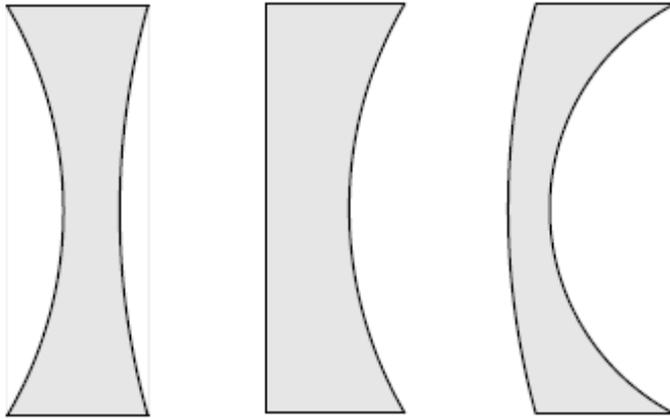


1.4. Optische Abbildungen mit Linsen

(a) Linsenarten

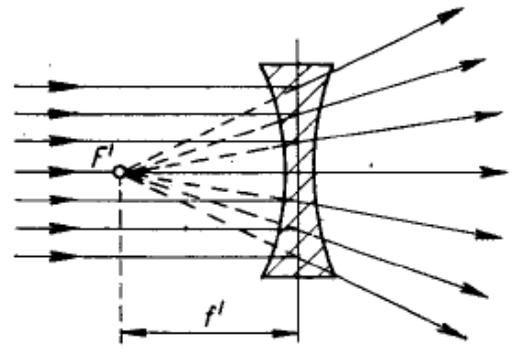
Zerstreuungslinsen



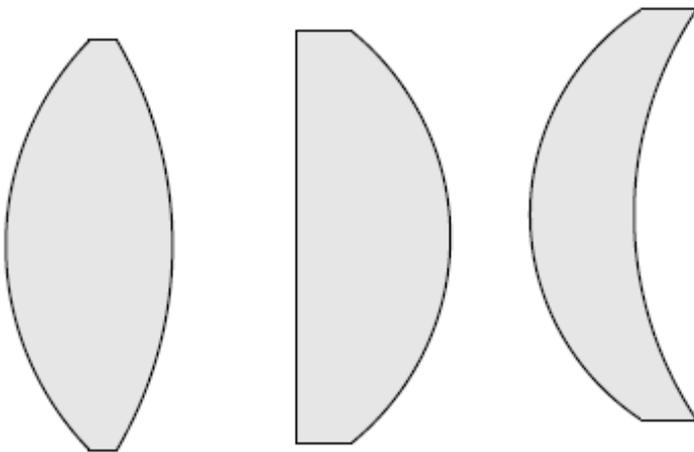
bikonkav

plankonkav

konvexkonkav

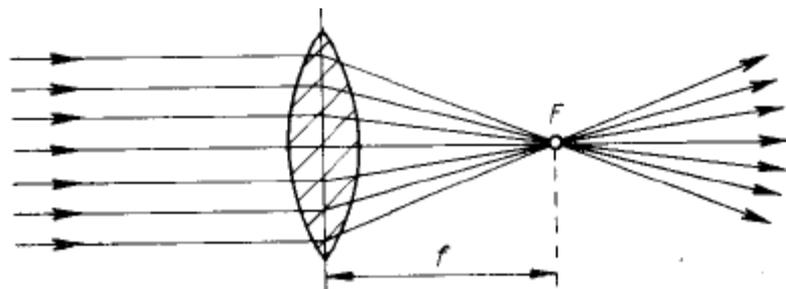


Sammellinsen

**bikonvex**

plankonvex

konkavkonvex



(b) bikonvexe dünne symmetrische Sammellinse - Linsengleichung

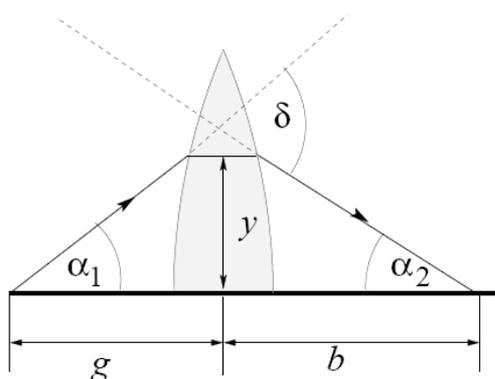
Linsengleichung: $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$,

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

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.



