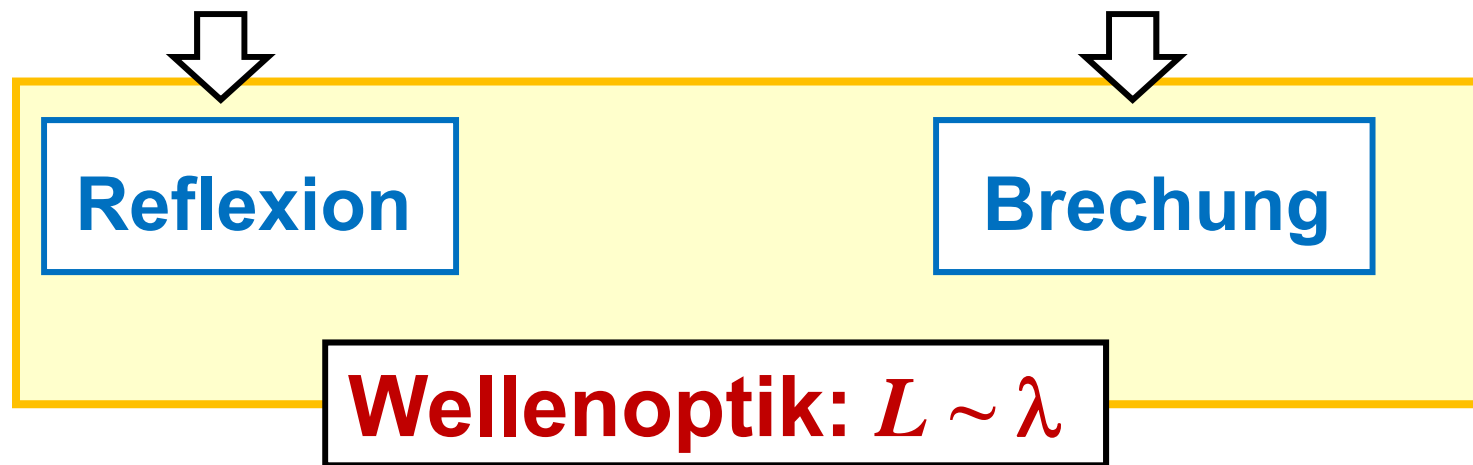


24. Optik

13. Jan. 2020

Gesteuerte Lichtausbreitung

Ändern der **Ausbreitungsrichtung** der **Lichtwellen** mittels **Grenzflächen**



Geometrische Optik: $L \gg \lambda$

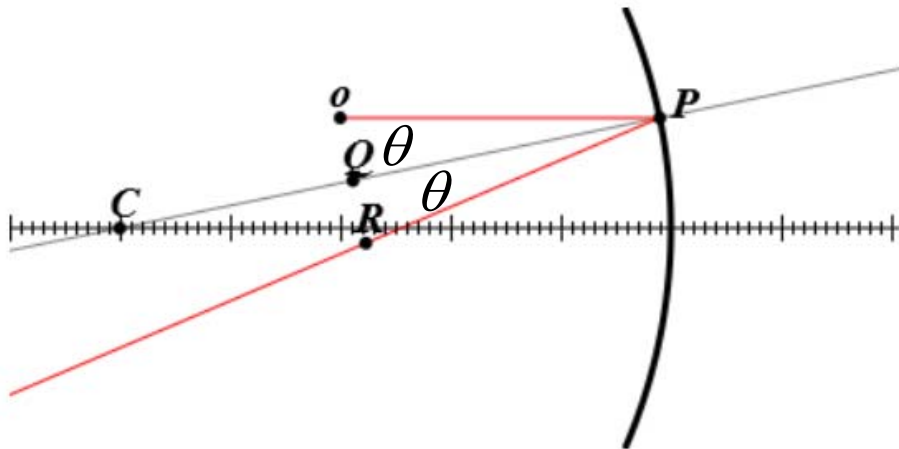
Abbildungsgleichungen

Hering, Kapitel

Geometrische Optik

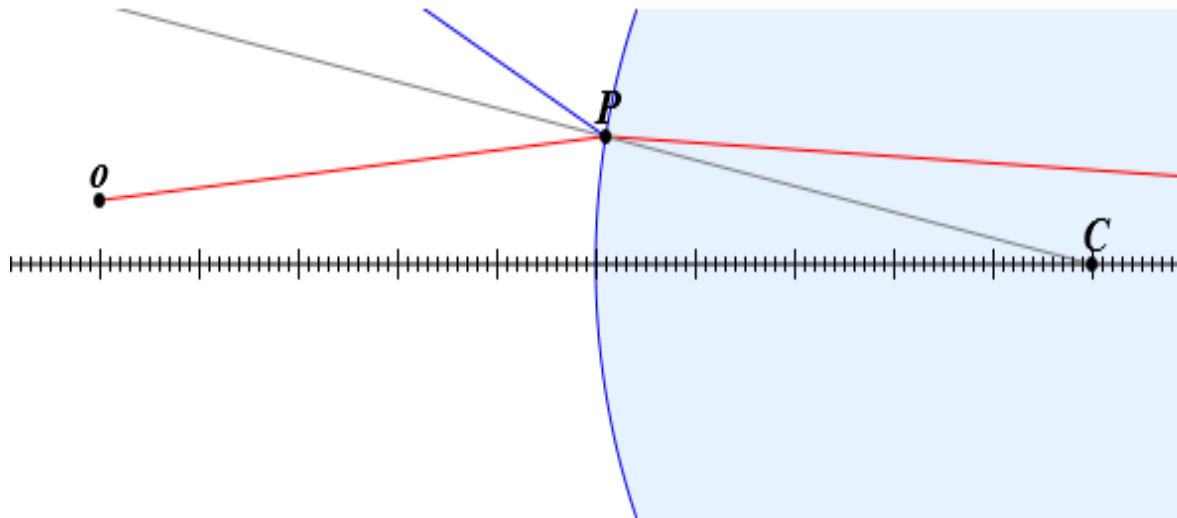
Spiegel

Einfallswinkel = Reflexionswinkel



Lichtstrahlen

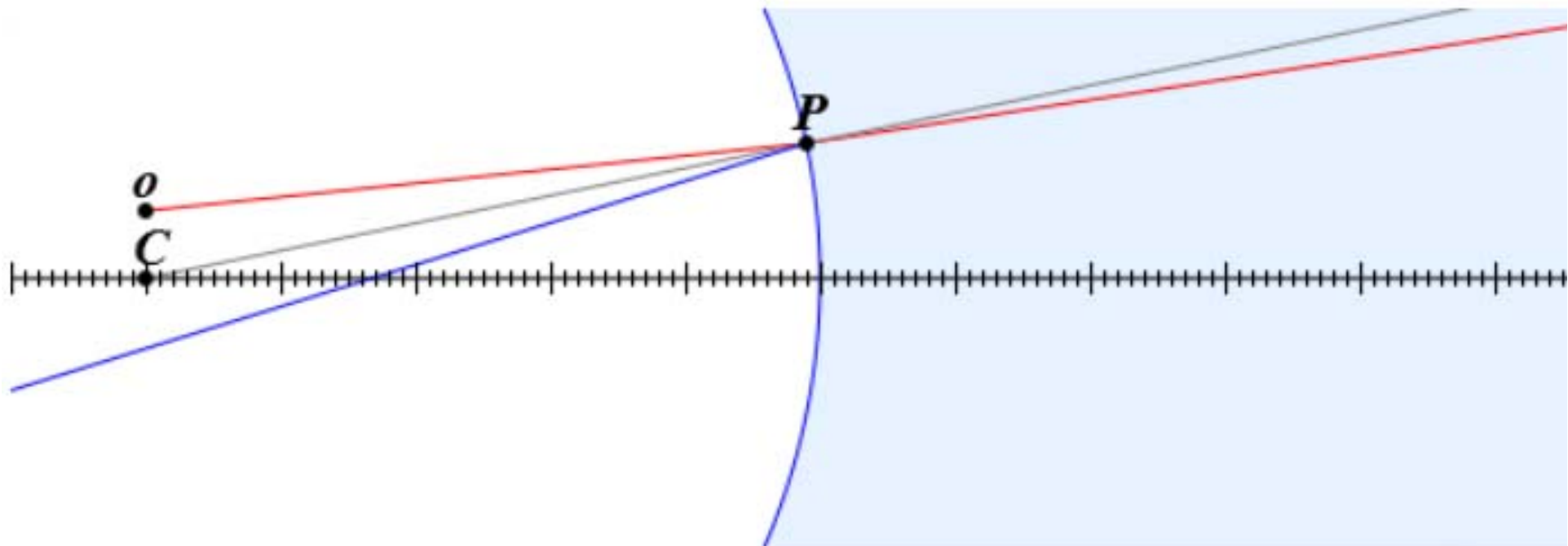
- ☑ ... sind in einem homogenem Material **gerade**;
- ☑ ... werden an der **Grenze** zwischen zwei homogenen isotropen Materialien **reflektiert** und **gebrochen**;



- ☐ ... **kreuzen** sich, **ohne** sich gegenseitig zu **beeinflussen**;

Der Strahlengang ist **umkehrbar**.

