

III Geometrische Optik ("Strahlenoptik")

Grenzfall der Wellenoptik: $\text{Objekte} \gg \lambda$



↑ Phasenflächen s. ebener Welle
Beugung vernachlässigbar!

Strahl:

Normale zur Phasenfläche

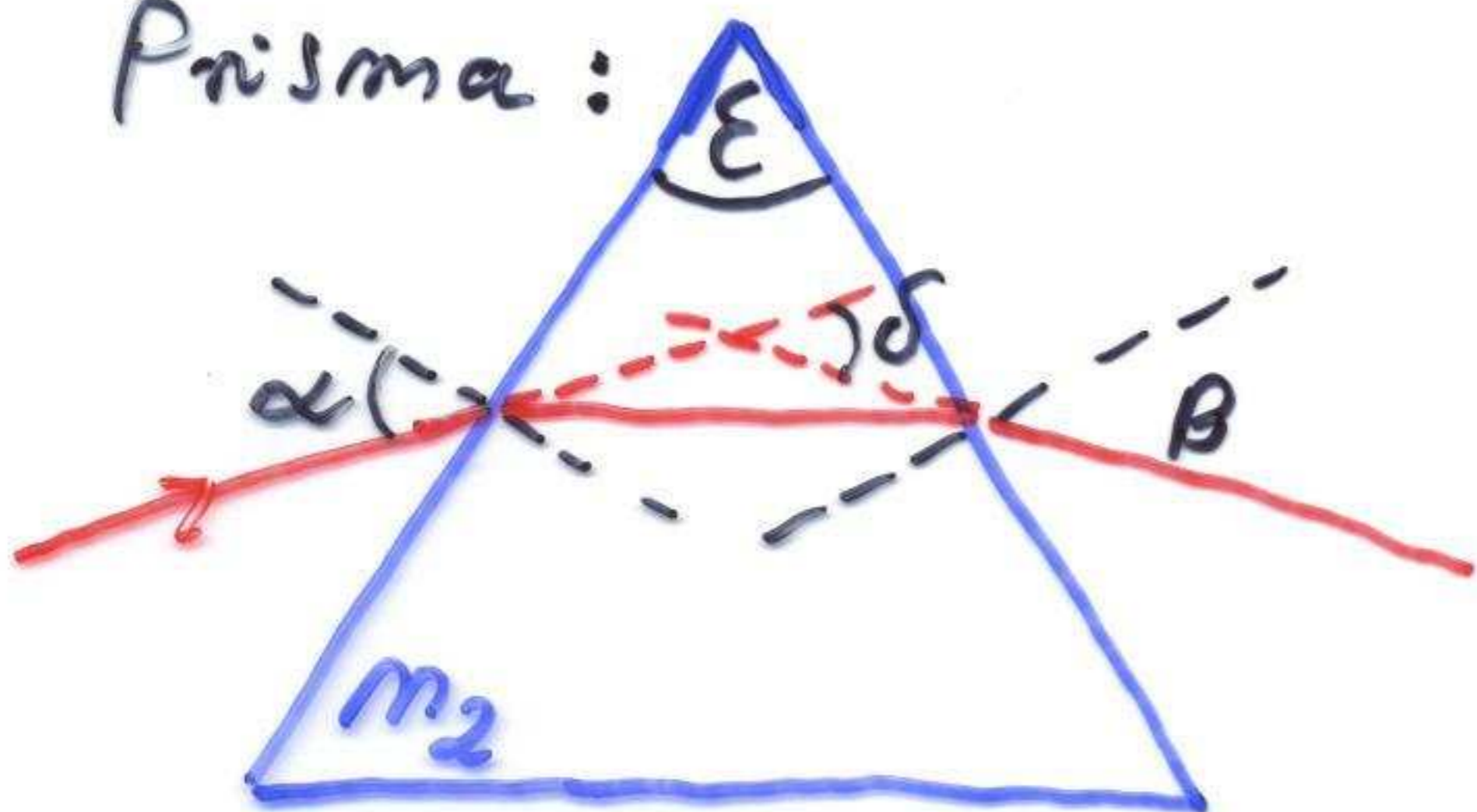
geometrische Optik:

- Lichtstrahlen breiten sich in homogenen Medien geradlinig aus
- Objekte sind groß gegen Wellenlänge, d.h. keine Beugung

1. Reflexion / Brechung wie bei Wellenoptik.

2. Optische Geräte

Prisma:



brechender Winkel ϵ
Ablenkwinkel δ

$$\delta = \alpha + \beta - \epsilon$$

δ ist minimal bei

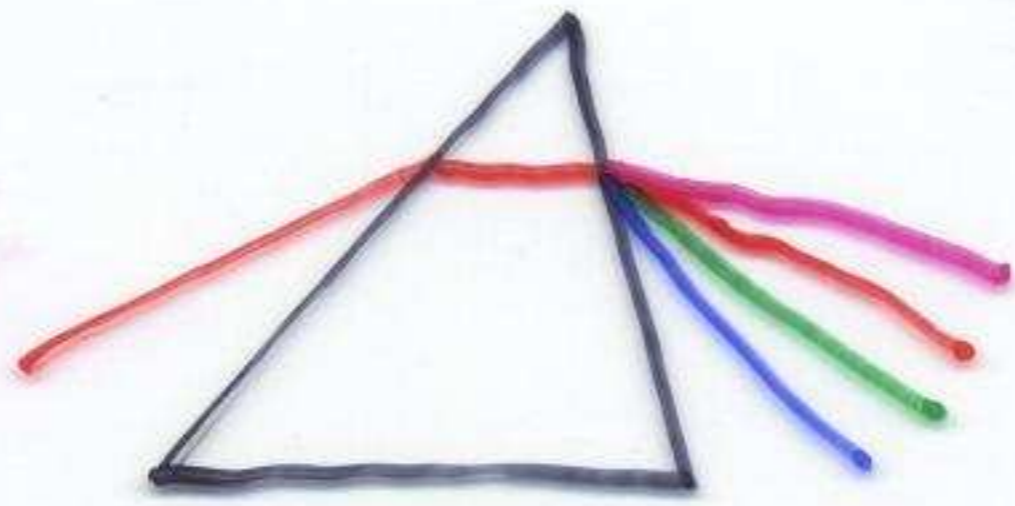
symmetrischem Strahlengang

Anwendungen: - Bestimmung v. m_2 d. Substanz durch δ_{\min}

- Prismenspektrometer ($\delta = \delta(\lambda)$)

