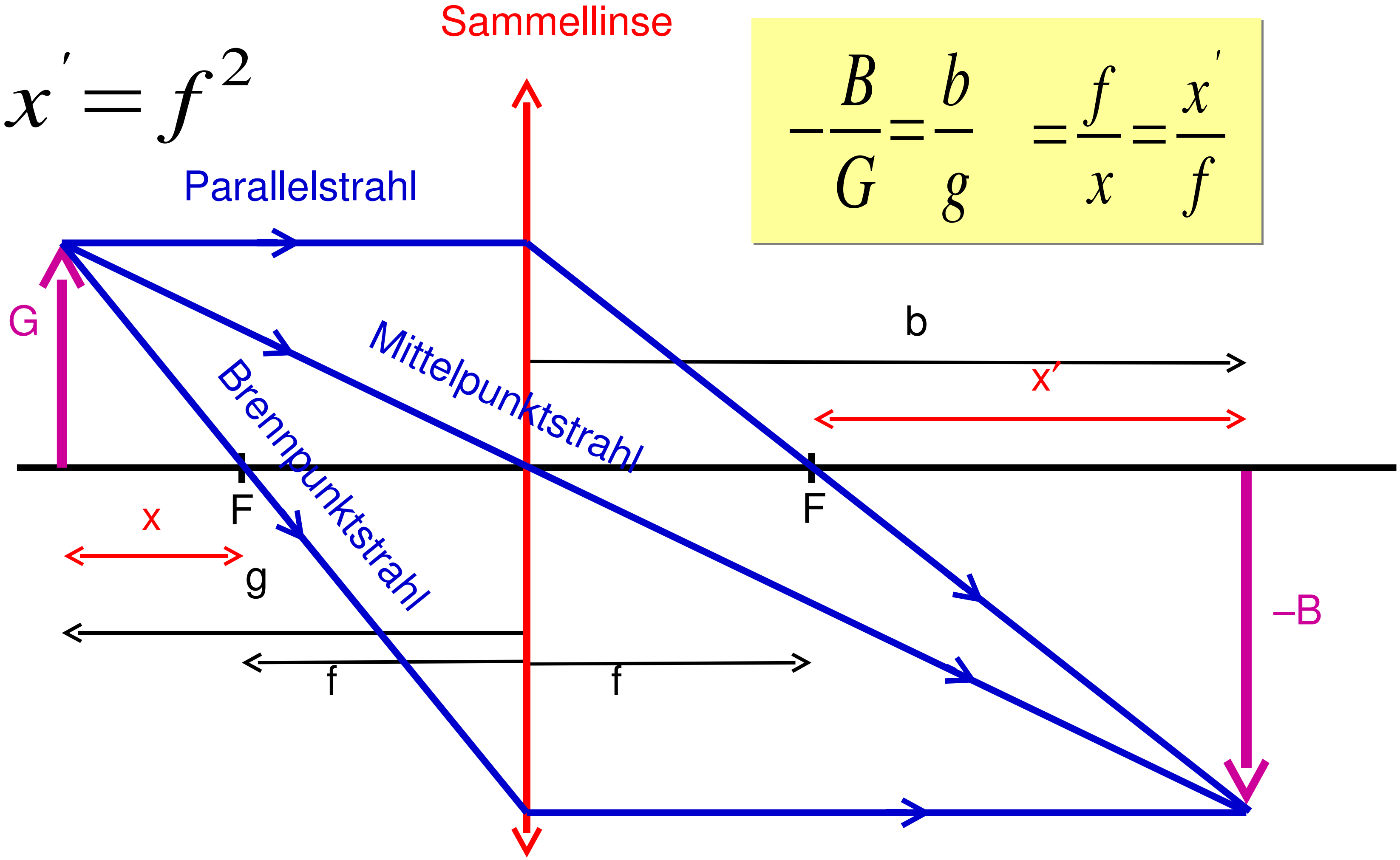
$$\mathbf{x}\cdot x' = f^2$$

$$-\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{f}{x} = \frac{x'}{f}$$



