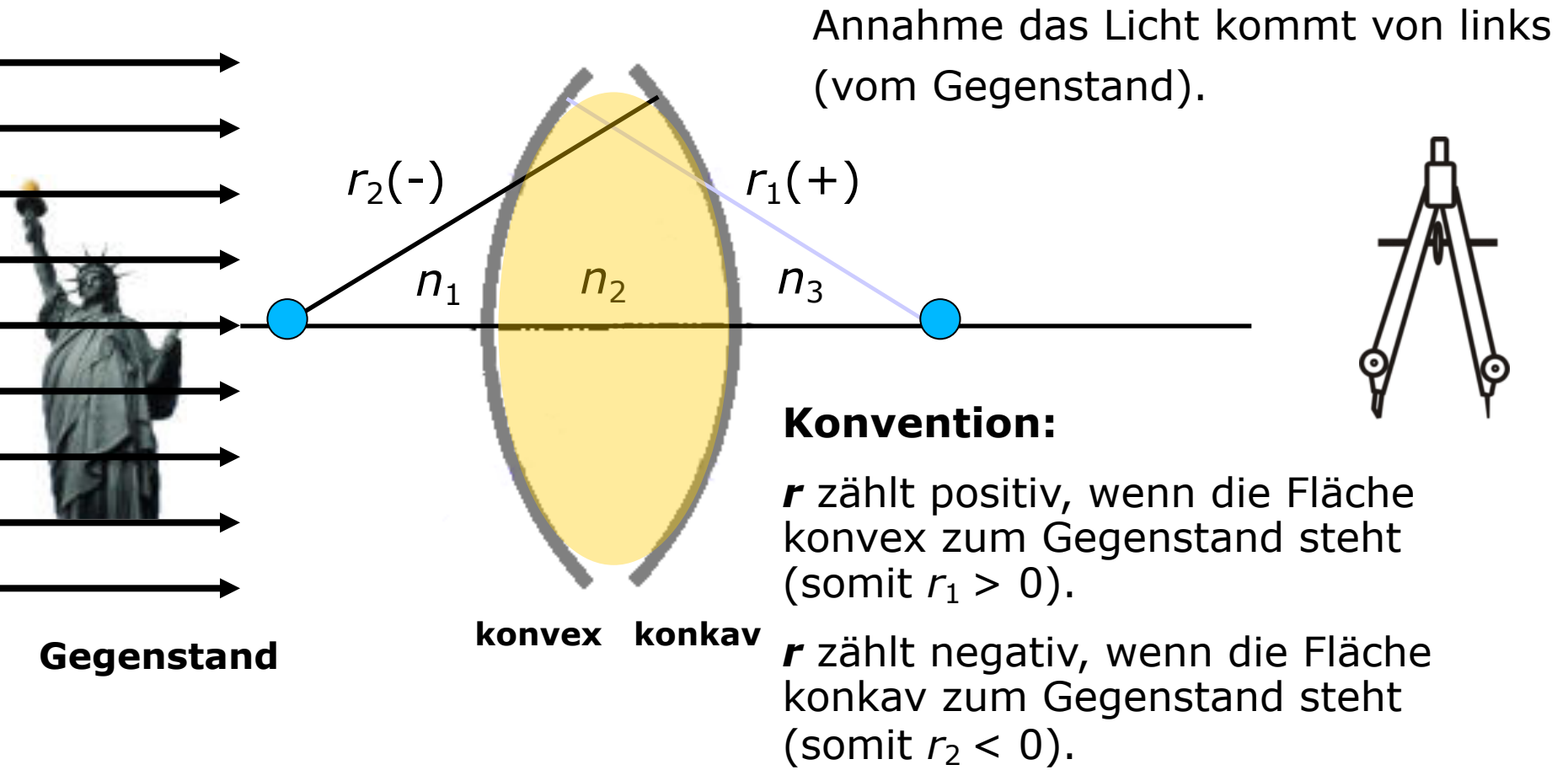


- Zerstreuungslinse *)
- Brechkraft negativ

*) Linse optisch dichter als Umgebung

Linsenschleifergleichung

Linsen bestehen aus zwei hintereinander angeordneten brechenden Flächen.

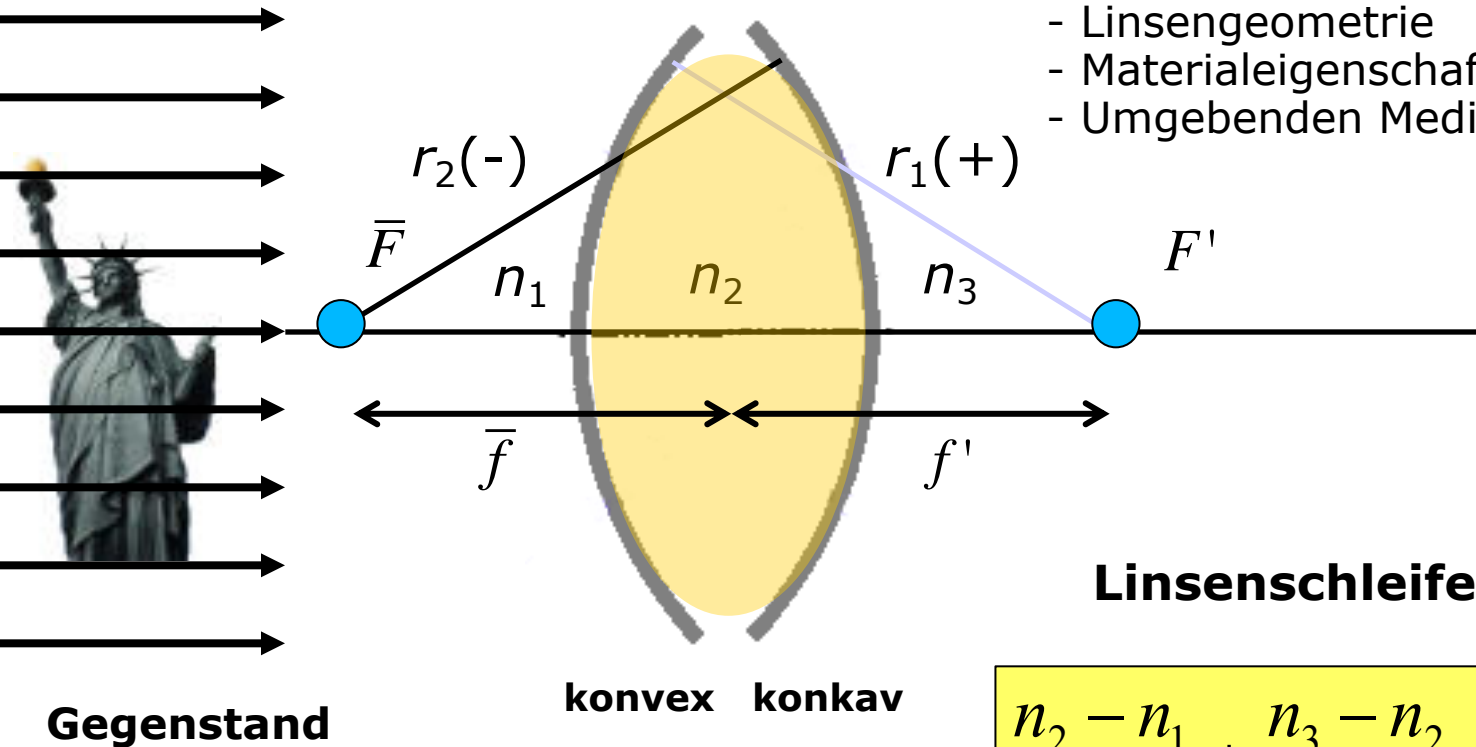


Linsenschleifergleichung

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

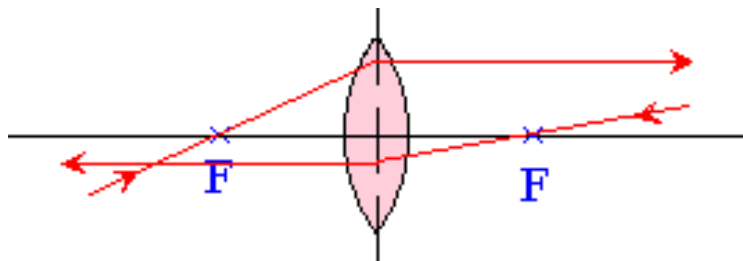
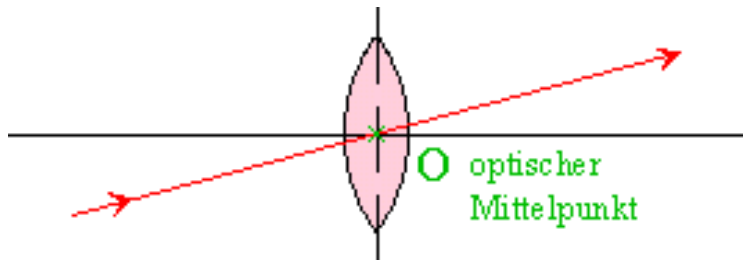
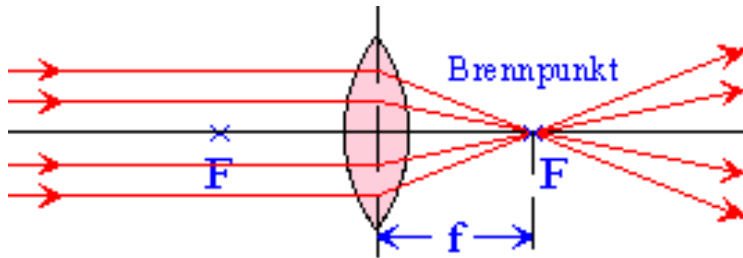
D.h., es lassen sich mit der LSG die Abbildungseigenschaften einer Linse berechnen.

