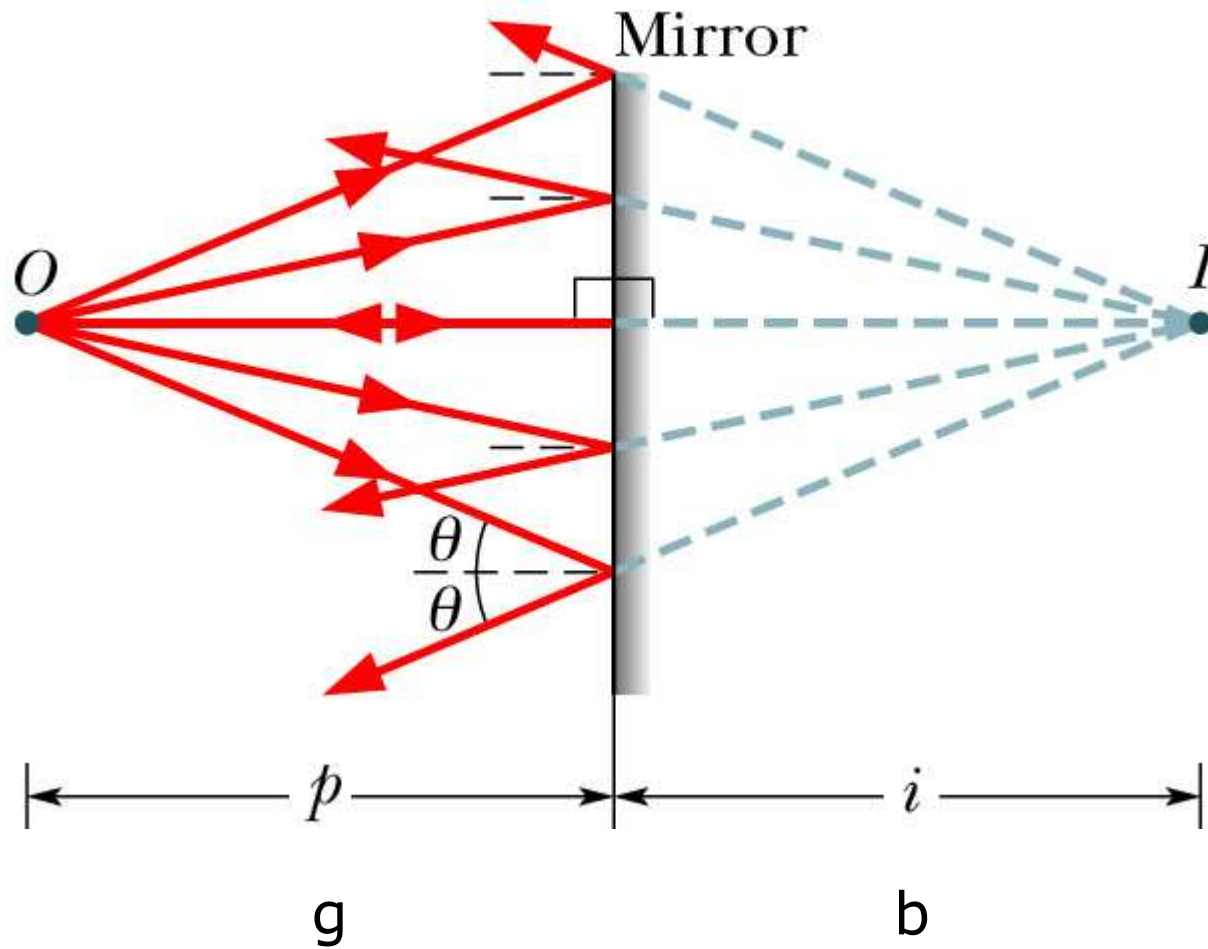
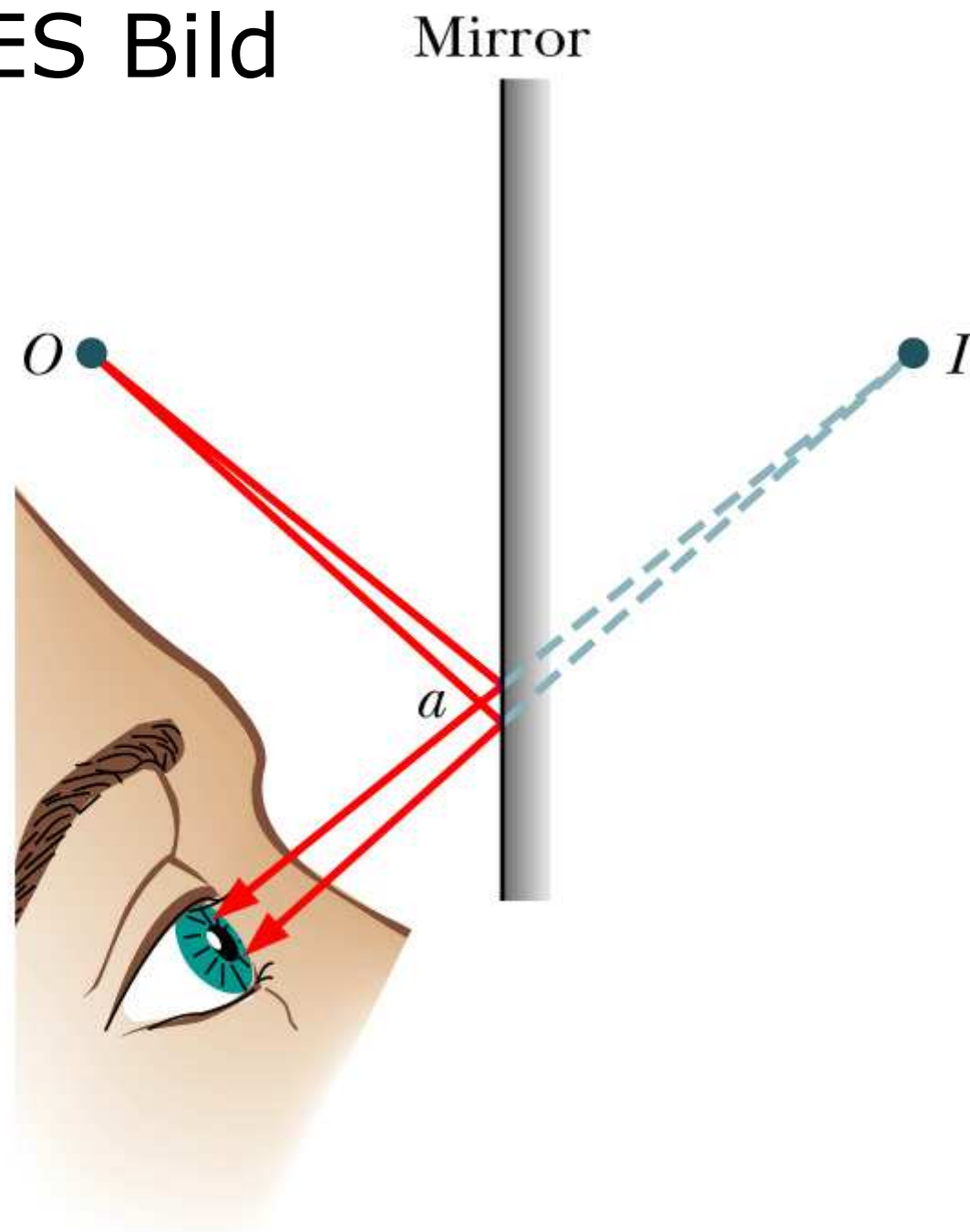