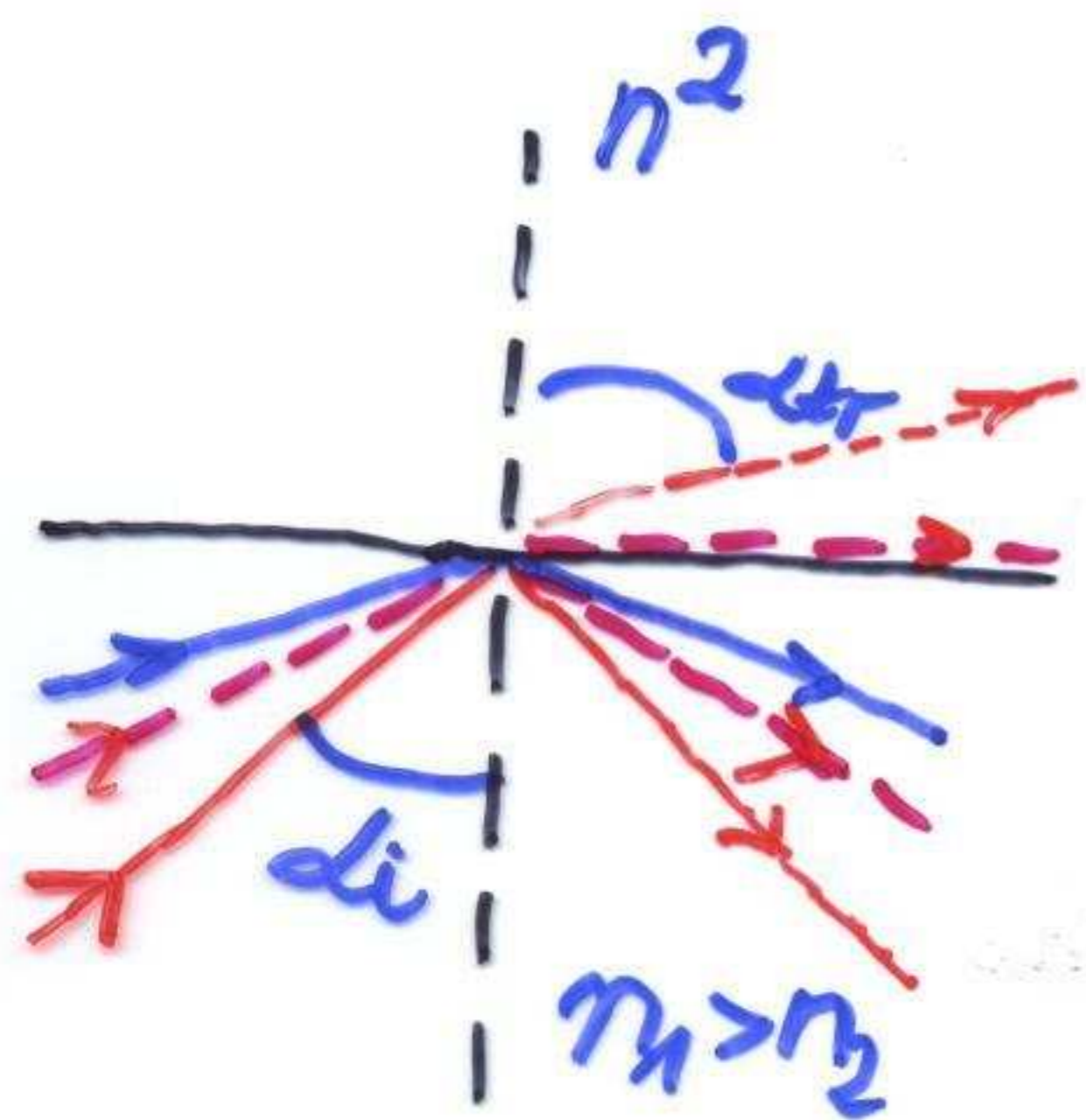
FARB-

Aufspaltung



am Prisma
(wegen $n(\omega)$)

Totalreflexion b. Übergang v. optisch dichterem zum dünneren Medium:



$$\sin \alpha_{tr} = \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha_i$$

$> 1!$

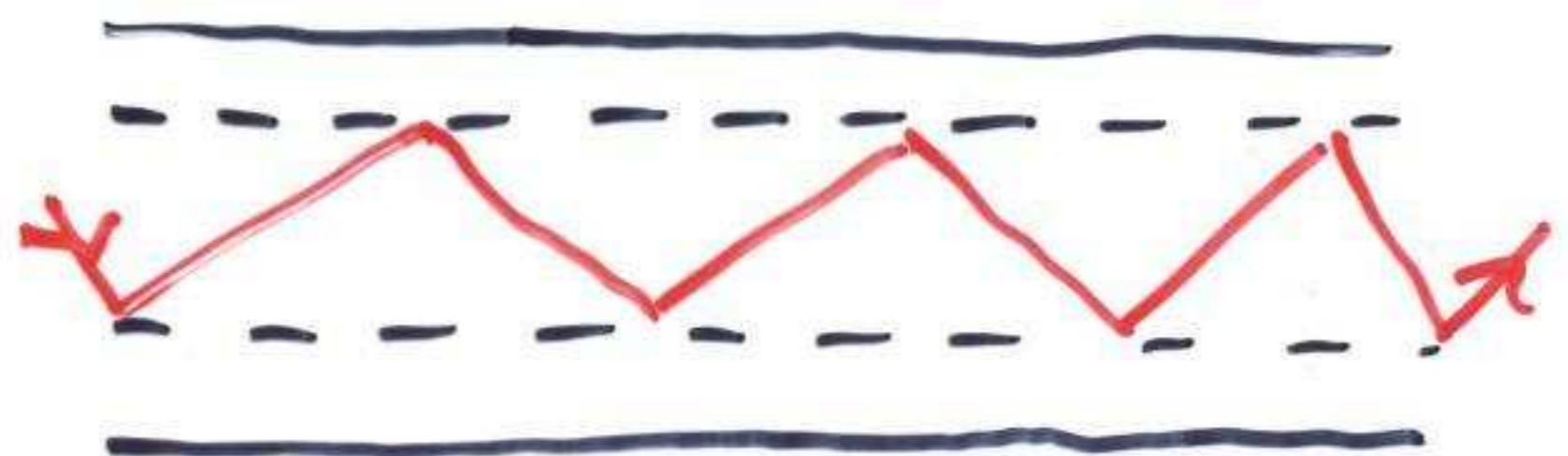
für Grenzwinkel $\alpha_i = \alpha_g$

wird $\sin \alpha_{tr} = 1$ bzw. $\alpha_{tr} = 90^\circ$
(rotor Strahl)