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.

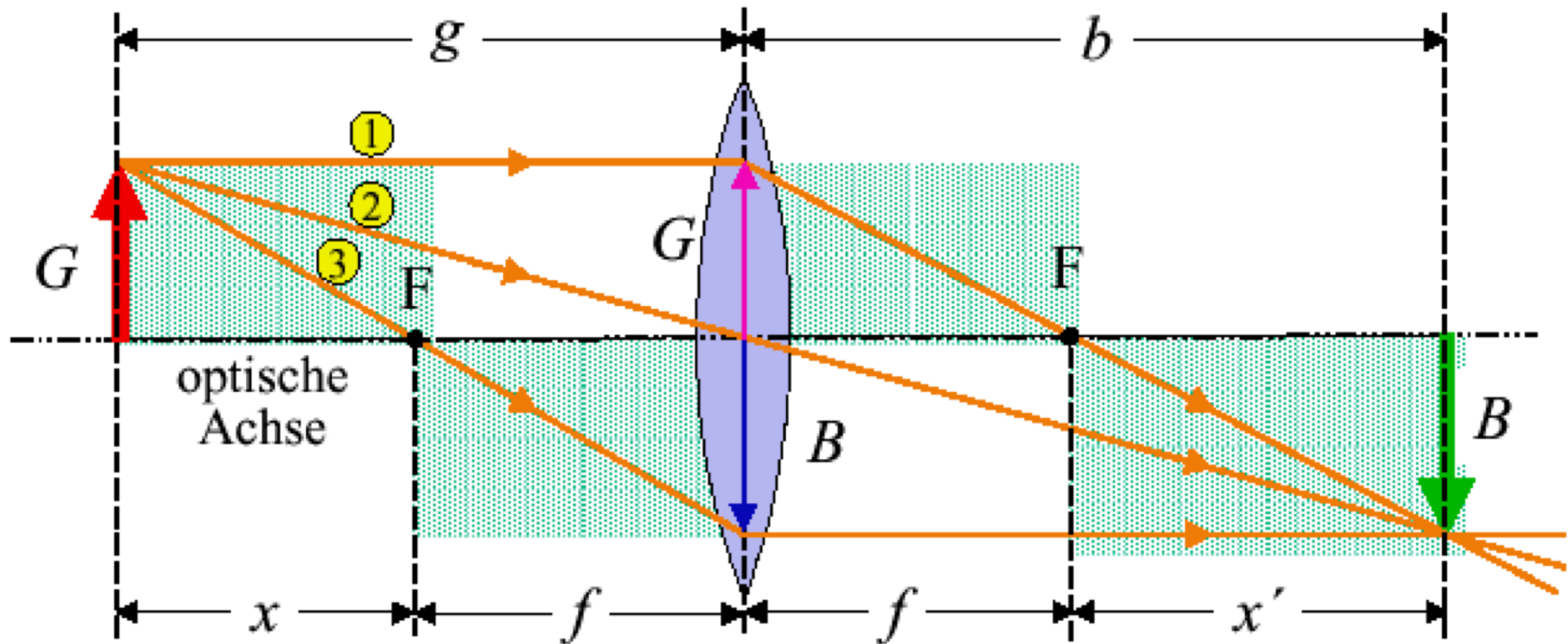
Sammellinsen & Hauptstrahlen



Verlauf der sog. Hauptstrahlen durch eine Sammellinse:

- ① **Achsenparallele Strahlen** verlaufen nach der Brechung durch eine Sammellinse durch den Brennpunkt
- ① **Mittelpunktstrahlen** verlaufen durch dünne Linsen ohne Richtungsänderung
- ① **Brennpunktstrahlen** werden nach der Brechung an der Sammellinse zu achsenparallelen Strahlen.

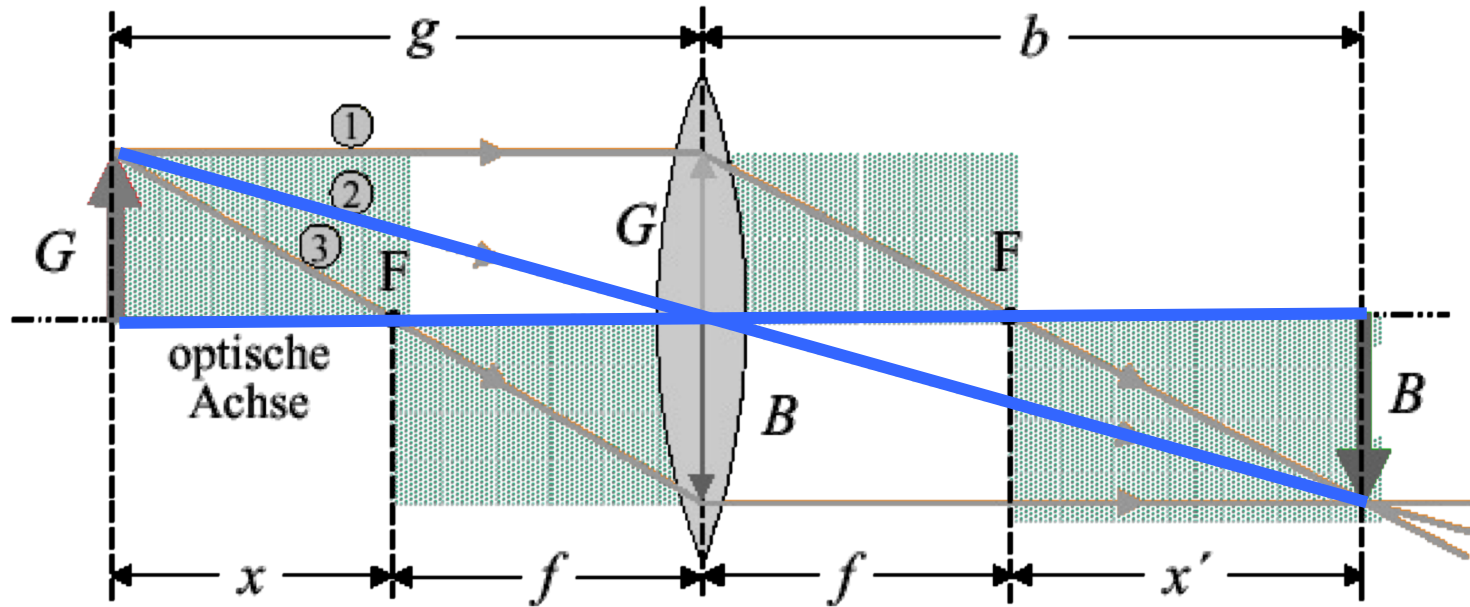
Sammellinsen & Hauptstrahlen



Ausgezeichnete Strahlen:

- 1: Parallelstrahl \rightarrow Brennstrahl
- 2: Mittelpunktstrahl \rightarrow Mittelpunktstrahl
- 3: Brennstrahl \rightarrow Parallelstrahl

Abbildungsgleichung



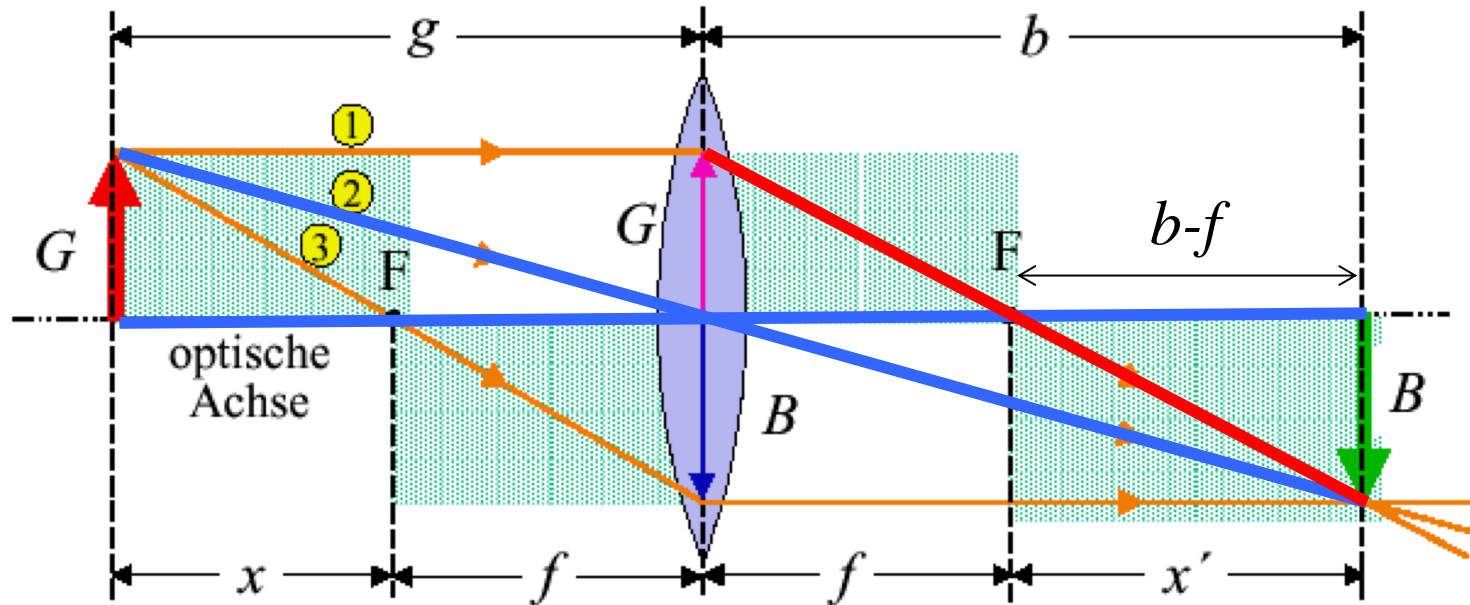
Abbildungsmaßstab*:

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

g = Gegenstandsweite
 G = Gegenstandsgröße
 b = Bildweite
 B = Bildgröße

*Gilt in obiger Form nur für Linsen in Luft!