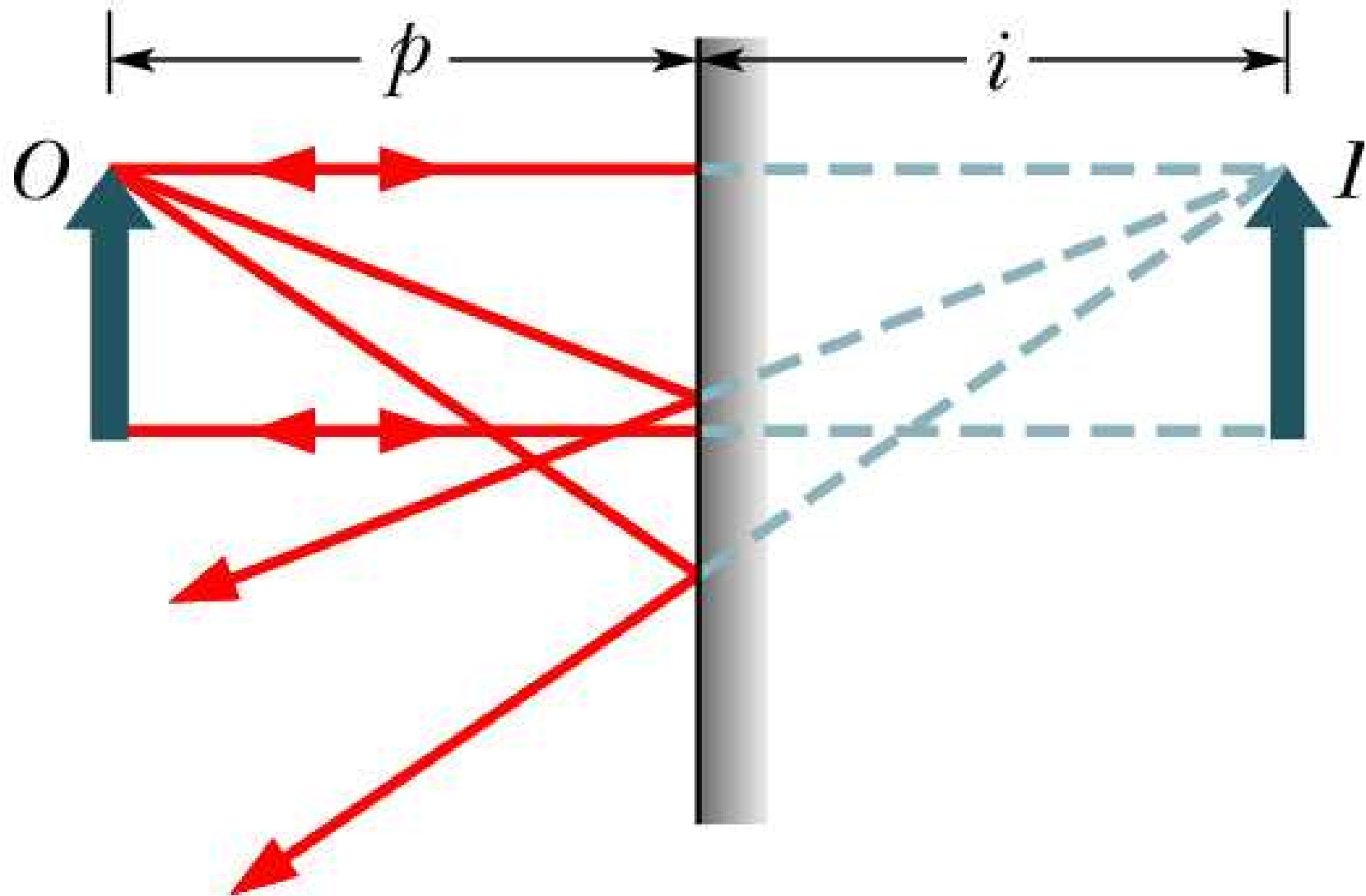
Objekt O , Bild I



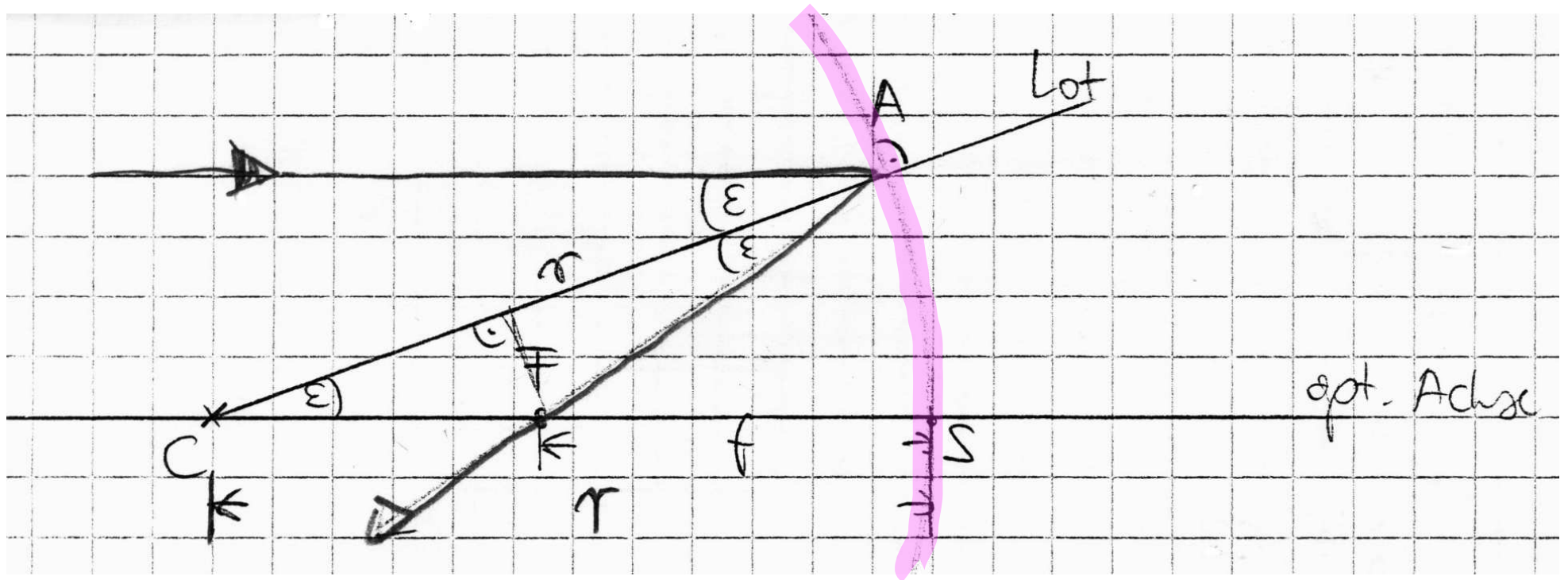
VIRTUELLES Bild



Ausgedehntes Objekt

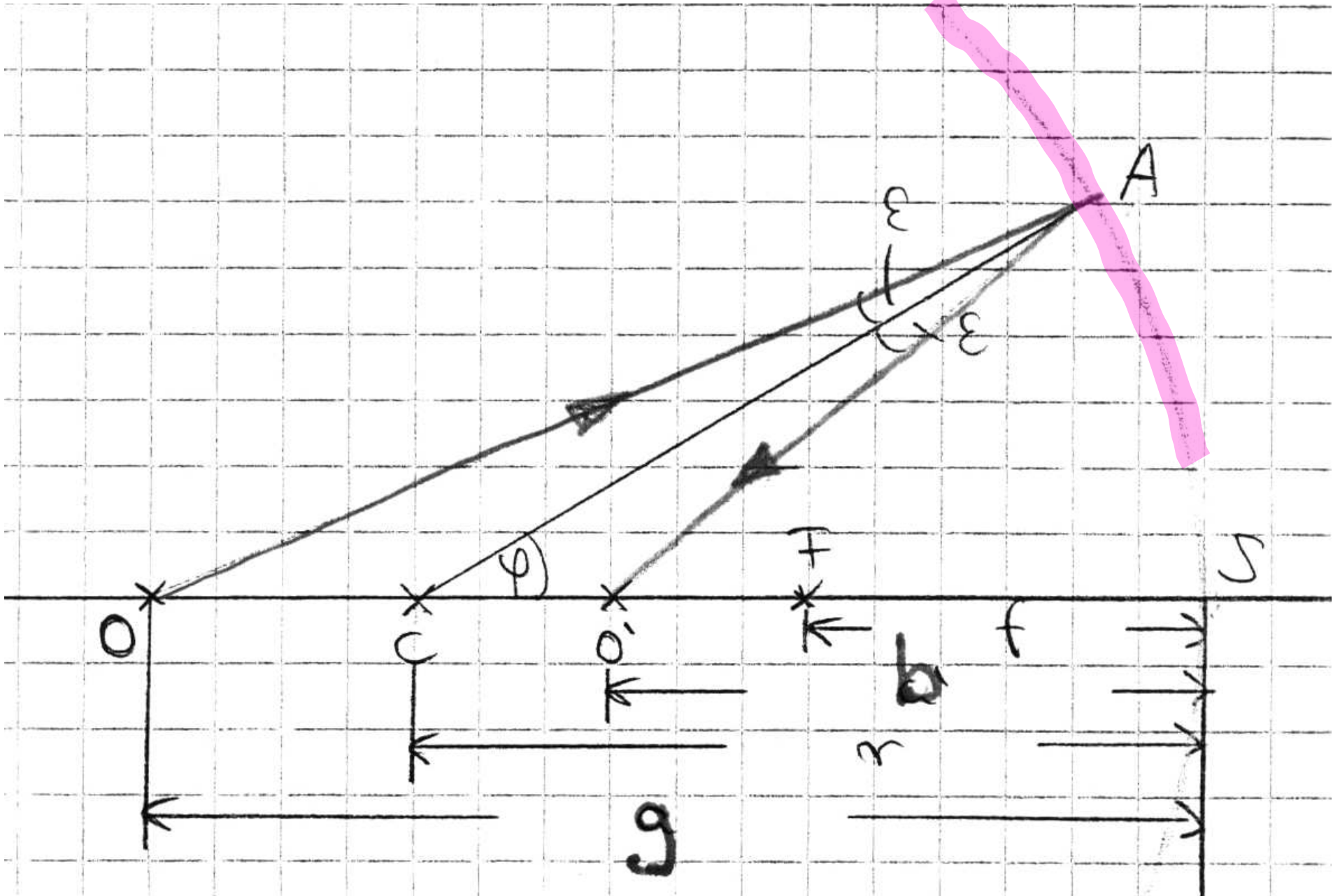


Reflektion am Hohlspiegel

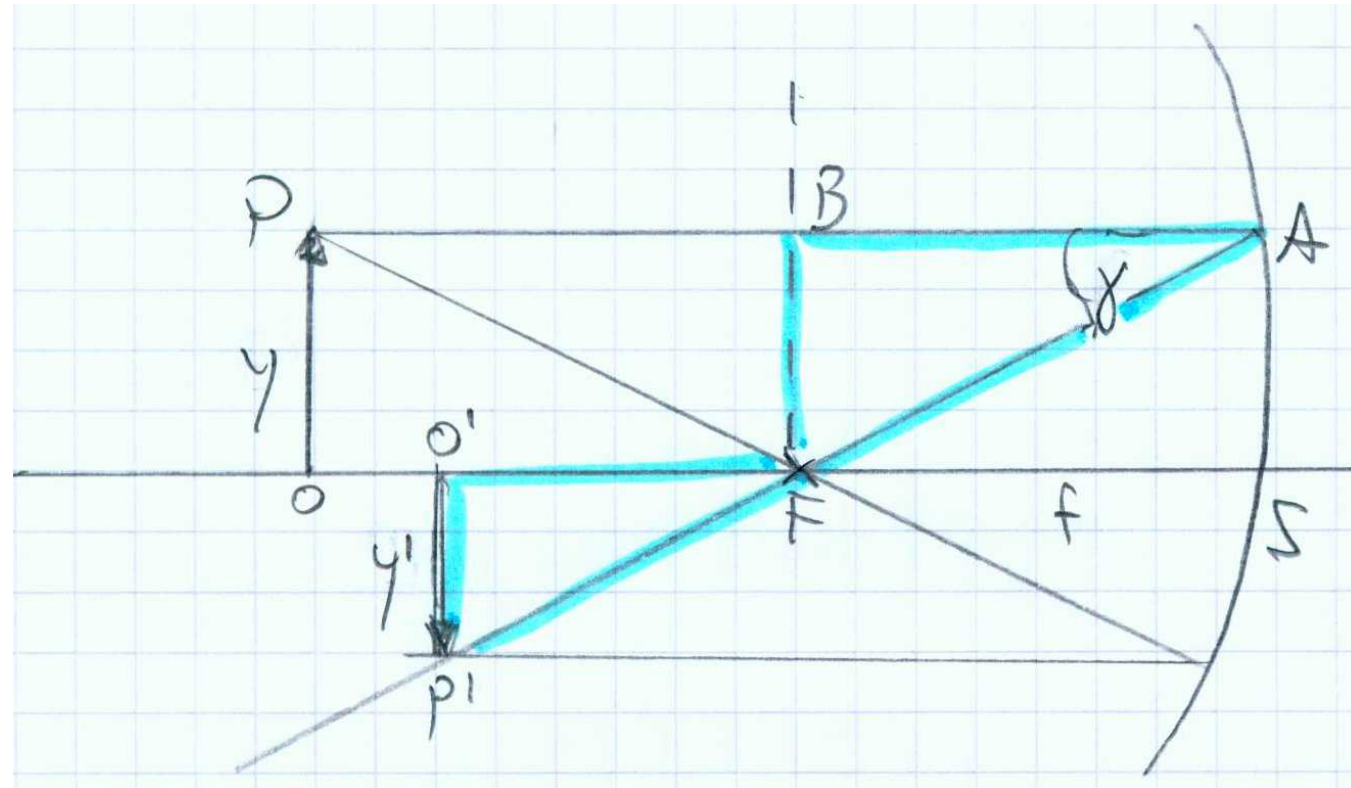


zur Abbildungsgleichung

$$1/f = 1/b + 1/g$$



Bildkonstruktion für ausgedehntes Objekt ... zum Abbildungsmaßstab β'



$$\tan(\gamma) = \frac{-y'}{b-f} = \frac{y}{f}$$

$$\beta' = \frac{y'}{y} = \frac{f-b}{f}$$

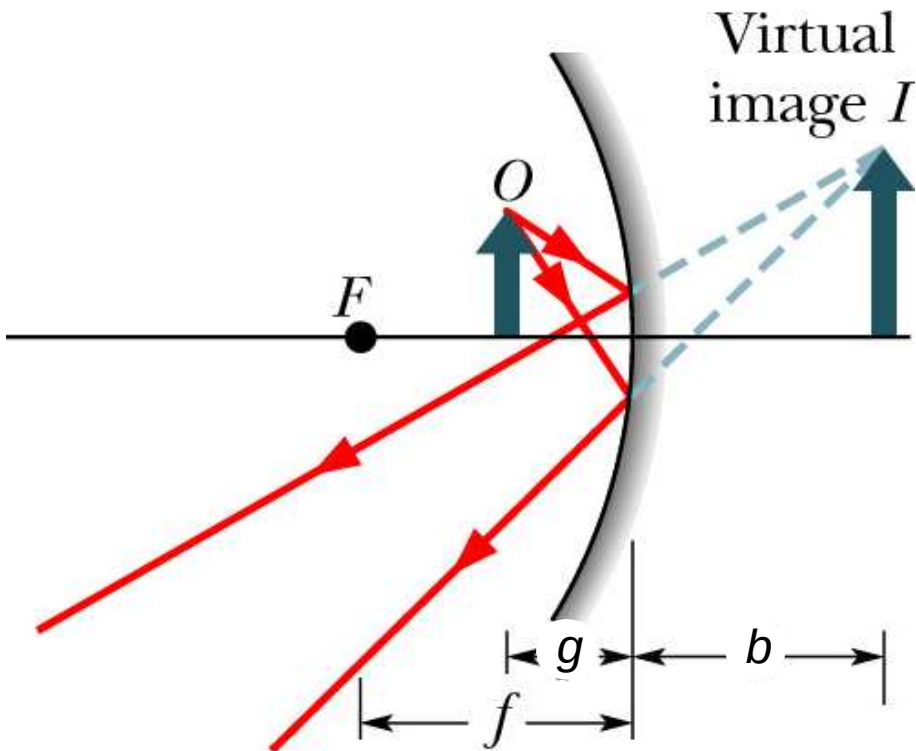
$$= 1 - b \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{g} \right) = -\frac{b}{g}$$

oder (via Abb.gl. $1/f = 1/b + 1/g$) :

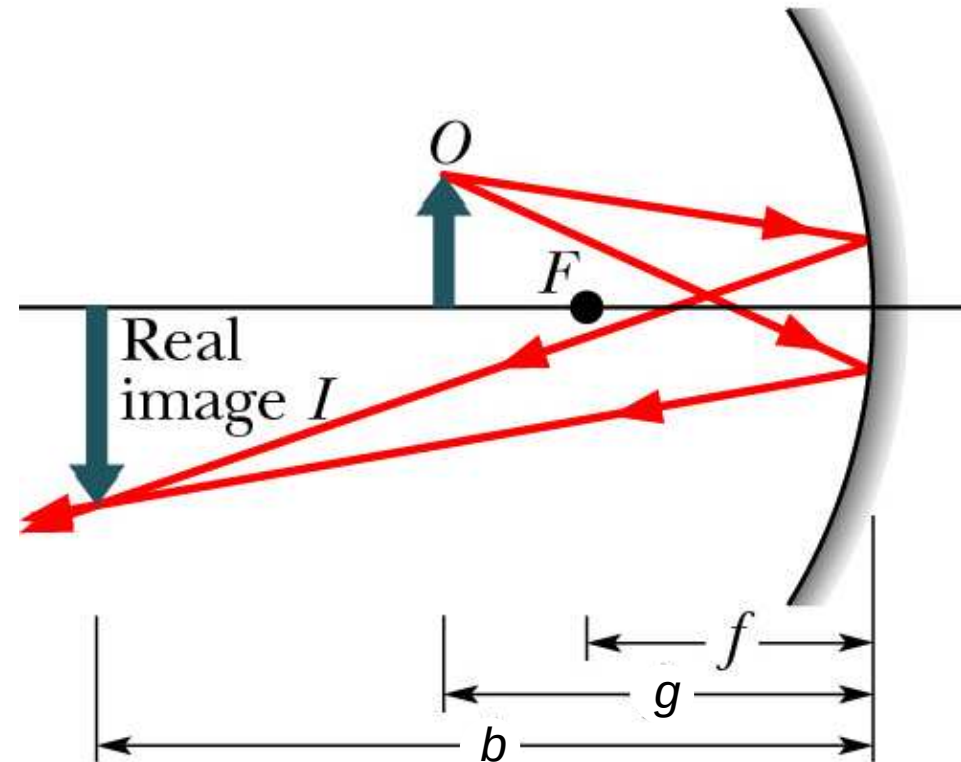
$$\beta' = \frac{f}{f-g} \begin{cases} < 0 \text{ bei } g > f: \text{ reelles, umgedrehtes Bild} \\ > 0 \text{ bei } g < f: \text{ virtuelles, aufrechtes Bild} \end{cases}$$

Abbildungen am Hohlspiegel

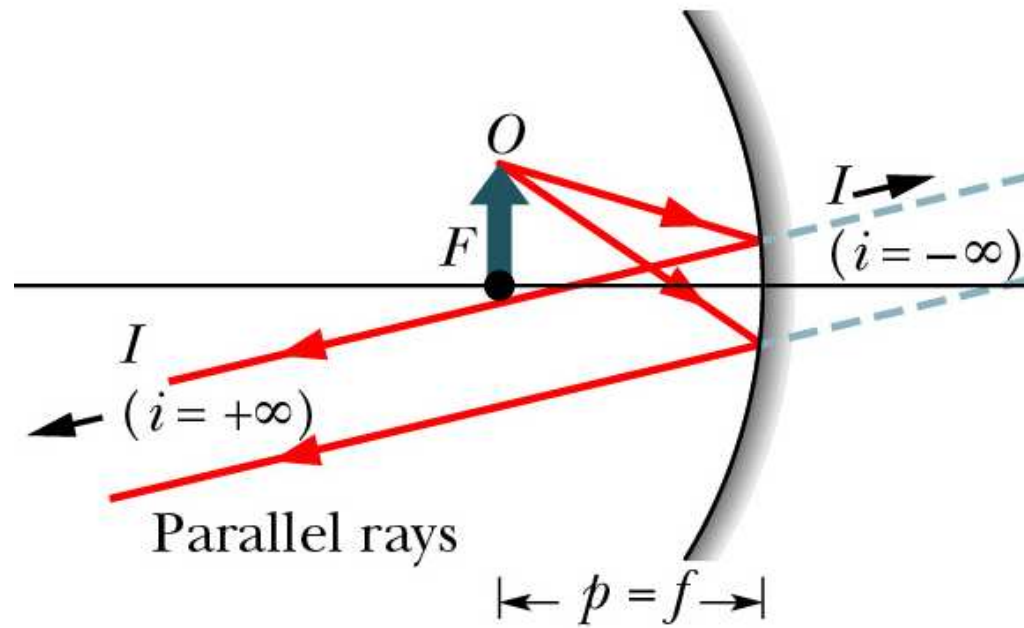
$g < f$: virtuelles, aufrechtes Bild



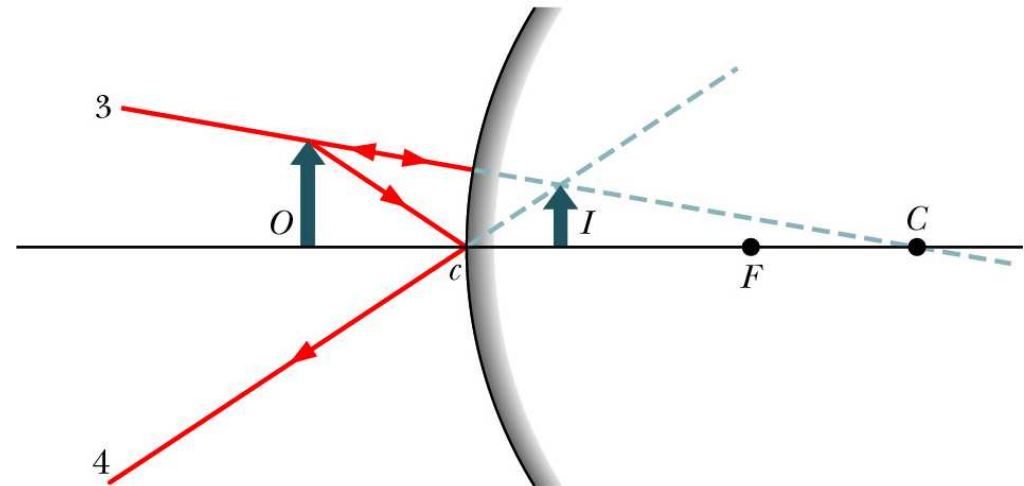
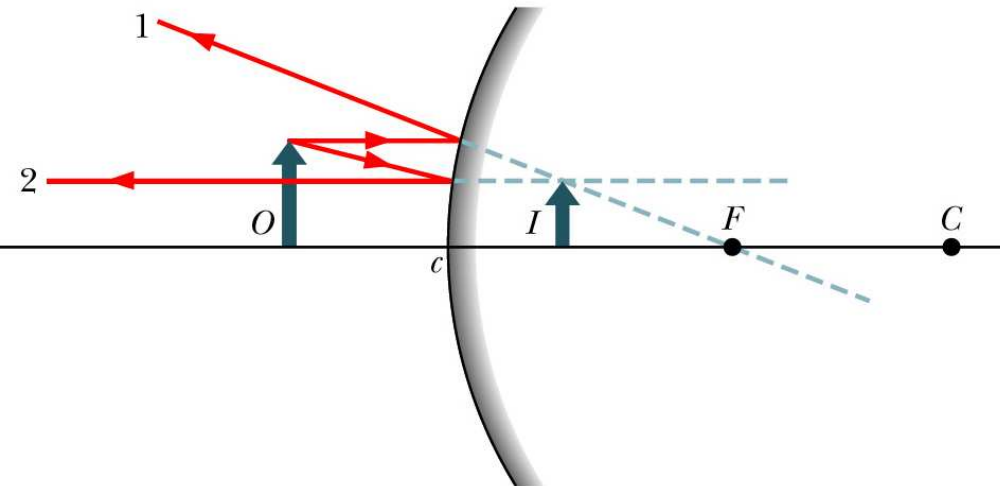
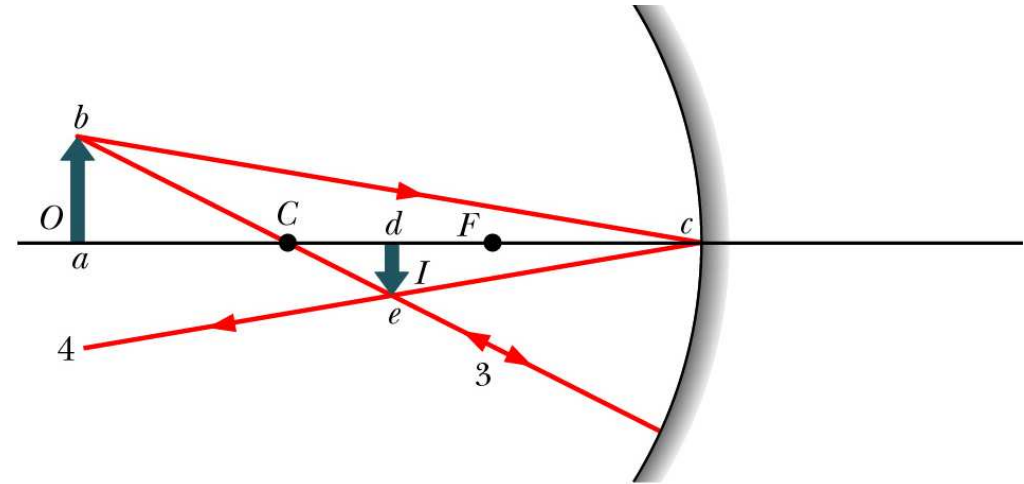
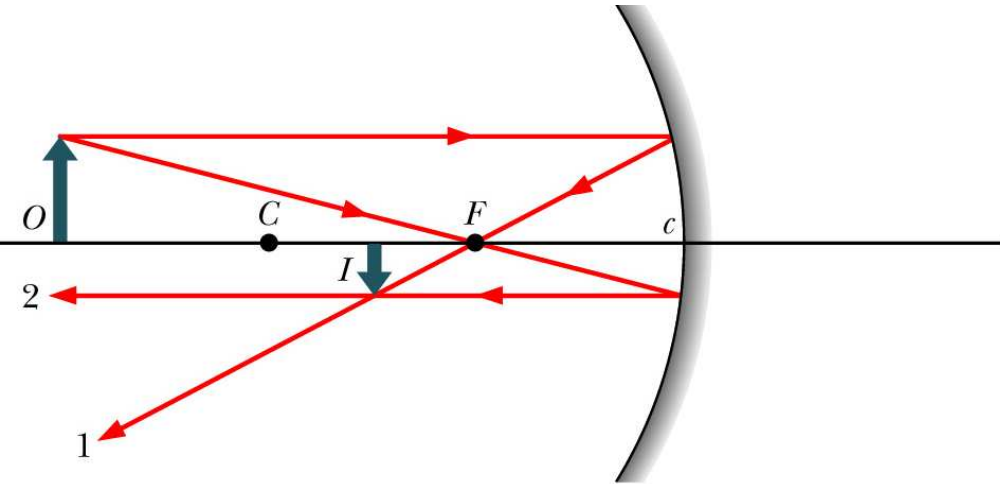
$g > f$: reelles, umgedrehtes Bild