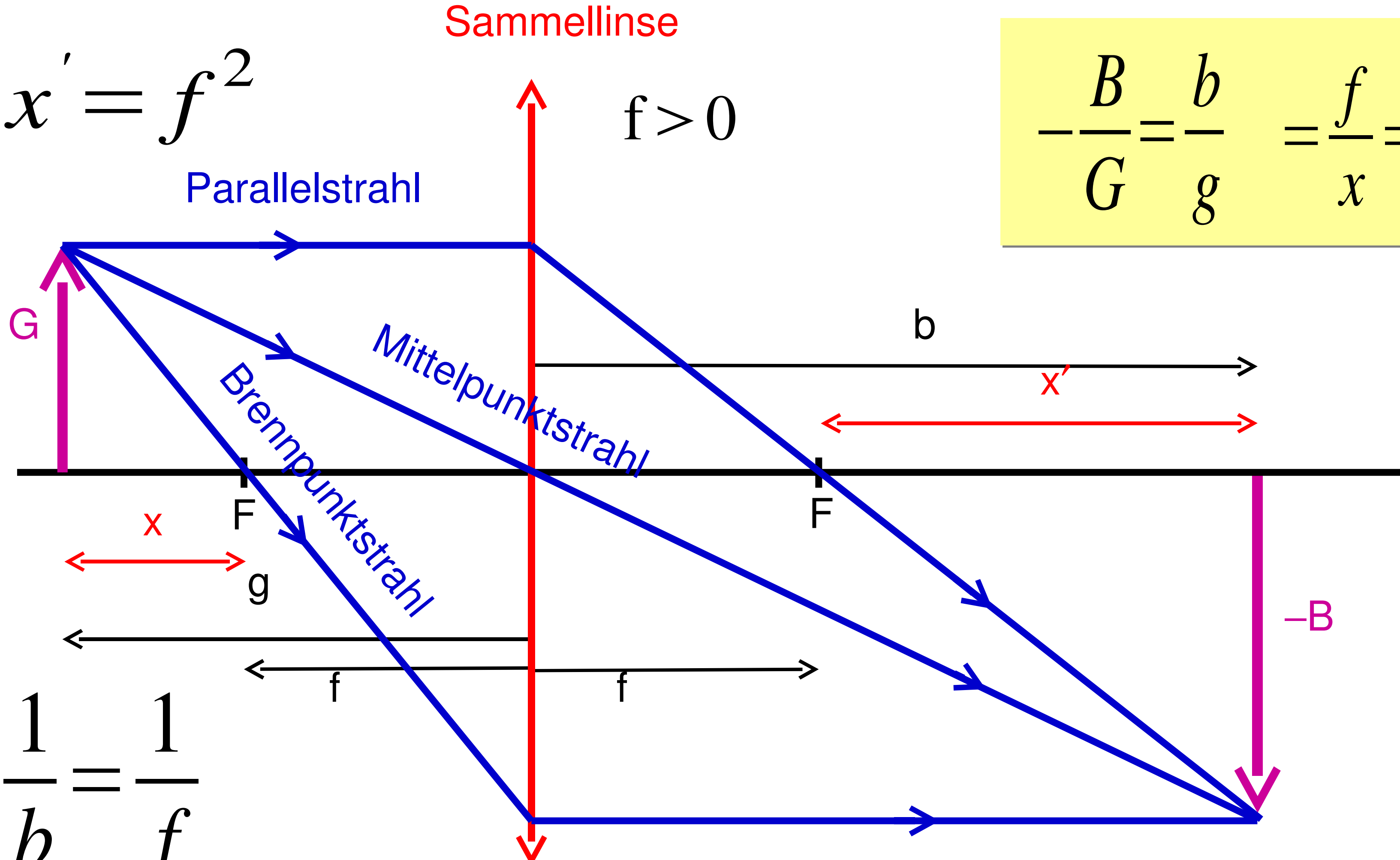
- x = x′ = f $\Rightarrow$ | B/G | = 1 eins-zu-eins-Abbildung
- Abstand Quelle-Schirm = g + b fest, verschiebe Linse