Abbildungsgleichung



Abbildungsgleichung:

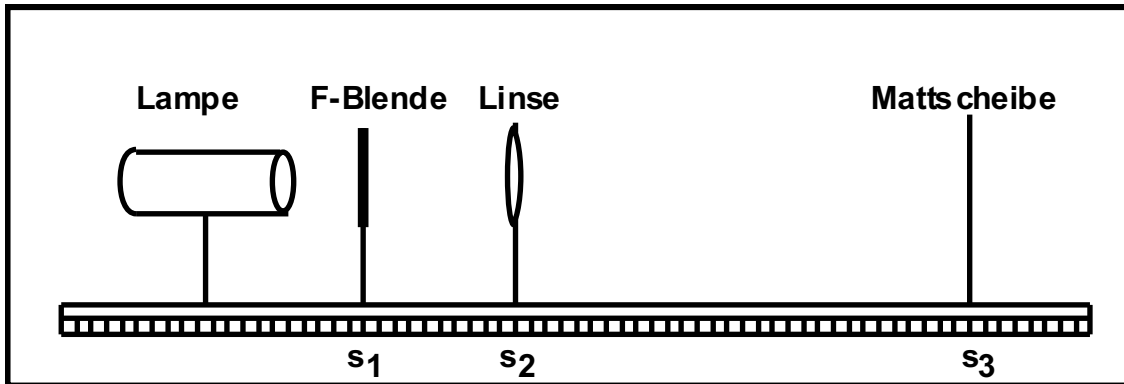
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

f = Brennweite
 g = Gegenstandsweite
 b = Bildweite

Abbildungsmaßstab:

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

Brechkraft aus der Abbildungsgleichung



Abbildungsgleichung
(Linse in Luft)

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$$



Abbildung mit Sammellinse

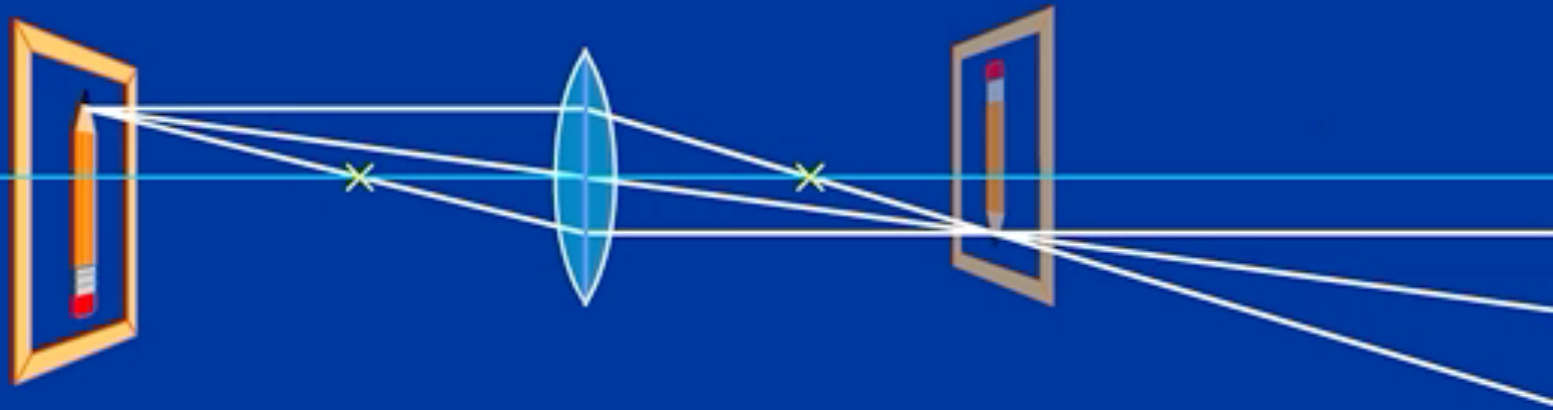
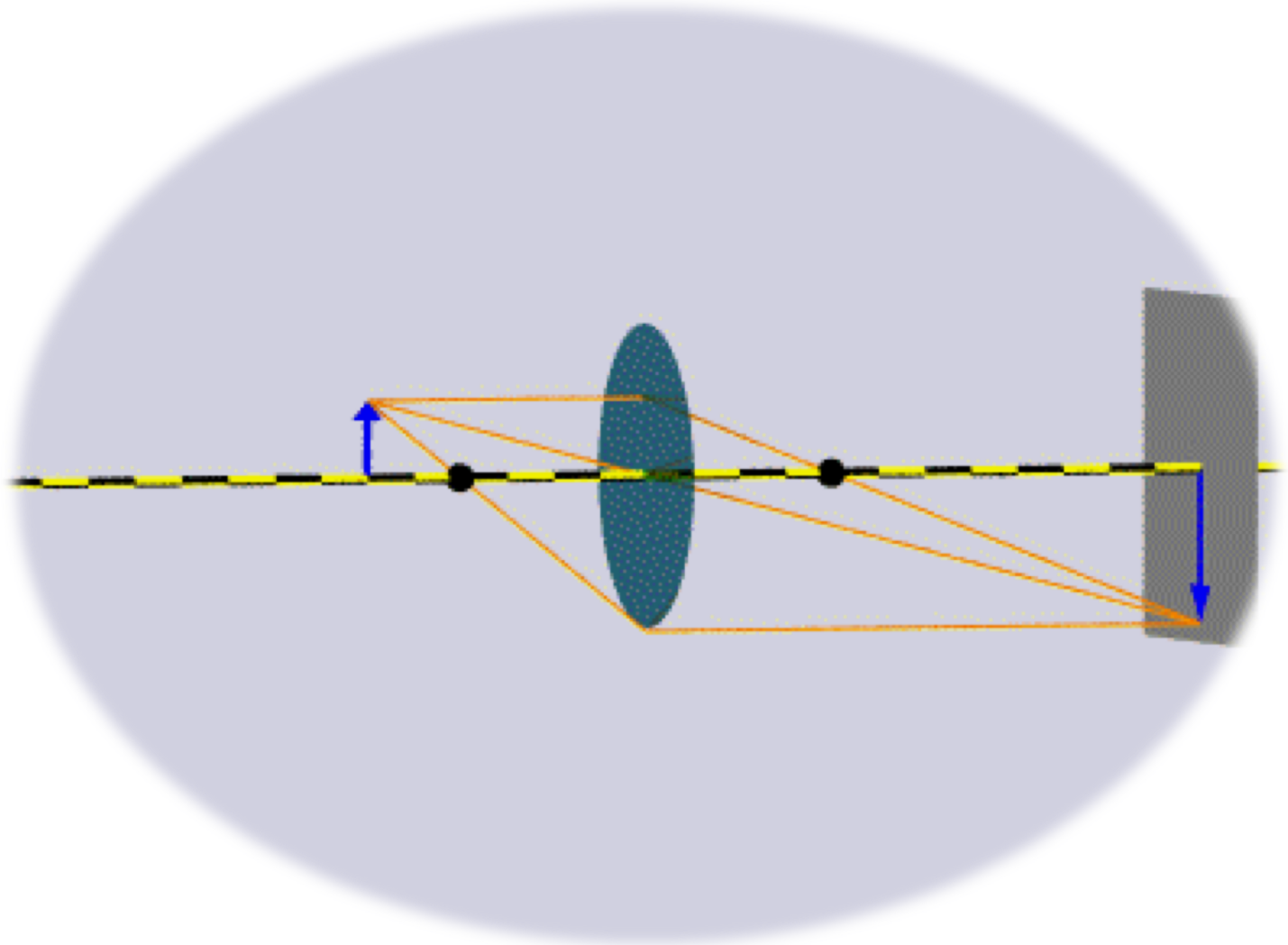