$$g = f$$

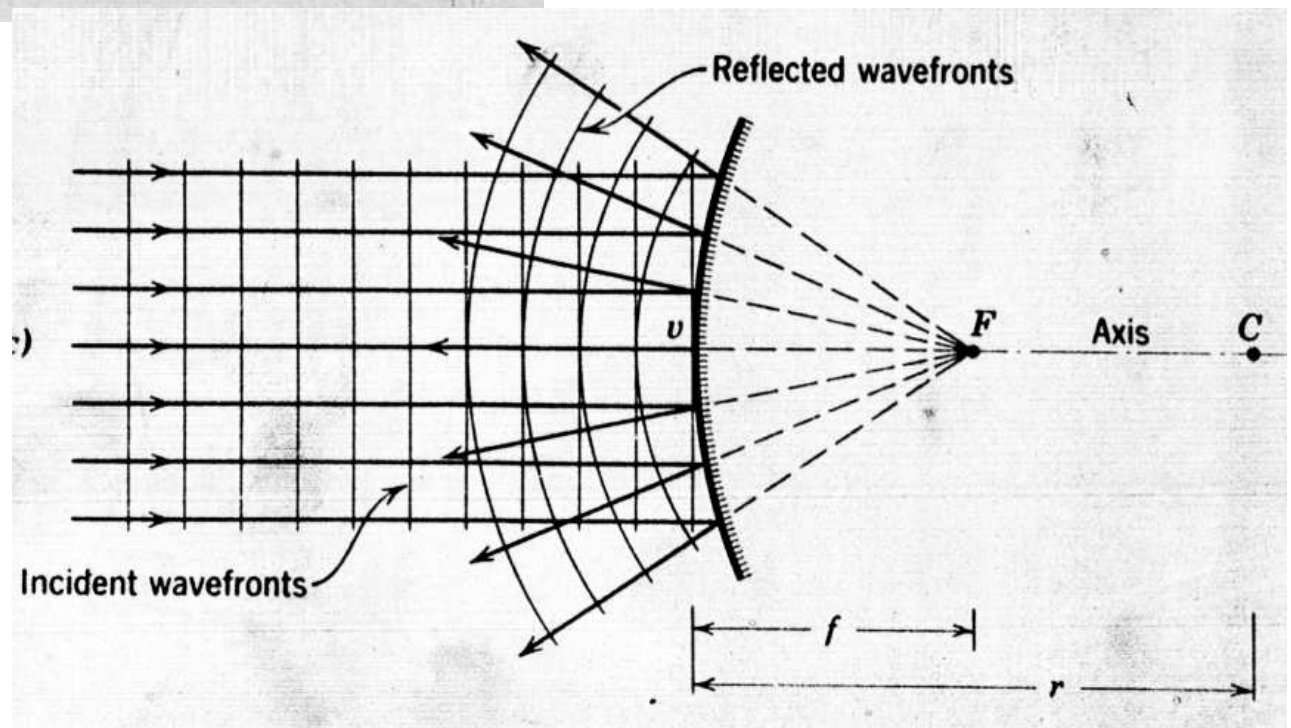
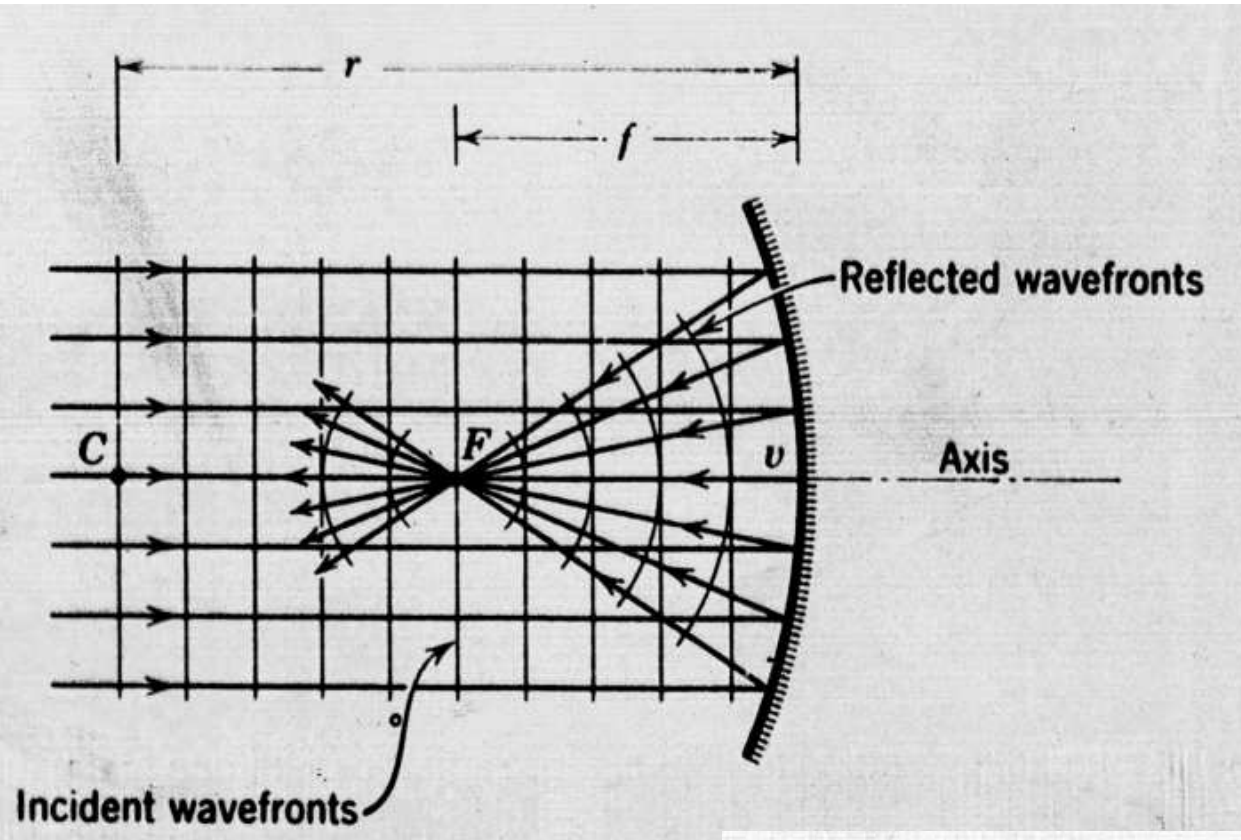


Charakteristische Fälle

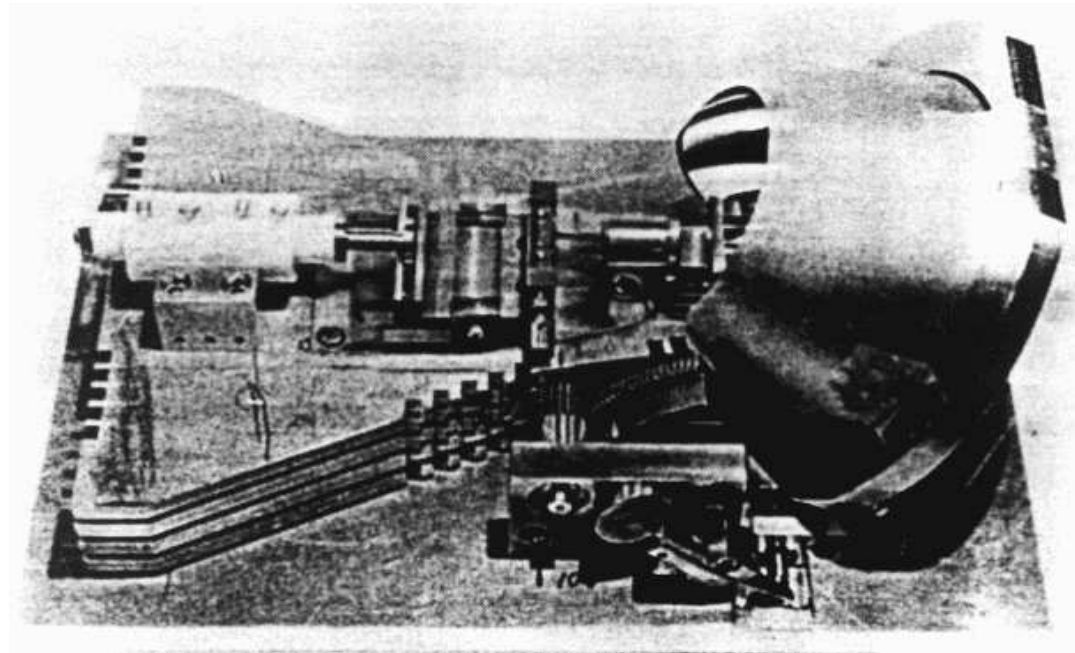


1. Parallelstrahlen durch F reflektiert
2. Brennpunktstrahlen parallel zur opt. Achse reflektiert
3. Mittelpunktstrahlen auf sich selbst reflektiert
4. Scheitelpunktstrahlen (c) symmetr. bzgl. Achse reflektiert

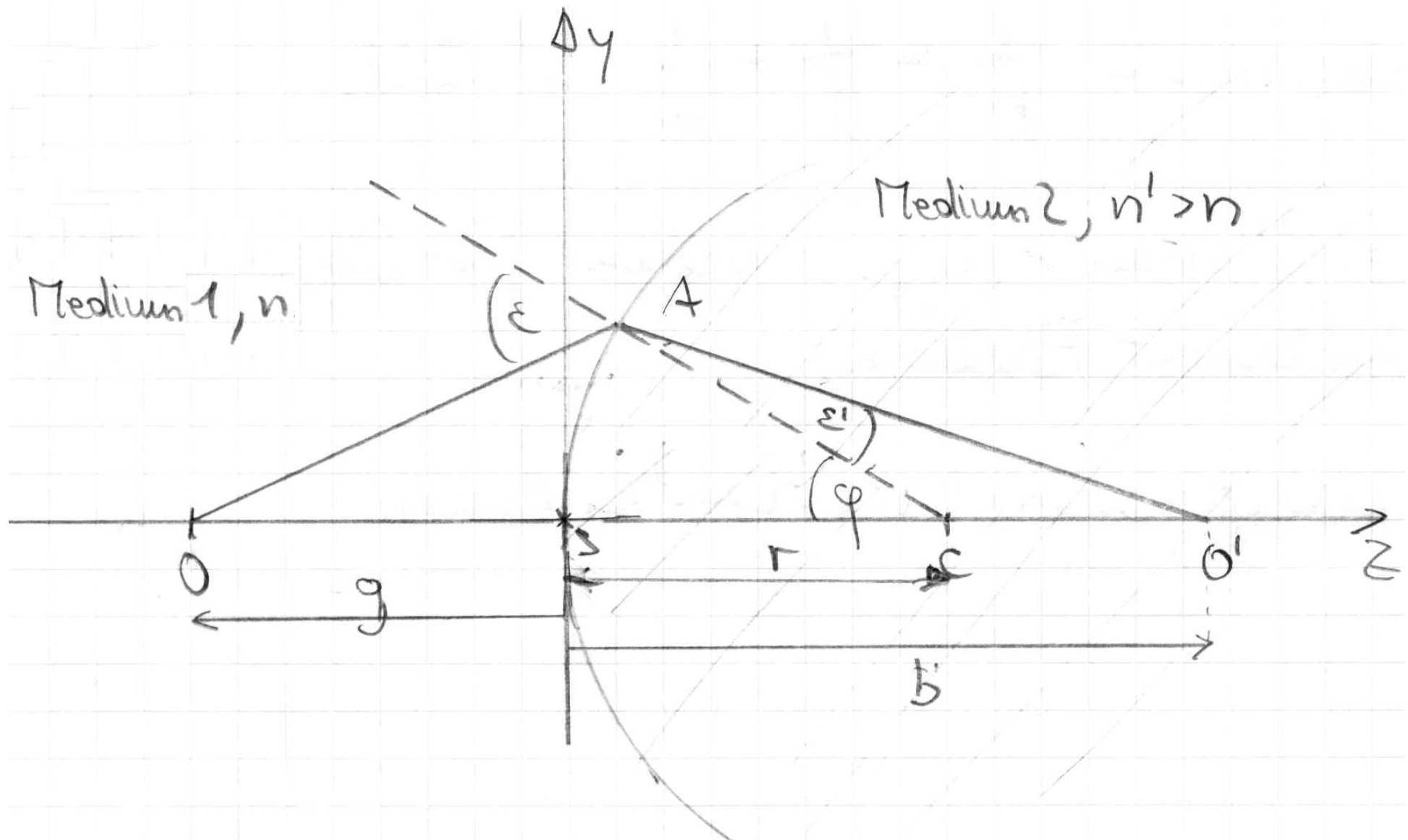
Parabolspiegel



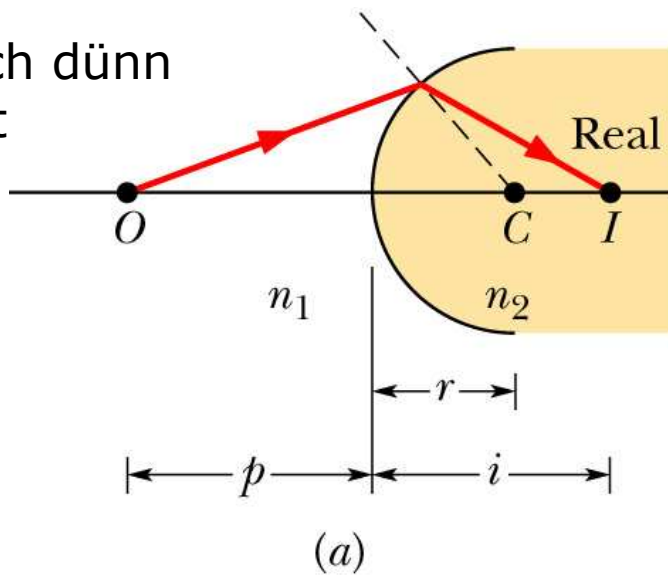
Ellipsoidspiegel: z. B. für Zonenschmelzöfen



