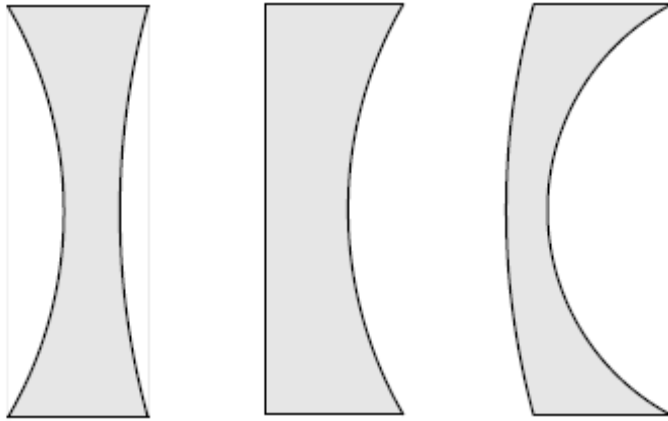


## 1.4. Optische Abbildungen mit Linsen

### (a) Linsenarten

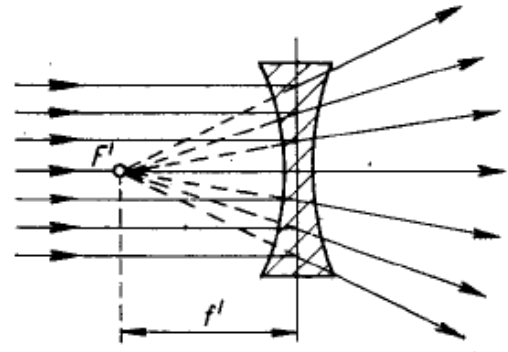
#### Zerstreuungslinsen



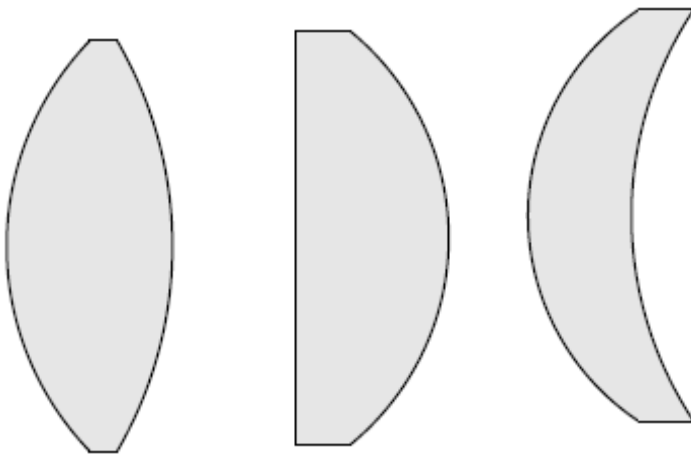
bikonkav

plankonkav

konvexkonkav

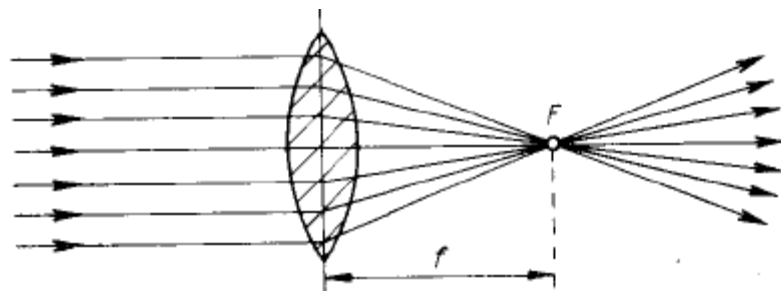


#### Sammellinsen

*bikonvex*

plankonvex

konkavkonvex



**(b) bikonvexe dünne symmetrische Sammellinse - Linsengleichung**

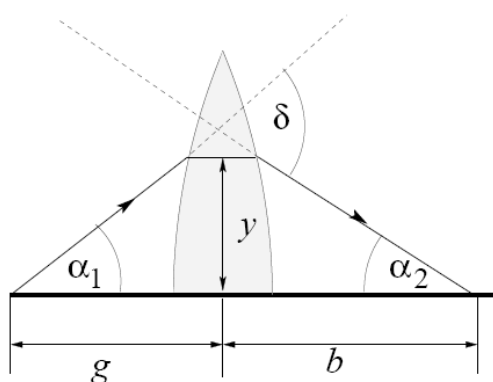
**Linsengleichung:**  $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ ,