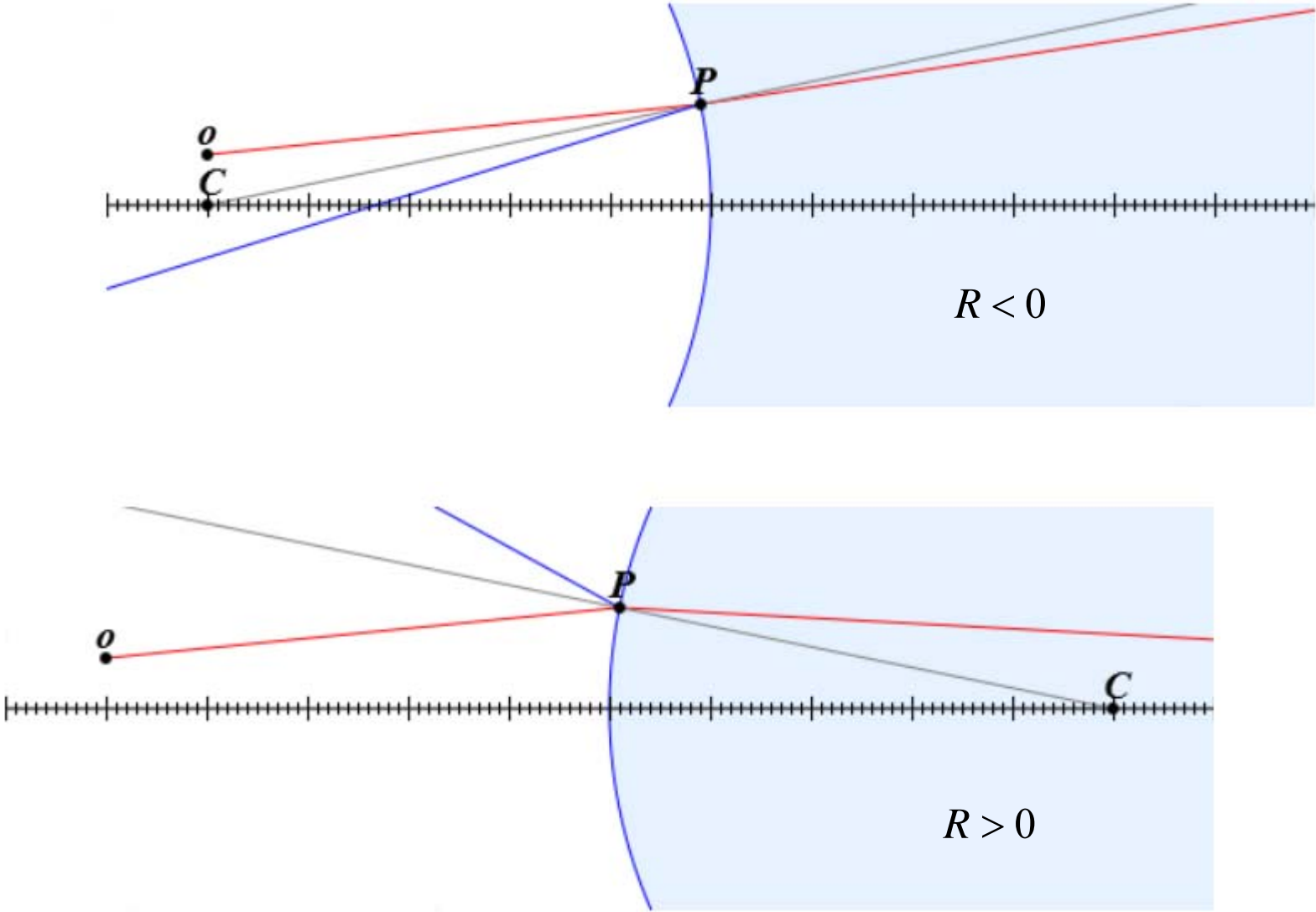
gekrümmte Grenzfläche



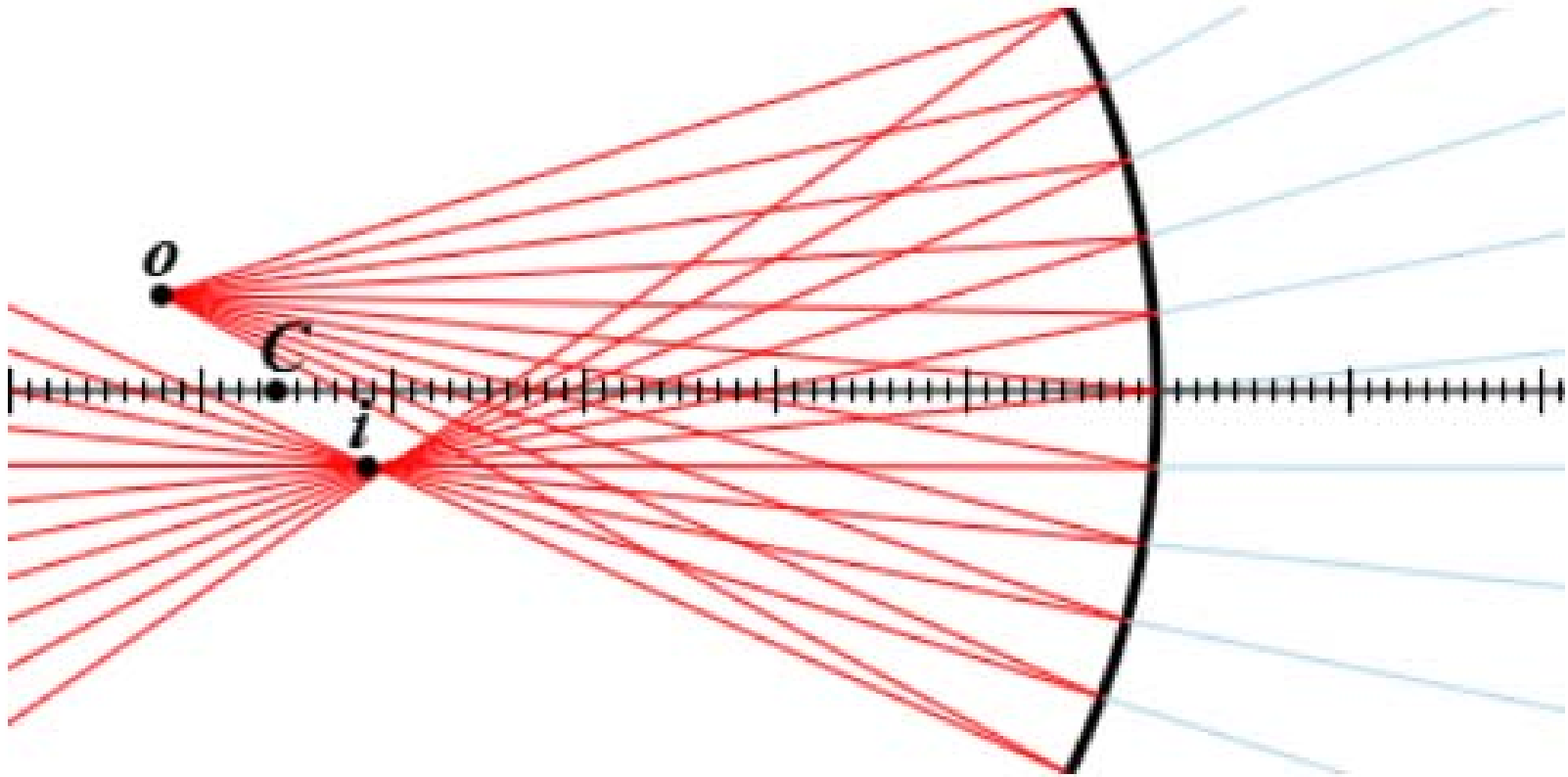
$$R < 0$$

konkav

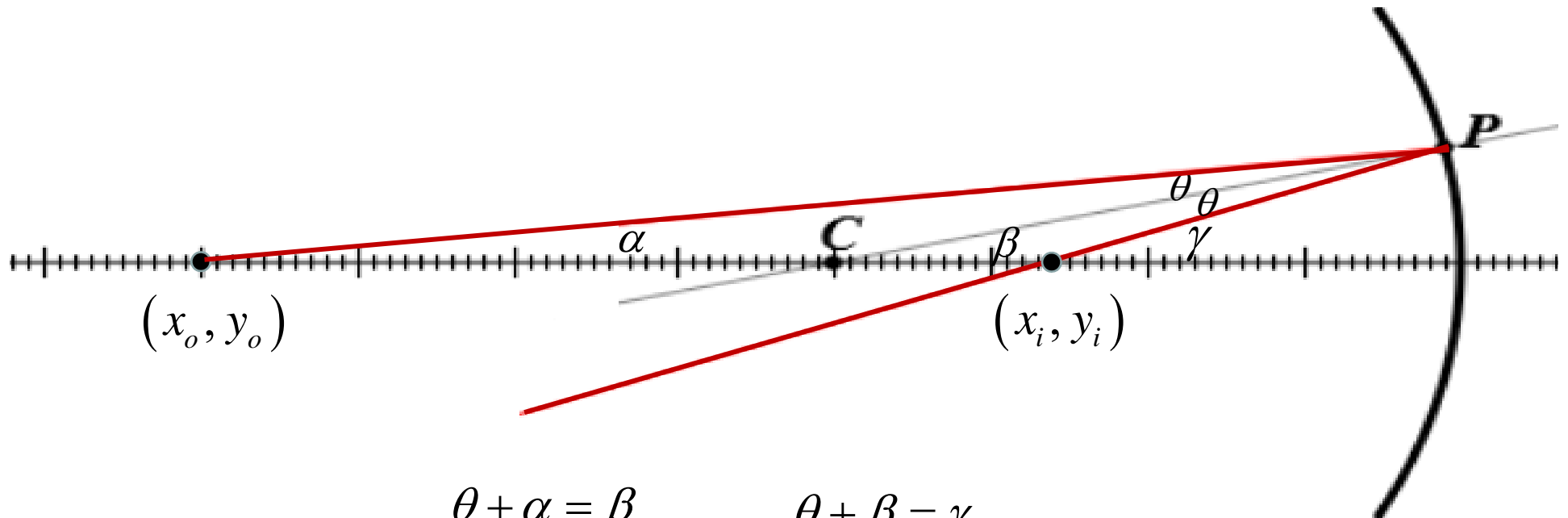
gekrümmten Grenzfläche



Konkavspiegel



Konkavspiegel



$$\theta + \alpha = \beta \quad \theta + \beta = \gamma$$