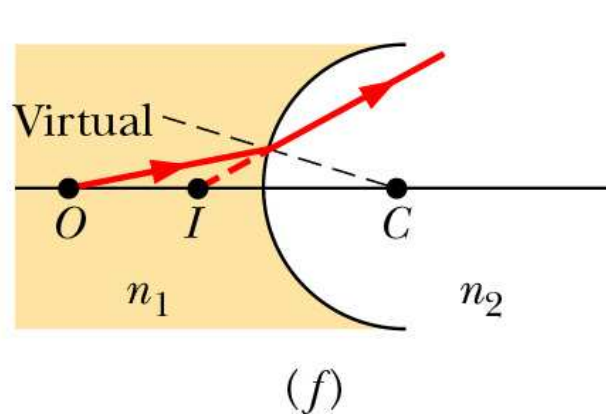
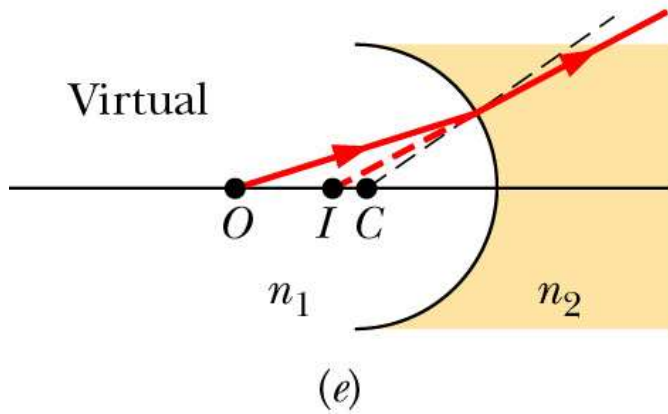
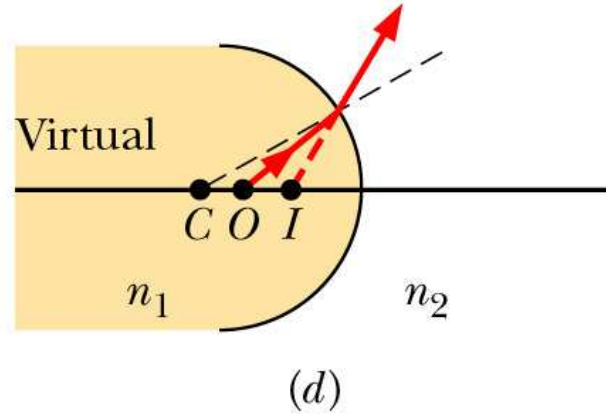
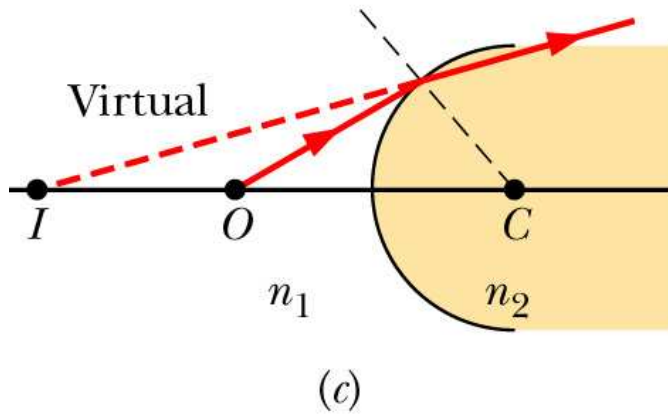
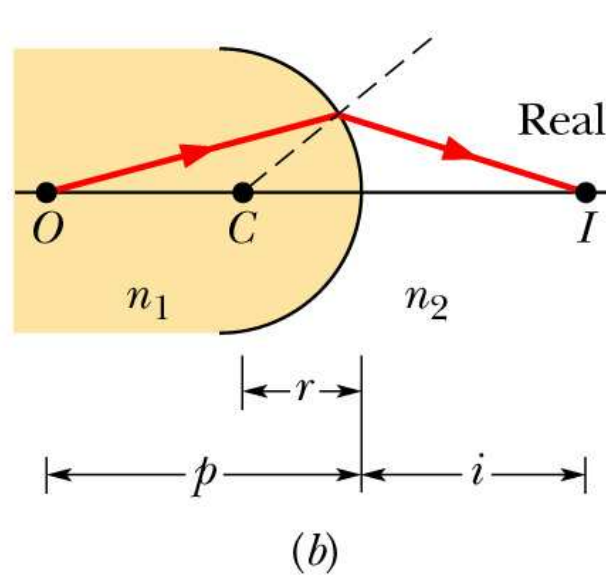
Brechung an einer Kugelfläche



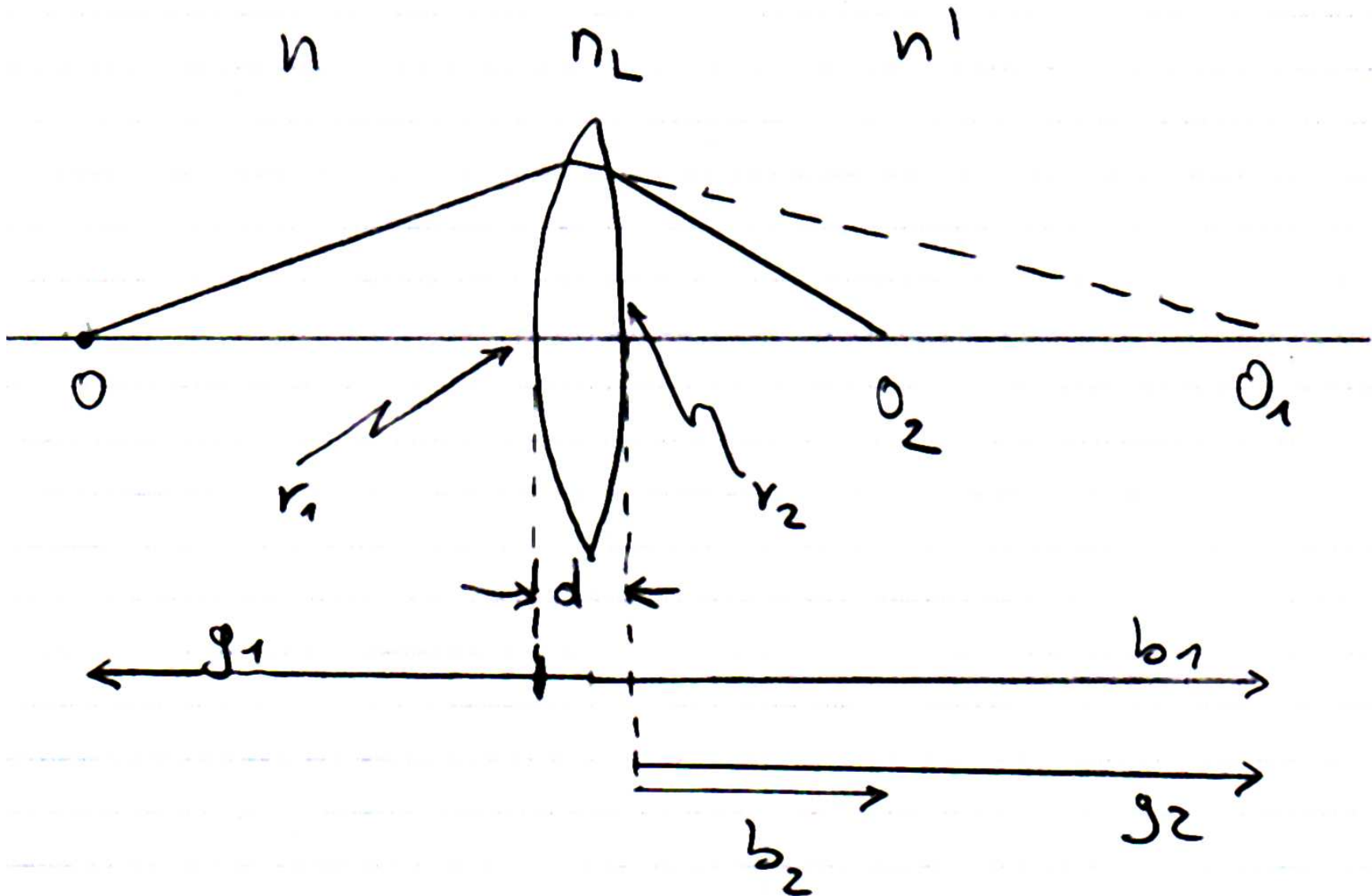
von optisch dünn
nach dicht



von optisch dicht
nach dünn



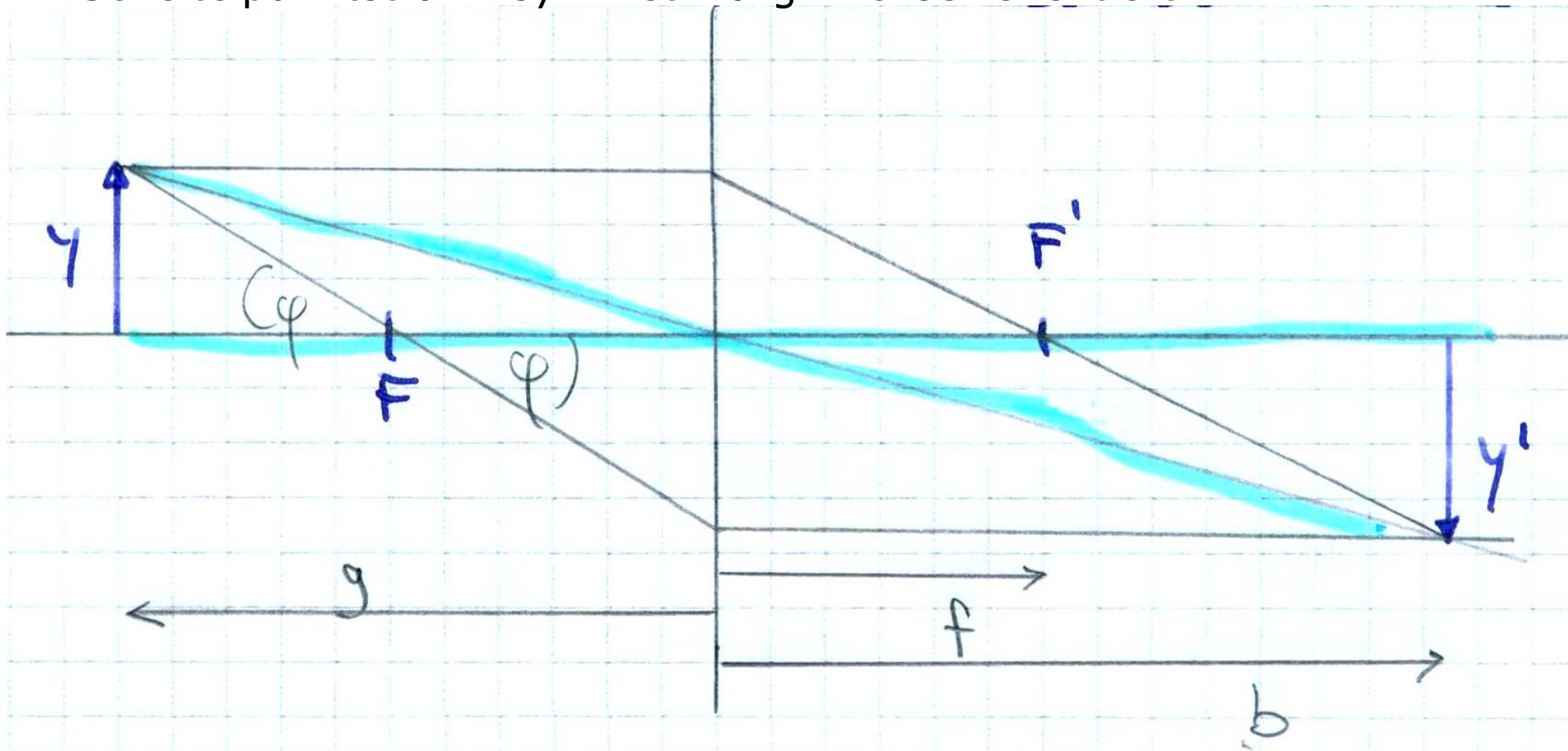
Brechung an zwei Kugelflächen



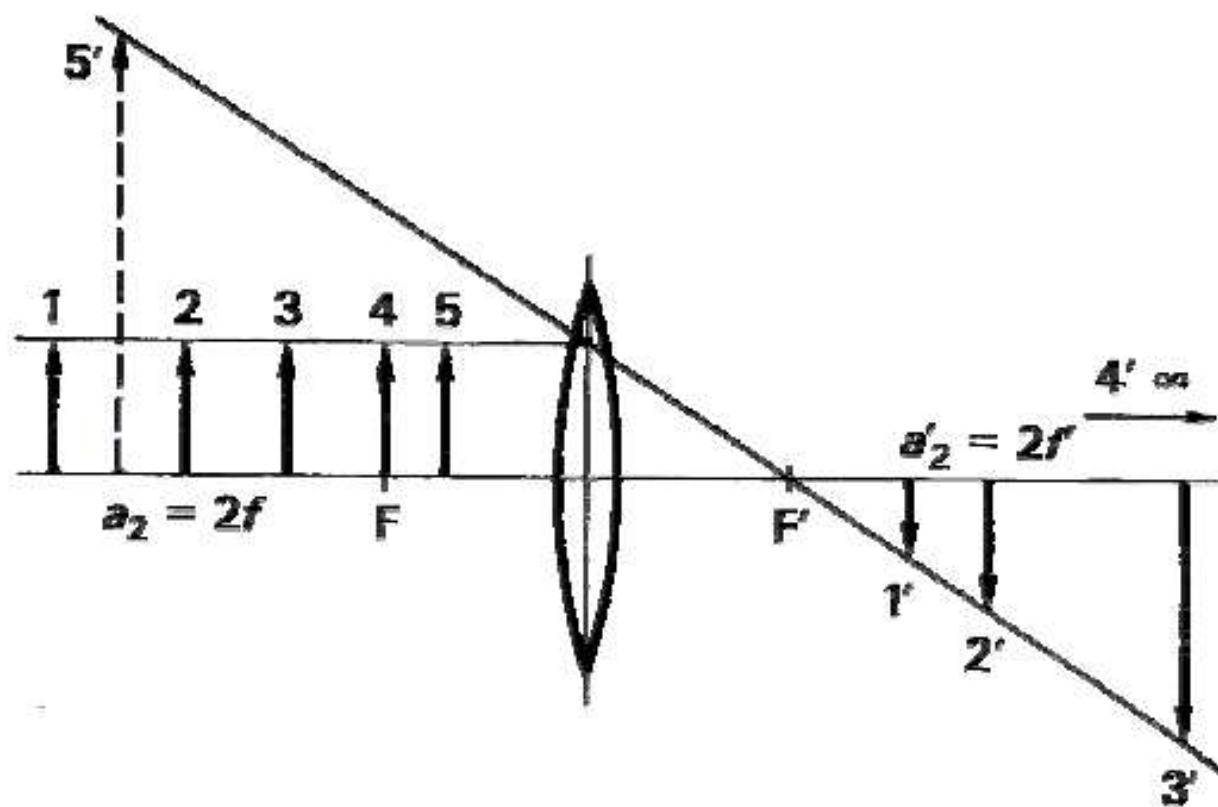
Bildkonstruktion: "Hauptstrahlen"

Bestimmung eines Bildpunktes: mindestens 2 schneidende Hauptstrahlen(besonders einfach zu konstruieren)

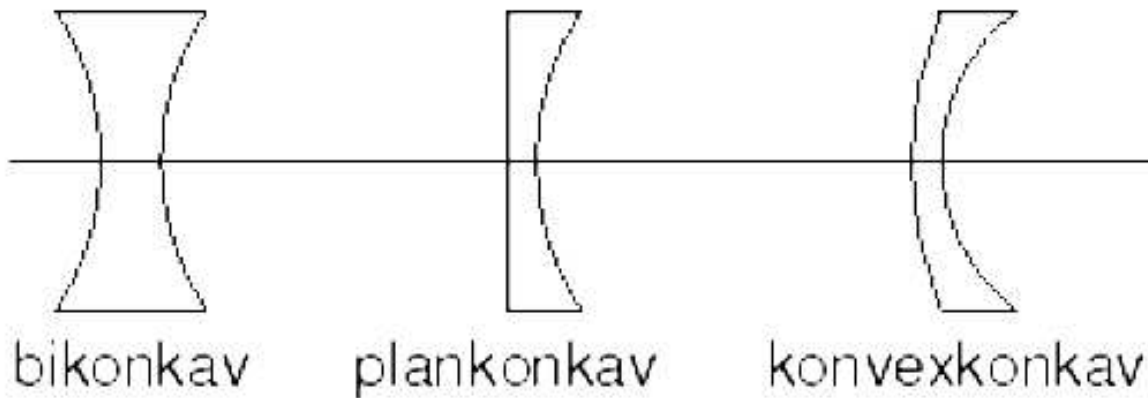
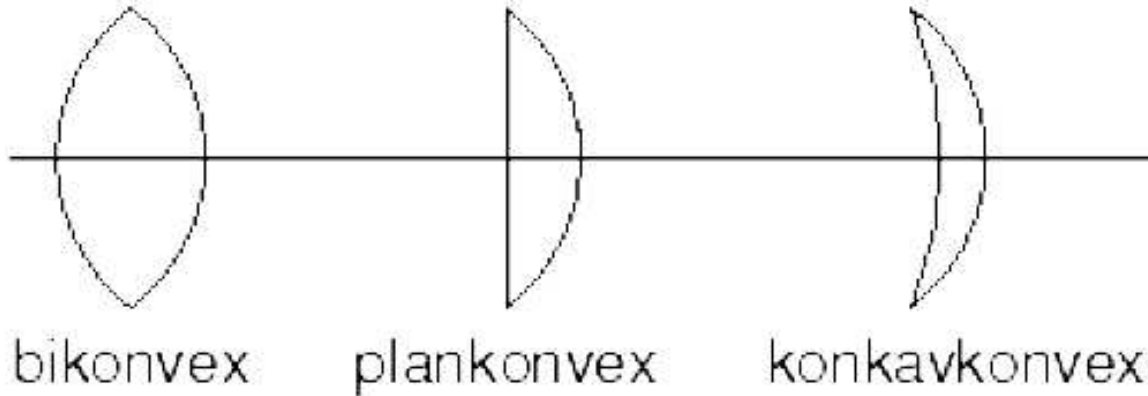
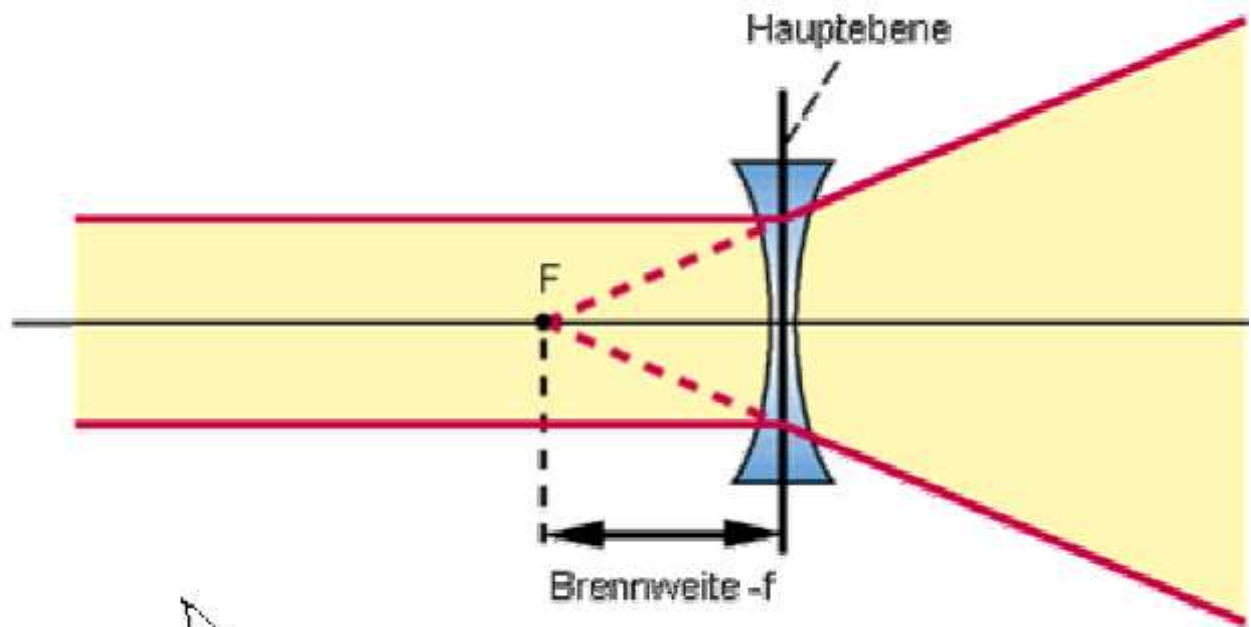
1. Parallelstrahl: wird durch F reflektiert
2. Brennpunktstrahl: wird parallel zur opt. Achse reflektiert
3. Mittelpunktstrahl: auf sich selbst reflektiert
4. Scheitelpunktstrahl: symmetr. bzgl. Achse reflektiert