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

$$y \ll g, b:$$

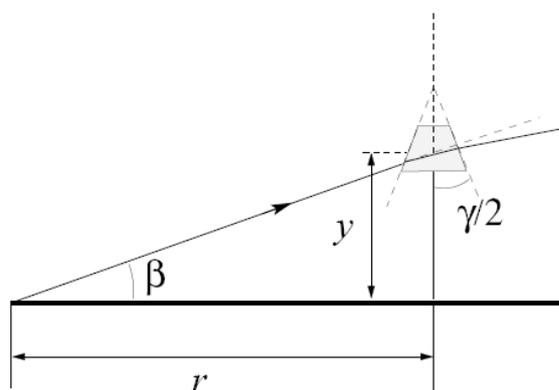
$$\alpha_1 = y/g \quad \text{und} \quad \alpha_2 = y/b$$

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

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

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

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

(c) bikonvexe dünne symmetrische Sammellinse - Bildkonstruktion

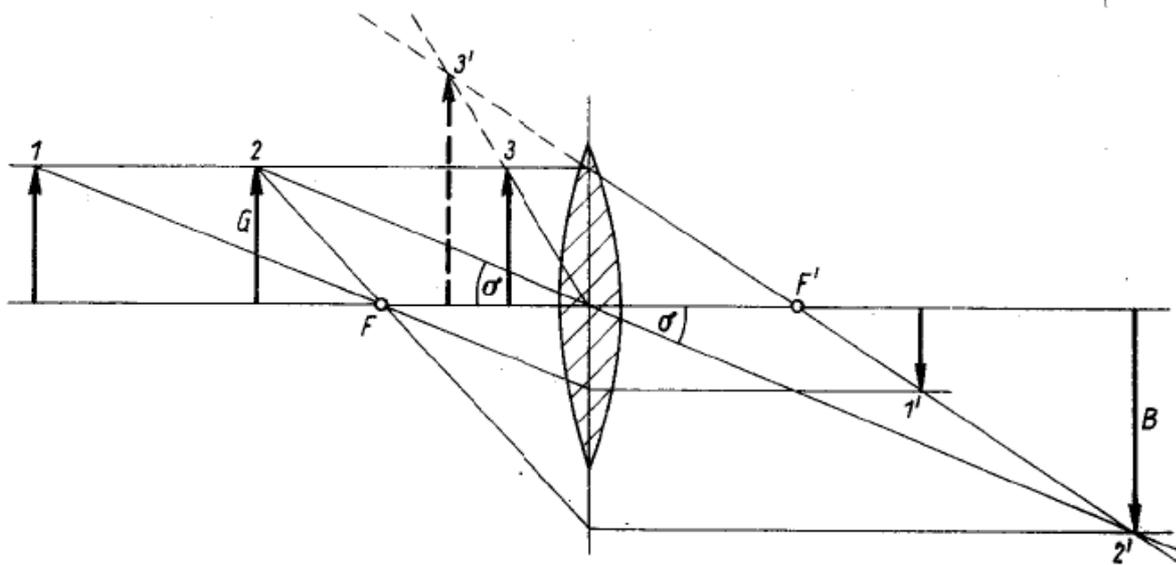
Linsengleichung: für $g \rightarrow \infty$ sind alle einfallenden Strahlen achsenparallel, und schneiden sich alle bei $b = f$, dem Brennpunkt
 - andererseits Strahlen durch Brennpunkt laufen achsenparallel weiter (Umkehrung des Lichtweges)