$$\sin \alpha_g = \frac{n_2}{n_1} \text{ "Grenzwinkel d. Totalreflexion"}$$

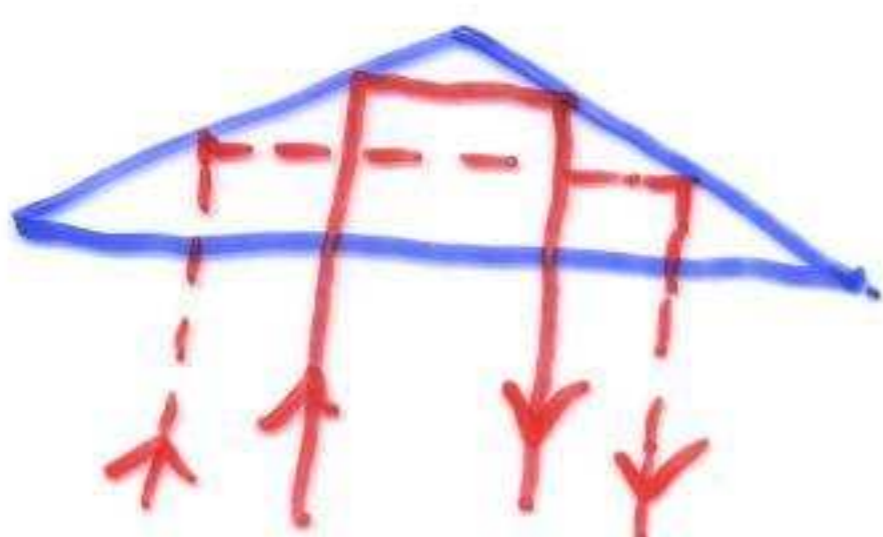
Anwendungen:

Glasfaser für optische Nachrichtenvermittlung



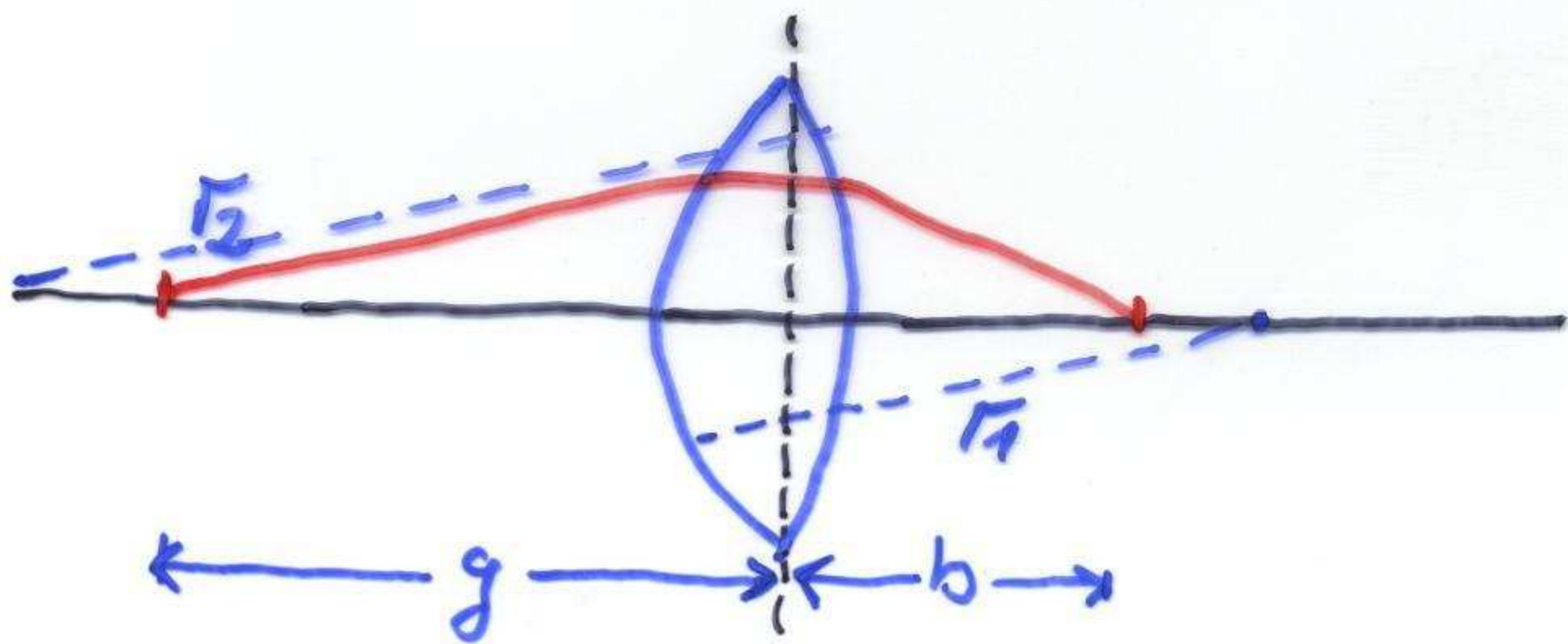
$n_{\text{Kern}} > n_{\text{Mantel}}$

Umdrehungsprisma



"Katzenuhr"
oder im
Prismenfernglas

3. Linsen



r : Radien

g : Gegenstandsweite

b : Bildweite

Linse: n umgeben von Luft

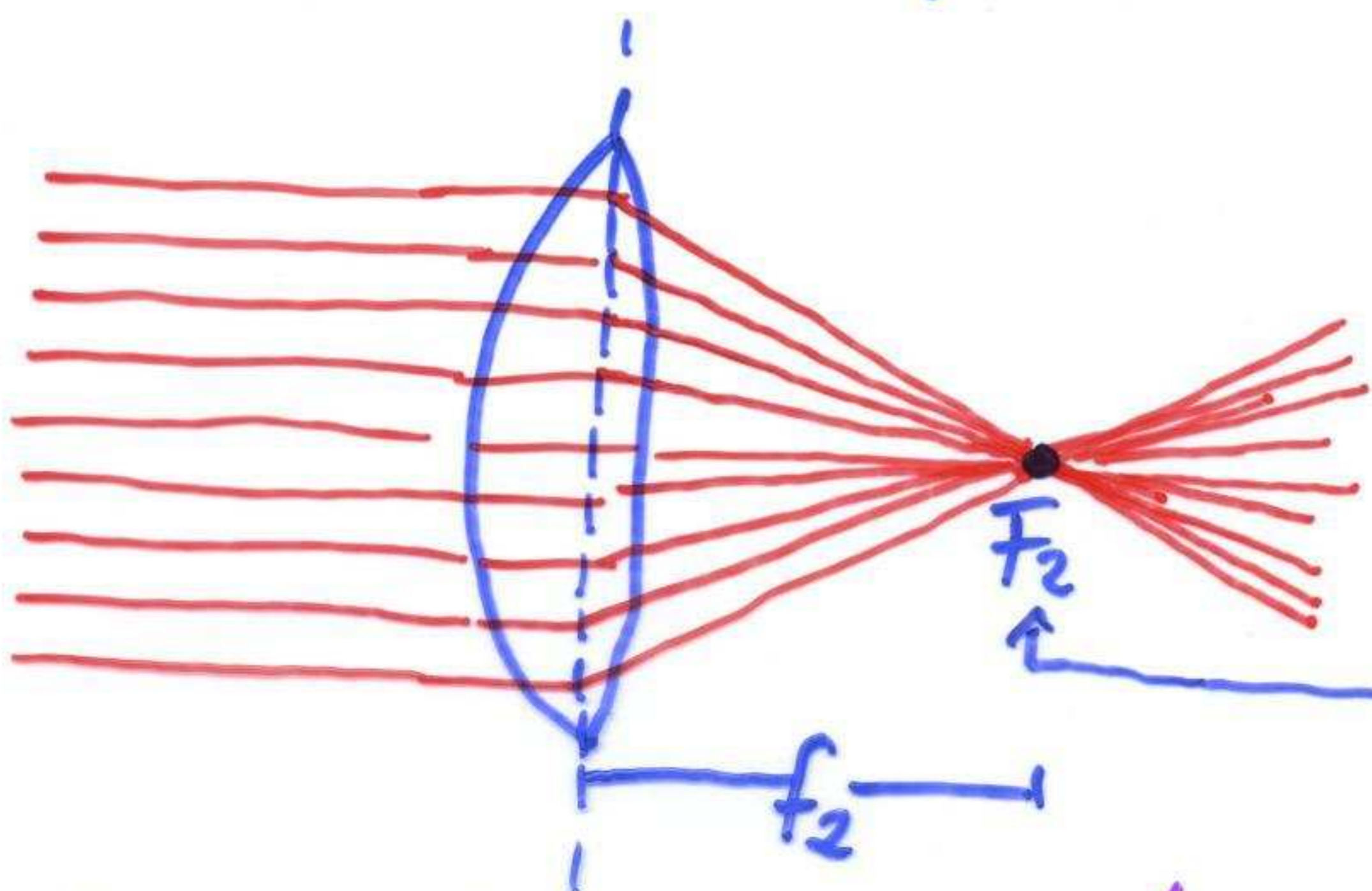
für dünne, bikonvexe Linse gilt:

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \triangle \text{ Vorzeichen}$$

$g > 0$ Einfallseite
 $g < 0$ Transmissionsseite

$b > 0$ Transmissionsseite (reelles Bild)
 $b < 0$ Einfallseite (virtuelles Bild)

$r \geq 0$ Krümmungsmittelpunkt auf Transmissionsseite
 $r \leq 0$ Krümmungsmittelpunkt auf Einfallseite

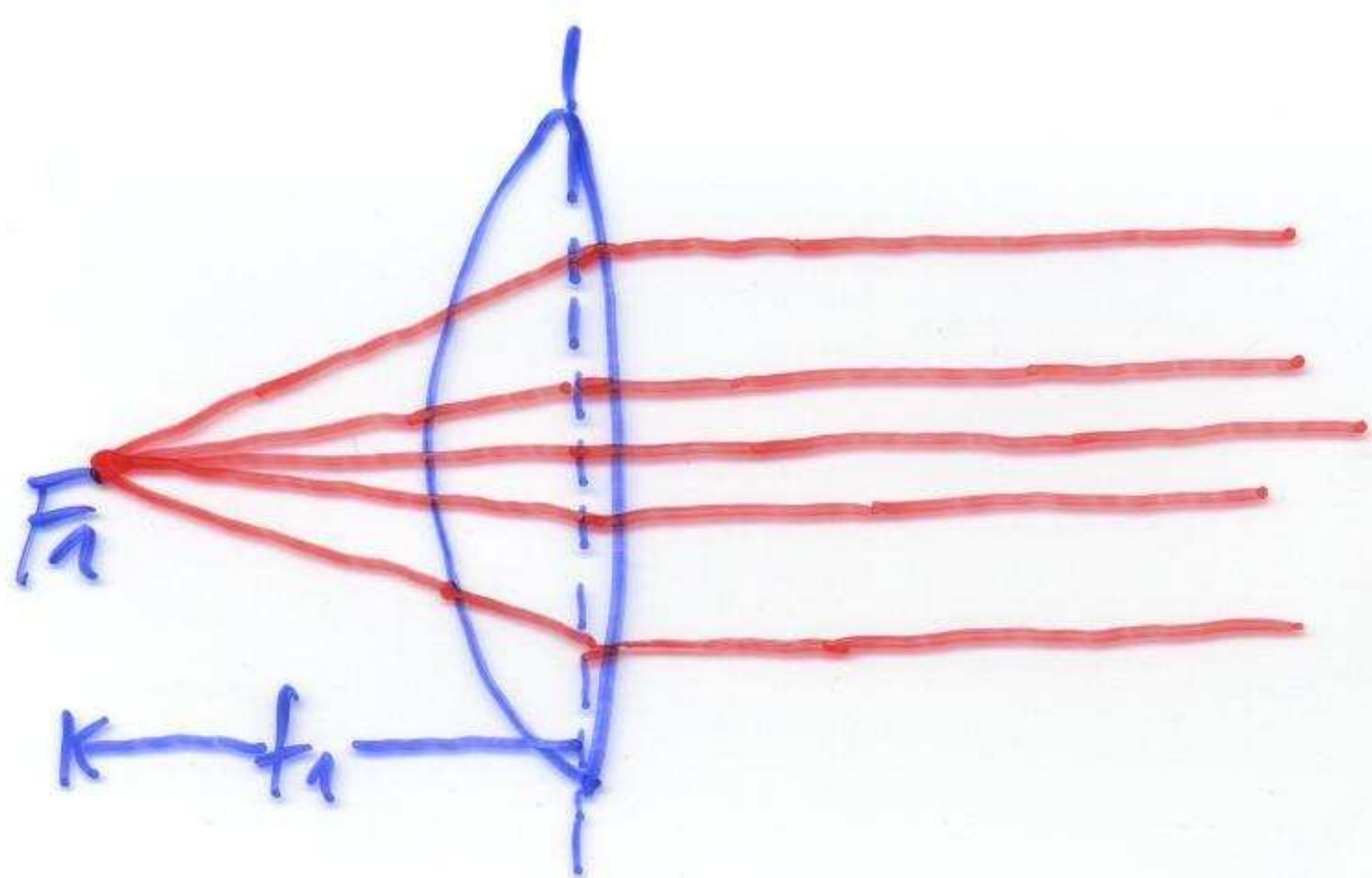


achsenparallele Strahlen schneiden sich im bildseitigen Brennpunkt F_2

$(g = +\infty, b = f_2 (> 0))$

$$\frac{1}{f_2} = D_2 = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

\uparrow Brechkraft [dopt] = [1/m]
 "Dioptrie"