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$



Konkavlinse (Zerstreuungslinse)

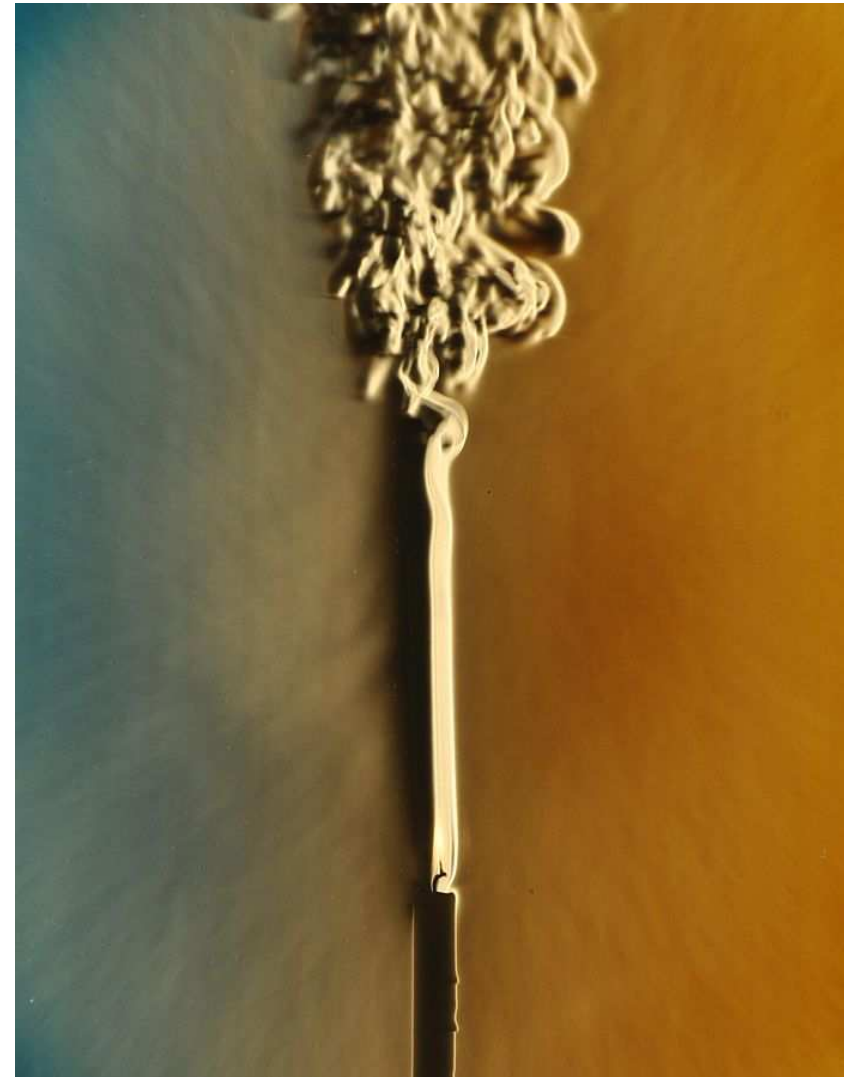
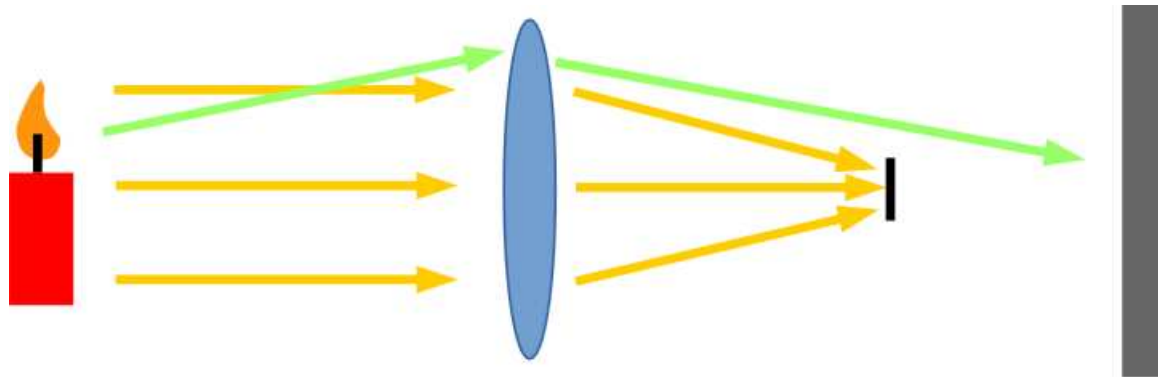


Schlierenfotografie

wikipedia

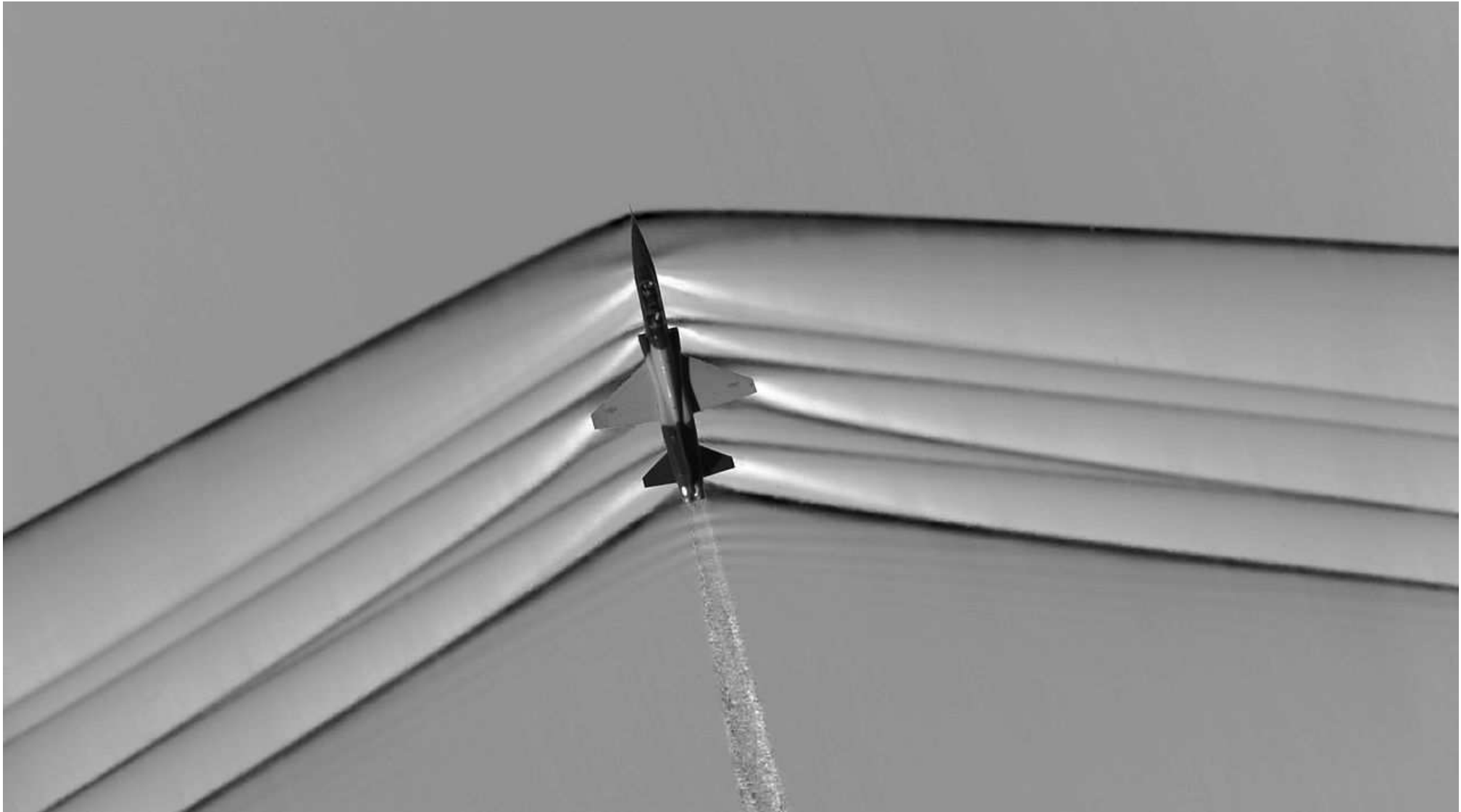
1864 dt. Chemiker & Physiker August Toepler
Abbildung von Schwankungen der opt. Dichte

zu untersuchende Kerze parallel beleuchtet
Linse bildet auf Schirm ab,
Licht wird aber von Blende gestoppt
Dichteschwankungen leiten Teil des Lichts
an Blende vorbei



Schlierenfotografie II

Air-to-air Background-Oriented Schlieren. The process involves imaging with a high-speed camera mounted on the bottom of an aircraft while the T-38C passes underneath. The pattern formed by the desert ground is filmed separately, and then removed digitally from during post-processing. This reveals the distortions created by the shockwaves, which result from the change in the refractive index caused by density changes.



Vorzeichenkonvention Optik --- anschauliches System

Objektweite g : positiv

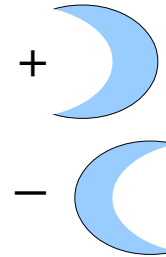
Bildweite b : reelle / virtuelle Bilder: positiv / negativ

Spiegel

Krümmungsradius r : Objekt vor konkaver Fläche: positiv

Objekt vor konvexer Fläche: negativ

(damit ergibt sich auch das Vorzeichen von $f = r/2$)



Reelles Bild entsteht auf Objektseite eines Spiegels; virtuelles sieht man auf der anderen

Linse

Krümmungsradius r : Objekt vor konkaver Fläche: negativ

Objekt vor konvexer Fläche: positiv

Brennweite: $f = (n-1)(1/r_1 - 1/r_2)$

Sammel- / Zerstreuungslinse: positiv / negativ

Reelles Bild auf der vom Objekt abgewandten Seite einer brechenden Fläche;
virtuelles sieht man auf der Objektseite

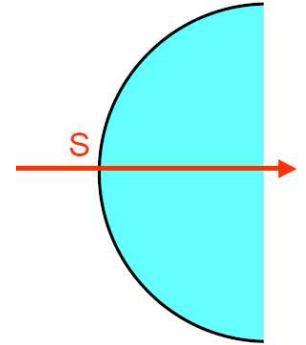
Vorzeichenkonvention Optik --- rationelles System

DIN 1335

Licht von links nach rechts = z-Achse

Strecken in / gegen Richtung des Lichts positiv / negativ

Bezugspunkt: Scheitelpunkt S der brechenden Fläche

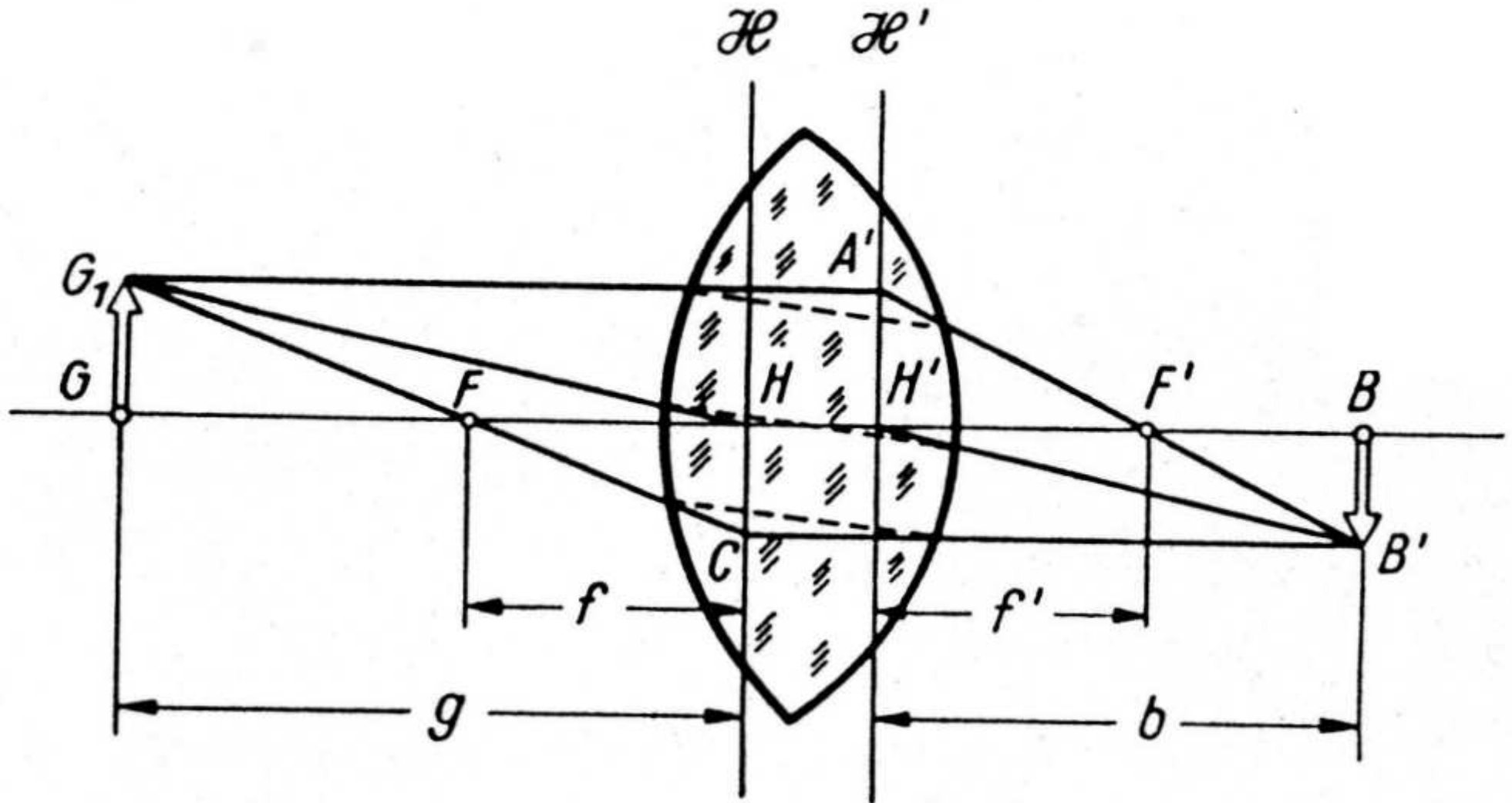


Folglich:

