

## 1. Teil (Grundlagen der Grundlagen)

- Licht, Strahlen, Strahlenoptik, Definition nach DIN, Laufrichtung, Winkel
- Optische Medien, Brechzahl, Brechungsindex, Brechungsgesetz, Reflexionsgesetz
- Abbildung, Nullstrahlformel, Abbildungsgleichung, Linsen, Spiegel
- Grundpunkte optischer Systeme, Listingsche Konstruktion
- Fresnel, Reflexminderung, Brewsterwinkel, Planplatte, Strahlversatz (Vorgriff auf Teil 2: Aberration)

## 2. Teil (Aberration und Einfache Abbildungssysteme)

- Polarisation (zirkular, linear, elliptisch)
- Abbildungsfehler, geometrische und Wellenoptik, Airy-Scheibe, Auflösungsvermögen
- Bildfeldwölbung, Verzeichnung, chromatische Aberrationen
- Praxisbeispiele von Abbildungsfehlern und Korrekturmöglichkeiten
- Einfache Abbildungssysteme: Fernglas, Teleskop, Blenden, Luken, Pupillen
- Strahlparameterprodukt und Etendue

## 3. Teil (Einfache Abbildungssysteme und Komplexere optische Instrumente)

- Optische Fasern, Funktionsprinzip, Monomode- und Multimodefasern
- ausgewählter optischer Geräte (Praxisbeispiele)
- Optische Bauelemente und Funktionsprinzipien
- Konfokalmikroskope
- Telezentrischer Strahlengang
- ausgewählter optischer Geräte (Praxisbeispiele)

## 4. Teil (Strahlungsquellen, Empfänger und Bildgeber)

- Laser- Prinzip und Aufbau
- Halbleiterstrahlungsquellen (LD, LED und OLED)
- Optische Sensoren: PD, CCD, CMOS, MCP, etc.
- Bildgeber: Displays (LCD, LCOS) und Projektoren



Dr. Adrian Mahlkow

# 1. Teil (Grundlagen der Grundlagen)

Licht, Strahlen, Strahlenoptik, Definition nach DIN, Laufrichtung, Winkel

Optische Medien, Brechzahl, Brechungsindex, Brechungsgesetz, Reflexionsgesetz

Abbildung, Nullstrahlformel, Abbildungsgleichung, Linsen

Grundpunkte optischer Systeme, Listingsche Konstruktion

Fresnel, Reflexminderung, Brewsterwinkel, Planplatte

## Geometrische Optik = Strahlenoptik

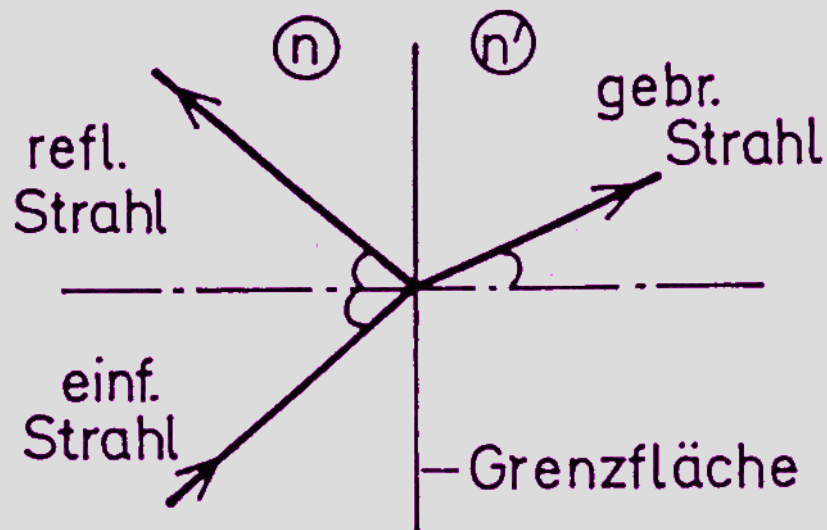
- $\lambda \rightarrow 0$  ( $\lambda$  = Wellenlänge), eigentlich 380 bis 780 nm
- Die Ausbreitung des Lichts ist geradlinig = Strahlen.
- Die Überlagerung von Strahlen geschieht rein additiv
- Keine gegenseitige Beeinflussungen
- Strahlenübergang zw. Medium gemäß Brechungsgesetz.
- Die auf eine Grenzfläche zwischen zwei Medien treffende Strahlung wird gemäß Reflexionsgesetz zurückgeworfen.