$$\frac{1}{f} = (n-1) \frac{2}{r}$$

mit Brechkraft  $\frac{1}{f}$ ,

$$\left[ \frac{1}{f} \right] = \text{m}^{-1} = \text{dp (Dioptrie) mit}$$

Ableitung der Linsengleichung durch Verwendung des Brechungsgesetzes, Näherung für dünne Linsen und achsennahe Strahlen wie bei Spiegel.



$$\tan \alpha_1 = y/g \quad \text{und} \quad \tan \alpha_2 = y/b$$

$$y \ll g, b:$$

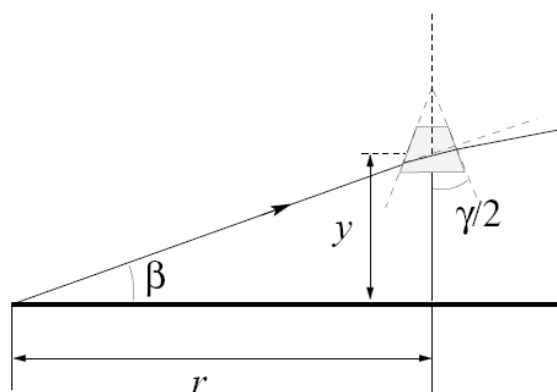
$$\alpha_1 = y/g \quad \text{und} \quad \alpha_2 = y/b$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + (180^\circ - \delta) = 180^\circ$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \delta$$

$$\Rightarrow \frac{y}{g} + \frac{y}{b} = \delta \quad (*)$$

Linse in Primenteilstücke zerlegt



$$\tan \beta = y/r \quad \text{und} \quad y \ll r \quad \text{ergibt mit}$$

$$\beta = \gamma/2:$$

$$\gamma = 2y/r$$

mit  $\delta, \gamma \ll 1$  ergibt Formel für Prisma:

$$\delta = (n-1)\gamma = (n-1) \frac{2y}{r}$$

Ersetzen von  $\delta$  in (\*)  $\Rightarrow$  Linsengleichung  $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = (n-1) \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$

(c) bikonvexe dünne symmetrische Sammellinse - Bildkonstruktion

Linsengleichung: für  $g \rightarrow \infty$  sind alle einfallenden Strahlen achsenparallel, und schneiden sich alle bei  $b = f$ , dem Brennpunkt