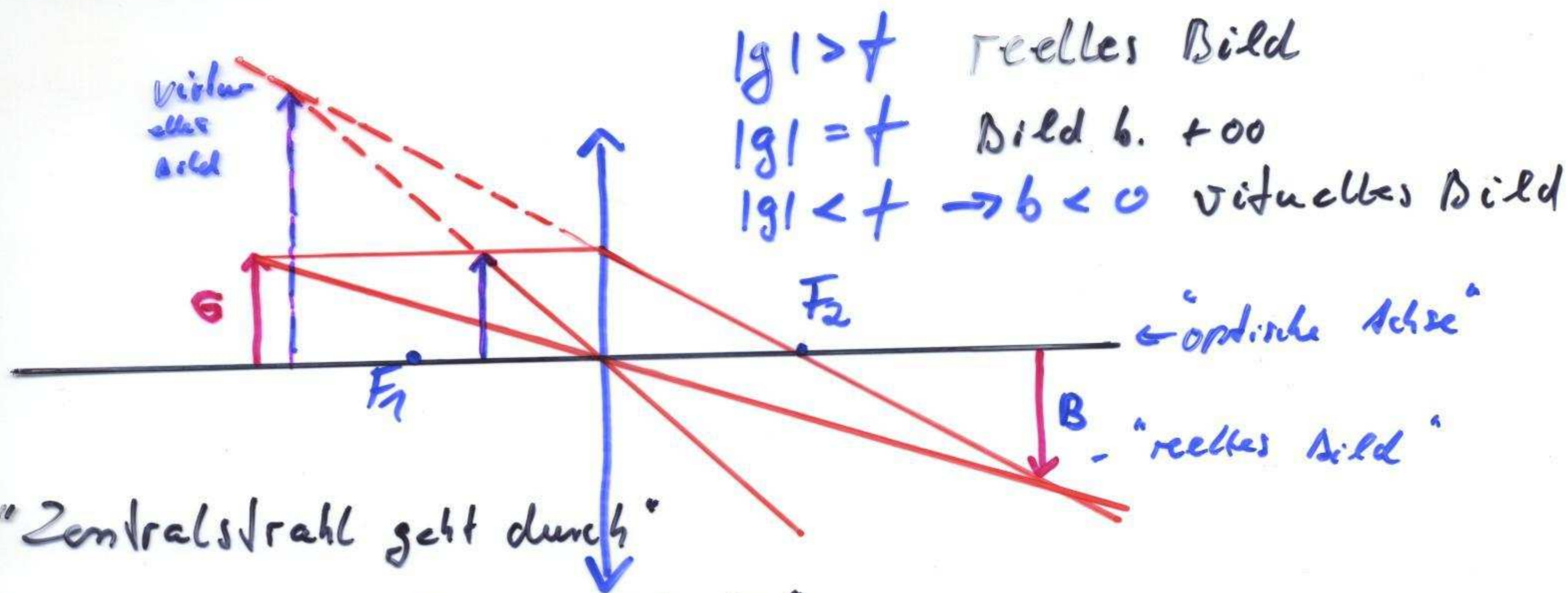
Strahlen durch den gegenstandseitigen Brennpunkt F_1 verlaufen bildseitig parallel.

$$g = -f_1, b = \infty$$

Vergleich zeigt: $|f_1| = |f_2| =: f$ Brennweite

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

Bildkonstruktion b. dünner Sammellinse



$|g| > f$ reelles Bild

$|g| = f$ Bild b. $\pm \infty$

$|g| < f \rightarrow b < 0$ virtuelles Bild

← "optische Achse"

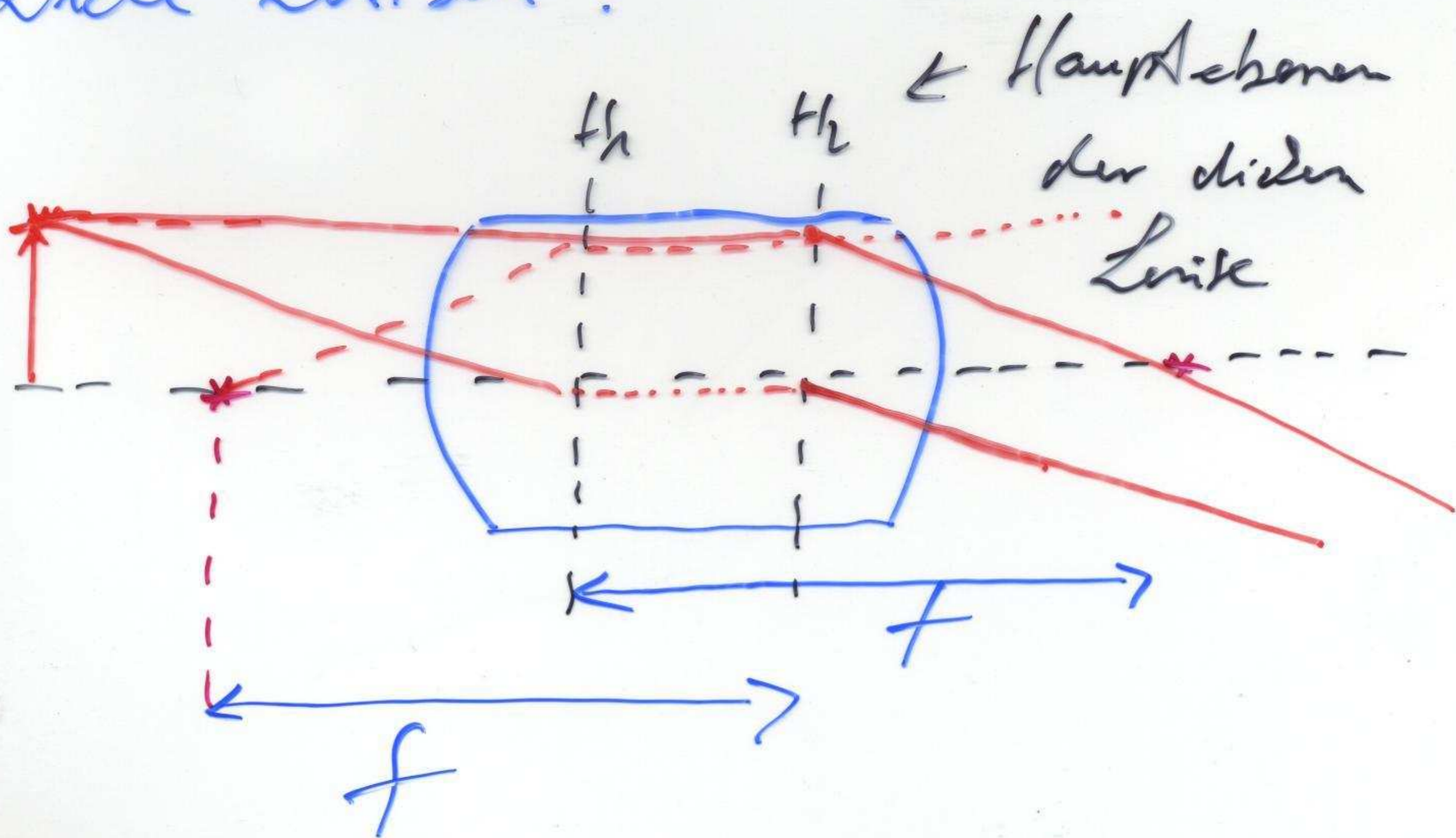
B - "reelles Bild"