  $\Rightarrow$ 2 Stellungen mit scharfem Bild: x, x′ $\leftrightarrow$ x′, x

  $\Rightarrow$ Brennweitenmessung ohne <u>absolute</u> Linsenposition

$$\mathrm{x} \cdot x' = f^2$$

$$-\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{f}{x} = \frac{x'}{f}$$



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

$$g < 2\mathrm{f} \Rightarrow \left|\frac{B}{G}\right| > 1$$

$$g > 2\mathrm{f} \Rightarrow \left|\frac{B}{G}\right| < 1$$

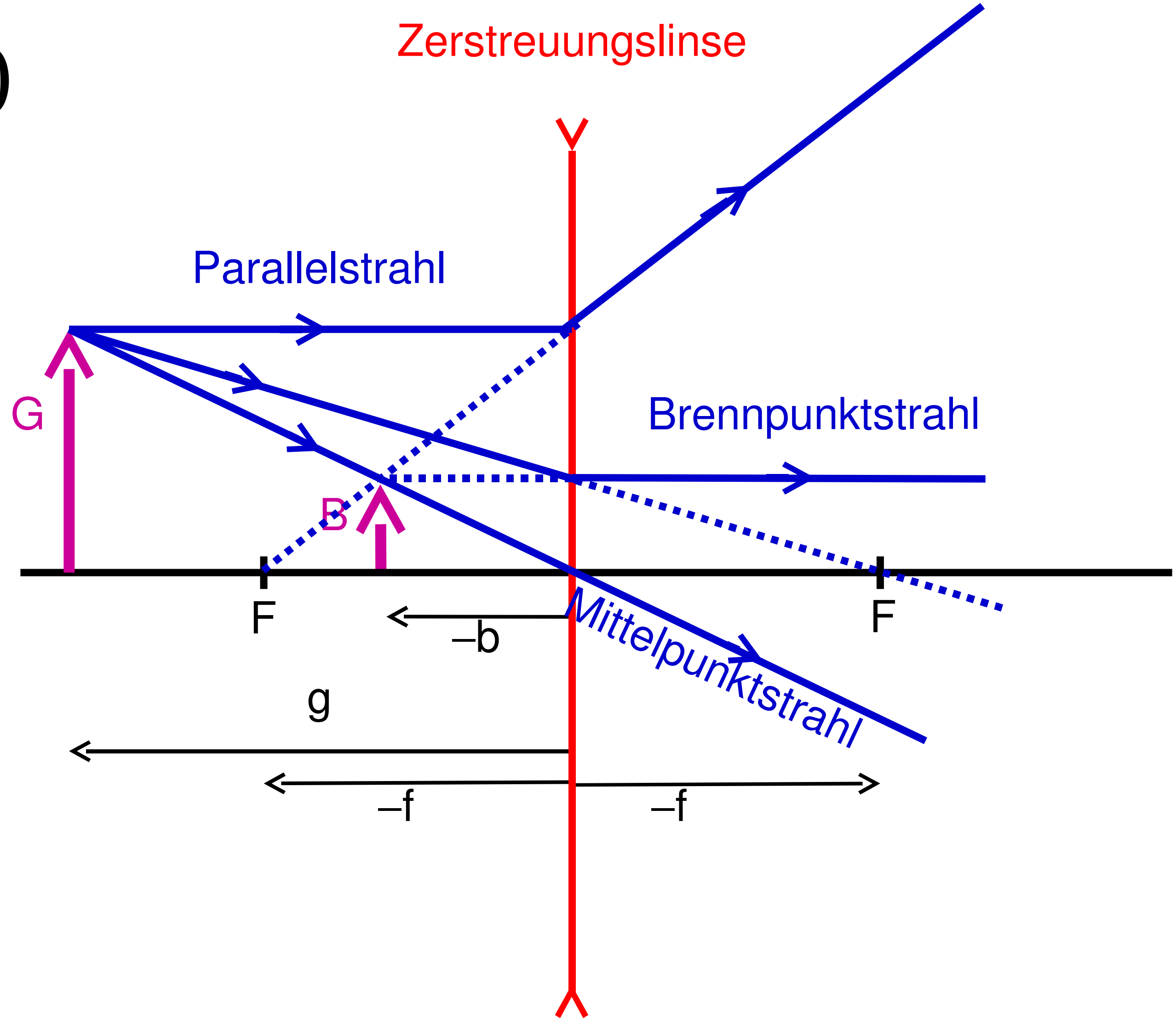
$g < f \Rightarrow$ aufrechtes, virtuelles Bild

$g > f \Rightarrow$ invertiertes, reelles Bild

$g = f \Rightarrow |b| = |B| = \infty$

$f < 0$

$b < 0$



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

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

- Verwende rückwärtige Brennpunkte ⇒ virtuelles Bild
- aufrechtes, verkleinertes, virtuelles Bild
- $0 < -b < -f$

3.5. Optische Instrumente

Aufgaben:
- Bilderzeugung: Kamera, Diaprojektor, …
- Vergrößerter Sehwinkel: Lupe, Mikroskop, Fernrohr, ...

Definition: Winkelvergrößerung $V = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$