$$n = \frac{c}{v}$$

Brechzahl  $n$   
Brechungsindex  $n$

$$n \sin \varepsilon = n' \sin \varepsilon'$$

Brechungsgesetz nach Snellius, 1615



$$\varepsilon = -\varepsilon'$$

Reflexionsgesetz

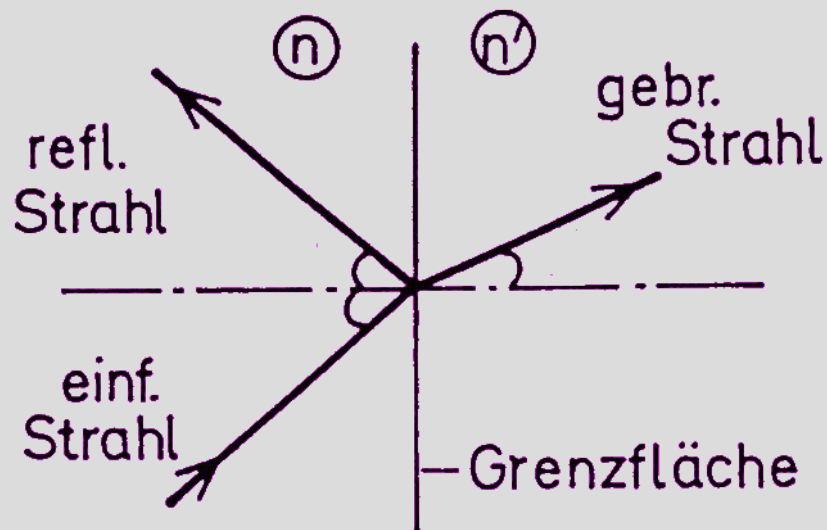
sei  $n > n'$ , so wird  $\varepsilon' = \frac{\pi}{2}$  für

