- Nachklausur:

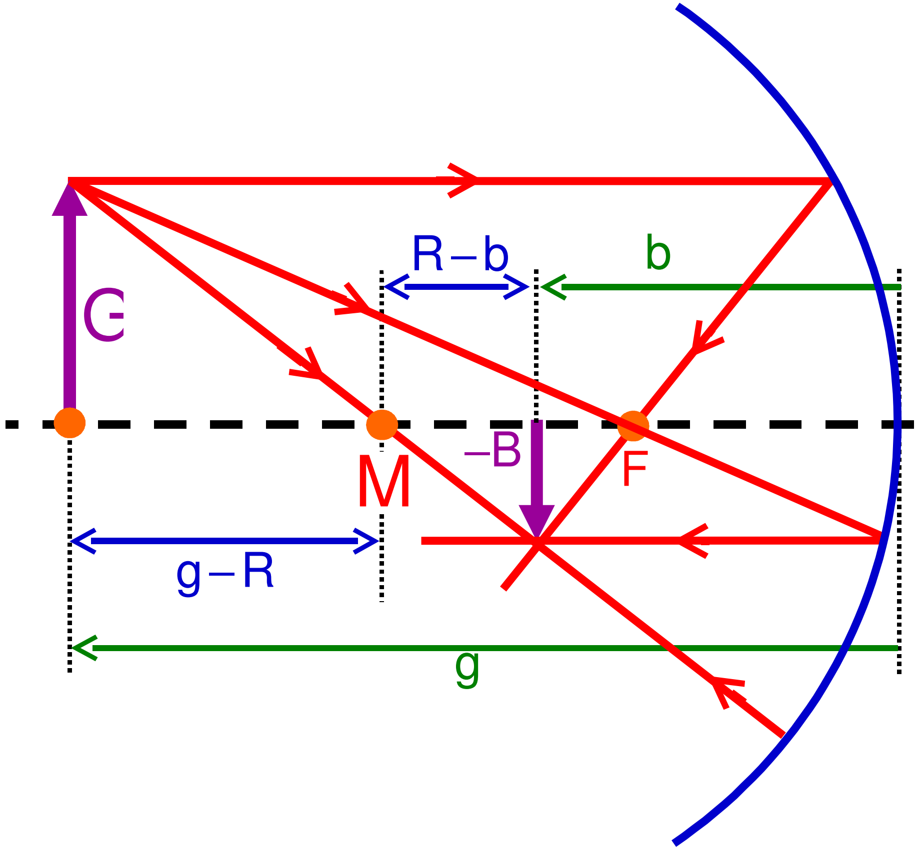
  Donnerstag, 2.10.2008, 11:00 – 13:00
  Newtonstr. 14, 0'05 und 0'06

- Vorlesung am 11.7.08:

  Vertretung durch Herrn Kowalski

- 18.7.07: Übung statt Vorlesung
  Gerthsenhörsaal

Reelle und virtuelle Bilder des Hohlspiegels (achsnahe Strahlen):



1) $g > R = 2f$:

Bild:
- reell $(f < b < R = 2f)$
- invertiert $(B/G < 0)$
- verkleinert $(|B/G| < 1)$

2) $R \geq g \geq f$:

Bild:
- reell $(b > R = 2f)$
- invertiert $(B/G < 0)$
- vergrößert $(|B/G| \geq 1)$