Sehwinkel mit Instrument

Sehwinkel mit bloßem Auge

Definition: Deutliche Sehweite $s_0 = 25\,\mathrm{cm}$

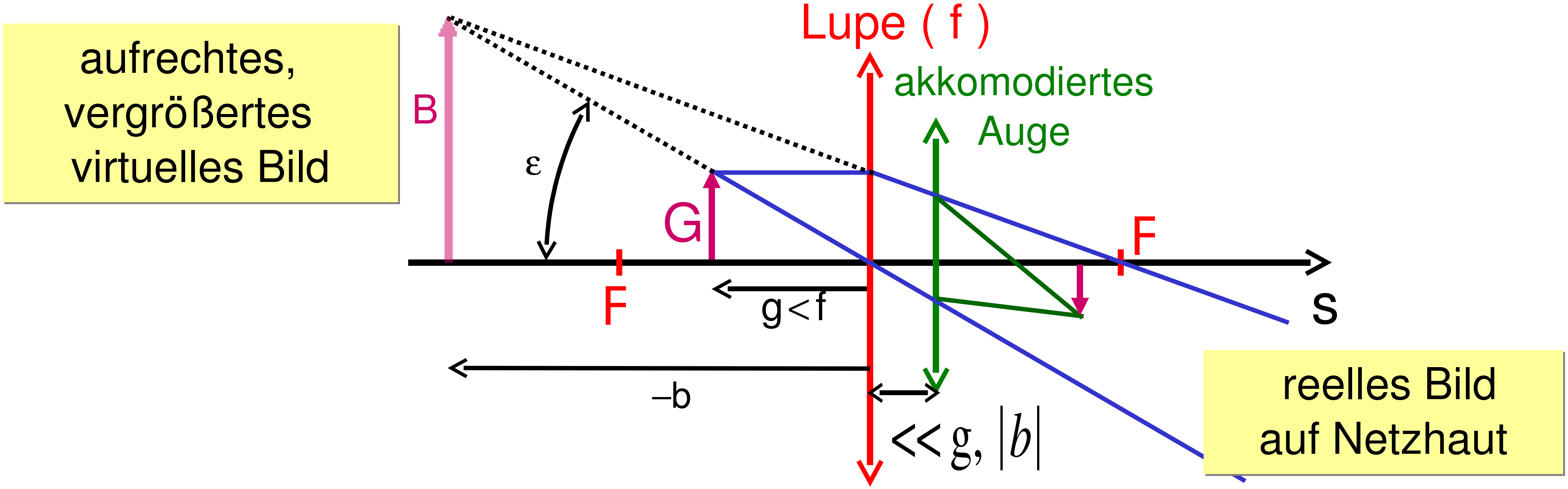
(ermüdungsfreie Akkomodation des Auges)

Bemerkung: Winkelvergrößerung i.a. $\neq$ Abbildungsmaßstab

Auflösung des Auges bei s_0: $\epsilon_0^{\min} = 1' \approx 0{,}3\,\mathrm{mrad}$

Kleinste sichtbare Objektgröße bei s_0: $\Delta x^{\min} = s_0 \epsilon_0^{\min} \approx 70\,\mu\mathrm{m}$

3.5.1. Die Lupe



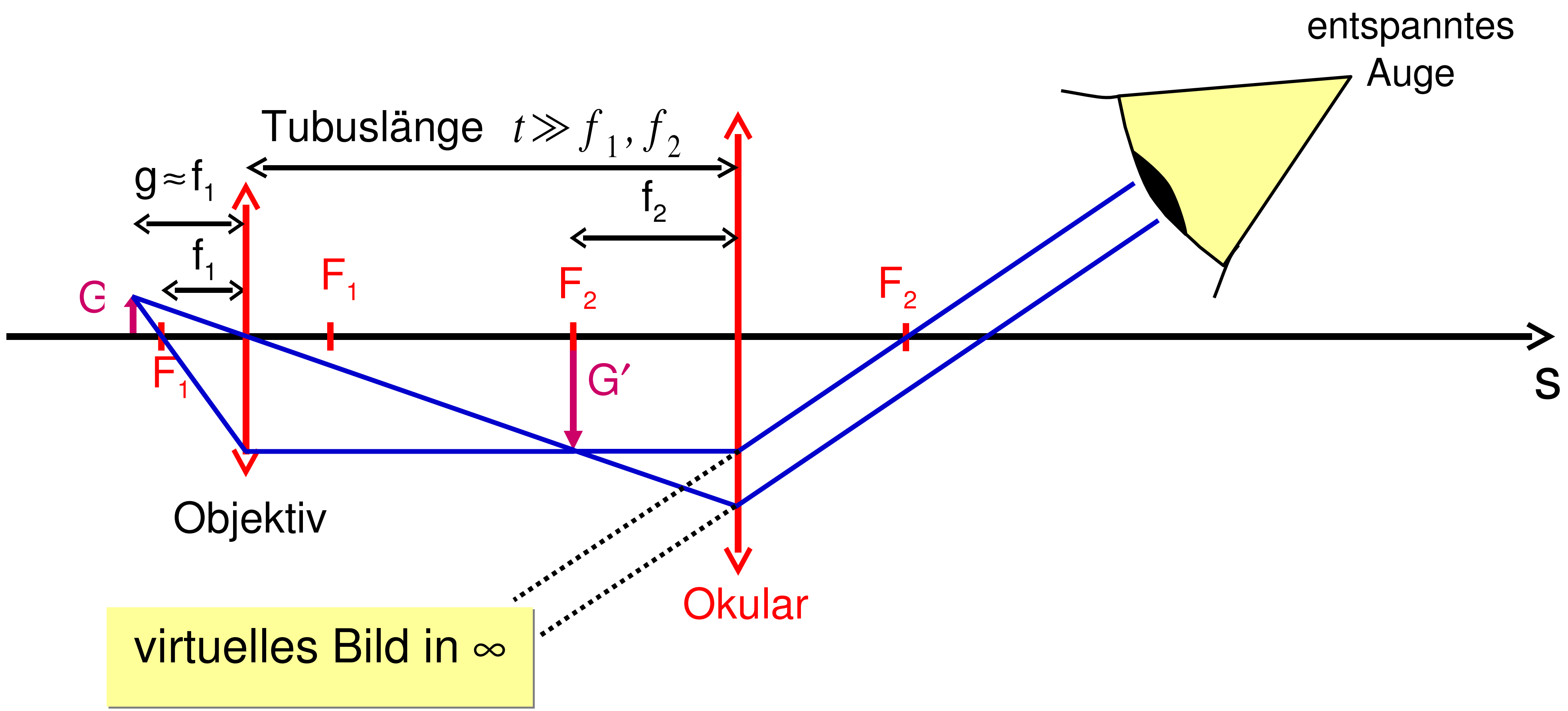
$$\epsilon = \frac{B}{-b}\ ,\ \epsilon_0 = \frac{G}{s_0} \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_{\text{Lupe}} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}} = \frac{B}{G}\,\frac{s_0}{(-b)} = -\frac{b}{g}\,\frac{s_0}{(-b)} \boxed{= \frac{s_0}{g}}$$