Kugel mit Mittelpunkt links von S hat negativen Radius

Brennweite einer Linse: positiv UND negativ, je nach Seite

Dicke Bikonvexlinse



Raytracing

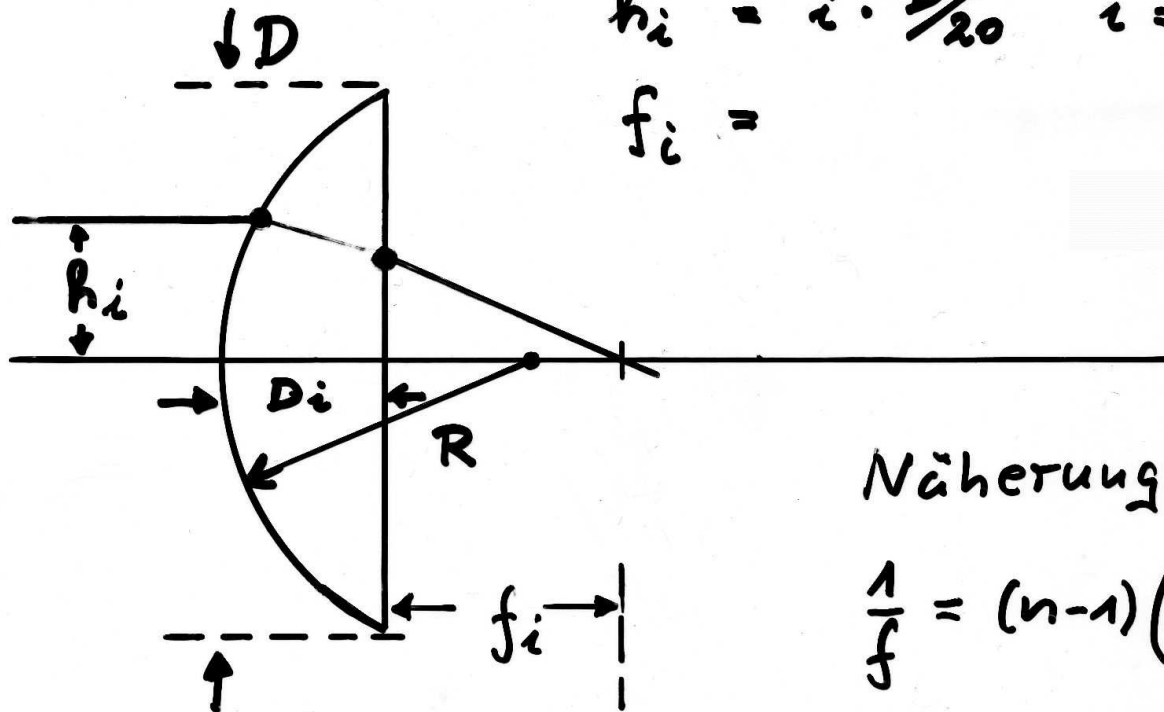
"SPHÄRISCHE
ABERRATION"

Input: R, D, n

PROGRAMM: $D_i =$ mm

$$h_i = i \cdot D/20 \quad i = 1 \dots 10$$

$$f_i =$$

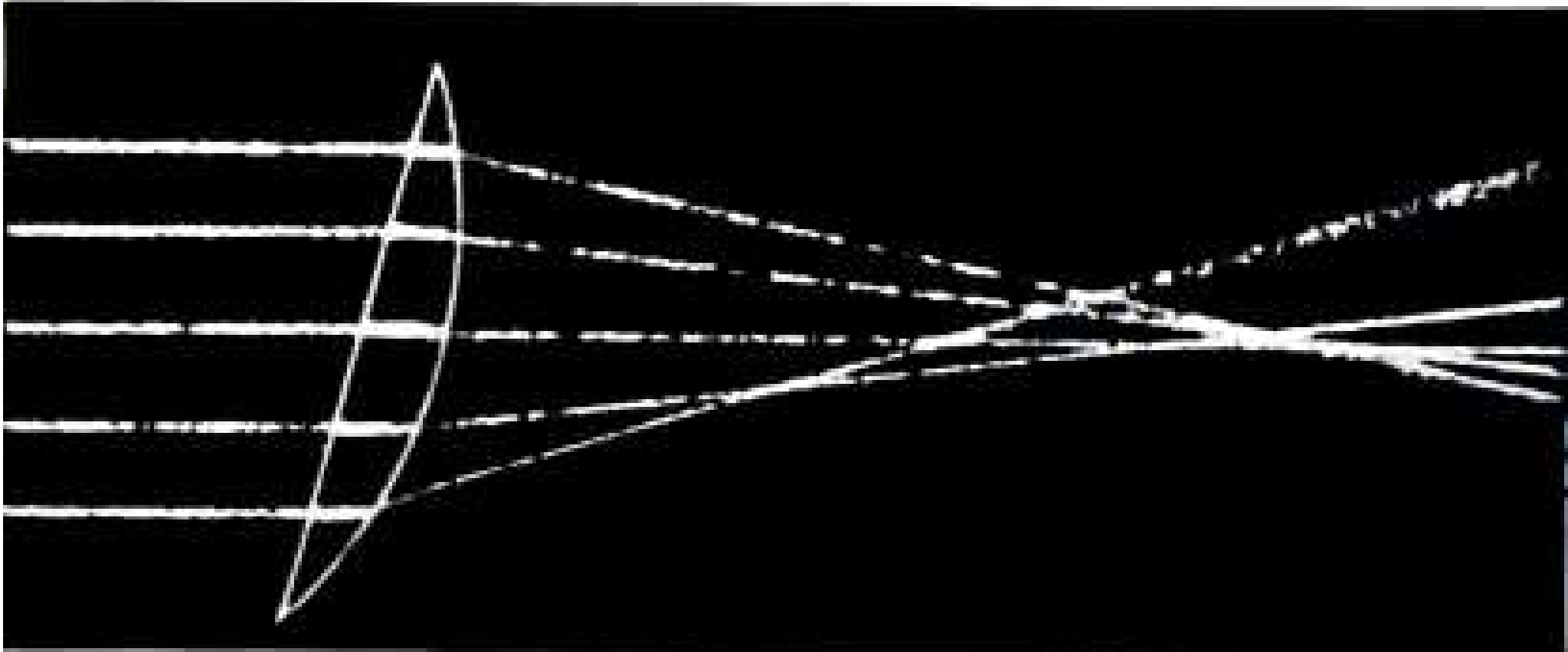


Näherung:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right)$$

Linienfehler: nicht paraxiale Strahlen

Abb. 1.112 Verlauf von fünf parallelen Strahlen beim schiefen Durchgang durch eine plankonvexe Linse



Linsenfehler: Koma

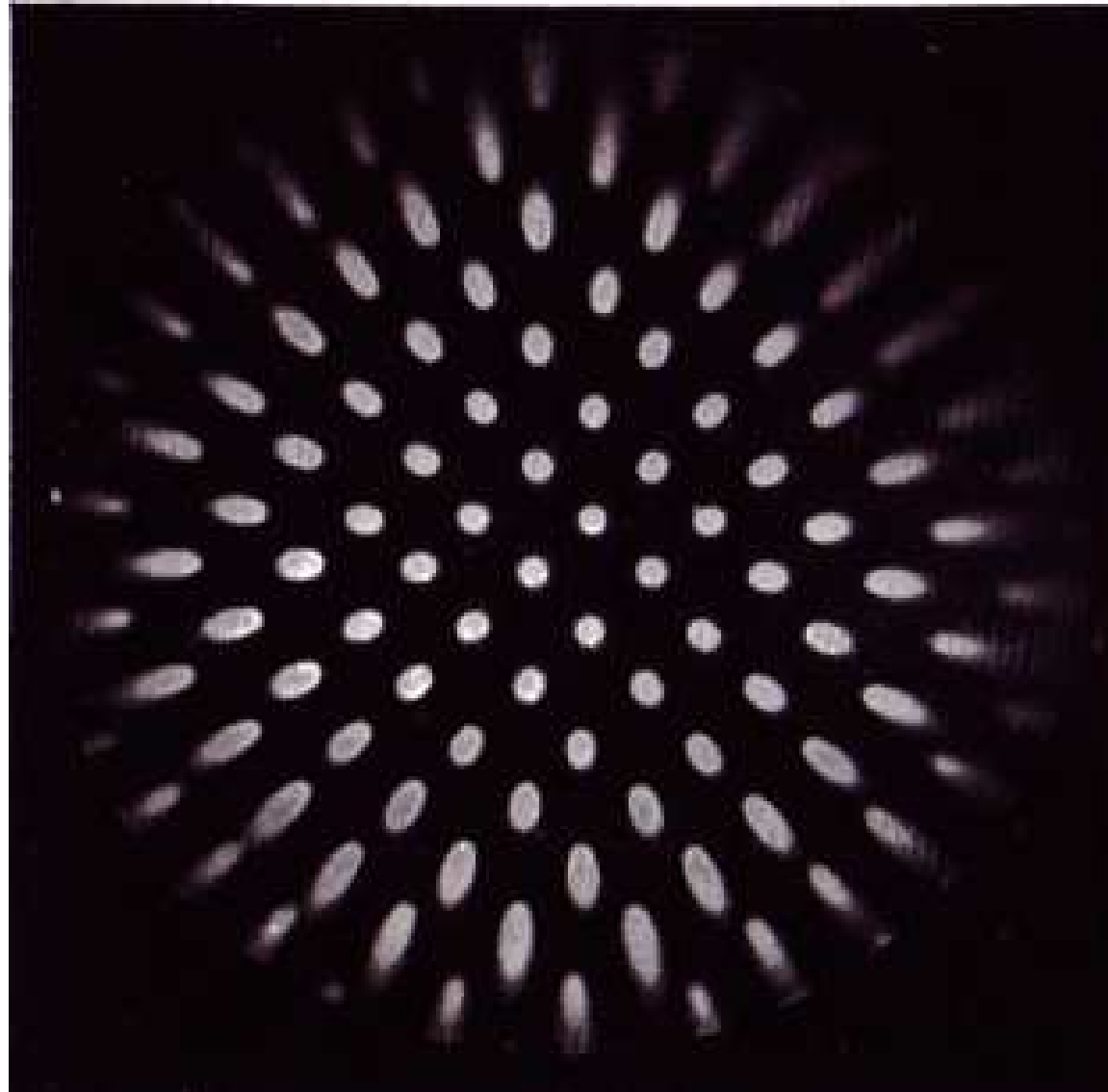


Abb. 1.114 Mit Koma behaftete Abbildung eines gleichmäßig gelochten Bleches

Linienfehler: Astigmatismus

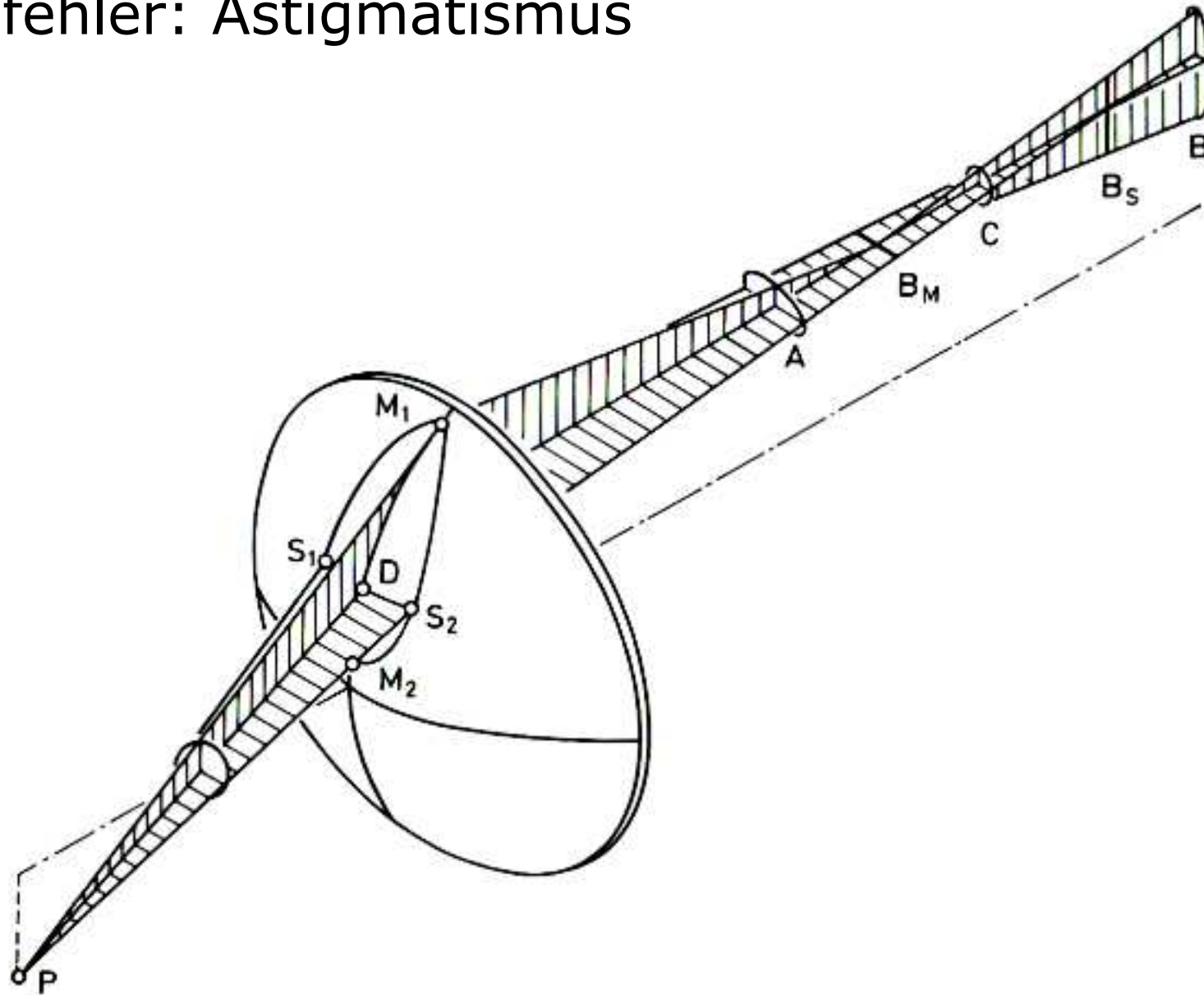


Abb. 1.115 Astigmatische Abbildung eines seitlich der Systemachse gelegenen Punktes P durch eine einfache bikonvexe Linse. PM_1M_2 stellt die Meridional-, PS_1S_2 die Sagittalebene dar

Linsefehler: Astigmatismus II

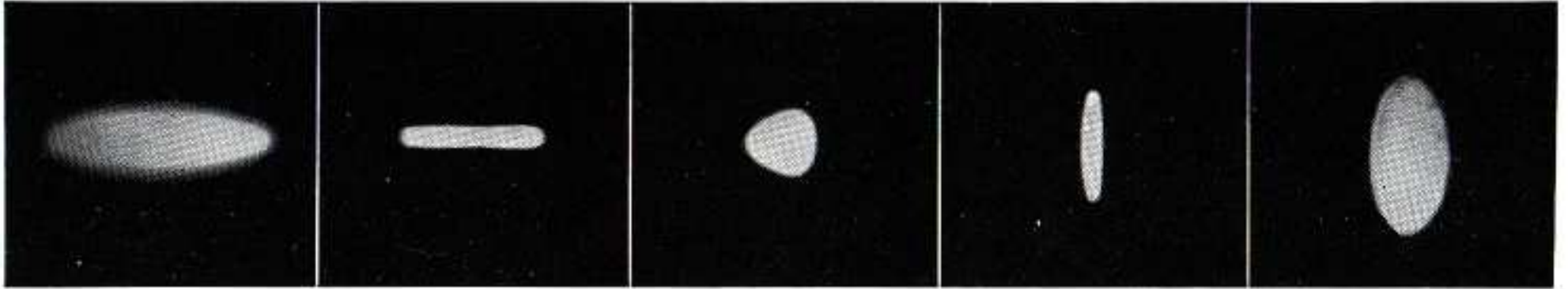
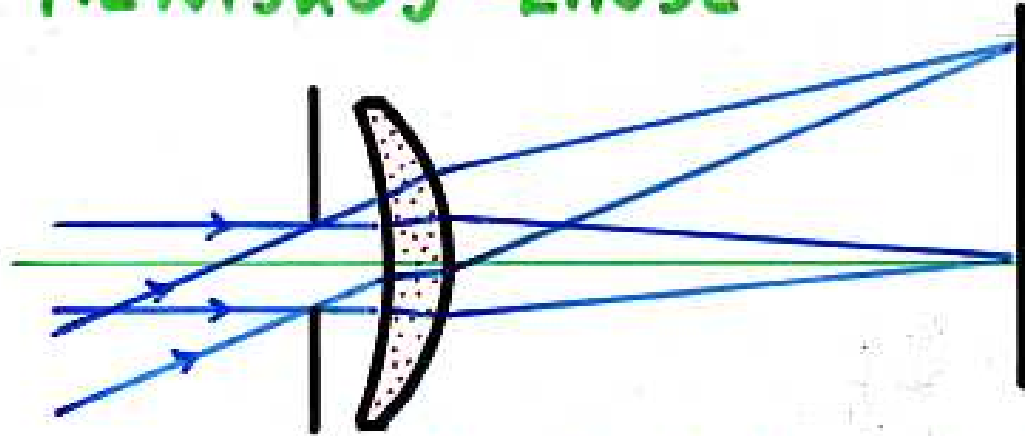