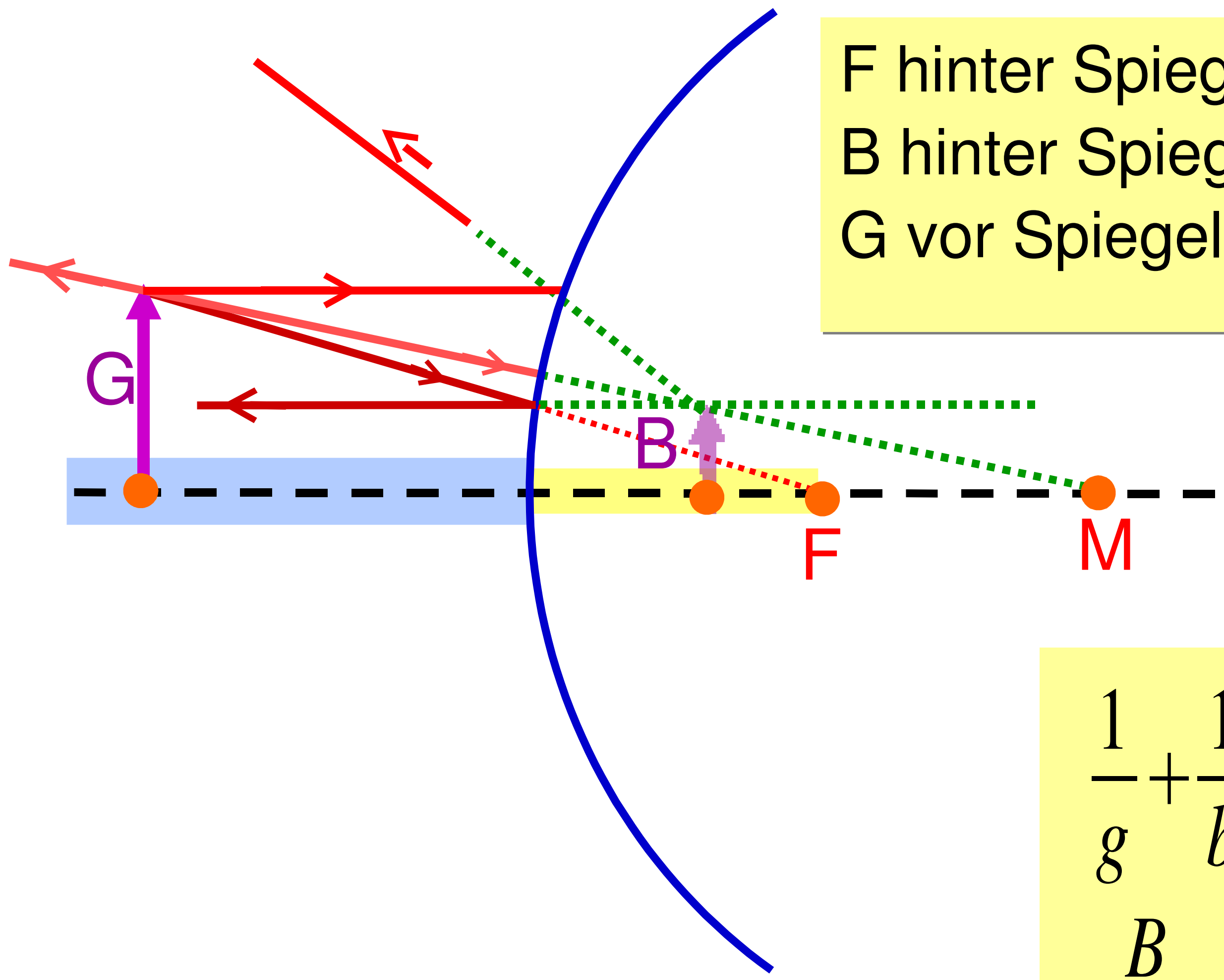
Strahlengang von Fall 1) invertiert

3) $f > g \geq 0$:

Bild:
- virtuell $(b < 0)$
- aufrecht $(B/G > 0)$
- vergrößert $(|B/G| \geq 1)$

Umkehrung des Strahlengangs in 3) $\Rightarrow$ Konkavspiegel

4) $g > 0$:



F hinter Spiegel	$\Rightarrow f < 0$
B hinter Spiegel	$\Rightarrow b < 0$
G vor Spiegel	$\Rightarrow g > 0$

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

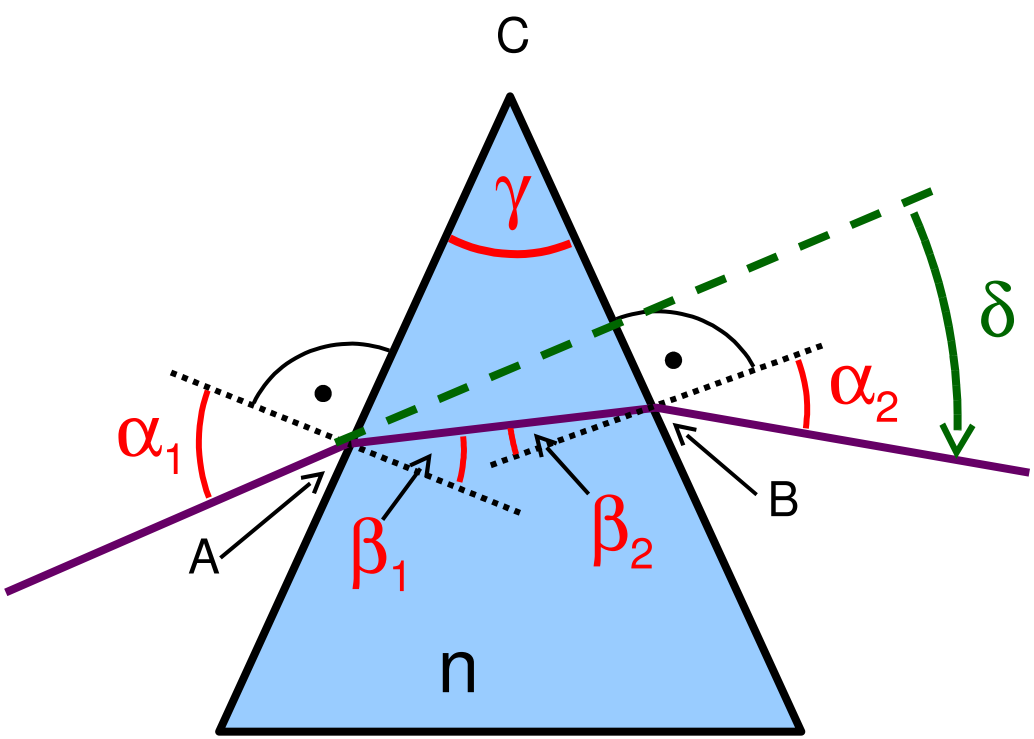
$$\frac{B}{G}=-\frac{b}{g}$$

universell mit obiger Vorzeichenkonvention

Bild $\rightarrow$
- virtuell $(f < b < 0)$
- aufrecht $(B/G > 0)$
- verkleinert $(|B/G| < 1)$

3.4.2. Prismen

- Strahlablenkung
- Farbaufspaltung durch Dispersion (Spektrographie)