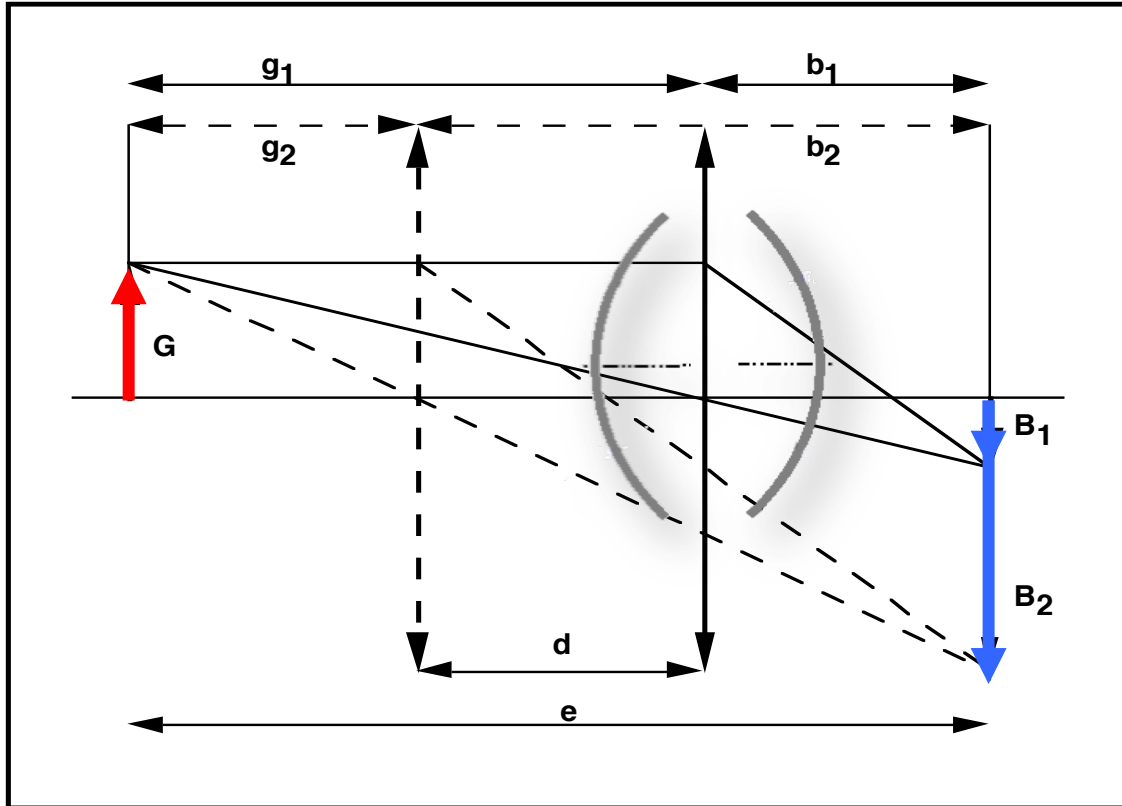
Abbildung mit einer Sammellinse

Gegenstand	Bild	
Lage	Lage	Art, Stellung, Größe
$g > 2 f$	$f < b < 2 f$	reell, umgekehrt, seitenvertauscht, verkleinert
$g = 2 f$	$b = 2 f$	reell, umgekehrt, seitenvertauscht, gleichgroß
$f < g < 2 f$	$b > 2 f$	reell, umgekehrt, seitenvertauscht, vergrößert
$g < f$	Auf der Gegenstandsseite	virtuell, aufrecht, seitenrichtig, vergrößert

Abbildung mit Sammellinse



Bestimmung der Brechkraft mit der Besselmethode



Praktikum: Bestimmung von „e“ und „d“

Abbildungsgleichung:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{b_1} + \frac{1}{g_1} = \frac{1}{b_2} + \frac{1}{g_2}$$

Wichtig:

$$b_1 = g_2 \quad \& \quad b_2 = g_1$$

Aus Zeichnung:

$$(1) \quad e = b_1 + g_1$$

$$(2) \quad d = g_1 - g_2 = g_1 - b_1$$

Mathematik:

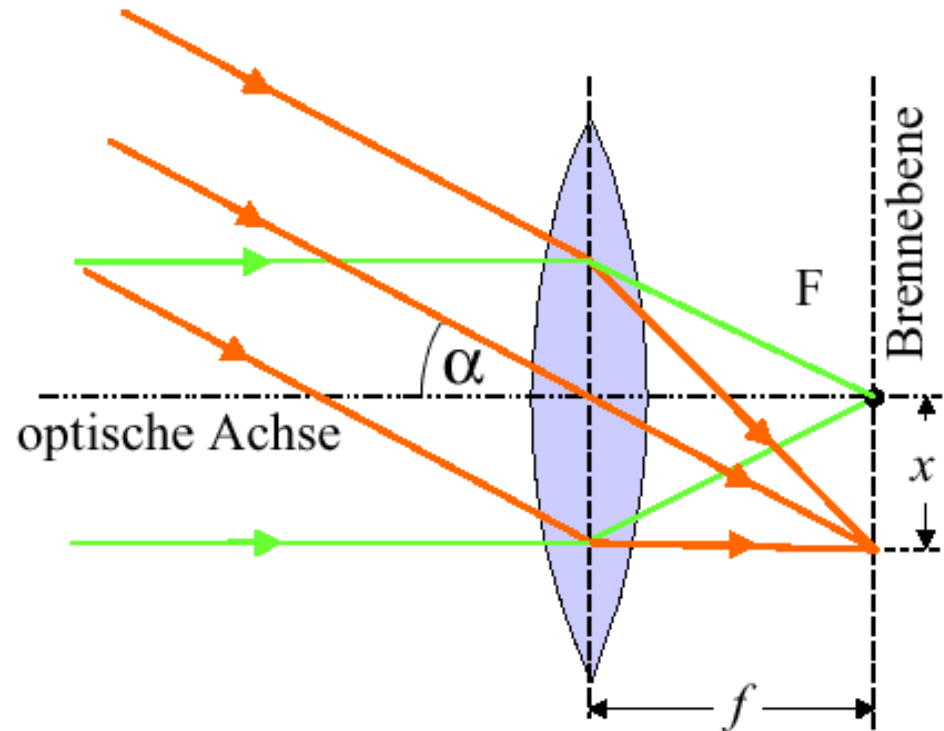
$$(1) + (2); \quad (1) - (2)$$

Liefert:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{2}{e+d} + \frac{2}{e-d} = \frac{4 \cdot e}{e^2 - d^2}$$

Abbildung mit Sammellinse

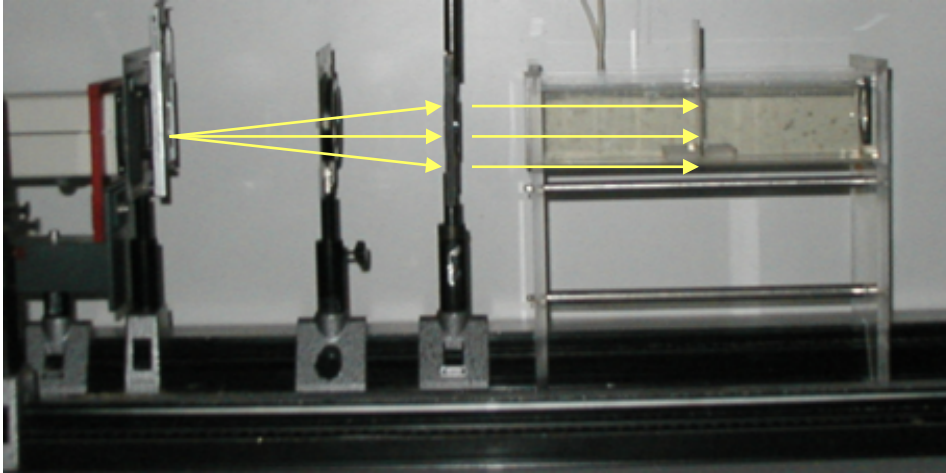
Strahlenbündel fällt parallel auf die Linse, aber unter einem bestimmten Winkel zur optischen Achse.



Anwendung zweier ausgezeichnete Strahlen:

Ein **paralleles Strahlenbündel** wird von der Sammellinse immer **in der Brennebene in einem Punkt** vereinigt.

Brechkraft aus Parallelstrahlmethode



Strahlen parallel zur optischen Achse werden im Brennpunkt fokussiert.

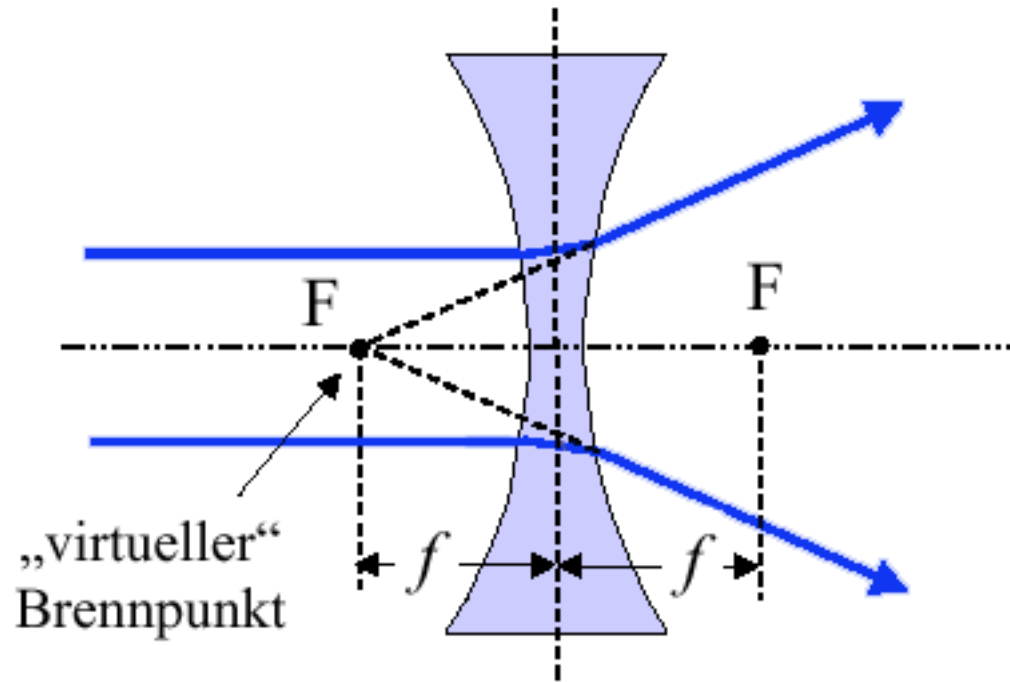
D.h., der Abstand zwischen Linse und Gitter ist die **Brennweite**.