$$\sin \varepsilon_g = \frac{n'}{n} < 1$$

Für Winkel  $\varepsilon > \varepsilon_g$

tritt Totalreflexion auf

$$n \sin \varepsilon = n' \sin \varepsilon'$$

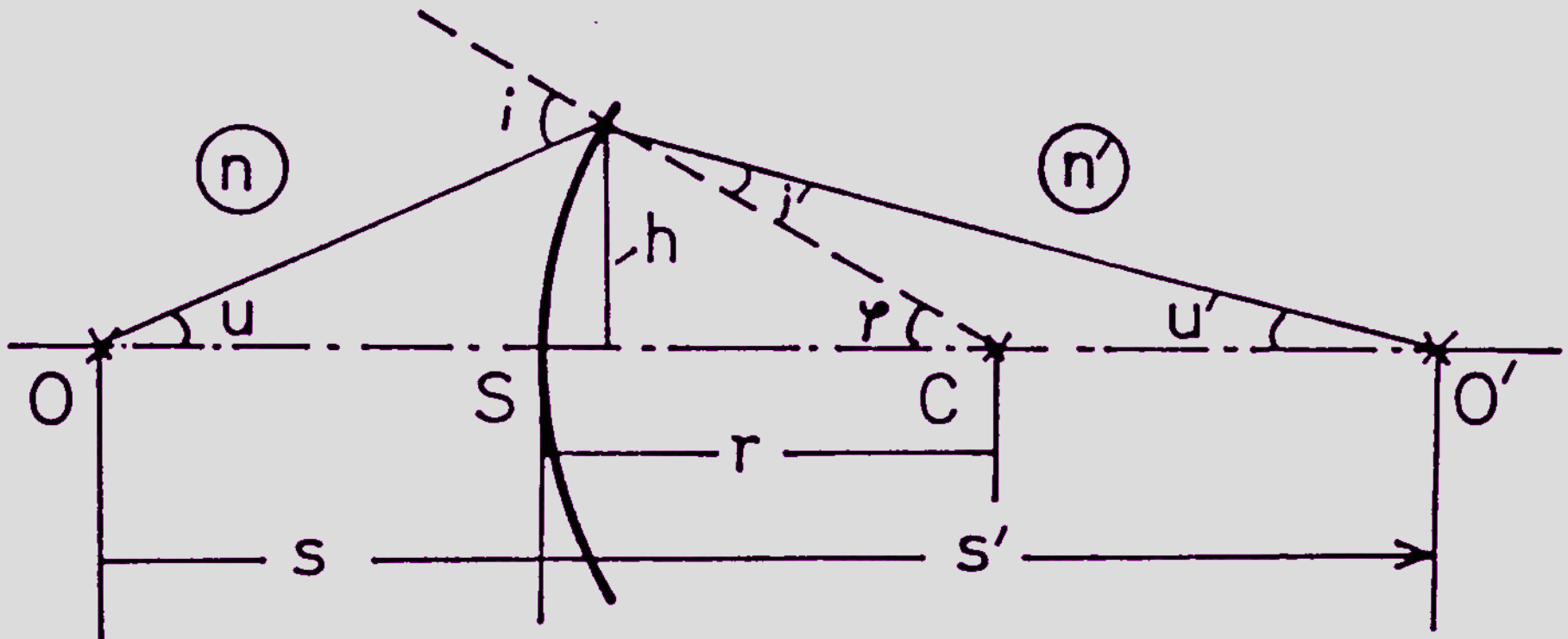


$n$	$\varepsilon_g$	Medium
1,33	48,75°	Wasser
1,45	43,60°	Glas, min.
2,00	30,00°	Glas, max.
2,4	24,62°	Diamant

Für kleine Winkel  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon'$   
kann man nähern:

$$n \varepsilon = n' \varepsilon'$$

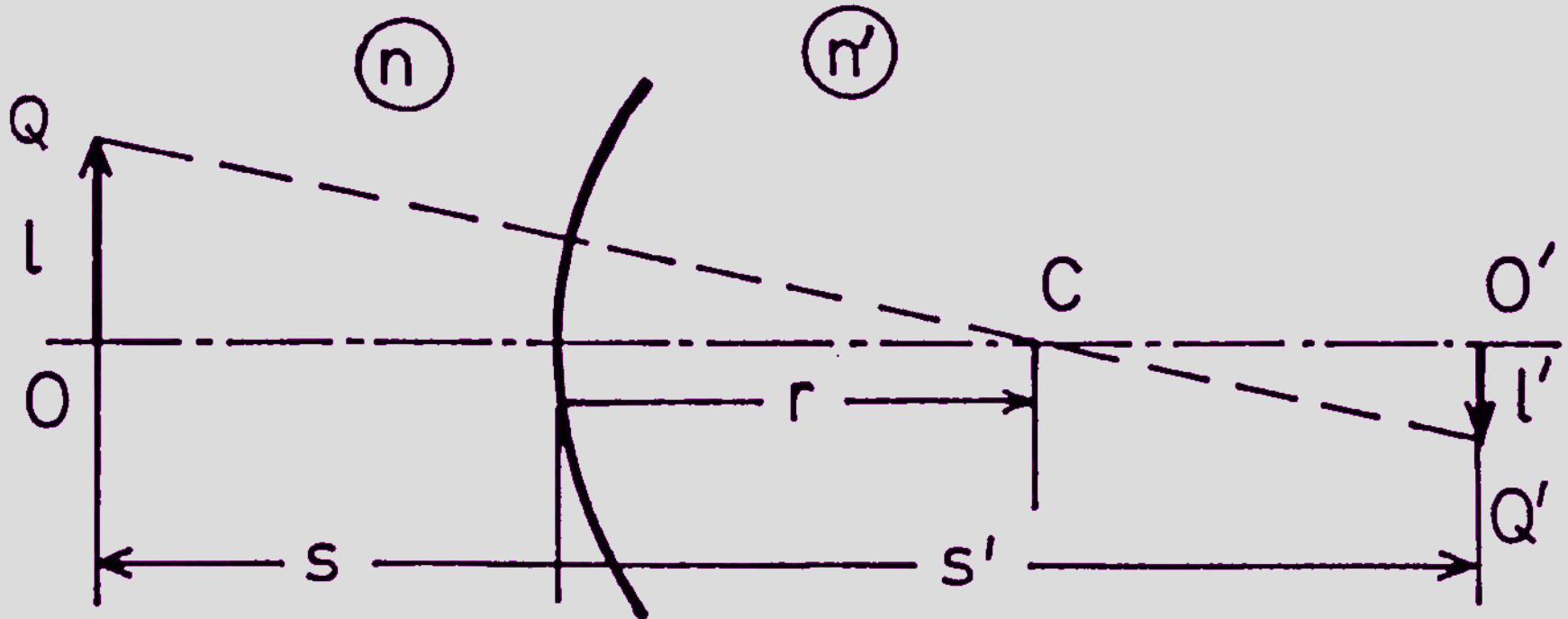
- Die Lichtrichtung verläuft von links nach rechts.
- Die optische Achse ist Verbindungsgerade der Krümmungszentren.
- Strecken in Lichtrichtung werden positiv, entgegen der Lichtrichtung negativ gezählt
- Strecken werden von Scheitelpunkten der Flächen aus gemessen.
- Strecken senkrecht zur optischen Achse werden nach oben positiv, nach unten negativ gezählt.
- Strahlneigungswinkel gegenüber der optischen Achse werden negativ gezählt, wenn der Strahl von links oben nach rechts unten verläuft, sie werden positiv gezählt, wenn der Strahl von links unten nach rechts oben verläuft.
- Flächenradien werden vom Scheitel zum Zentrum gerechnet.