Ablenkwinkel δ:

$$\delta = \left(\alpha_1 - \beta_1\right) + \left(\alpha_2 - \beta_2\right)$$

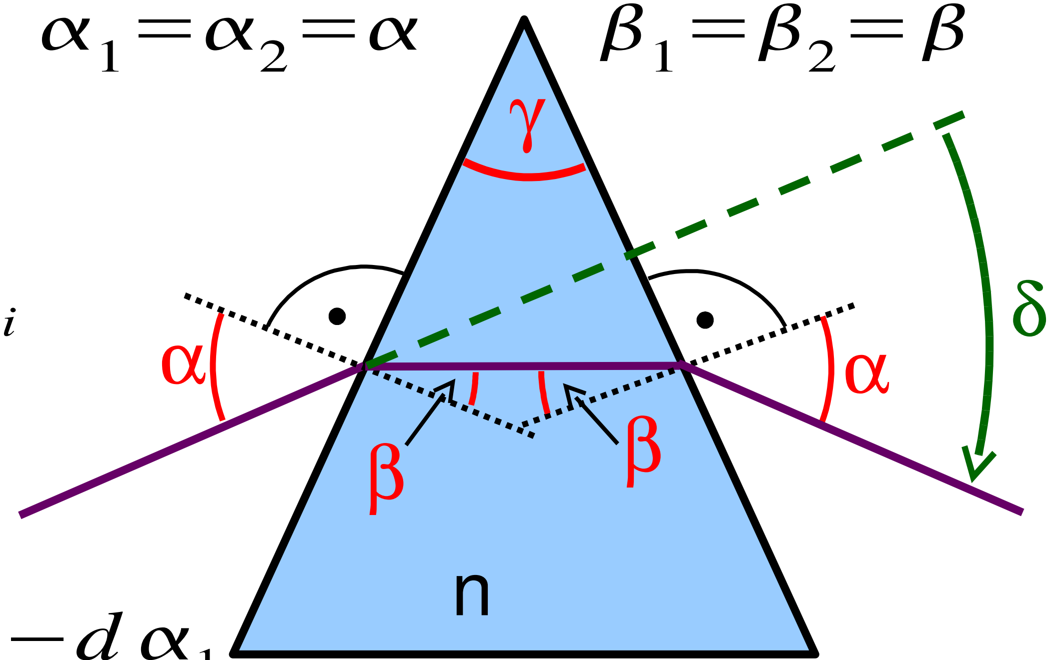
Δ(A,B,C): $\gamma + 90^\circ - \beta_1 + 90^\circ - \beta_2 = 180^\circ$

$$\Rightarrow \quad \gamma = \beta_1 + \beta_2$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \gamma}$$

Spezialfall: Symmetrischer Strahlengang = Minimale Ablenkung

$$\alpha_1=\alpha_2=\alpha \qquad \beta_1=\beta_2=\beta$$



Snellius $\boxed{\sin\alpha_i = n \sin\beta_i}$

$$\Rightarrow \cos\alpha_i \, d\alpha_i = n\cdot\cos\beta_i \, d\beta_i$$

$$\frac{d\delta}{d\alpha_1}=1+\frac{d\alpha_2}{d\alpha_1}=0\Rightarrow d\alpha_2=-d\alpha_1$$

$$\beta_1+\beta_2=\gamma\Rightarrow d\beta_1=-d\beta_2\Rightarrow\frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha_2}\frac{d\alpha_1}{d\alpha_2}=-\frac{\cos\beta_1}{\cos\beta_2}$$

$$\Rightarrow\frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha_2}=\frac{\cos\beta_1}{\cos\beta_2}\Leftrightarrow\frac{1-\sin^2\alpha_1}{1-\sin^2\alpha_2}=\frac{n^2-\sin^2\alpha_1}{n^2-\sin^2\alpha_2}$$

Für $n\neq 1$ nur erfüllbar für $\alpha_1=\alpha_2=\alpha\Rightarrow\delta_{min}=2\alpha-\gamma$

Farbaufspaltung (bei minimaler Ablenkung):

$$\sin\frac{\delta_{min}+\gamma}{2} = n\sin\frac{\gamma}{2} \quad \Rightarrow \frac{dn}{d\delta} = \frac{\cos\frac{\delta_{min}+\gamma}{2}}{2\sin\frac{\gamma}{2}} = \frac{\sqrt{1-n^2\sin^2(\gamma/2)}}{2\sin\frac{\gamma}{2}}$$