Laser Gitter Blende Linse

- 1. Gitter erzeugt Strahlenbündel.**
- 2. Blende lässt nur Maxima 1. und 2. Ordnung durch.**
- 3. Linse erzeugt parallele Strahlen (Gitter in Brennebene).**



Abbildung mit einer Zerstreuungslinse

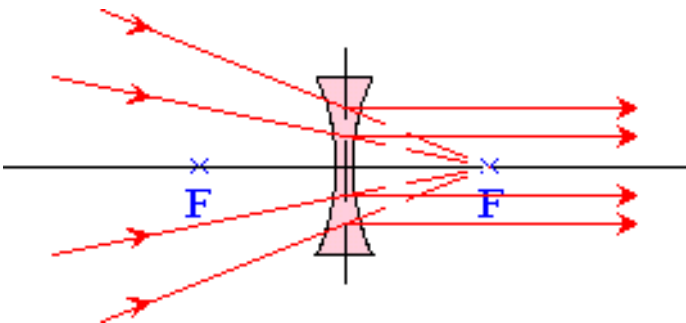
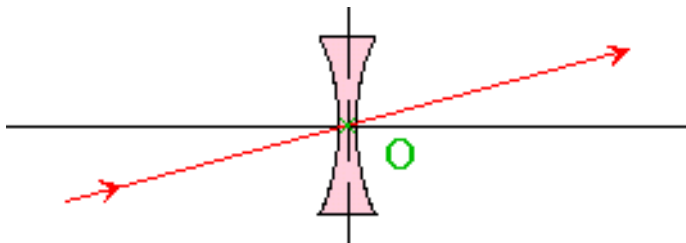
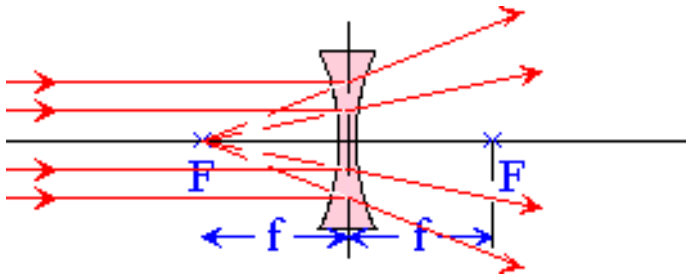


**Brennweiten bei Zerstreuungslinsen sind negativ.
Somit sind auch die Brechkräfte negativ.**

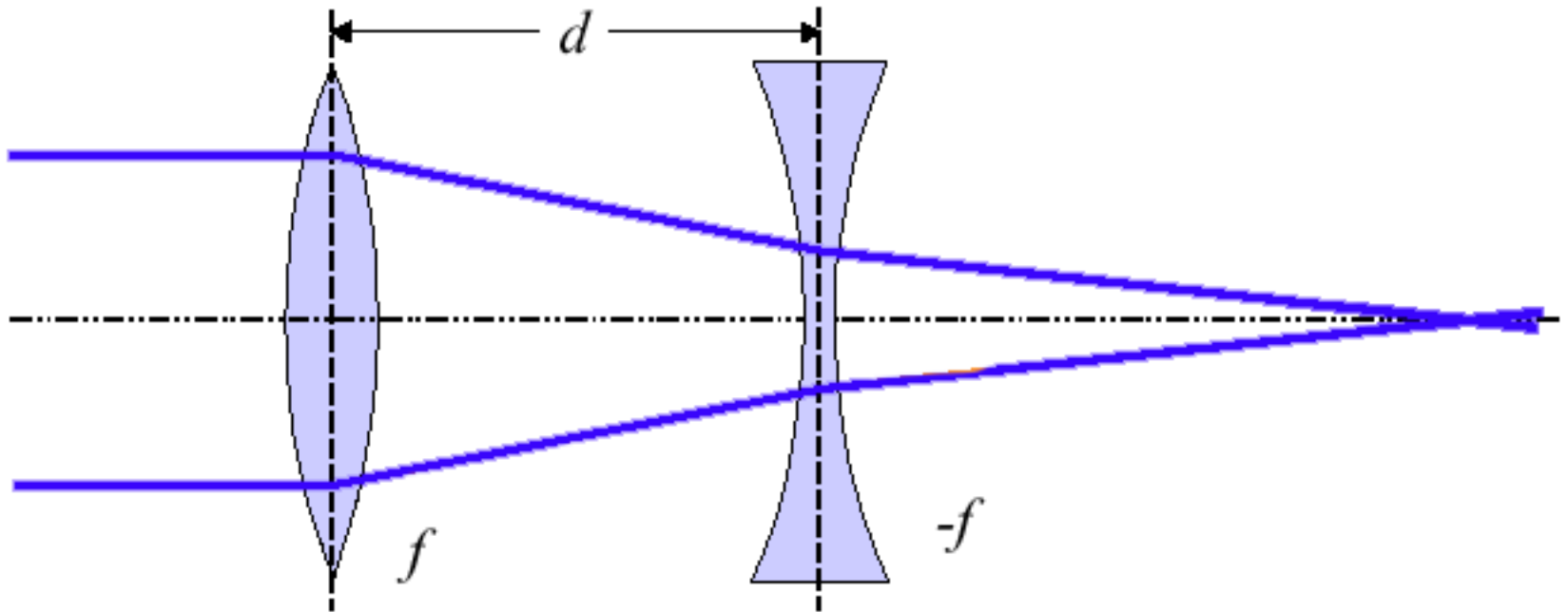
Abbildung mit einer Zerstreuungslinse

Verlauf der Hauptstrahlen durch eine Zerstreuungslinse:

- ① **Achsenparallele Strahlen** verlassen die Zerstreuungslinse als divergente Strahlen, die vom virtuellen Brennpunkt zu kommen scheinen.
- ② **Mittelpunktstrahlen** ändern beim Linsendurchgang ihre Richtung nicht.
- ③ Auf den jenseitigen **Brennpunkt gerichtete Strahlen** verlaufen nach der Brechung achsenparallel.



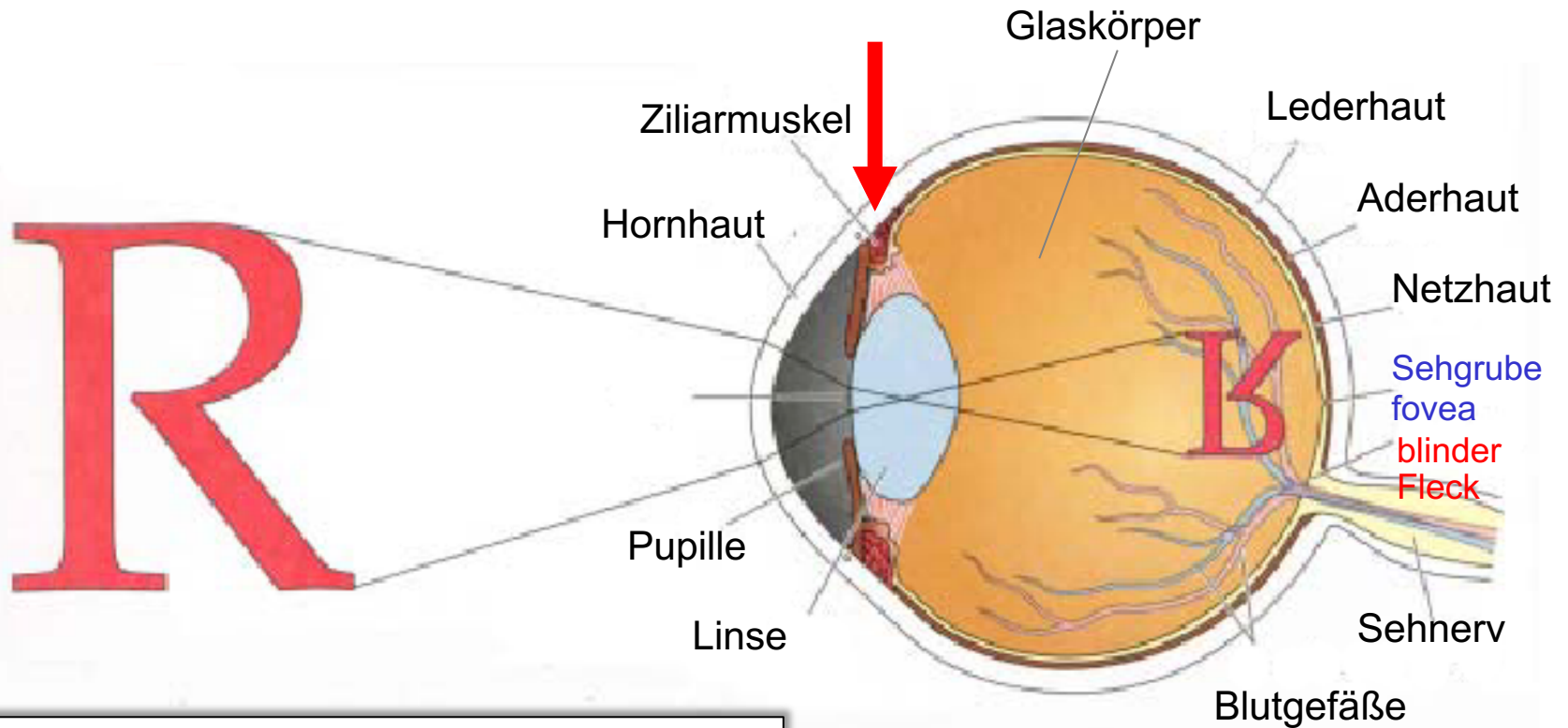
Linsenkombinationen



Resultierende Brechkraft bei zwei dünnen Linsen mit kleinem Abstand d :

$$D = D_1 + D_2$$

Das Auge



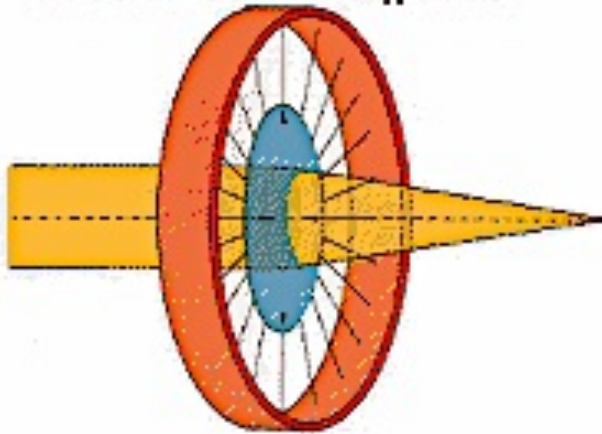
- **Hornhaut ($n = 1,38, r = 6 \text{ mm}$)**
- **Kammerwasser ($n = 1,34$)**
- **Linse ($n = 1,44$)**
- **Glaskörper ($n = 1,34$)**