Entspanntes Auge: $\quad -b = \infty \quad \Rightarrow \quad g = f \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_{\text{Lupe}}^{\infty} = \frac{s_0}{f}}$

s_0-akkomodiert: $\quad -b = s_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{g} = \frac{1}{f} - \frac{1}{-s_0} \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_{\text{Lupe}}^{s_0} = 1 + \frac{s_0}{f}}$

3.5.2. Das Mikroskop

G → Linse → vergrößertes, reelles Zwischenbild → Lupe → Auge



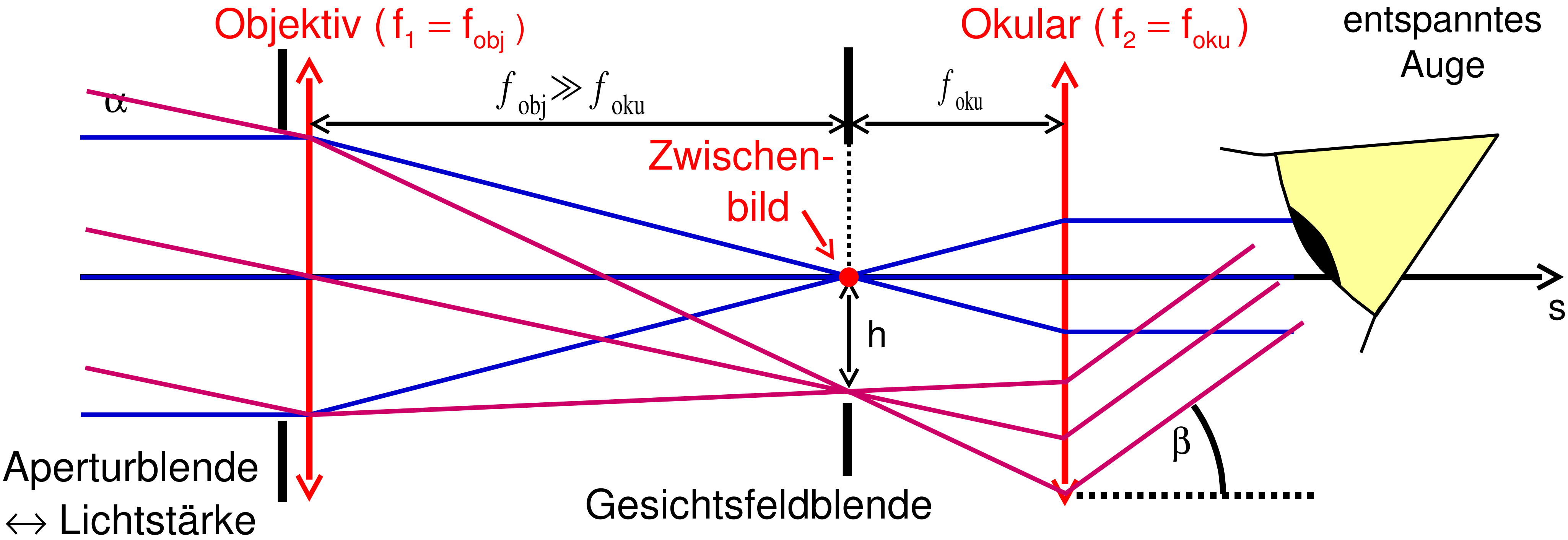
$$\left|\frac{G'}{G}\right| = \frac{t - f_2}{g} \approx \frac{t}{f_1}\,, \quad V_{\text{Okular}} \overset{\text{Lupe}}{=} \frac{s_0}{f_2} \Rightarrow \boxed{V_{\text{Mikroskop}} = \frac{t \cdot s_0}{f_1 \cdot f_2}}$$