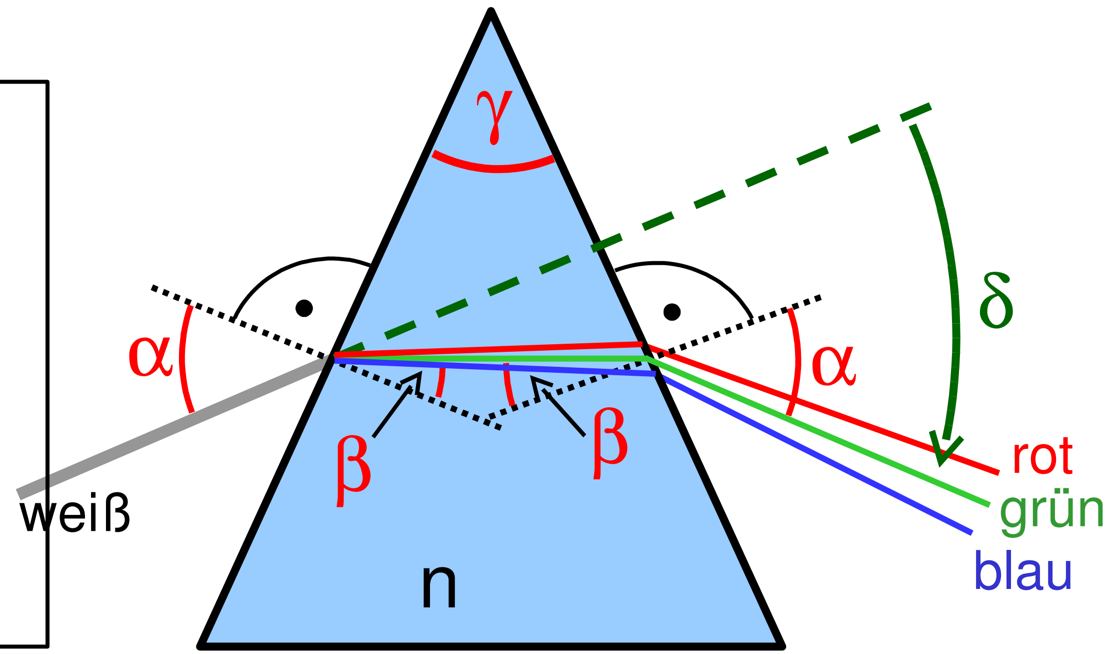
$$\frac{d\delta}{d\lambda} = \frac{d\delta}{dn}\frac{dn}{d\lambda} = \frac{2\sin(\gamma/2)}{\sqrt{1-n^2\sin^2(\gamma/2)}}\frac{dn}{d\lambda}$$

aus mikroskopischen Modellen (klassisch bzw. quantenmechanisch)

Normale Dispersion: $\frac{dn}{d\lambda} < 0$
(durchsichtige Medien,
fern von Absorption)

(sonst: anomale Dispersion)