$$\theta = \beta - \alpha = \gamma - \beta$$

$$\alpha \approx \frac{y_p}{x_o} \quad \beta \approx \frac{y_p}{R} \quad \gamma \approx \frac{y_p}{x_i}$$

$$\boxed{\frac{1}{x_o} + \frac{1}{x_i} = \frac{2}{R}}$$

Parabolspiegel



de.wikipedia.org/wiki/Parabolspiegel

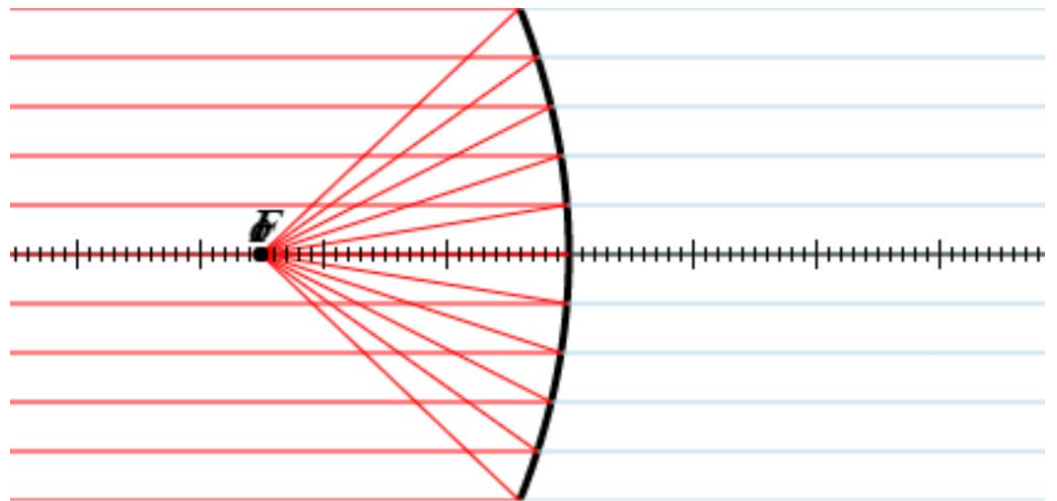
$F =$ [cm]