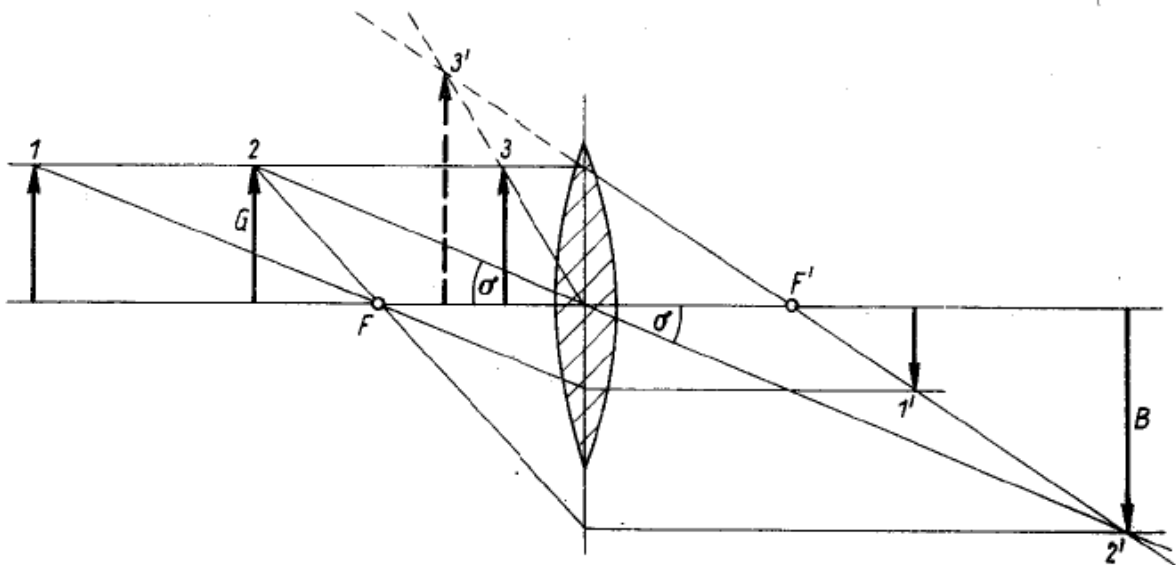
- andererseits Strahlen durch Brennpunkt laufen achsenparallel weiter (Umkehrung des Lichtweges)

$\Rightarrow$  Grundlage für Bildkonstruktion

Brennpunktstrahl  $\rightarrow$  Parallelstrahl

Parallelstrahl  $\rightarrow$  Brennpunktstrahl

Mittelpunktstrahl  $\rightarrow$  Mittelpunktstrahl



$2f < g < \infty$ : reelles umgekehrtes verkleinertes Bild bei  $f < b < 2f$

$f < g < 2f$ : reelles umgekehrtes vergrößertes Bild bei  $2f < b < \infty$

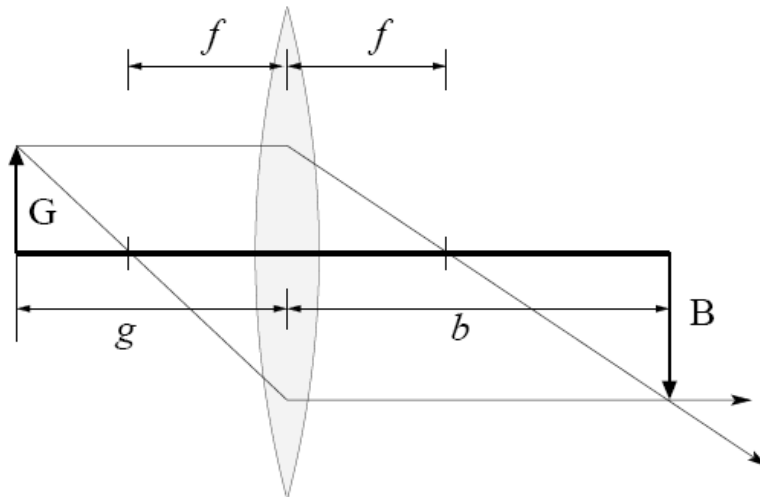
$2f = g$ : reelles umgekehrtes gleichgroßes Bild bei  $b = 2f$