3.5.3. Das Fernrohr   2 Linsen im Abstand $d = f_1 + f_2$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} = 0 \Rightarrow \boxed{f = \infty \text{ teleskopisches System}}$$

Parallelstrahlen
↓
Parallelstrahlen

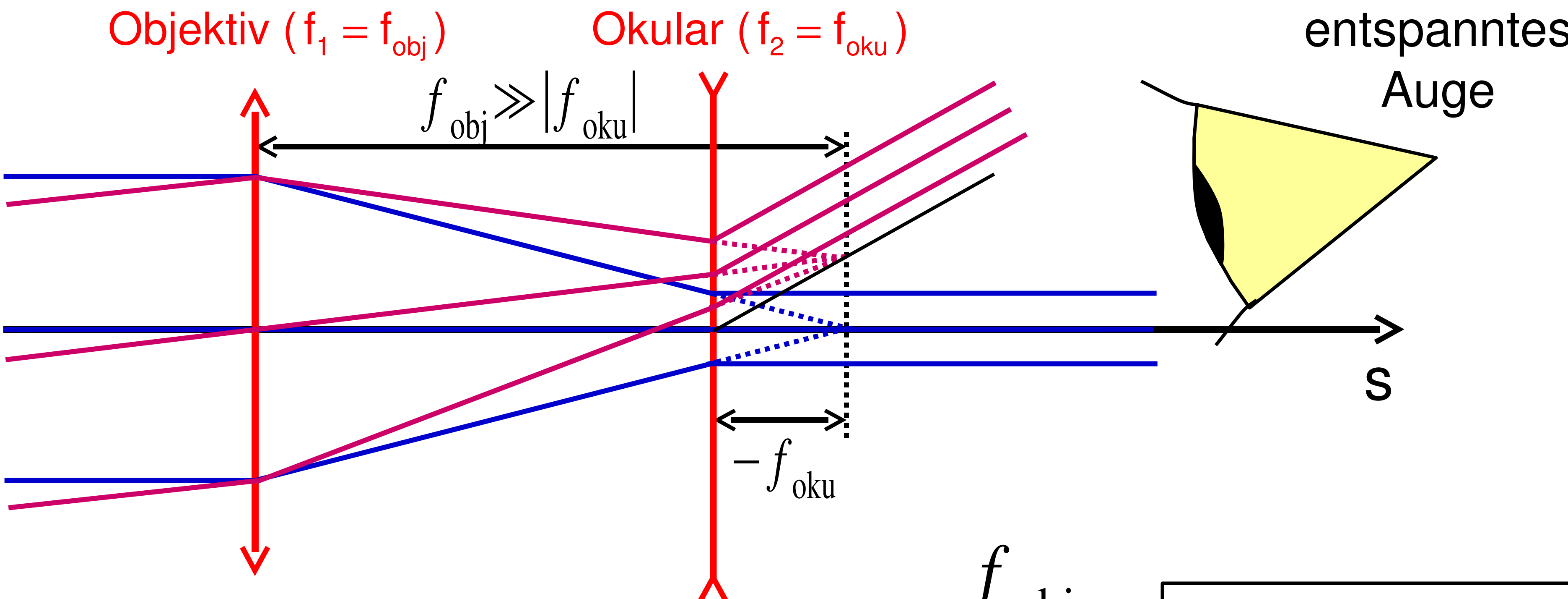
a) Astronomisches (Keplersches) Fernrohr: $f_1, f_2 > 0$



$$\boxed{V_F} = \frac{\epsilon}{\alpha} = \frac{h / f_{oku}}{h / f_{obj}} = \boxed{\frac{f_{obj}}{f_{oku}}}$$