- "Zentralstrahl geht durch"
- "Brennstrahl \rightarrow Parallel-Strahl"
- "Parallel-Strahl \rightarrow Brennstrahl"

Abbildungsmaßstab: $\beta = -\frac{b}{g} = \frac{B}{G} = \frac{f}{g+f}$

Vorzeichen: $\beta < 0$: umgekehrtes Bild!

Dicke Linsen :



Hauptebenenkonstruktion für

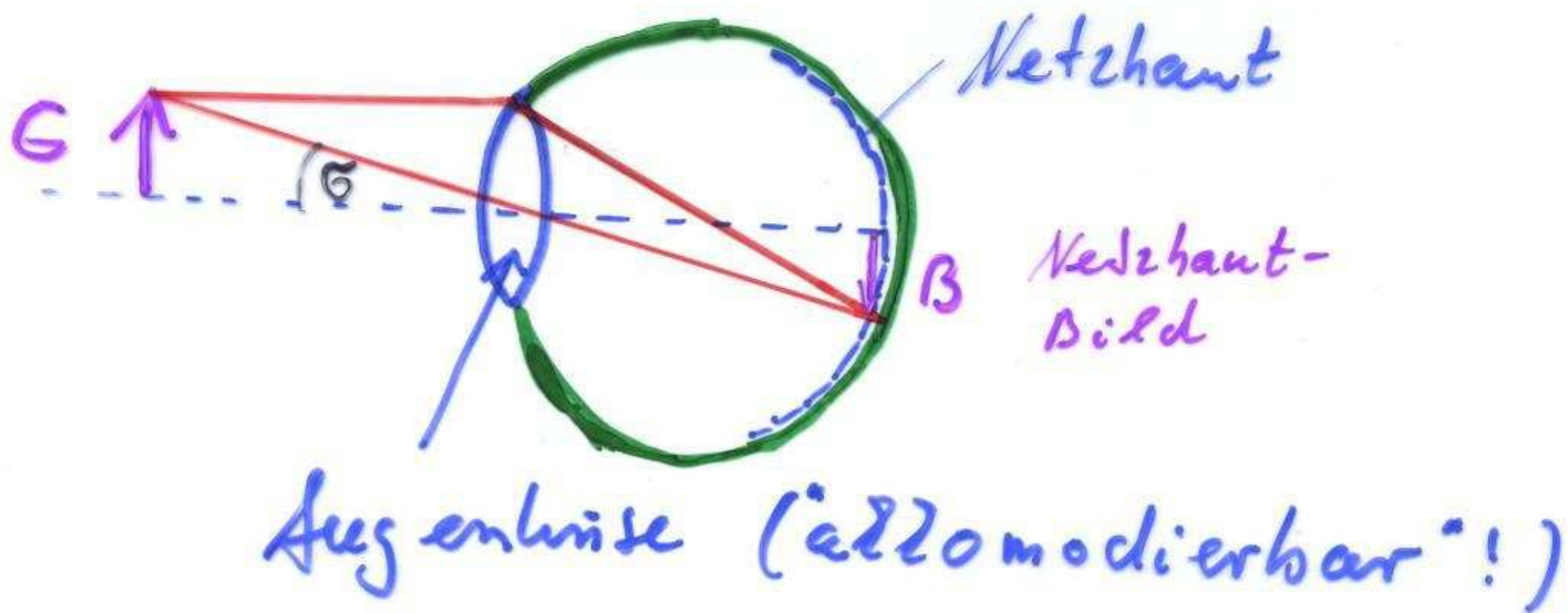
dicke Linsen und Linsensysteme :

mit der Definition v. g, b, f relativ zu den Hauptebenen gilt wieder

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f} \quad ; \quad \beta = -\frac{b}{g} = \frac{B}{G}$$

4. Optische Instrumente

1. Das Auge



$$B \propto \alpha \quad \text{Sehwinkel}$$

Nahpunkt (ca.) 25 cm

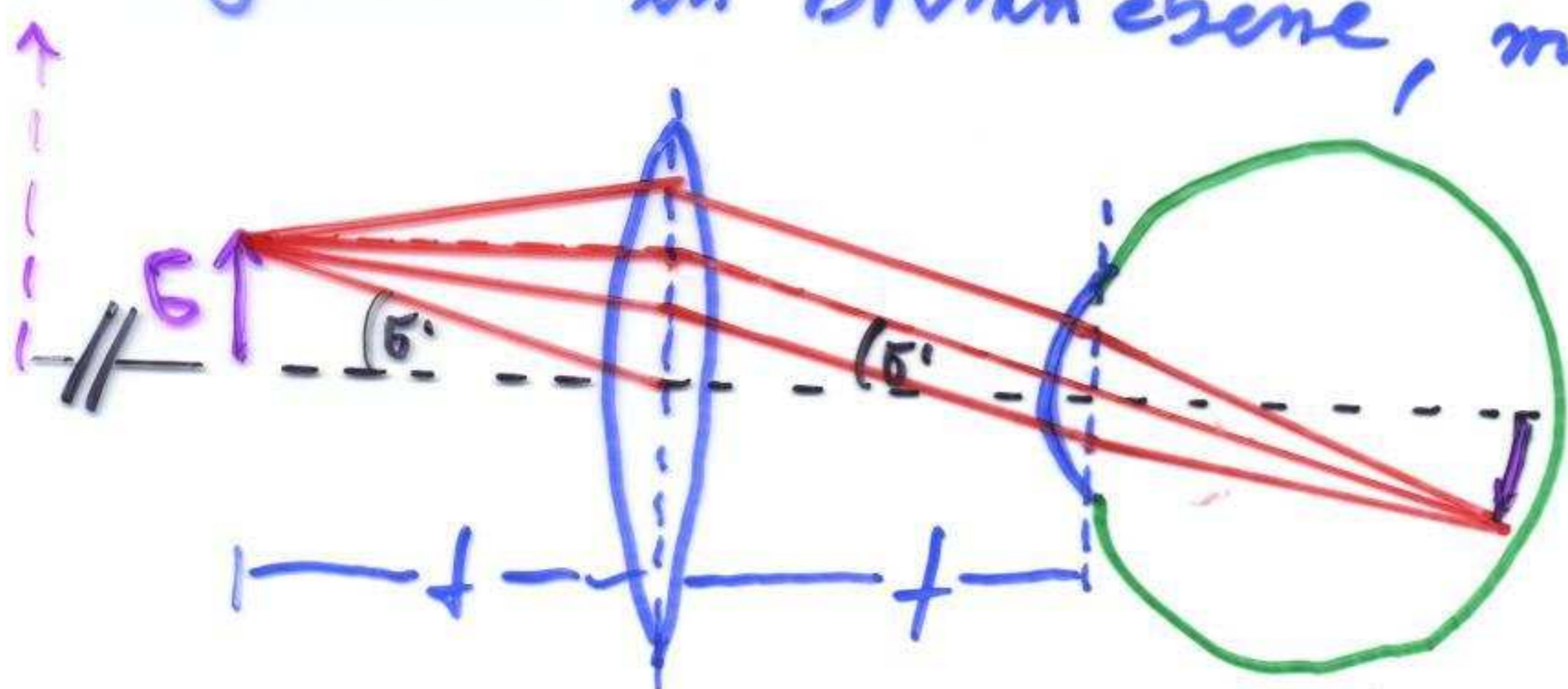
" deutliche Sehweite s_0 "