also: $\lambda\uparrow \Rightarrow \delta\downarrow$

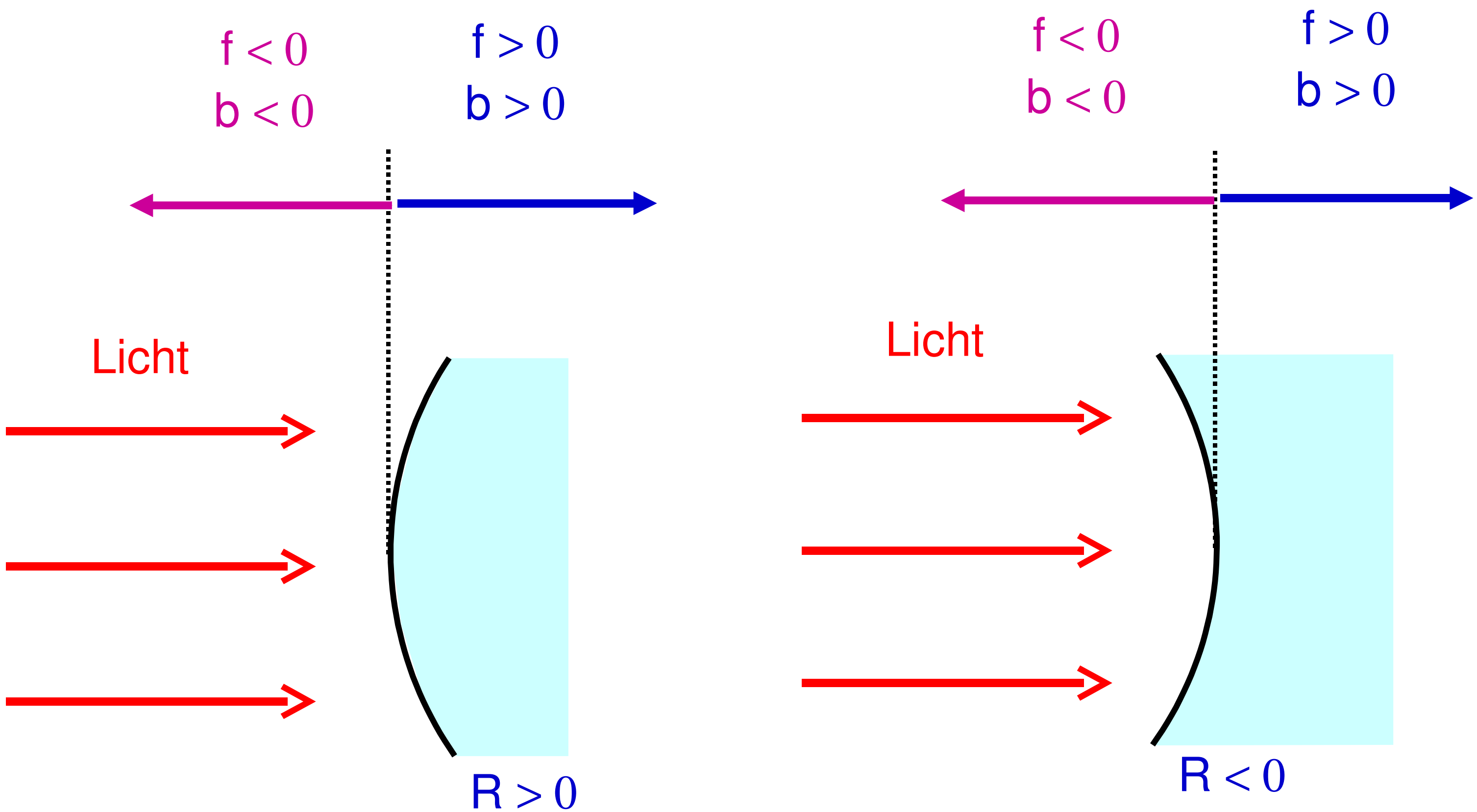


3.4.3. Linsen

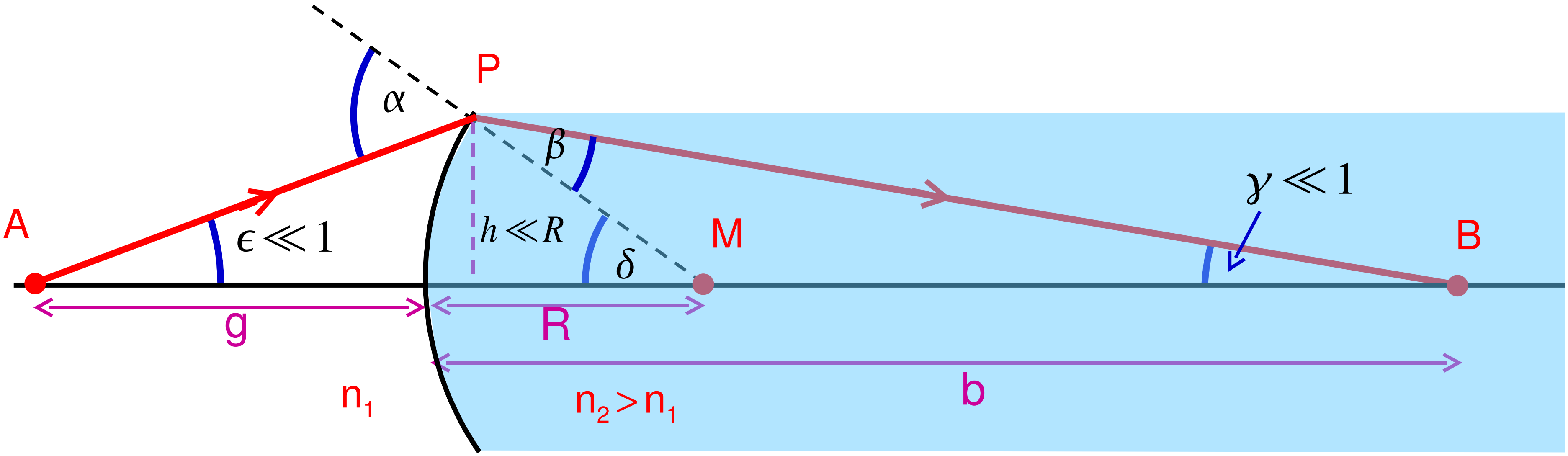
3.4.3.1. Brechung an sphärischen Flächen

sphärische Fläche $=$ Grundelement der sphärischen Linse

Vorzeichenkonvention:



Abbildungsgleichung für achsnahe Strahlen:



(Analog: $n_2 < n_1 \Rightarrow$ divergierende Strahlen $\Rightarrow$ virtuelles Bild)

Rechnung bis O(h):

Außenwinkel Δ(APM) $\quad \alpha = \delta + \epsilon$

Außenwinkel Δ(BPM) $\quad \beta = \delta - \gamma$

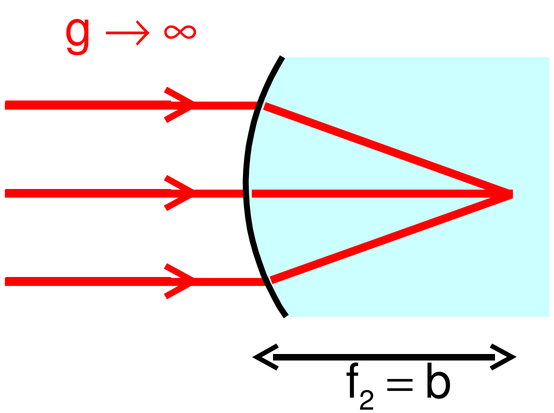
Snellius $\quad n_1 \cdot (\delta + \epsilon) \approx n_2 \cdot (\delta - \gamma)$

$$\epsilon \approx \frac{h}{g}, \quad \gamma \approx \frac{h}{b}, \quad \delta \approx \frac{h}{R} \quad \Rightarrow \quad n_1 \left(\frac{1}{g} + \frac{1}{R} \right) \approx n_2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{b} \right)$$

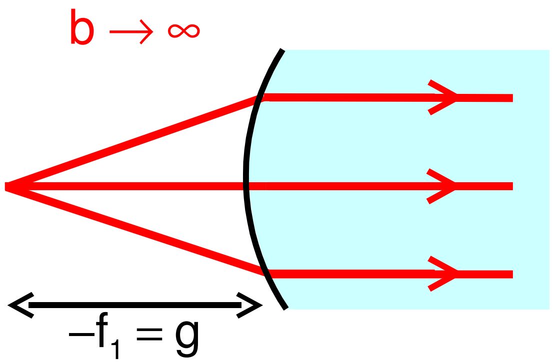
$$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} \approx \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$\frac{n_1}{g}+\frac{n_2}{b}=\frac{n_2-n_1}{R}$$