⇒ Grundlage für Bildkonstruktion

Brennpunktstrahl → Parallelstrahl

Parallelstrahl → Brennpunktstrahl

Mittelpunktstrahl → Mittelpunktstrahl



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

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

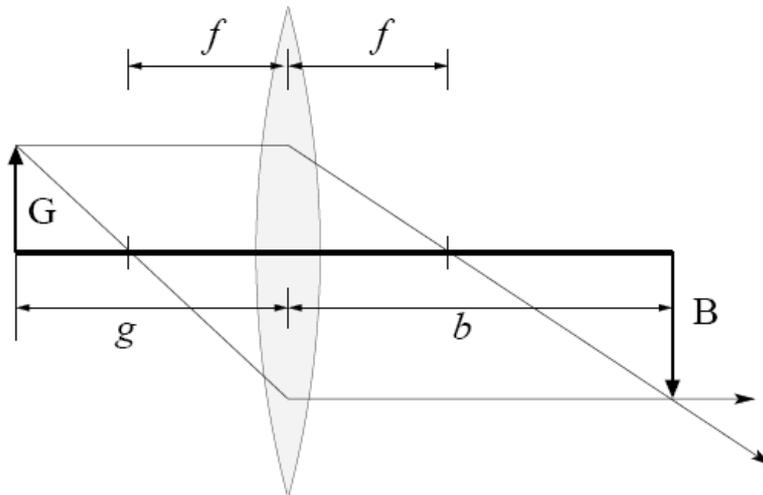
$2f = g$: reelles umgekehrtes gleichgroßes Bild bei $b = 2f$

$0 < g < f$: 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

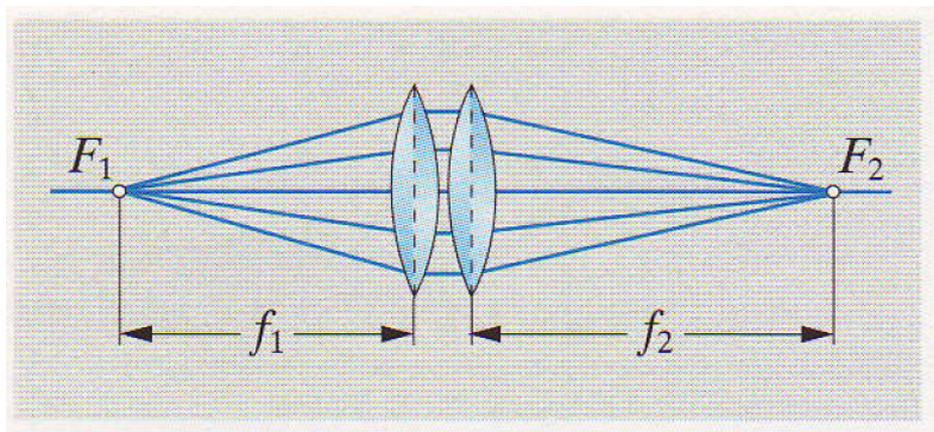
Abbildungsmaßstab: $M = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

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 :

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

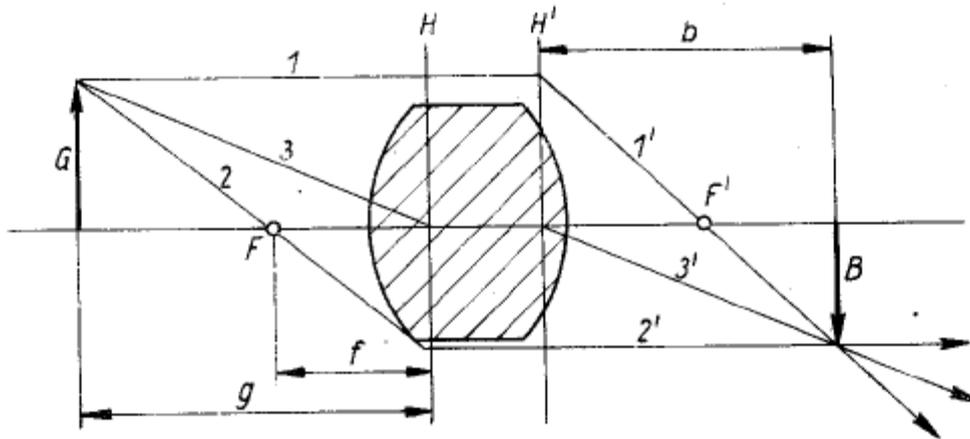
$$\Rightarrow \frac{1}{f_g} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \text{„Addition der Brechkräfte“}$$

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

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

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

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