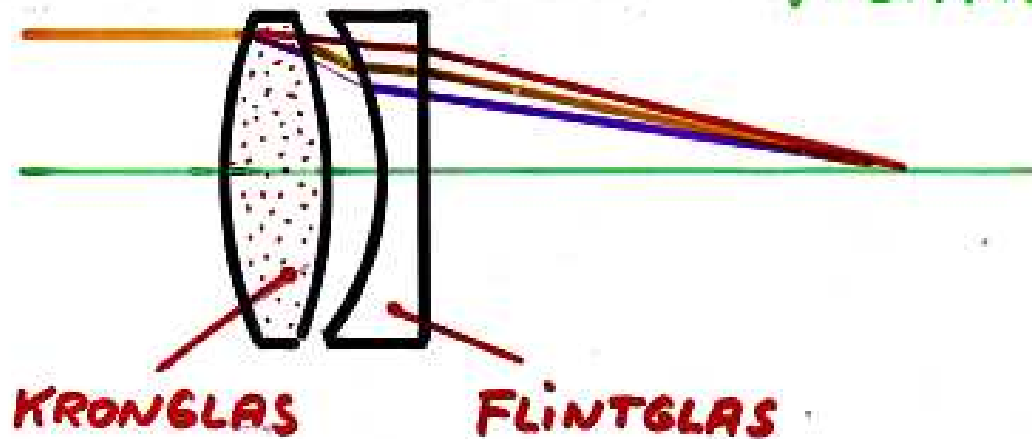
Abb. 1.116 Querschnitte des in Abb. 1.115 gezeichneten Lichtbündels hinter der Linse an den Stellen A, B_M , C, B_S und B

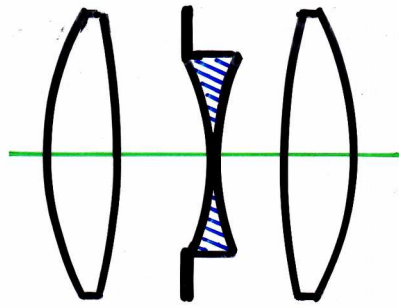
MENISKUS - LINSE



(einfachstes photograph.
OBJEKTIV)

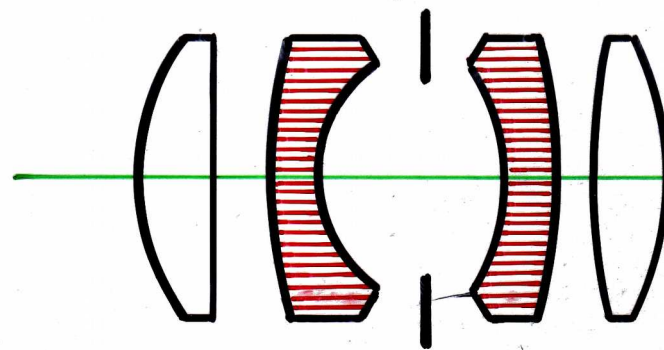
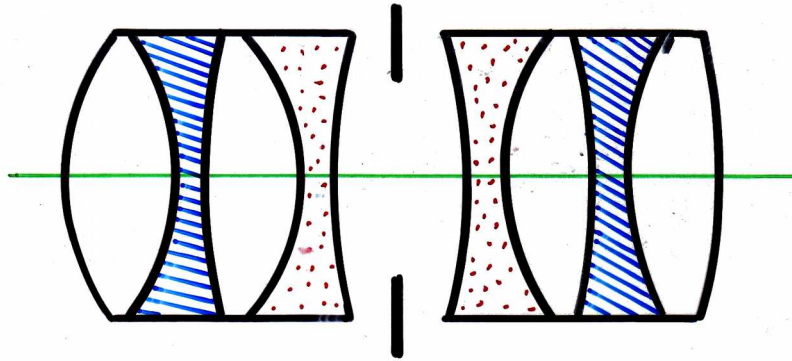
ACHROMAT





COOKE-TRIPLET

Korrigiert bis zur 3. Ordnung:
 sphär. Aberration, Koma, Bild-
 feldwölbung, Astigmatismus
 Verzeichnung, Chromat. Aberr.

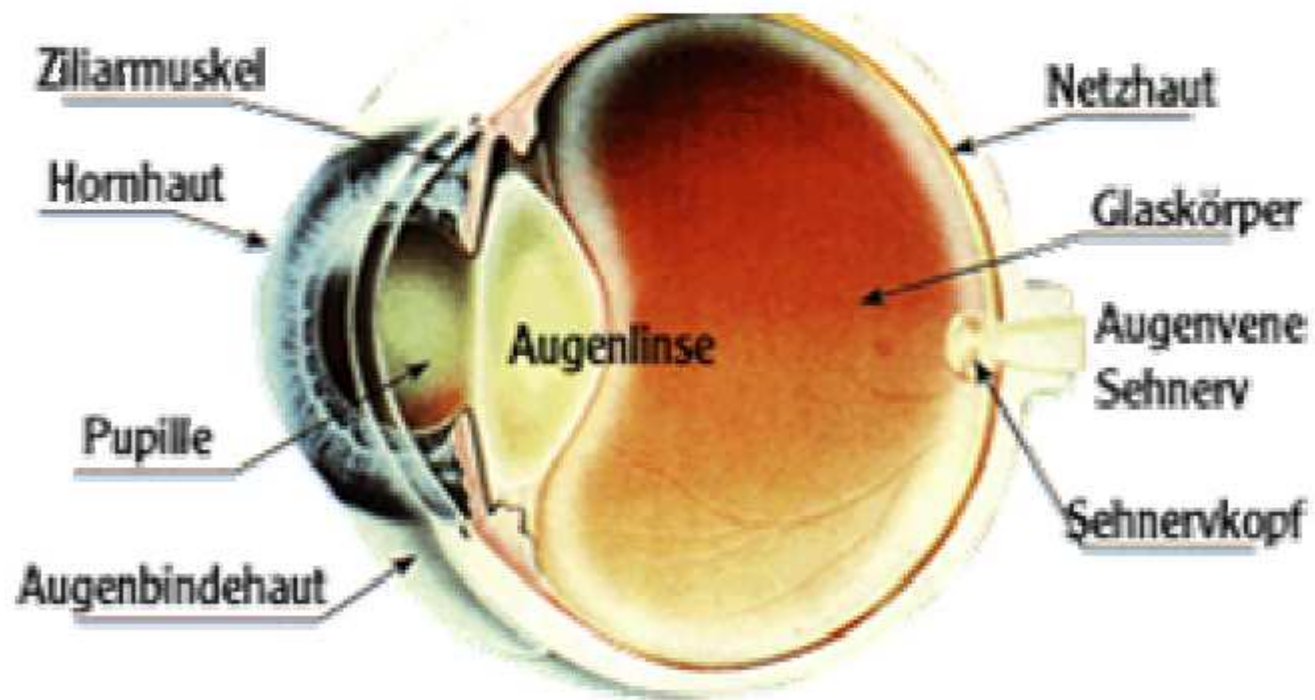


GAUSS-sches LINSENSYSTEM

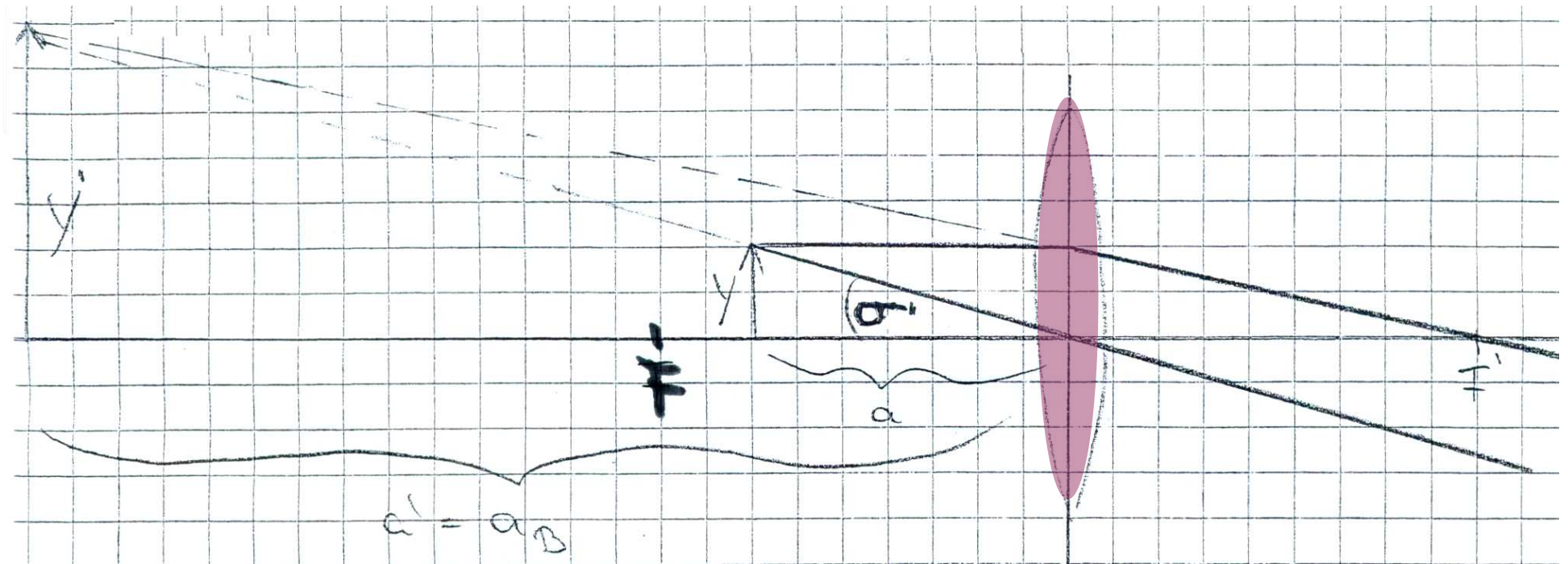
MODERNES OBJEKTIV

alle Oberflächen
 vergütet

Aufbau des Auges



Lupe

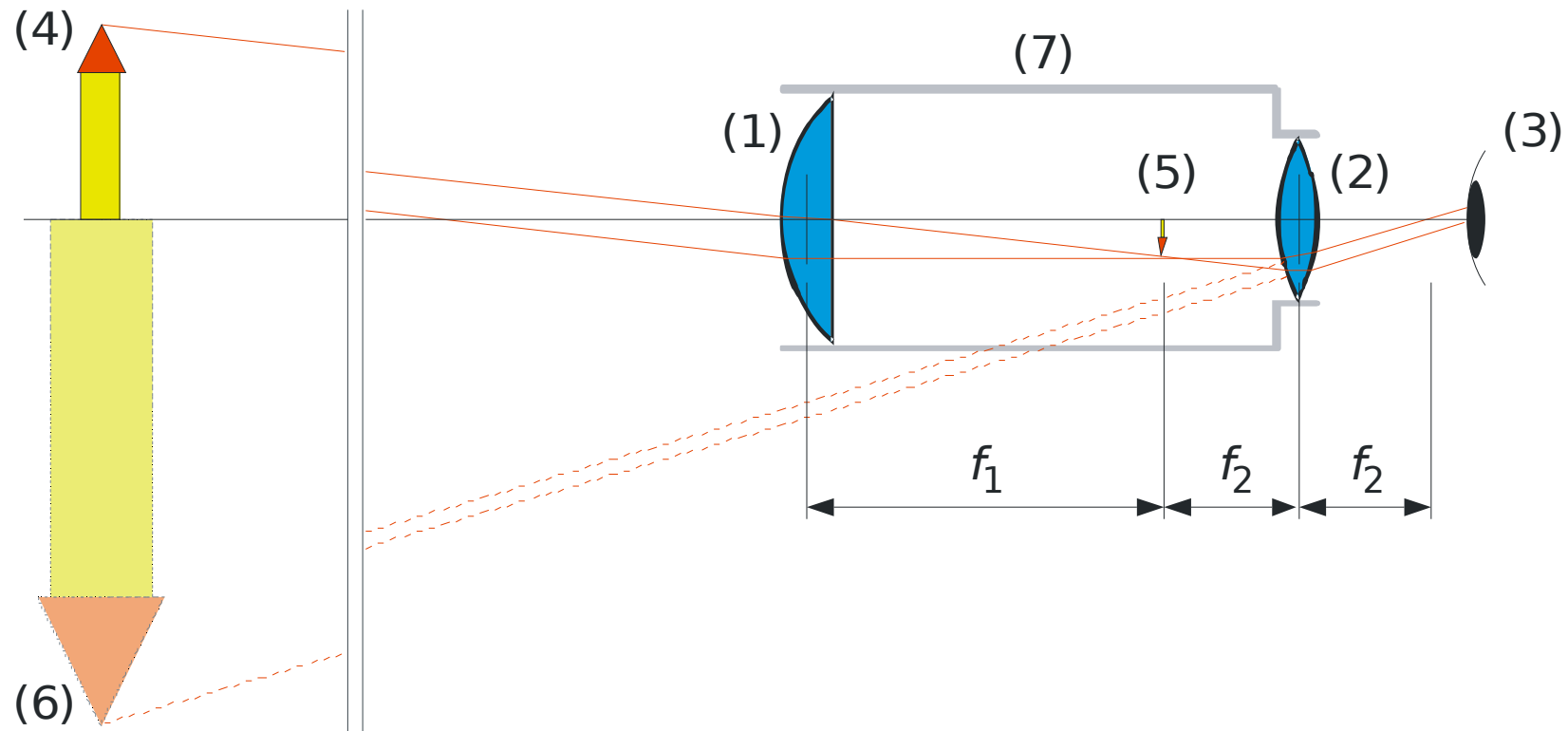


Keplersches oder astronomisches Fernrohr

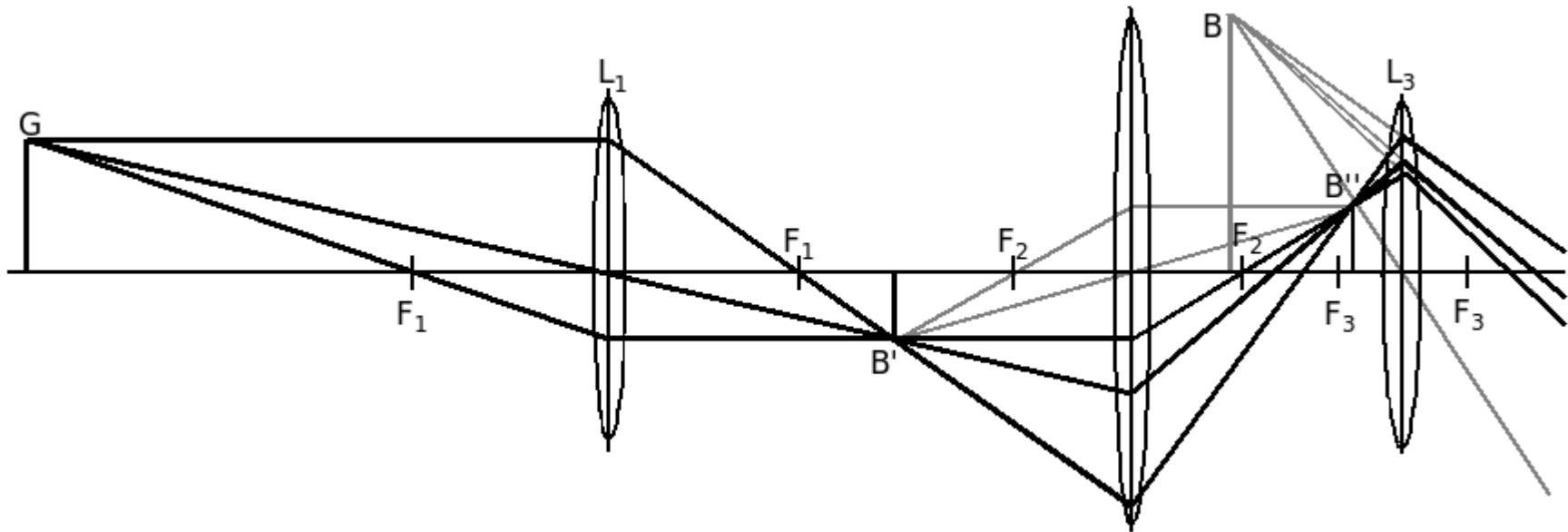
Objektiv (1) erzeugt reelles, umgekehrtes Zwischenbild (5) des Objekts (4).

Dieses mit "Lupe" (Okular 2) betrachten.

Auge (3) sieht vergrößertes, virtuelles Bild (6).