Brennweiten:



$$\frac{n_2}{f_2}=\frac{n_2-n_1}{R} \quad\Rightarrow\quad \boxed{f_2=\frac{n_2}{n_2-n_1}R}$$



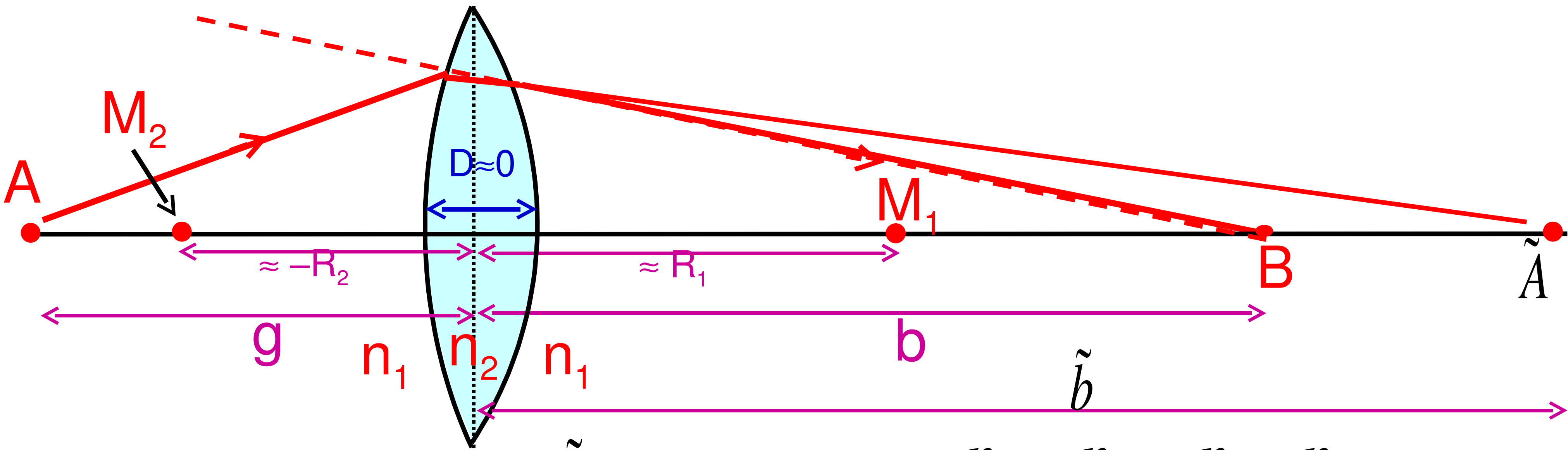
$$\frac{n_1}{-f_1}=\frac{n_2-n_1}{R} \quad\Rightarrow\quad \boxed{f_1=\frac{-n_1}{n_2-n_1}R}$$

⇒ äquivalente Formulierung der Abbildungsgleichung:

$$\frac{n_1}{g}+\frac{n_2}{b}=\frac{n_2}{f_2}=-\frac{n_1}{f_1}$$

3.4.3.2. Dünne Linsen

Dünne Linse = 2 sphärische Grenzflächen; Dicke D $\ll$ Brennweiten



A (g) $\to$ linke Fläche (R_1) $\to$ Ã ($\tilde{b}$):

$$\frac{n_1}{g}+\frac{n_2}{\tilde{b}}=\frac{n_2-n_1}{R_1}$$

Ã ($-\tilde{b}$) $\to$ rechte Fläche (R_2) $\to$ B (b):

$$\frac{n_1}{b}+\frac{n_2}{-\tilde{b}}=\frac{n_1-n_2}{R_2}$$

$$\frac{n_1}{g}+\frac{n_1}{b}=\left(n_2-n_1\right)\cdot\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{g}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \quad \text{mit} \quad f=\frac{n_1}{n_2-n_1}\cdot\frac{R_1 R_2}{R_2-R_1}$$

Abbildungsgleichung

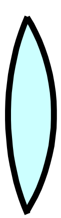
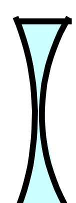
$$\frac{1}{g}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \quad \text{mit} \quad \mathrm{f}=\frac{n_1}{n_2-n_1}\cdot\frac{R_1 R_2}{R_2-R_1}$$

Interpretation von f: $\left.\begin{array}{l} g\to\infty \;\Rightarrow\; f=b \\ b\to\infty \;\Rightarrow\; f=g \end{array}\right\}$ f=(beidseitige) Brennweite