Vergroößerung z. optischen Instruments

$$\Gamma = \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha} \approx \frac{\alpha'}{\alpha} \leftarrow \text{Sehwinkel mit Instrument}$$

2. Lupe Sammellinse mit kurzer Brennweite

Gegenstand in Brennebene, mit entspanntem Auge

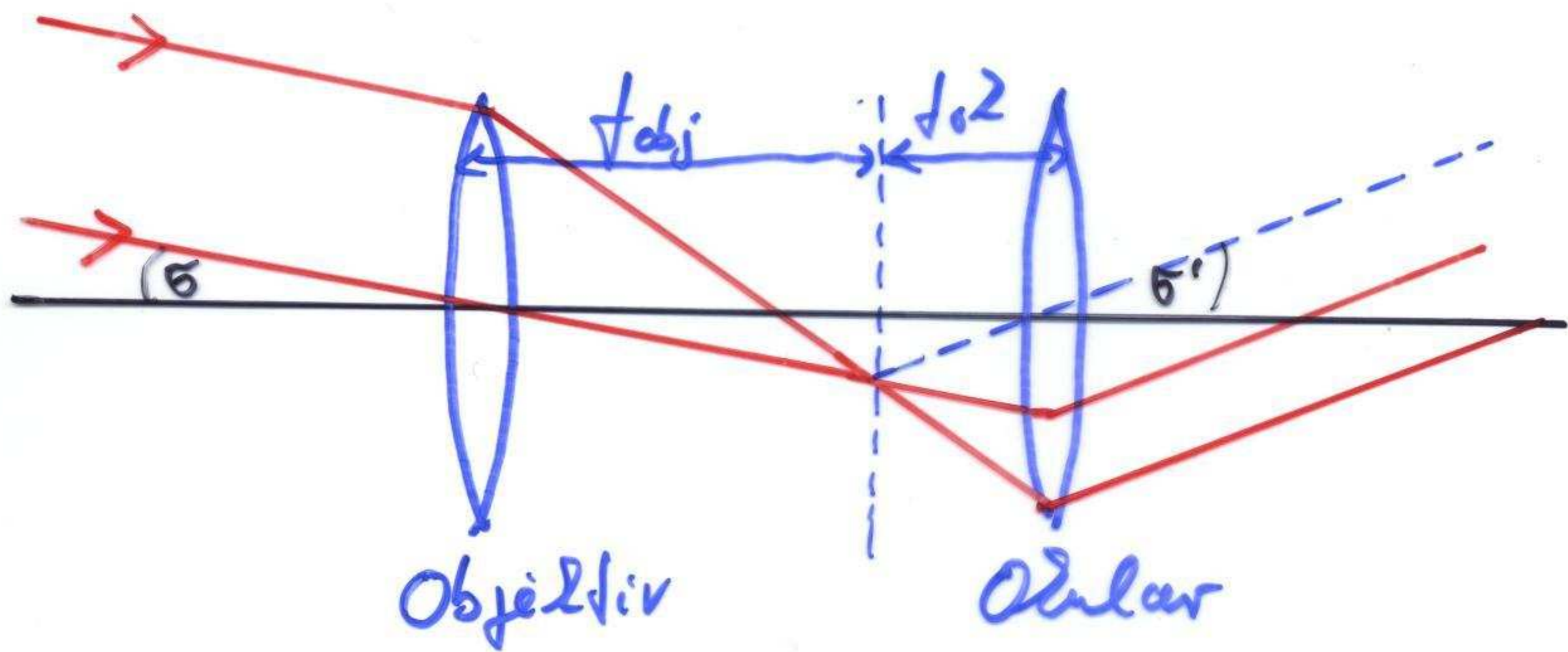


$$\Gamma = s_0 / f$$

3. Fernrohr

Kepler'sches Fernrohr:

Objektivlinse großer Brennweite erzeugt ein reelles (umgekehrtes) Bild eines entfernten Objekts, das mit einer Lupe (= Okular) betrachtet wird