$x_o =$ [cm]

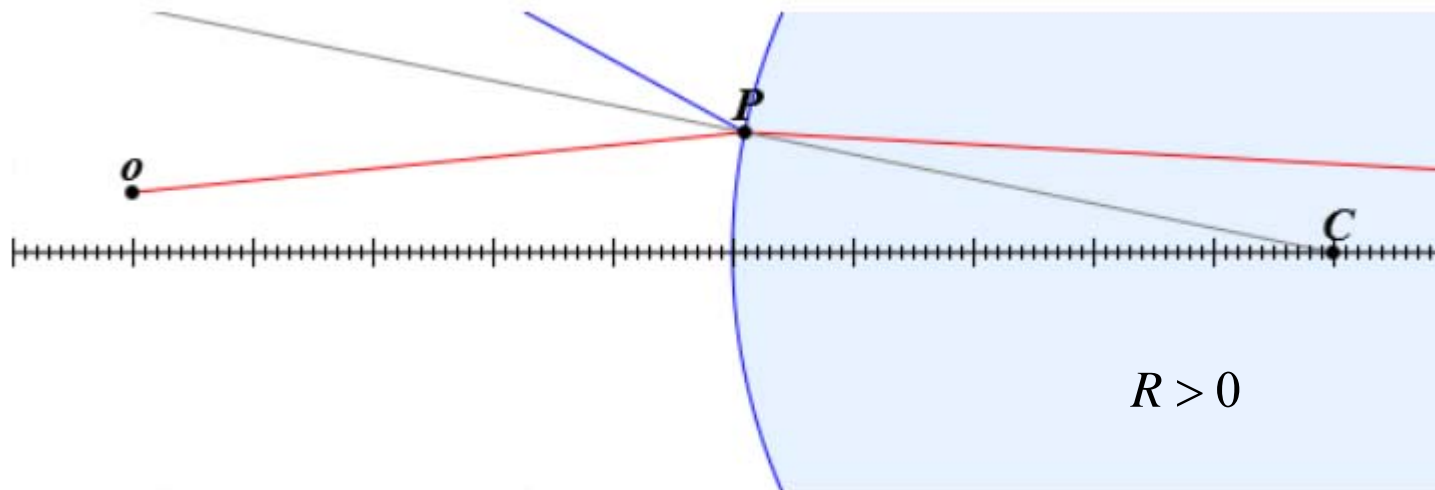
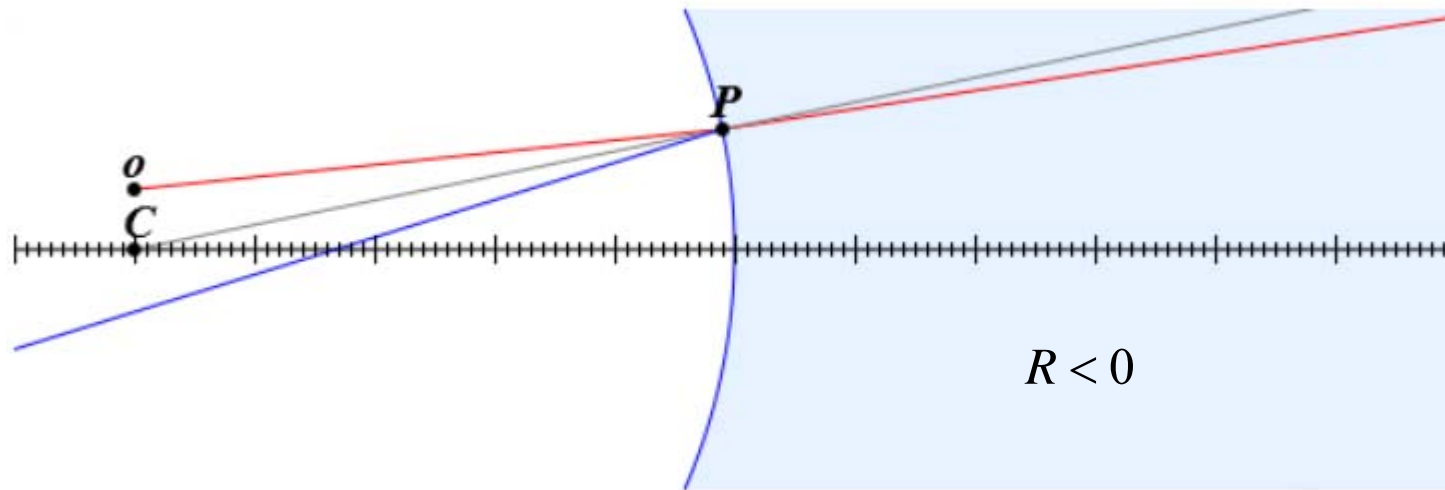
$y_o =$ [cm]