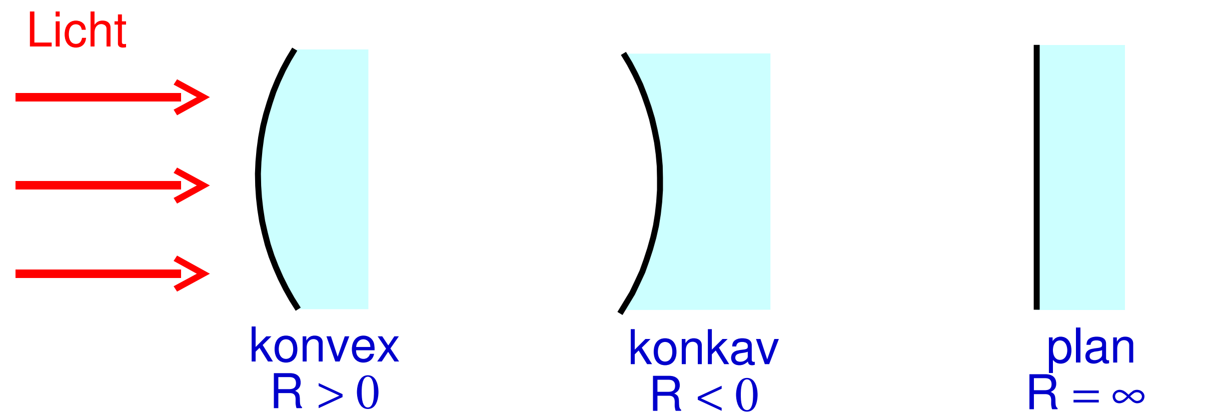
$\left.\begin{array}{l}\text{Linsenumkehr} \\ \text{Lichtumkehr}\end{array}\right\} \left.\begin{array}{l} R_1\to -R_2 \\ R_2\to -R_1 \end{array}\right\}$ f invariant $\Rightarrow$ f = Linsen-Eigenschaft

Definition: Die Größe 1/f heißt Brechkraft. $\quad [1/f]=m^{-1}=\underline{\text{Dioptrie}}$

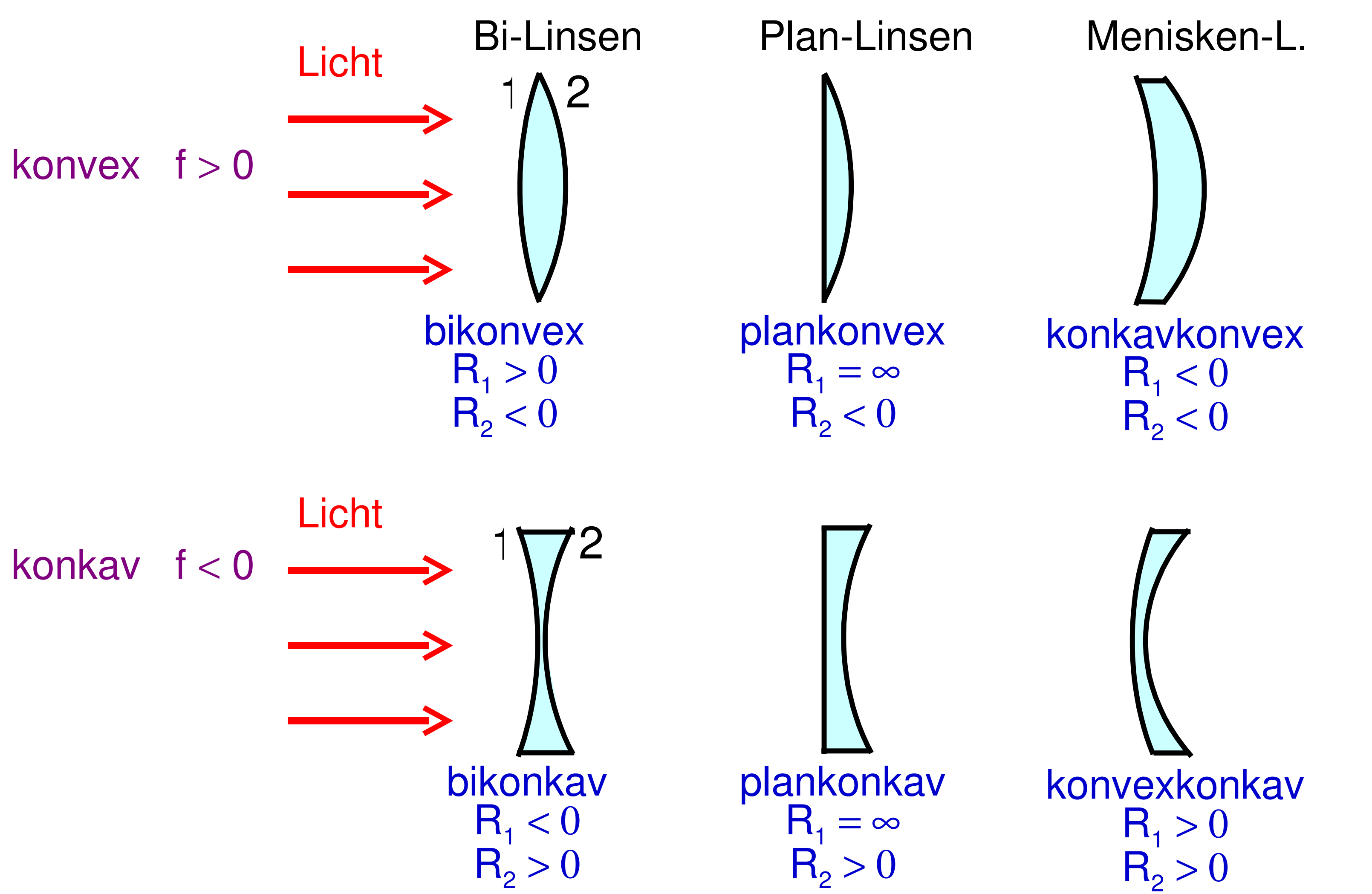
Beispiel: $n_1=1 \quad n_2=1{,}5 \quad R_1=1\ \text{m} \quad R_2=-1\ \text{m} \quad \Rightarrow \quad f=1\ \text{m}$