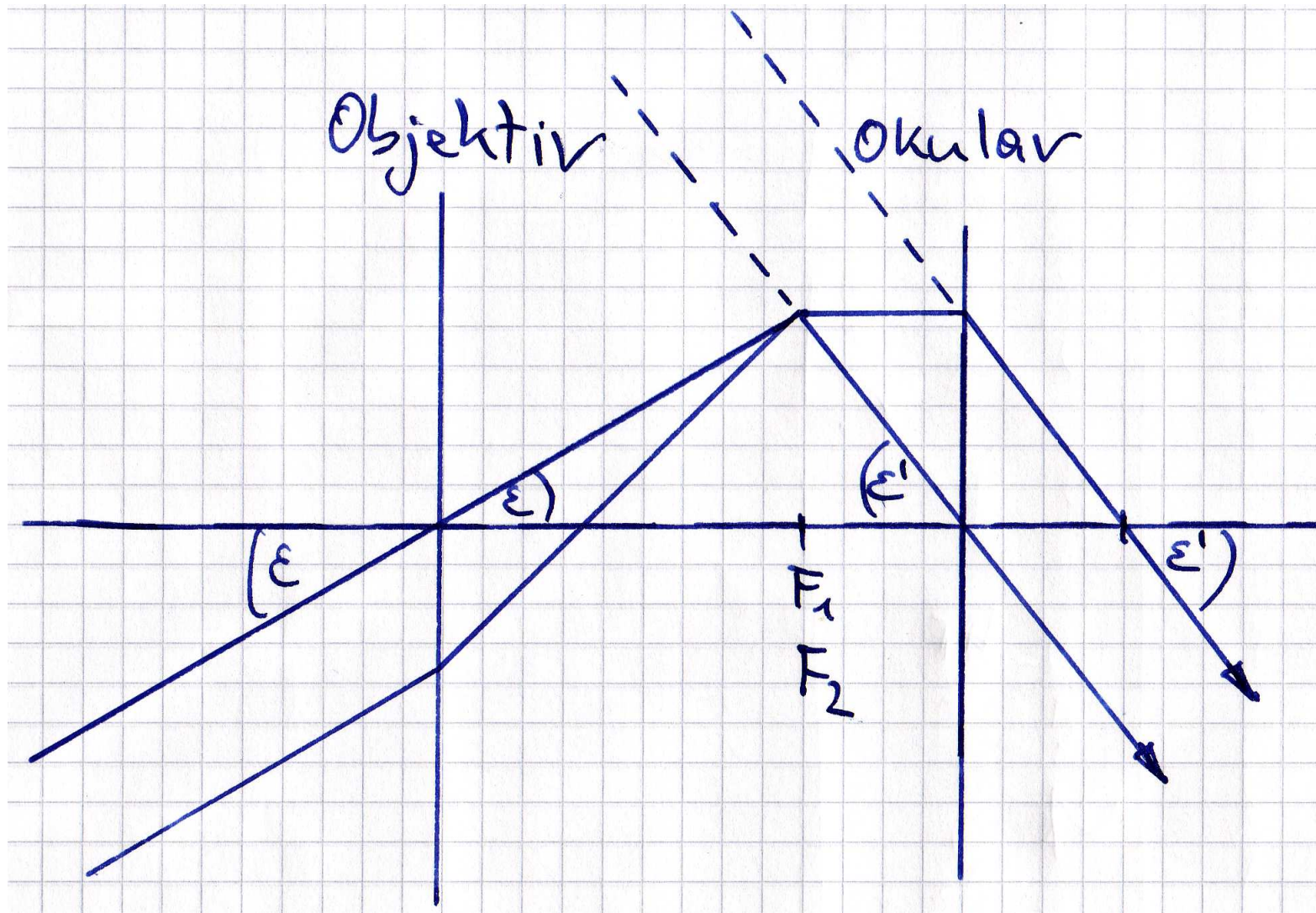


Keplersches Fernrohr mit Umkehrlinse: terrestrisches Fernrohr



Astronomisches Fernrohr

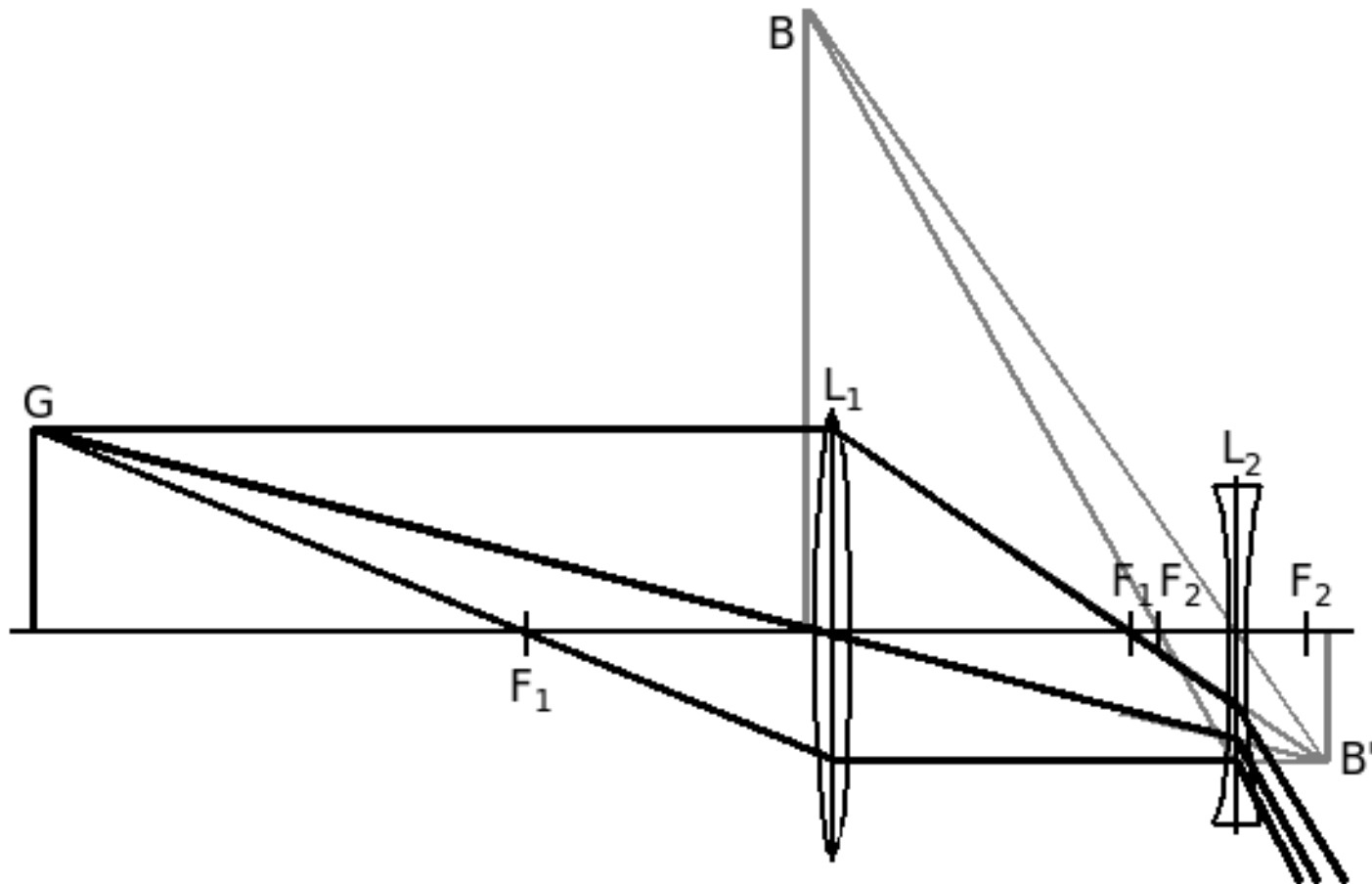
Winkelvergrößerung: $\frac{\epsilon}{\epsilon'} = -\frac{f_{Obj}}{f_{Oku}}$



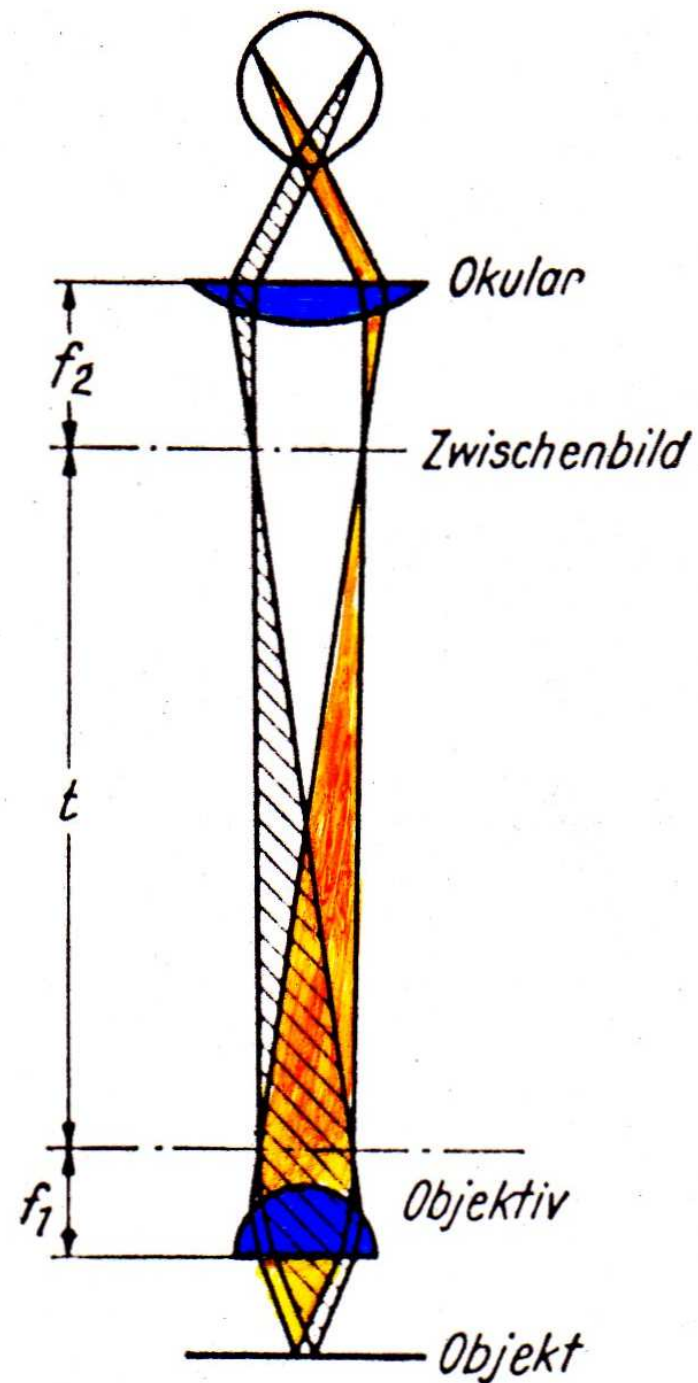
Holländisches oder Galileisches Fernrohr

kurze Bauweise & aufrechtes Bild

aber: kleines Sehfeld & kein Fadenkreuz in Zwischenbildebene (fehlt!) möglich

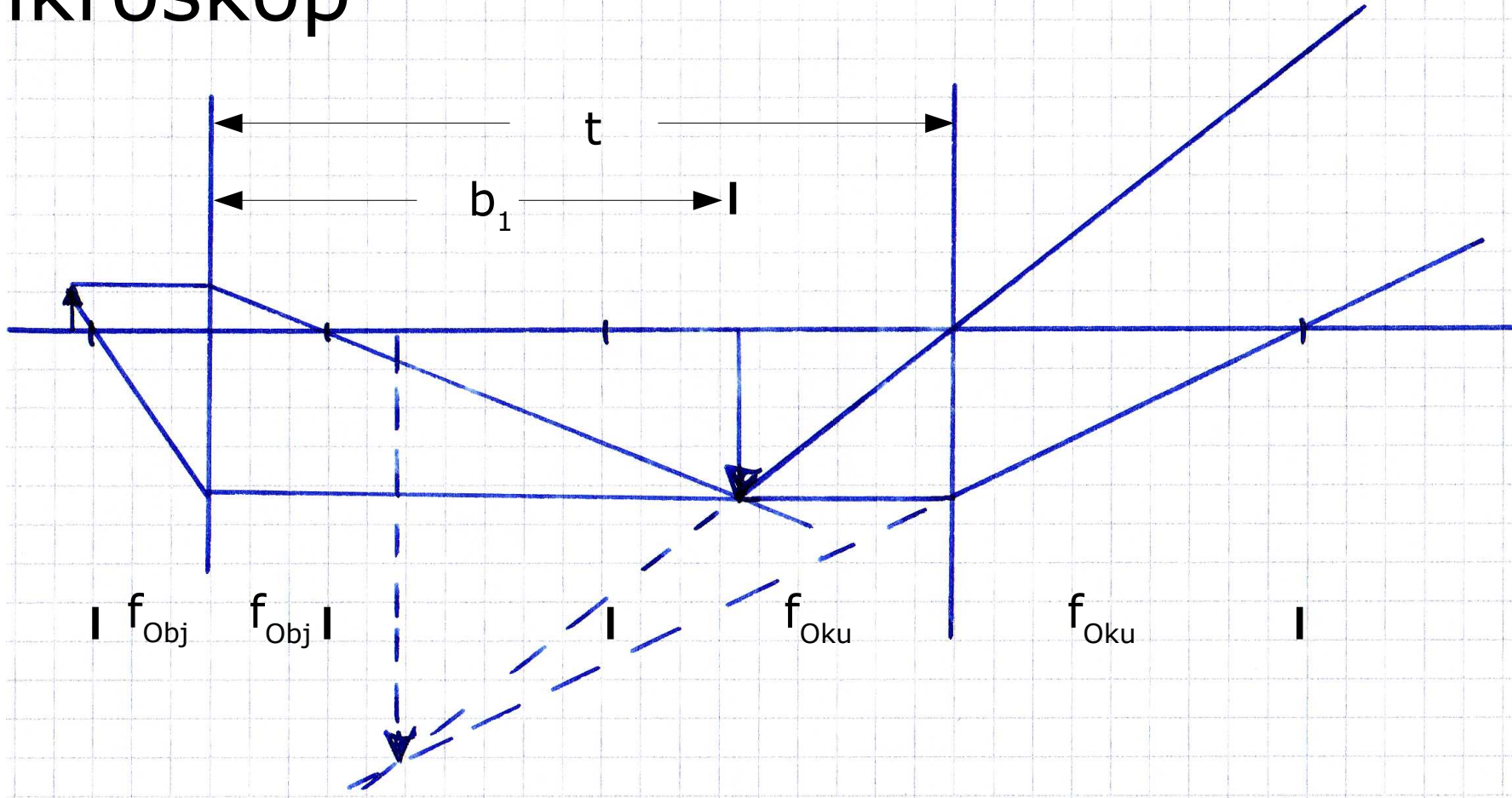


Mikroskop



Der Strahlengang im Mikroskop

Mikroskop



Tubuslänge $t \gg f_{Obj}, f_{Oku} \rightarrow b_1 \approx t$

Abbildungsmaßstab des Objektivs: $\beta' = \frac{t}{f_{Obj}}$

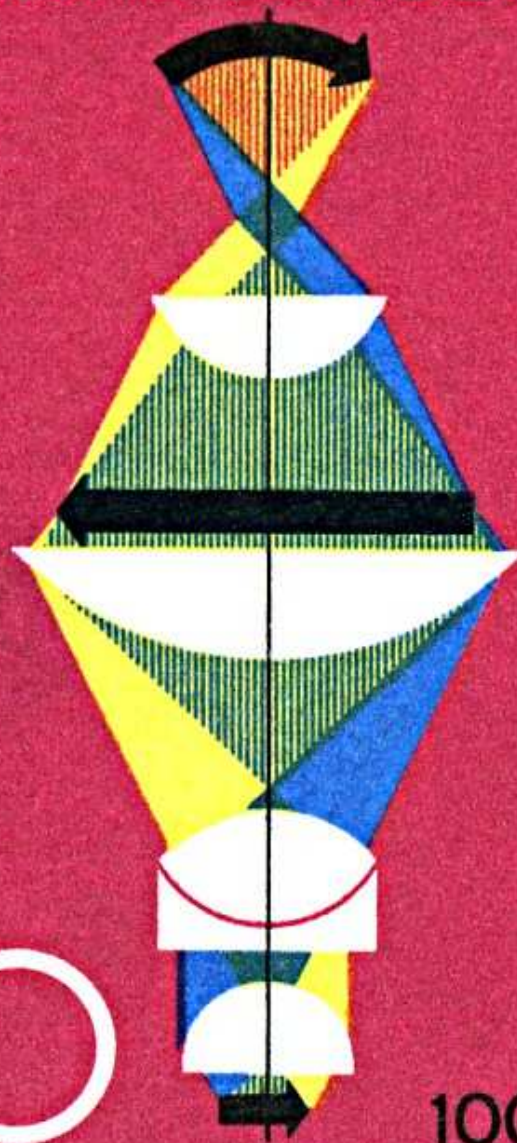
Okular als Lupe, Abbildungsmaßstab: $\beta' = \frac{25\text{cm}}{f_{Oku}}$

$$\beta = \beta' \beta'' = \frac{t \cdot 25\text{cm}}{f_{Oku} f_{Obj}}$$

DEUTSCHE BUNDESPOST

Abbe · Zeiss

30



wissenschaftlicher Mikroskopbau

100 Jahre

1968

Immersionsobjektiv

Vergrößerung der numerischen Apertur $NA = n \sin(\alpha)$

- * Helligkeit
- * Auflösung