Gesamtbrechkraft	58 dpt
davon Hornhaut	40 dpt
Linse	15 dpt

Das Auge

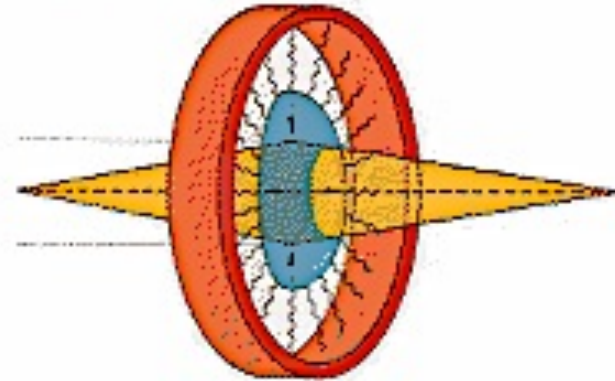
Blick in die Ferne

Ringmuskel entspannt
Linse durch Faserzug straff



Naheinstellung

Ringmuskel angespannt
Linse entspannt



Akkommodation: Das Auge verändert die Brechkraft durch Veränderung des Linsenradius.
(Vergleiche: *Linsenschleifergleichung*)

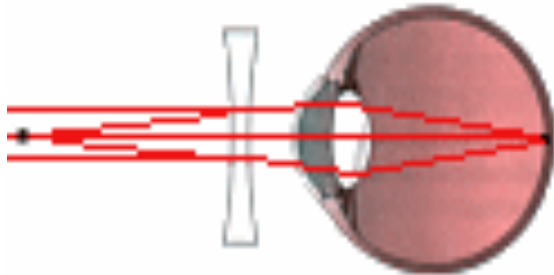
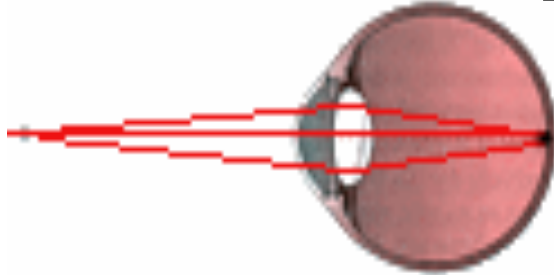
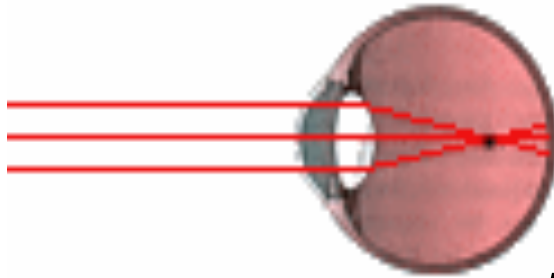
- ① Der **Nahpunkt**, das ist der minimale Abstand, bei dem das Auge noch ein scharfes Bild auf der Netzhaut projizieren kann, liegt bei etwa 10 cm.
- ② **Deutliche Sehweite:** 25 cm

Sehhilfen



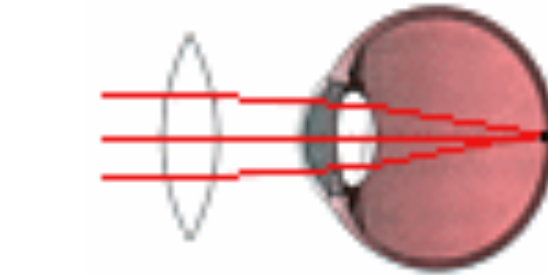
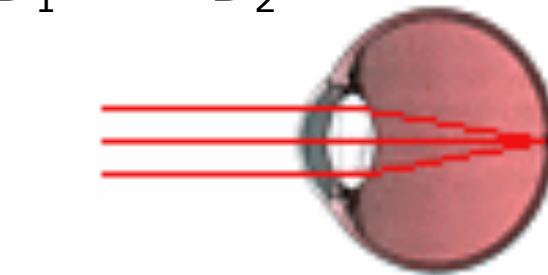
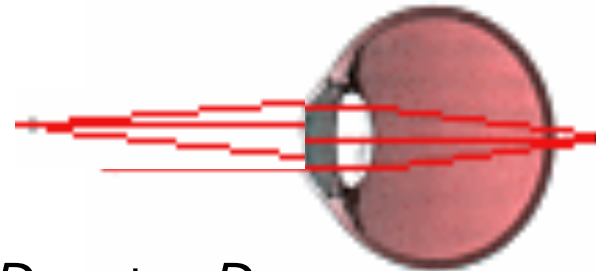
Kurzsichtigkeit

Das System „langes Auge“ hat einen zu starken Brechwert.



Weitsichtigkeit

Das System „kurzes Auge“ hat einen zu schwachen Brechwert.



$$D_g = D_1 + D_2$$

Optische Instrumente

Allgemeine Wirkungsweise der optischen Instrumente:

1) „Erfahrung“

- Von weiter **entfernten Gegenständen** lassen sich keine Einzelheiten erkennen.
- **Kleine Gegenstände**, auch wenn sie beliebig nahe an das Auge herangebracht werden, lassen sich nur undeutlich erkennen (begrenzte Akkomodationsfähigkeit).

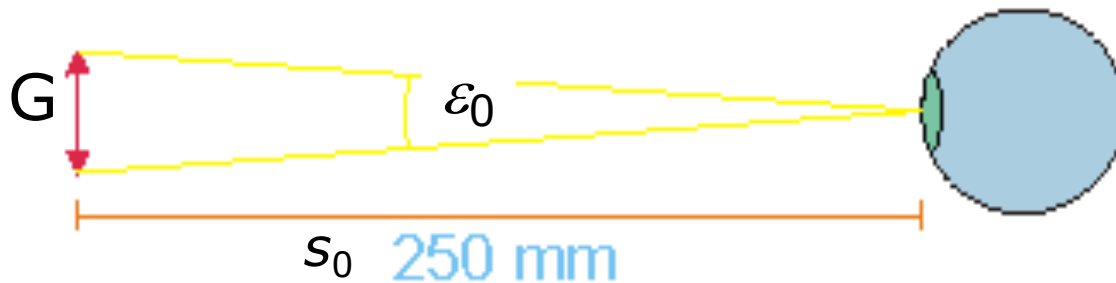
2) „Aufgabe der opt. Instrumente (Lupe, Mikroskop, Fernrohr)“

- Von **entfernten** oder zu **kleinen** Gegenständen deutliche Bilder in der deutlichen Sehweite und unter hinreichend großem Sehwinkel zu erzeugen.

Deutliche Sehweite / Sehwinkel

Deutliche Sehweite beim Durchschnittsmenschen, d.h. die Weite bei der noch (ohne Anstrengung) akkomodiert werden kann:
 $s_0 = 25 \text{ cm}$.

Sehwinkel und
konventionelle Sehweite



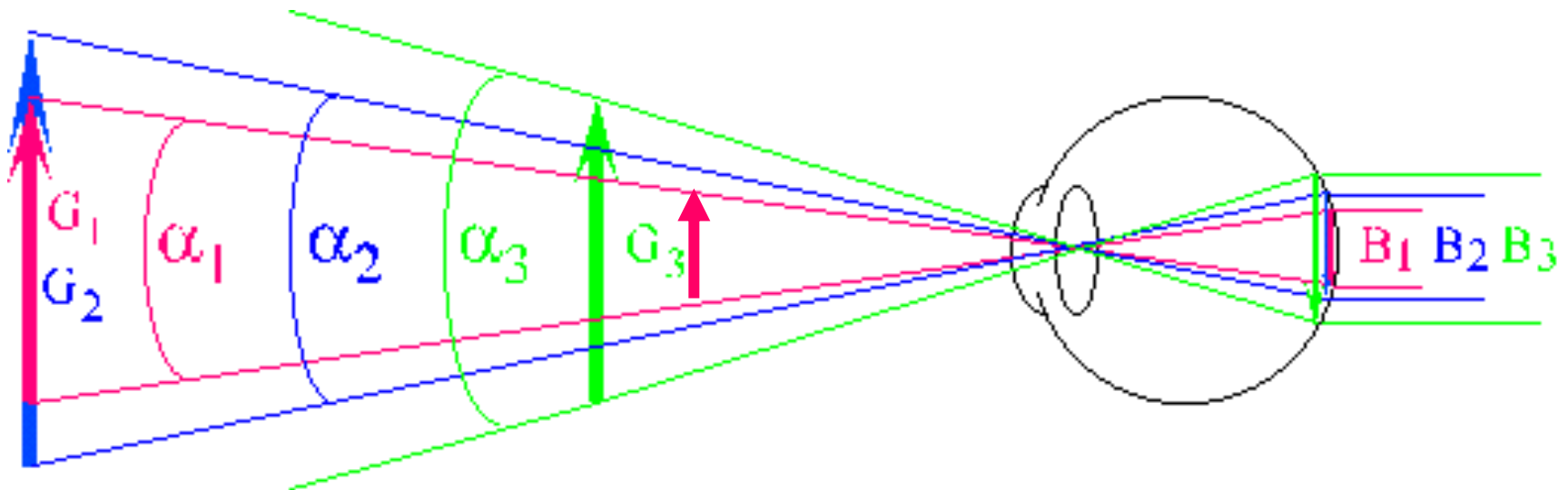
$\varepsilon_0 = \text{Sehwinkel}$

- Ohne optisches Gerät ist der Sehwinkel gegeben durch:

$$\varepsilon_0 = \frac{G}{s_0}$$

Deutliche Sehweite / Sehwinkel

Da von der Größe des Sehwinkels die Größe des auf der Netzhaut entworfenen Bildes abhängt, haben in verschiedener Entfernung vom Auge befindliche Gegenstände die gleiche scheinbare Größe, wenn sie unter dem gleichen Sehwinkel erscheinen.