 $\left.\begin{array}{l} R_1>0 \\ R_2<0 \end{array}\right\}$ $1/f>0$ Sammellinse	 $\left.\begin{array}{l} R_1<0 \\ R_2>0 \end{array}\right\}$ $1/f<0$ Zerstreuungslinse

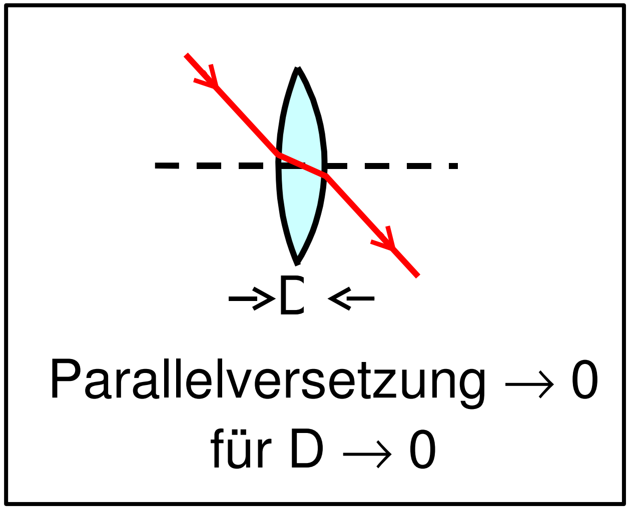
Typen von Grenzflächen:

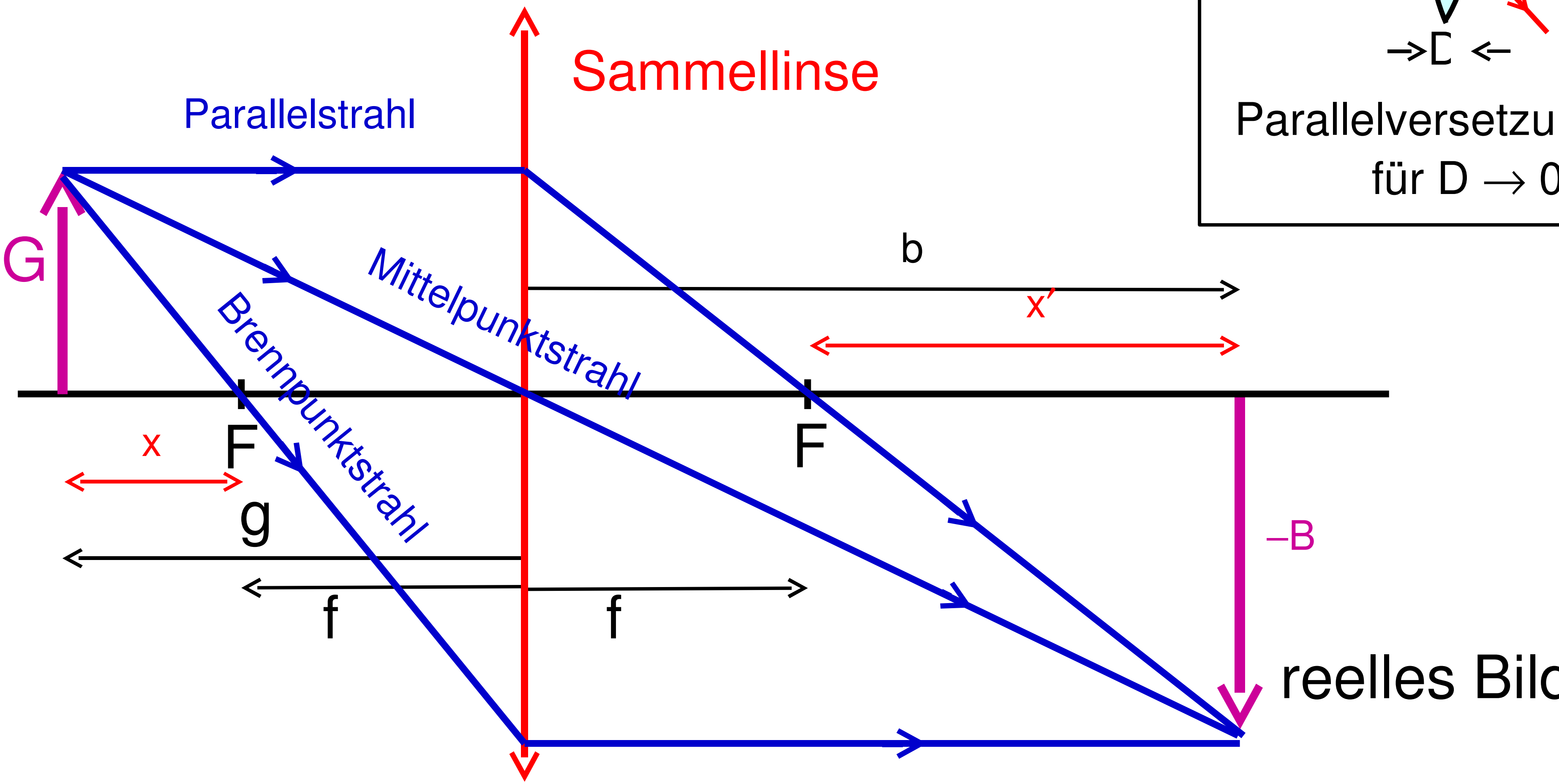


Linsentypen:



3.4.3.3. Abbildung durch dünne Linsen





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

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