plot

APP:
**Reflection from a
parabolic mirror**

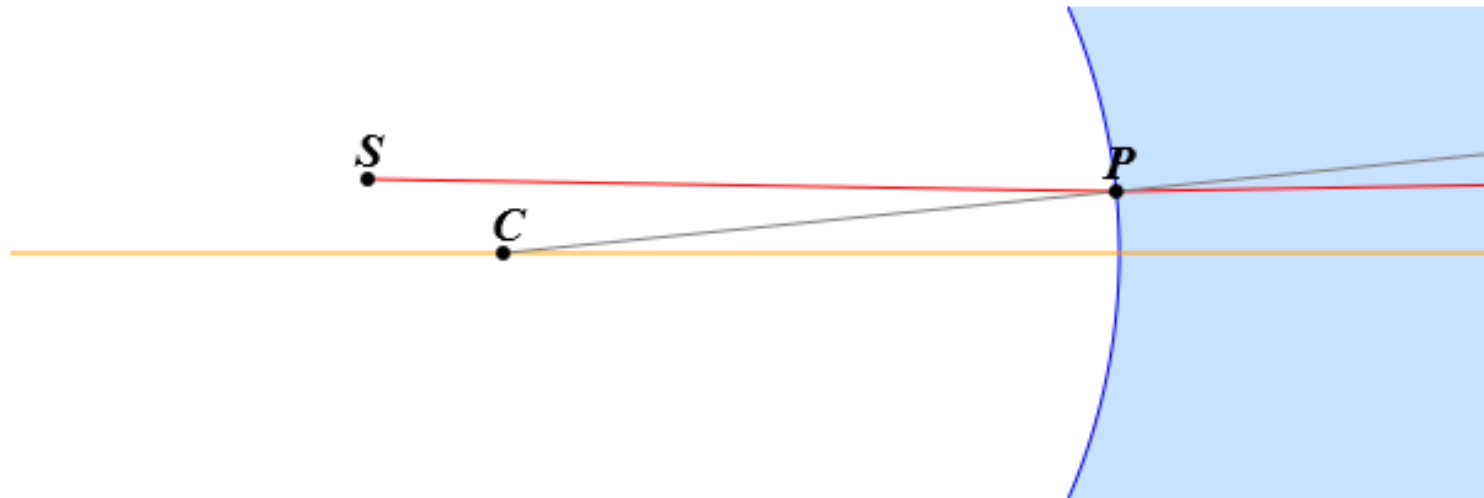


Brechung an gekrümmter Grenzfläche



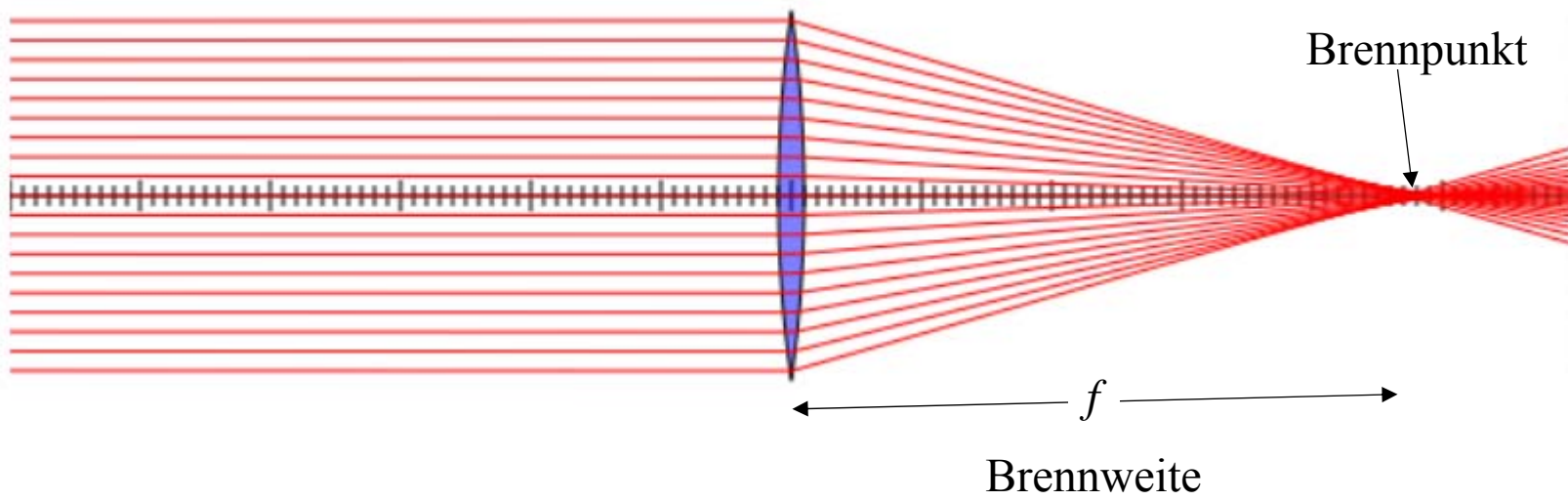
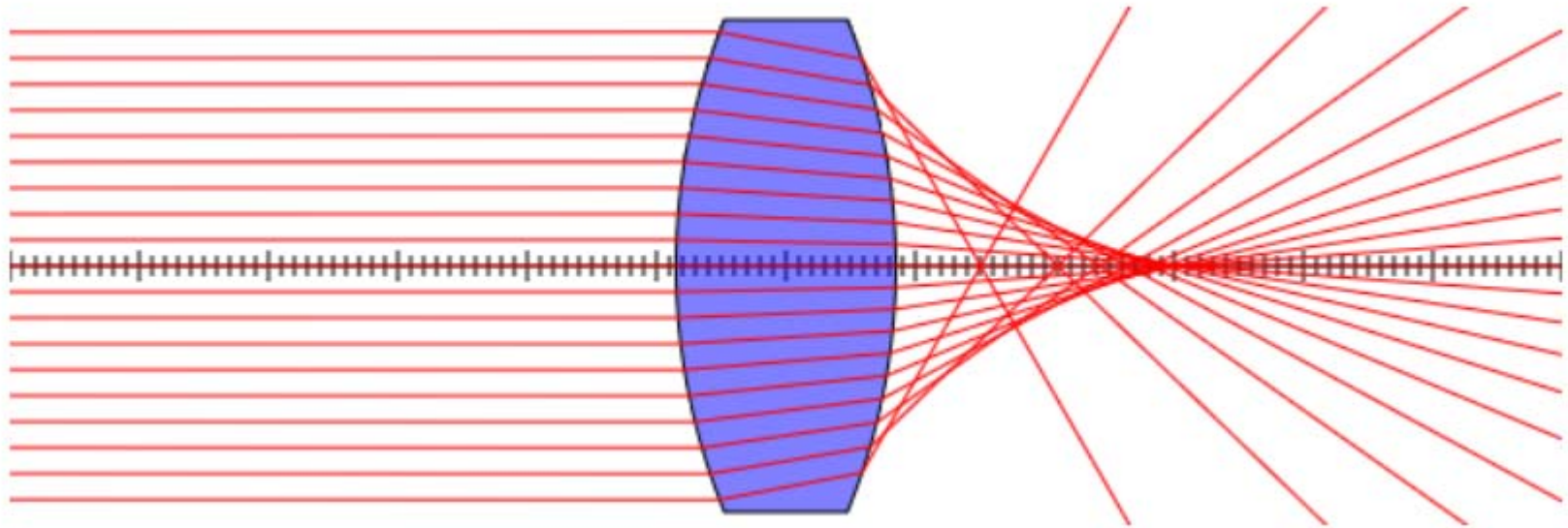
Brechung an einer konkaven Grenzfläche

Eine konkave Grenzfläche sei durch einen Kreis mit dem Radius $R = 5$ cm und dem Mittelpunkt C an $(x_c = 0, y_c = 0)$ gegeben. Ein an der Position S ($x_0 = -1.1, y_0 = 0.60$) cm emittierter Lichtstrahl trifft auf diese Fläche am Punkt P in der Höhe $y_p = 0.50$ cm. Der Brechungsindex ist $n_1 = 1$ links und $n_2 = 1.4$ rechts der Grenzfläche. Wie groß ist der Winkel, welcher von der Normalen auf die Grenzfläche am Punkt P (die C und P verbindende graue Linie) und dem gebrochenen Strahl eingeschlossen wird?