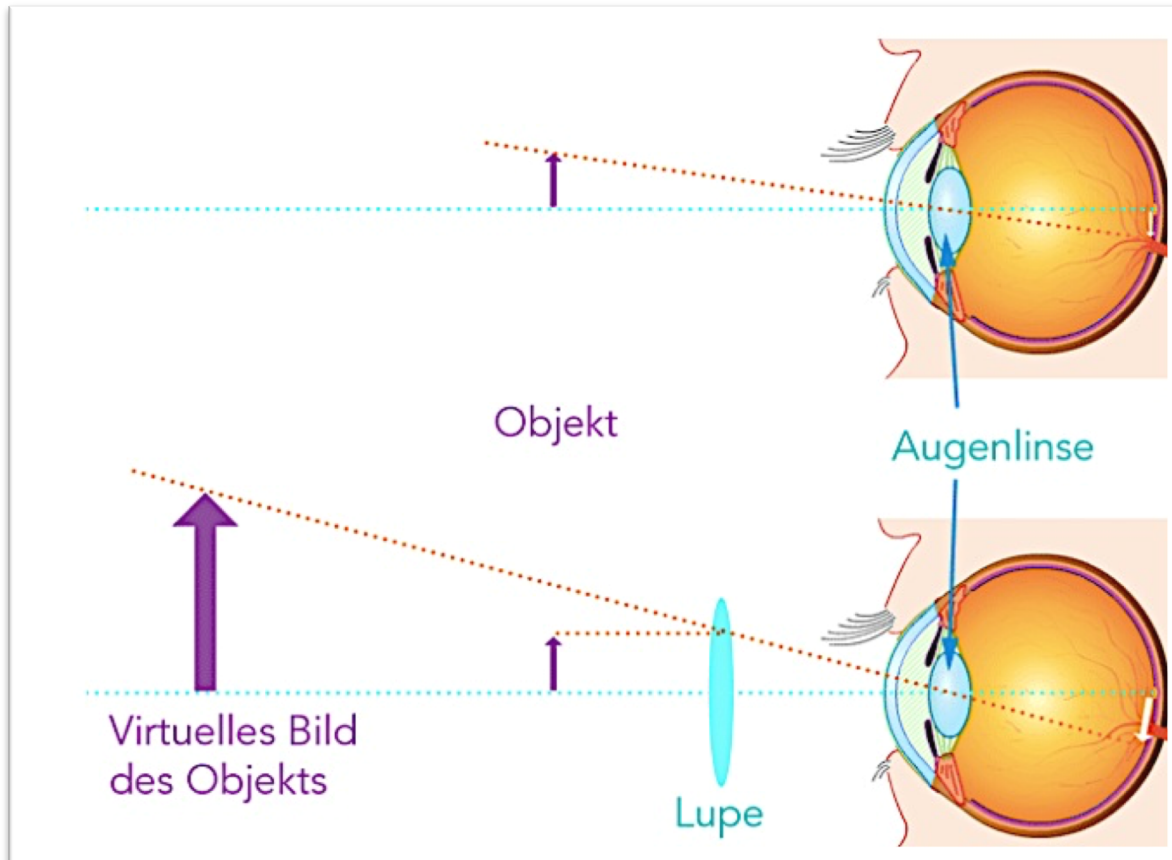
Vergrößerung

Die Vergrößerung V eines optischen Instruments definiert man als das Verhältnis von Sehwinkel mit Instrument ε zum Sehwinkel ohne Instrument ε_0 :

Vergrößerung

$$V = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

Lupe & Sehwinkel



Ohne Lupe:

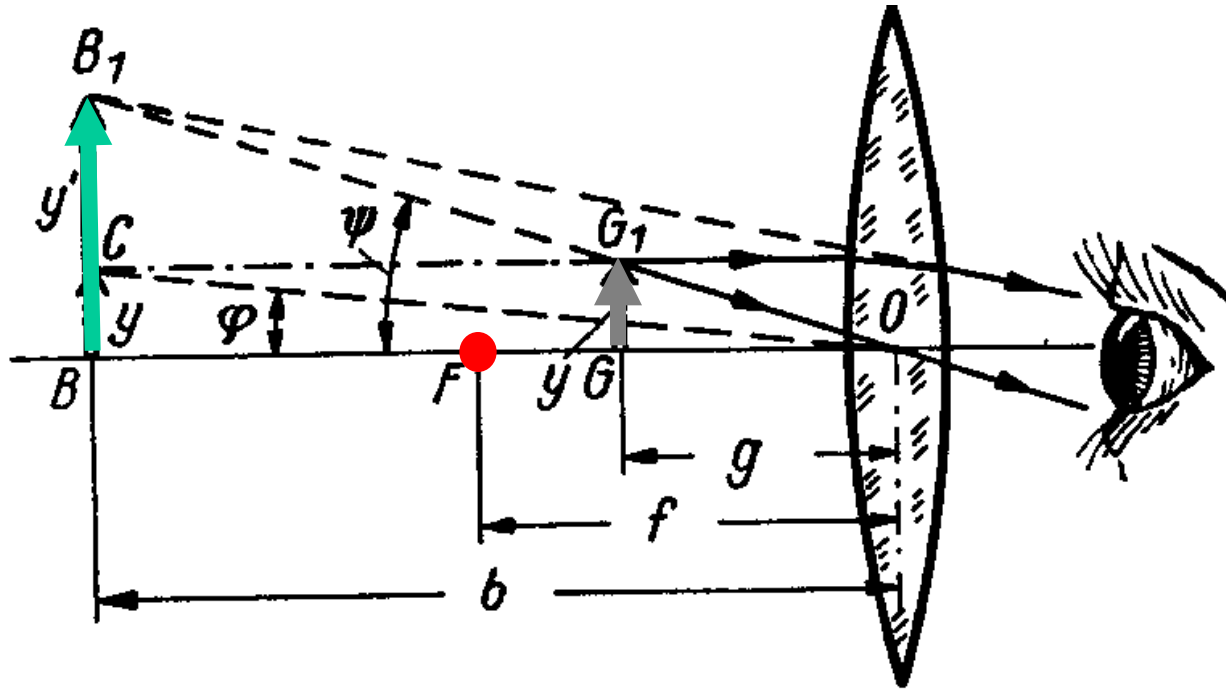
$$\varepsilon_0 = \frac{G}{s_0}$$

Mit Lupe:

$$\varepsilon = \frac{G}{f}$$

Befindet sich der Gegenstand innerhalb der Brennweite f , so erhält man ein virtuelles, aufrechtes und vergrößertes Bild

Lupe & Sehwinkel



Ohne Lupe:

$$\varepsilon_0 = \frac{G}{s_0}$$

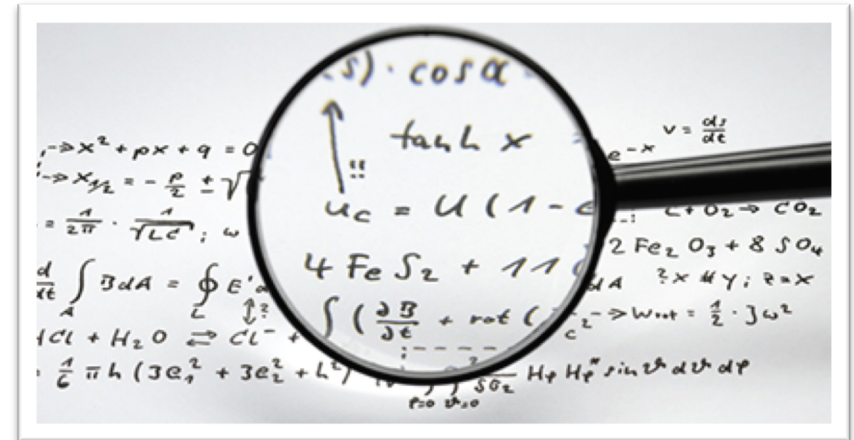
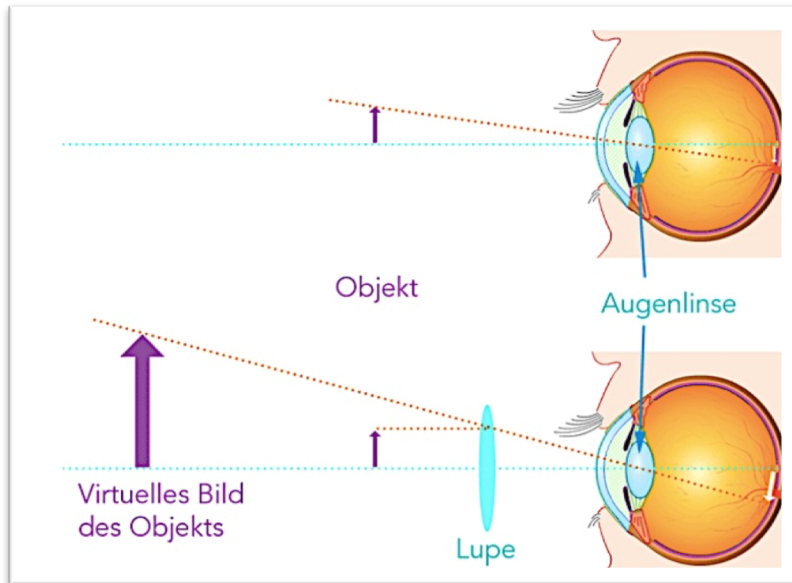
Mit Lupe:

$$\varepsilon = \frac{G}{f}$$

Befindet sich der Gegenstand innerhalb der Brennweite f , so erhält man ein virtuelles, aufrechtes und vergrößertes Bild