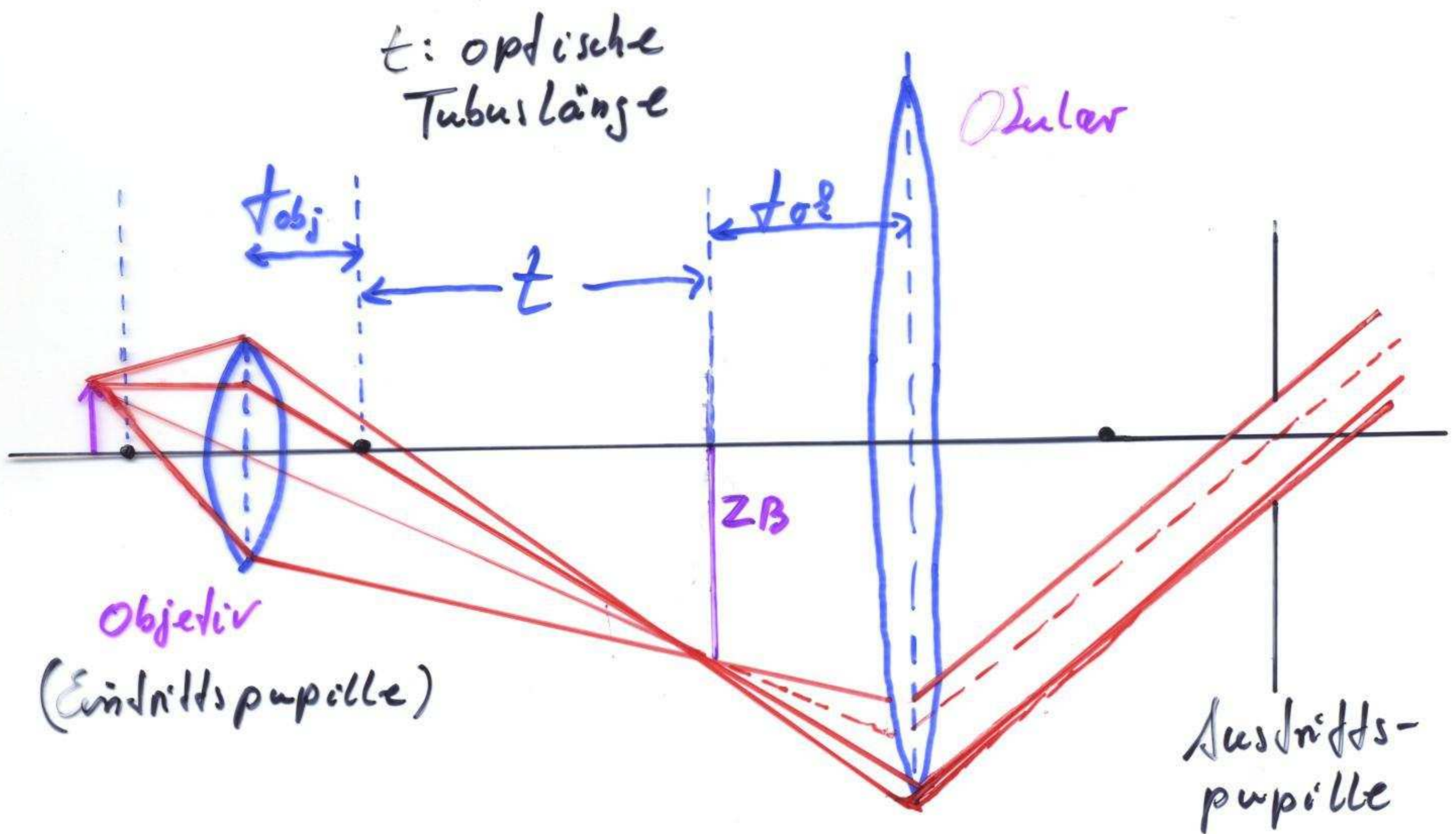
Zwei Linsen mit gemeinsamem Brennpunkt

$$\Gamma = -f_{obj}/f_{ok}$$

umgekehrtes Bild

4. Mikroskop

Objektiv sehr kurzer Brennweite erzeugt, vergrößertes, reelles (u. umgedrehtes) Zwischenbild, das mit einer Lupe (= Okular) betrachtet wird



Austrittspupille = Abbildung der Eintrittspupille \rightarrow Ort des Auges

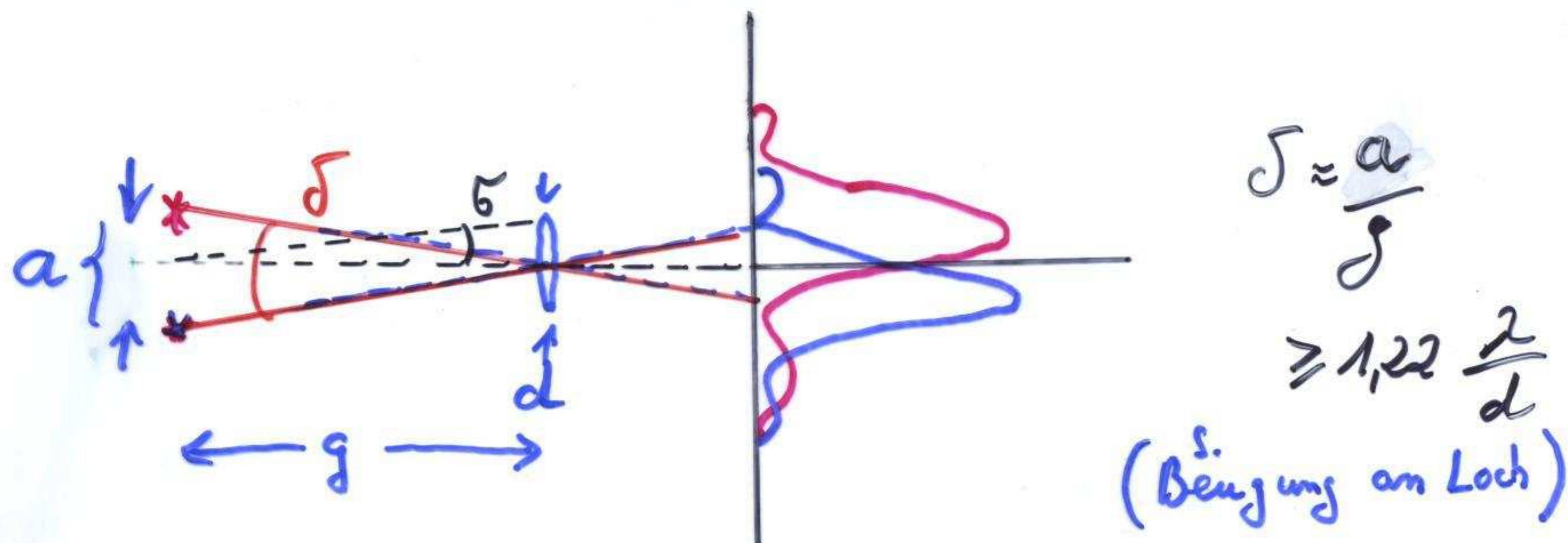
Vergrößerung: $\Gamma = \beta_{obj} \cdot \Gamma_{ok} = \left| \frac{t \cdot s_o}{f_{obj} \cdot f_{ok}} \right|$

$$\left(\beta_{obj} = \left| \frac{t}{f_{obj}} \right| \quad \Gamma_{ok} = \left| \frac{s_o}{f_{ok}} \right| \right)$$

mit $f_{obj} + t = b$

Auflösungsvermögen begrenzt durch
Beugung an der Objektiv-Öffnung

Beugungsscheiben von zwei benachbarten
Objekten müssen klar getrennt sein



Öffnungswinkel

$$\alpha = g \cdot \sin \alpha = \frac{d}{2}$$

mit Medium mit Brechungsindex

n zwischen Objektiv & Objekt: $\lambda \approx \lambda/n$

$$\Rightarrow \Delta = 0,61 \cdot \frac{\lambda}{N_A}$$

$$N_A = n \cdot \sin \alpha$$

Auflösungsvermögen

"numerische Apertur"

Anwendung eines "Immerionsöls" zur Verbesserung
der Auflösung in der Mikroskopie