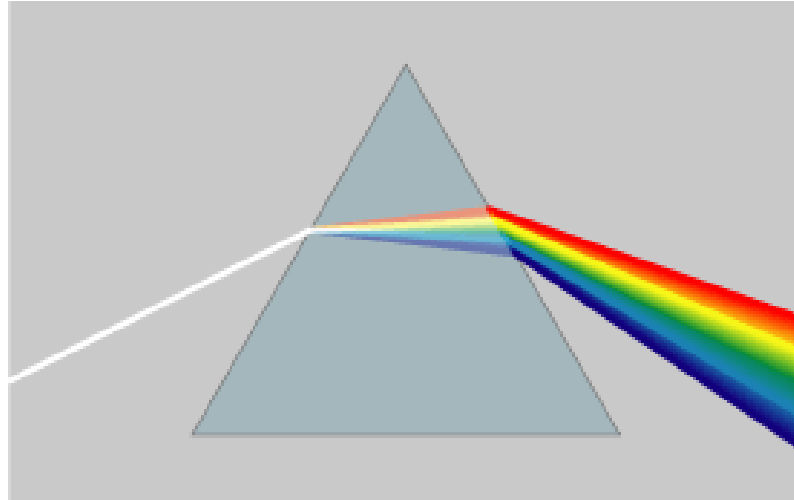


Lösung

Sphärische Aberration



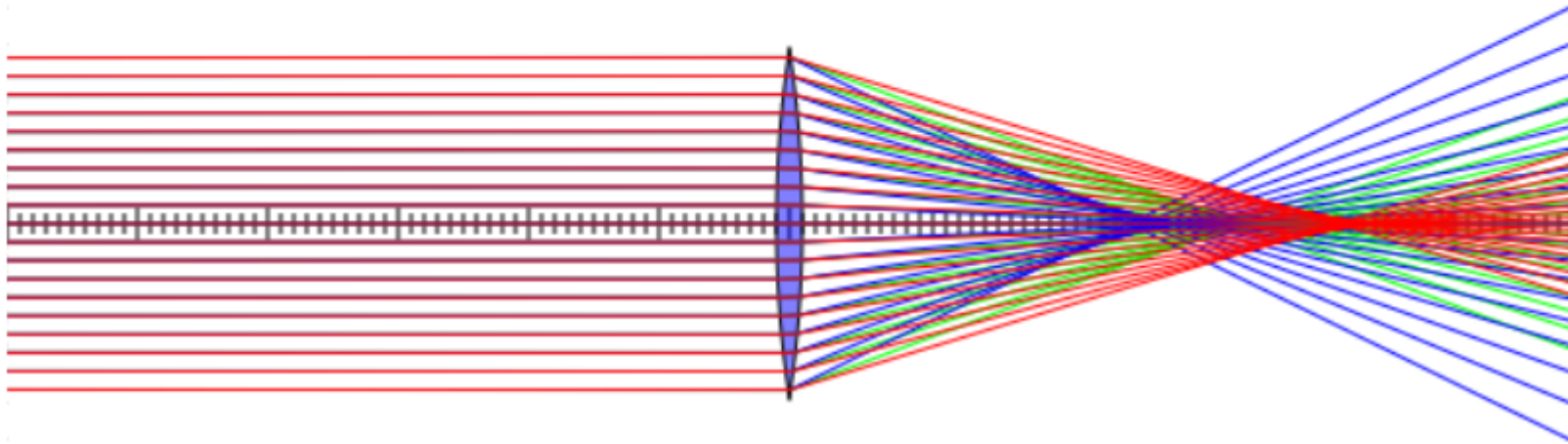
Dispersion



$n(\lambda)$
↖
Brechungsindex

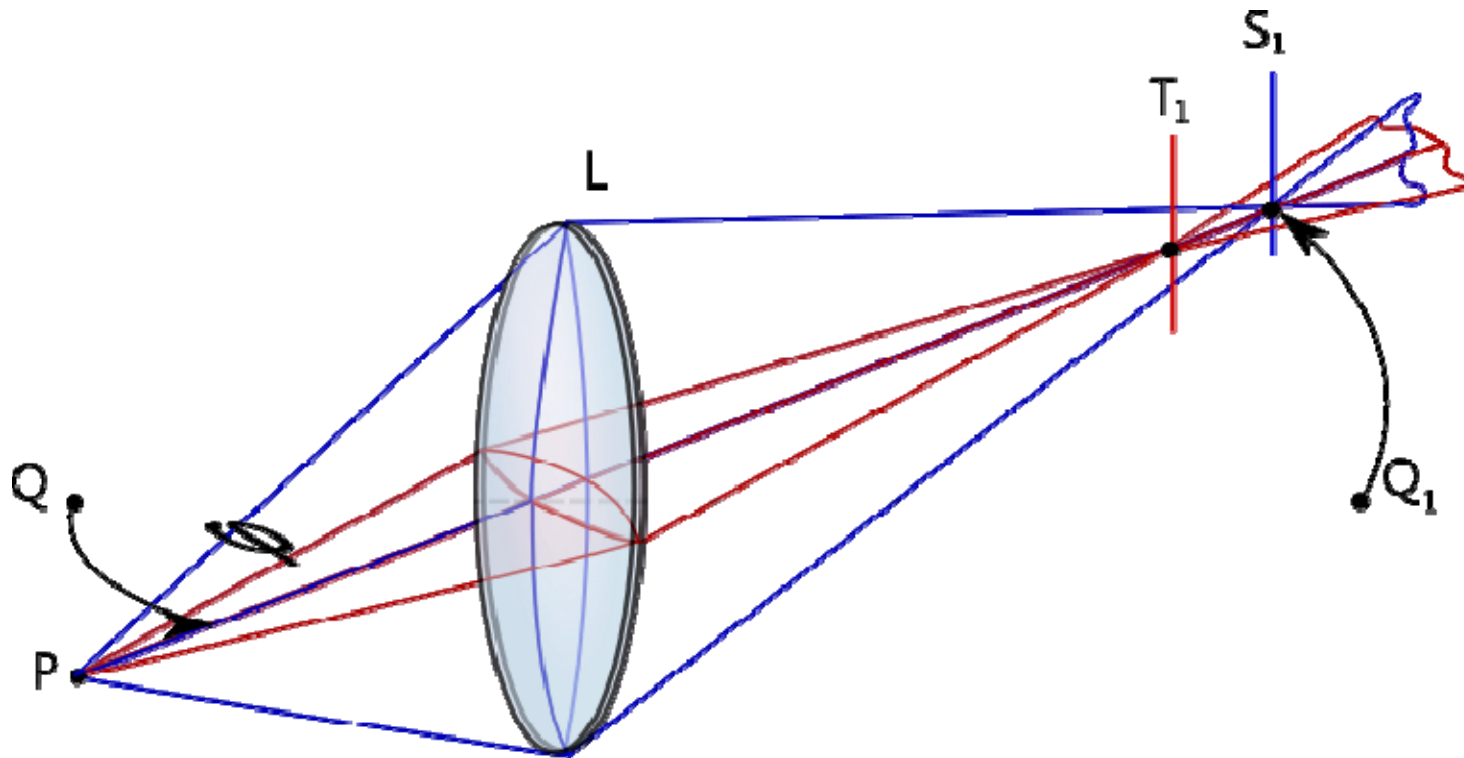
Chromatische Aberration

	Rot	Grün	Blau
$n_{\text{Umg}} =$	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
$n_{\text{Linse}} =$	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2.2"/>	<input type="text" value="2.5"/>
show:	<input checked="" type="checkbox"/> Rot	<input checked="" type="checkbox"/> Grün	<input checked="" type="checkbox"/> Blau
	<input type="button" value="plot"/>		