$0 < g < f$ : virtuelles aufrechtes vergrößertes Bild  $b > |g|$

$g = \infty$ : Bild bei  $b = f$

$g = f$ : Bild bei  $b = \infty$

**Beispiel**  $f < g < 2f$ : reelles umgekehrtes vergrößertes Bild



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

$$\frac{G}{B} = \frac{g}{f} - 1$$

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

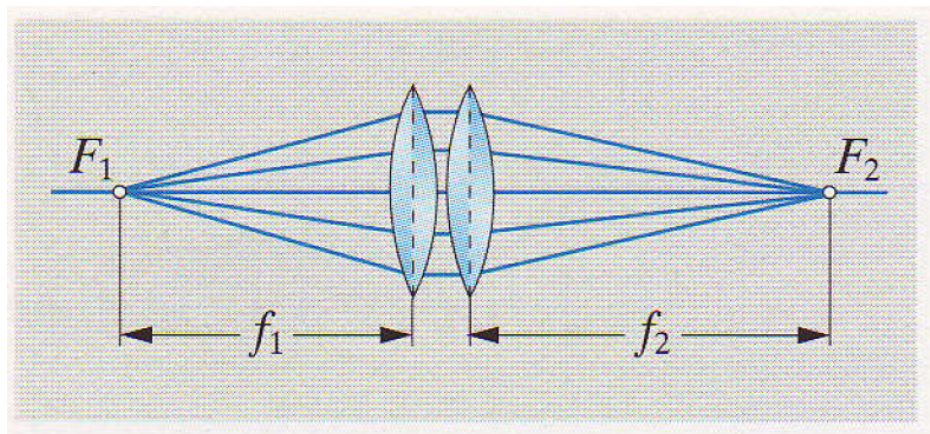
**Abbildungsmaßstab:**  $M = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

**Beachte:** da  $b = \frac{gf}{g-f}$  ist für  $0 < g < f$

$b < 0 \Rightarrow$  virtuelles aufrechtes Bild vor Linse

**(d) zusammengesetzte Linsensysteme**

zwei dünne Sammellinsen mit Brennweiten  $f_1, f_2$  im Abstand  $a \ll f_1, f_2$



$$g = f_1$$

$$b = f_2$$

Gesamtbrennweite des Systems  $f_g$ :

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_g}$$

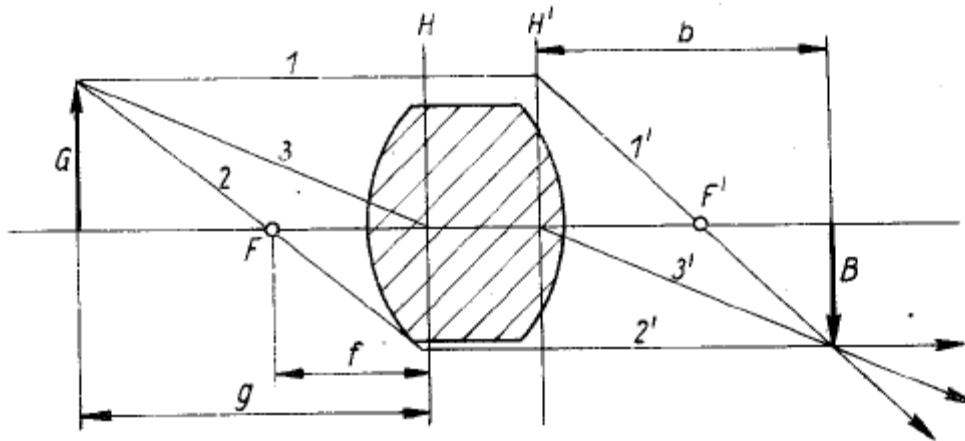
$$\Rightarrow \frac{1}{f_g} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \text{„Addition der Brechkräfte“}$$

bei nicht vernachlässigbarem Abstand  $a$ :  $\frac{1}{f_g} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{a}{f_1 \cdot f_2}$

**Anwendung:** Messung der unbekannteren Brennweite einer Sammellinse durch Kombination mit zweiter Sammellinse bekannter Brennweite

(e) dicke Linsen

Bildkonstruktion mit Hilfe von Hauptebenen H, H'



es gilt:  $\frac{G}{g-f} = \frac{B}{f} \quad (*) \Rightarrow \frac{B}{G} = \frac{f}{g-f}$

und  $\frac{B}{b-f'} = \frac{G}{f'} \Rightarrow B = \frac{G}{f'} (b-f')$

in(\*) gibt:  $ff' = (g-f)(b-f')$

falls  $f = f'$ :  $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$  und  $\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$