- Bild invertiert ⇒ Umkehrprisma für terrestrischen Einsatz
- Tubuslänge ≈ f_{obj} ist i.a. sehr groß

b) Holländisches (Galileisches) Fernrohr: $f_1 > 0,\ f_2 < 0$



$$V_F = \frac{f_{obj}}{|f_{oku}|}$$

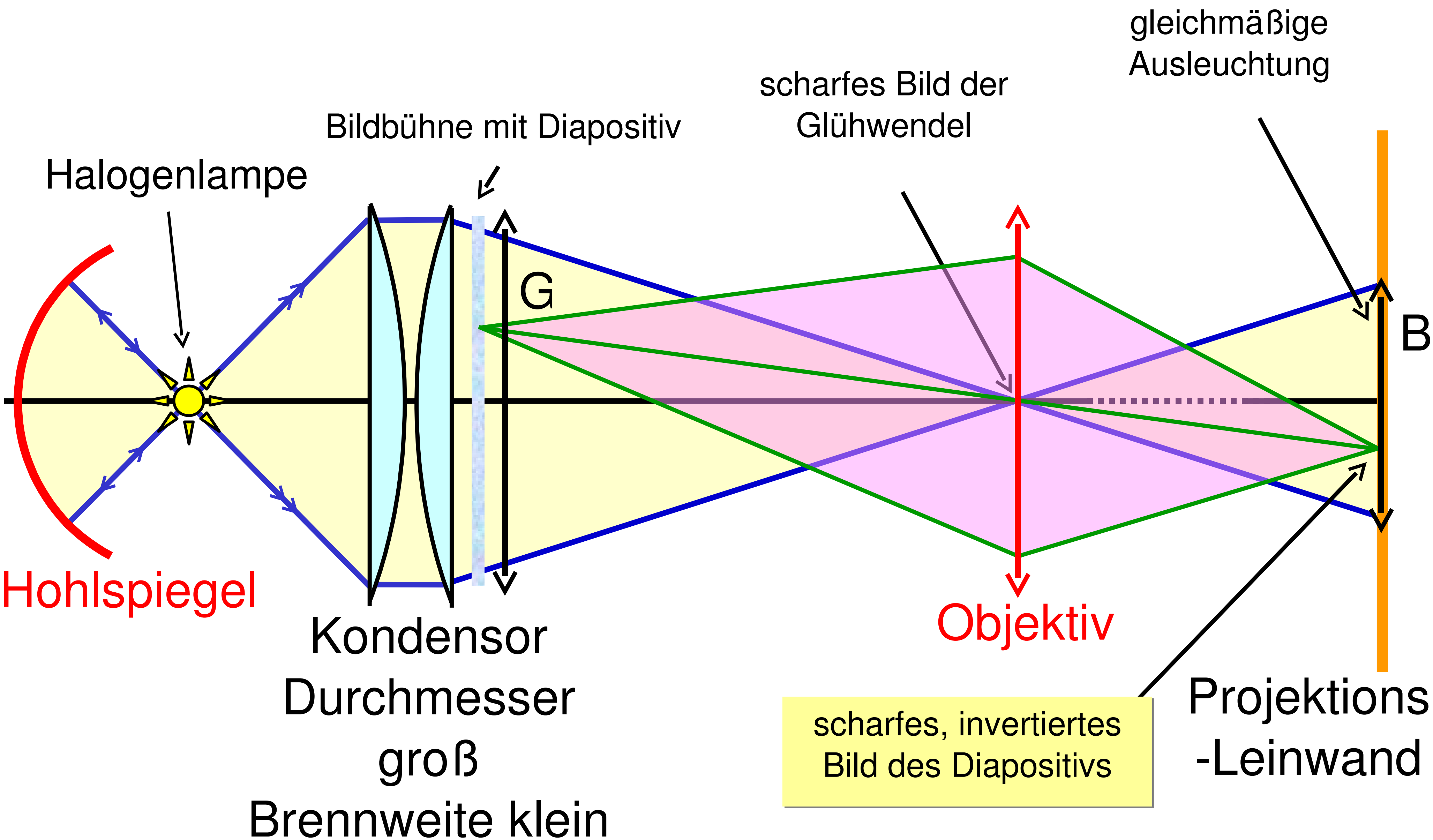
- aufrechtes Bild
- kompaktere Bauweise

c) Weitere Systeme

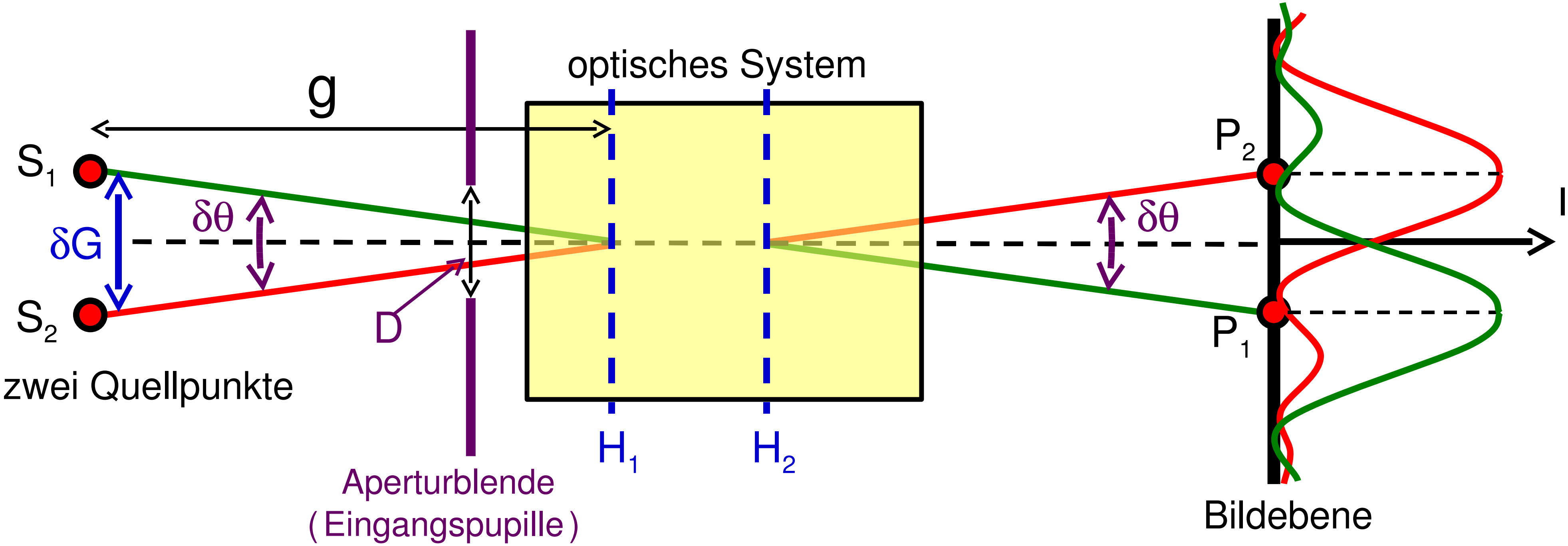
- Spiegelteleskope
- Feldstecher
- ...

sehr kompakt

3.5.4. Der Diaprojektor



3.5.4. Räumliches Auflösungsvermögen



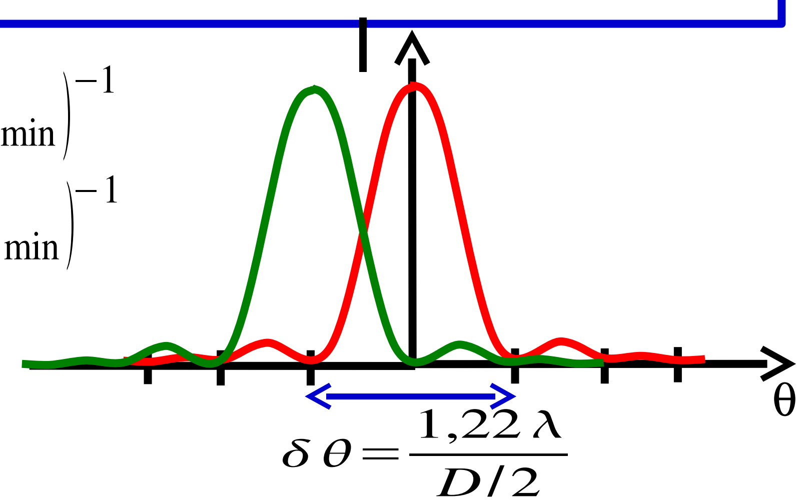
Rayleigh-Kriterium: S_1 und S_2 heißen gerade noch auflösbar, wenn Hauptmaximum des Beugungsscheibchens von S_1 im ersten Minimum des Beugungsscheibchens von S_2 liegt.

$$\delta\theta\big|_{\min} = \frac{1{,}22\ \ \lambda}{D}$$

$$G\big|_{\min} = g \cdot \delta\theta\big|_{\min}$$

Winkelauflösung: $R = \left(\delta\theta\big|_{\min}\right)^{-1}$

Ortsauflösung: $R_G = \left(G\big|_{\min}\right)^{-1}$



Gute Auflösung erfordert kleine Wellenlänge und große Aperturöffnung