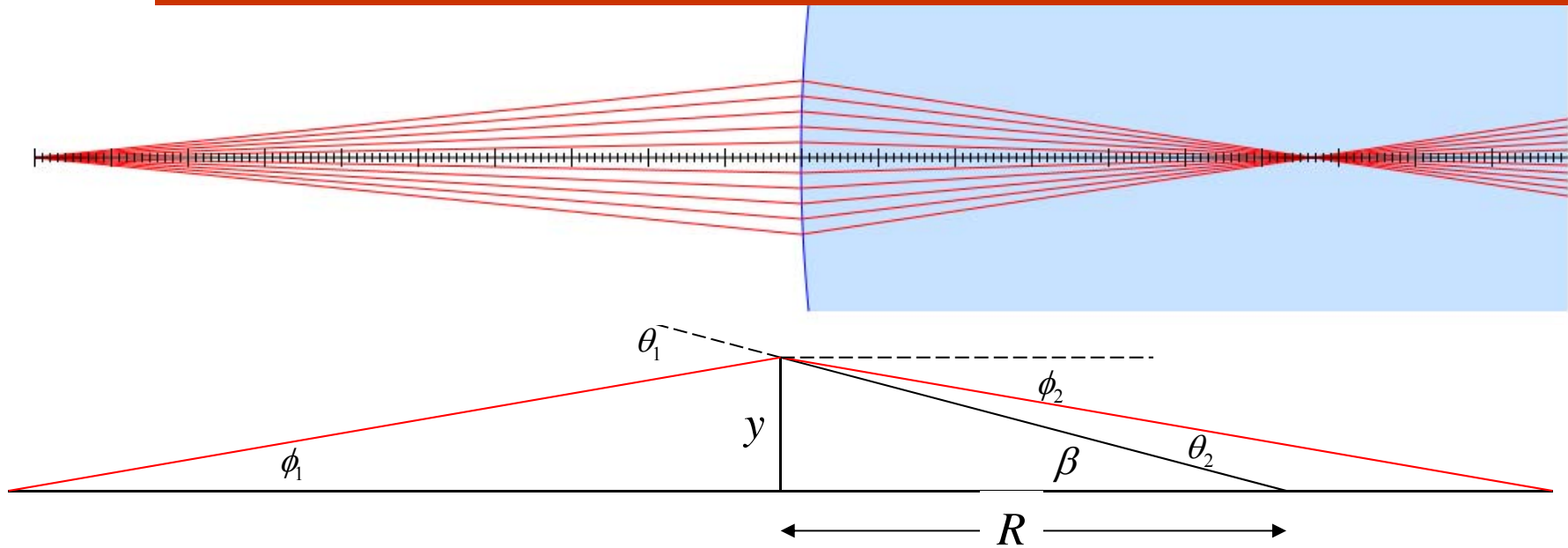
Astigmatismus

Die Brechung hängt von der Einfallsebene ab.



<https://en.wikipedia.org/wiki/Astigmatismus#/media/File:Astigmatismus.svg>

kleine Winkel zur optischen Achse



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\downarrow$$
$$n_1 \theta_1 \approx n_2 \theta_2$$