Lupe & Sehwinkel

Die Vergrößerung einer Lupe definiert man als das Verhältnis von Sehwinkel mit Lupe zu Sehwinkel ohne Lupe:



Vergrößerung V :

$$V = s_0 / f$$

s_0 = deutliche Sehweite (25 cm)
 f = Brennweite der Linse in cm

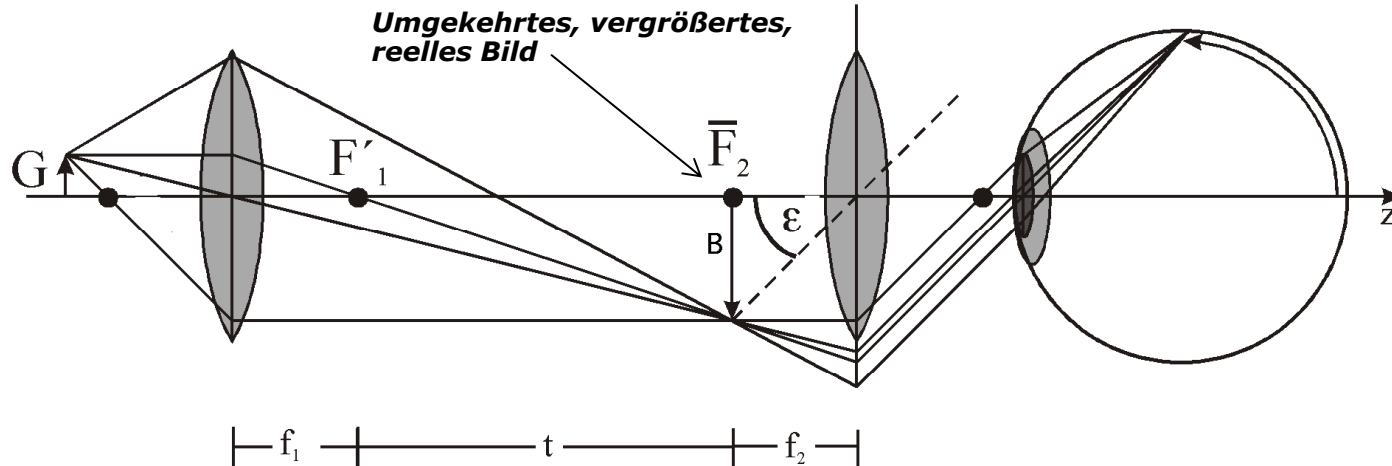
Um eine starke Vergrößerung zu erhalten,
 muß die Brennweite hinreichend klein sein!
 (LSG: $f \sim r$)

Ortsauflösung beim unbewaffneten Auge: 0.1 mm

Strahlengang beim Mikroskop

Objektiv

Okular = Lupe

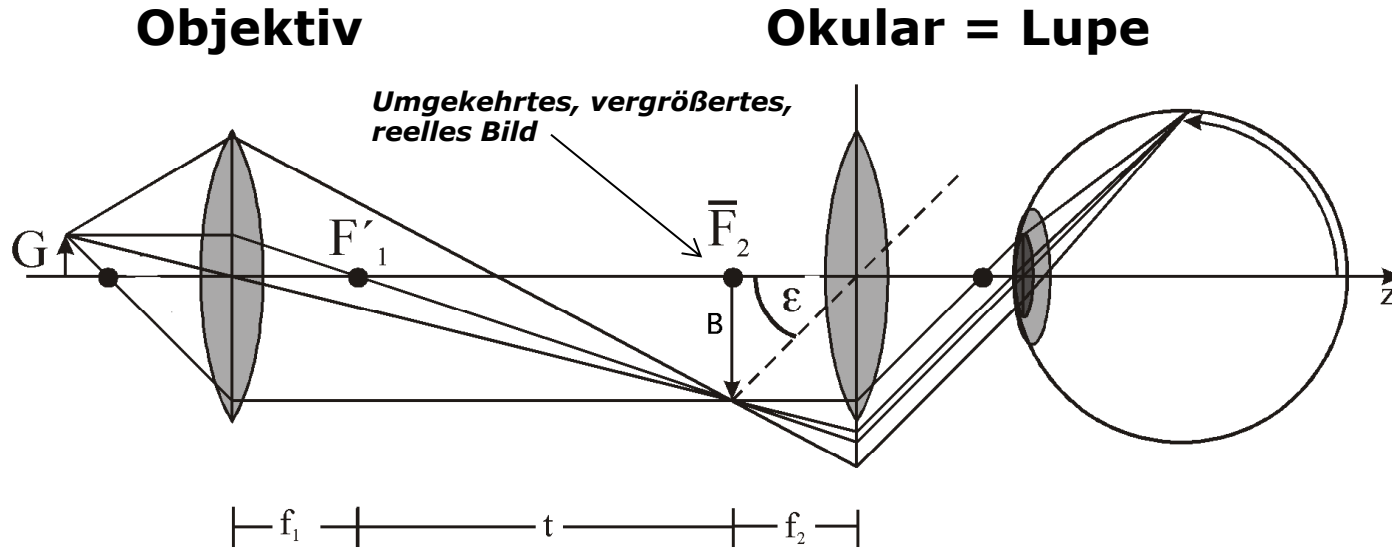


Das **Objektiv** entwirft ein reelles, umgekehrtes und vergrößertes **Zwischenbild** von **G** im Abstand t (**optische Tubuslänge**).

Das **Okular** wird als Lupe benutzt und erzeugt damit ein virtuelles, aufrechtes und vergrößertes Bild dieses **Zwischenbildes**.

Scharfstellen: Abstand Objektiv-Gegenstand wird so eingestellt, dass das Zwischenbild genau in der Brennebene des Okulars entsteht und damit mit entspanntem Auge (siehe Lupe) scharf zu sehen ist.

Strahlengang beim Mikroskop

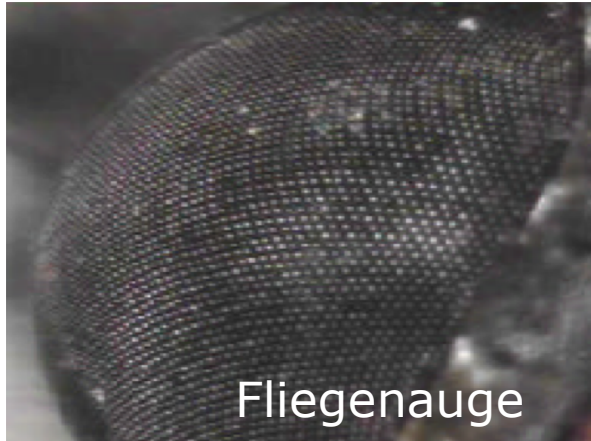


t = optische Tubuslänge
= Abstand der Brennpunkte beider Linsen

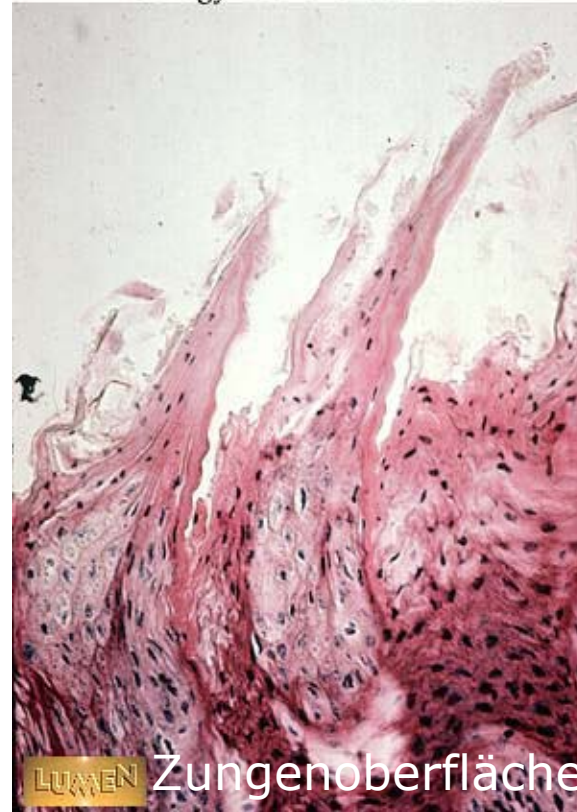
Vergrößerung V :

$$V = s_0 \cdot t_{\text{opt}} / (f_{\text{obj}} \cdot f_{\text{ok}})$$
$$= V_{\text{ok}} \cdot V_{\text{obj}}$$

Anwendungen des Mikroskops



Histology Lab Part 13: Slide 30



Histology Lab Part 13: Slide 7