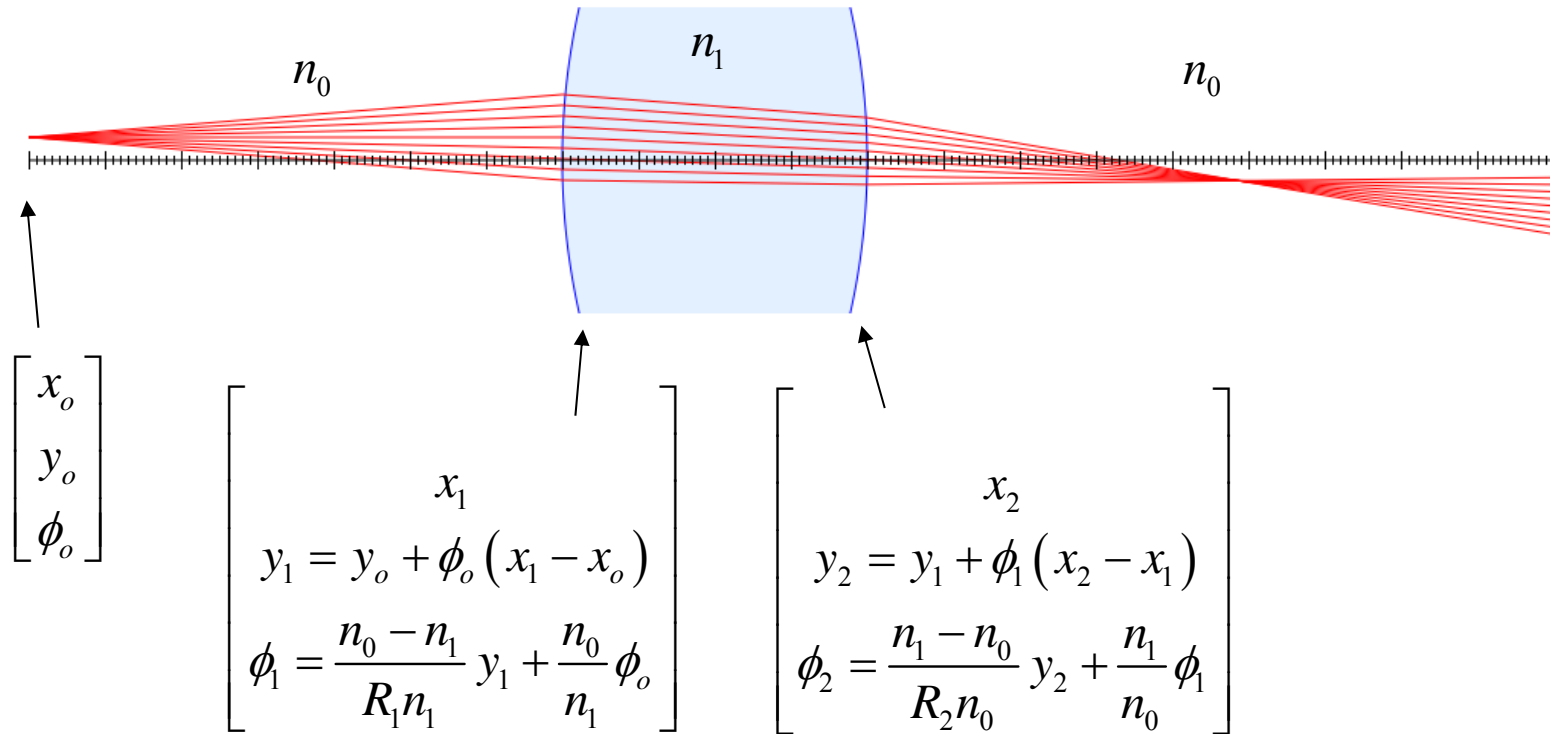
$$\theta_1 = \phi_1 + \beta$$

$$-\phi_2 + \theta_2 = \beta$$

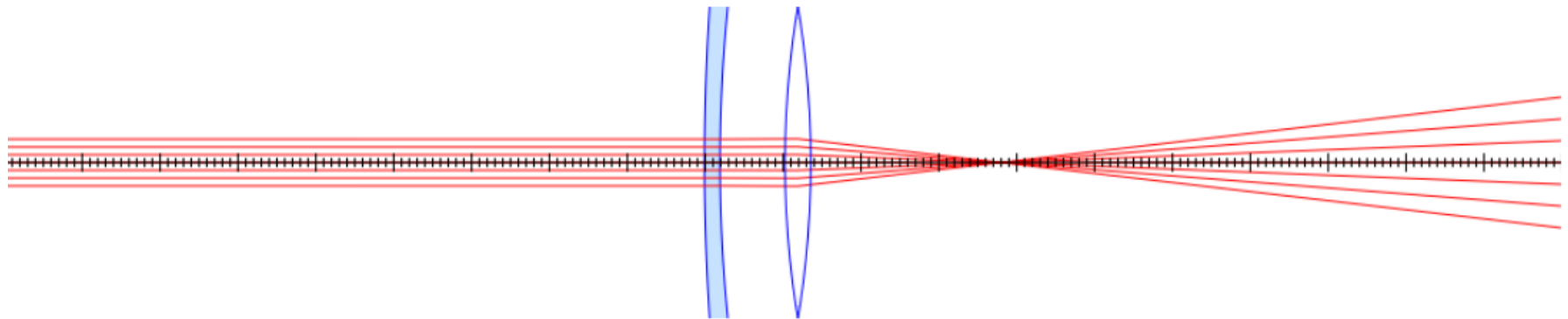
$$\beta \approx \frac{y}{R}$$

$$\phi_2 = \frac{n_1 - n_2}{n_2 R} y + \frac{n_1}{n_2} \phi_1$$

Linse (kleine Winkel)



Ray tracing mittels Transfermatrixmethode



Zeichne optisches System

Brechung an planarer Grenzfläche

Brechung an konvexer Grenzfläche

Brechung an konkaver Grenzfläche

Bikonvexlinse

Bikonkavlinse

Linsensystem

Brille - Auge

Kondensorlinse

Immersionslinse

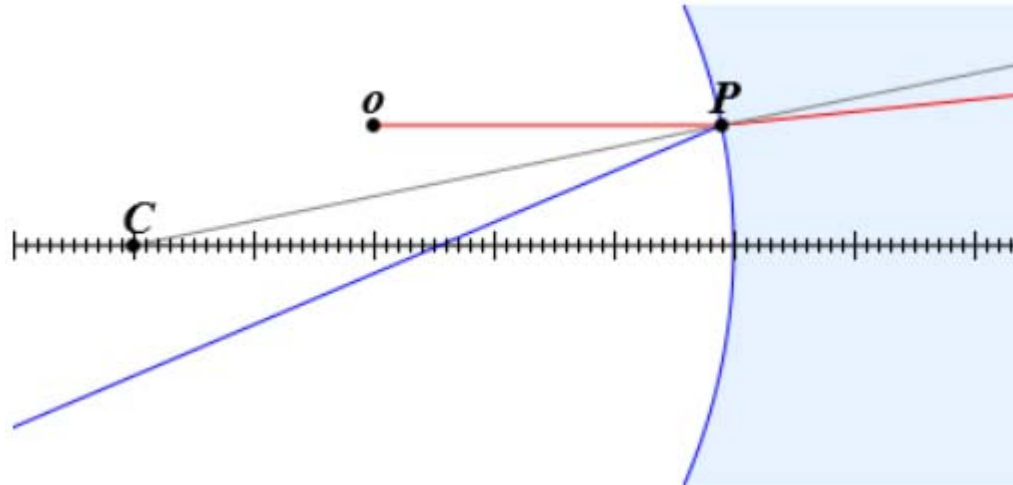
zwischen Grenzflächen

$$y_{i+1} = y_i + \phi_i (x_{i+1} - x_i)$$

bei Grenzfläche

$$\phi_{i+1} = \frac{n_1 - n_2}{n_2 R} y_i + \frac{n_1}{n_2} \phi_i$$

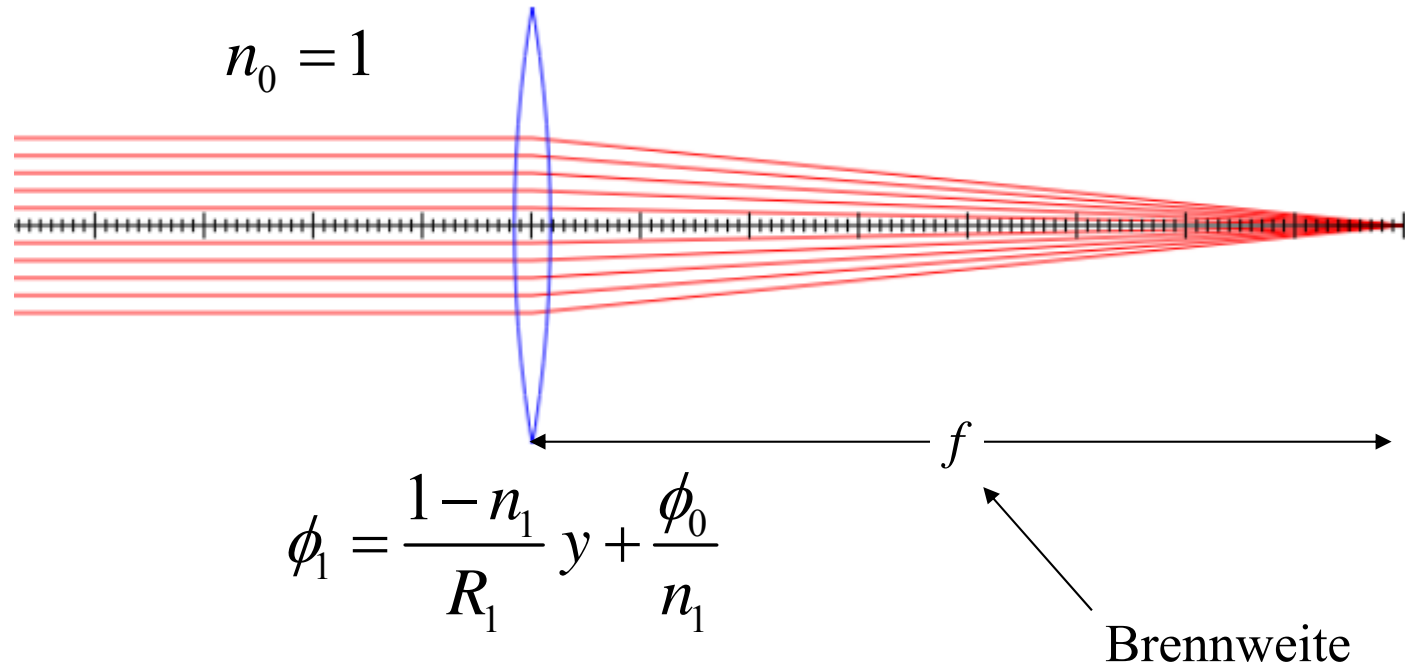
Brechung



Methode 1: mit Vektoren $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

Methode 2: kleinen Winkeln zur optischen Achse $\phi_{i+1} = \frac{n_1 - n_2}{n_2 R} y_i + \frac{n_1}{n_2} \phi_i$

dünne Linsen (kleine Winkel)



$$\phi_1 = \frac{1-n_1}{R_1} y + \frac{\phi_0}{n_1}$$

$$\phi_2 = \frac{n_1-1}{R_2} y + n_1 \left(\frac{1-n_1}{R_1} y + \frac{\phi_0}{n_1} \right)$$

$$\phi_{i+1} = -\frac{y_i}{f} + \phi_i$$

$$\frac{1}{f} = (n_1 - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$