$$u + i = \varphi = u' + i' \quad u = \frac{-h}{s} \quad u' = \frac{-h}{s'} \quad \varphi = \frac{-h}{r}$$

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s} + \frac{n' - n}{r} \quad n' \sigma' = n \sigma - (n' - n) \rho h \quad \frac{n' - n}{r} = (n' - n) \rho$$

# Lateraler Abbildungsmaßstab



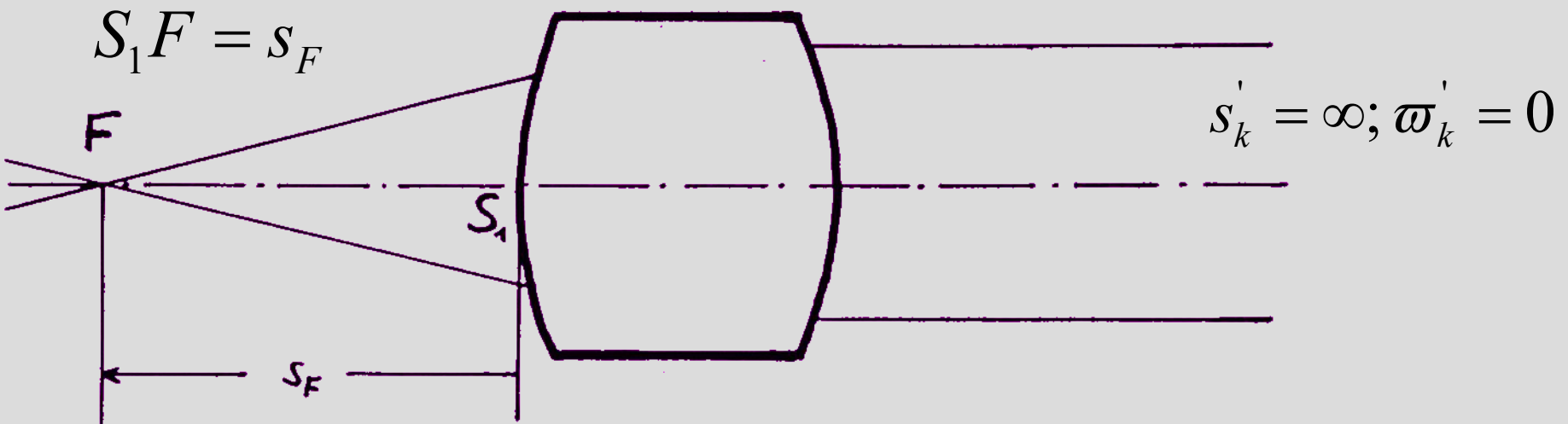
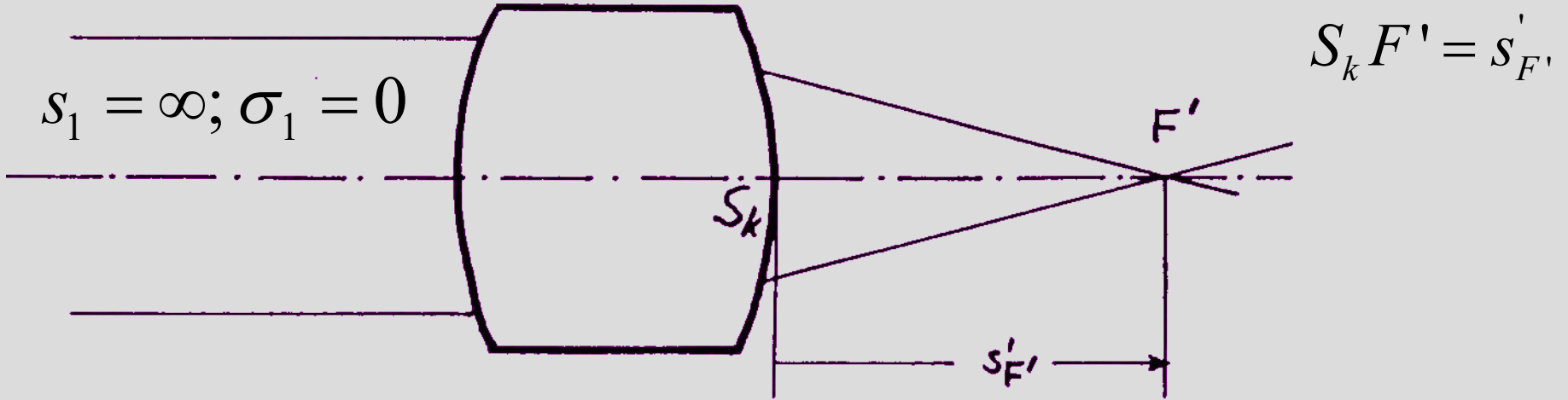
$$\frac{l'}{l} = \frac{s' - r}{s - r}$$

$$\beta = \frac{l'}{l} = \frac{s'}{n'} \frac{n}{s}$$

$$\beta = \frac{n \sigma}{n' \sigma'}$$

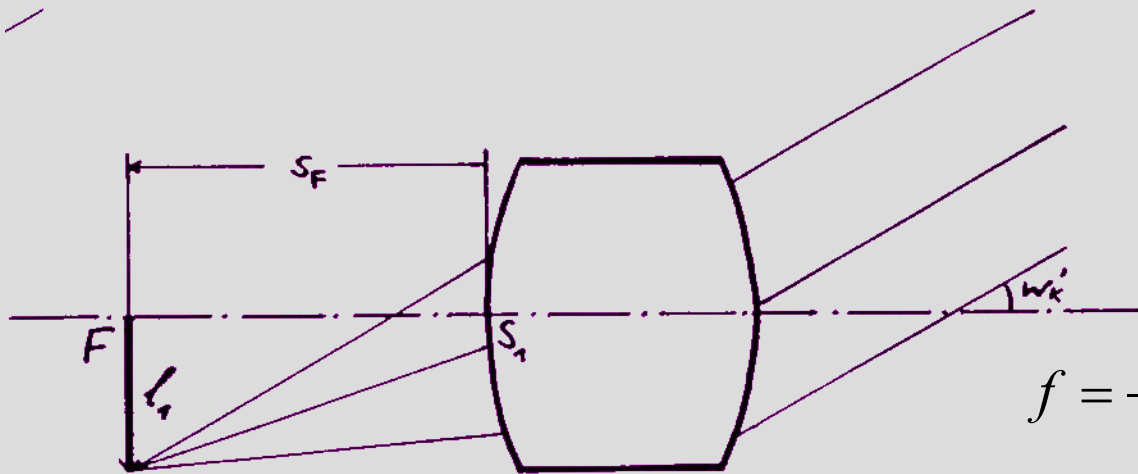
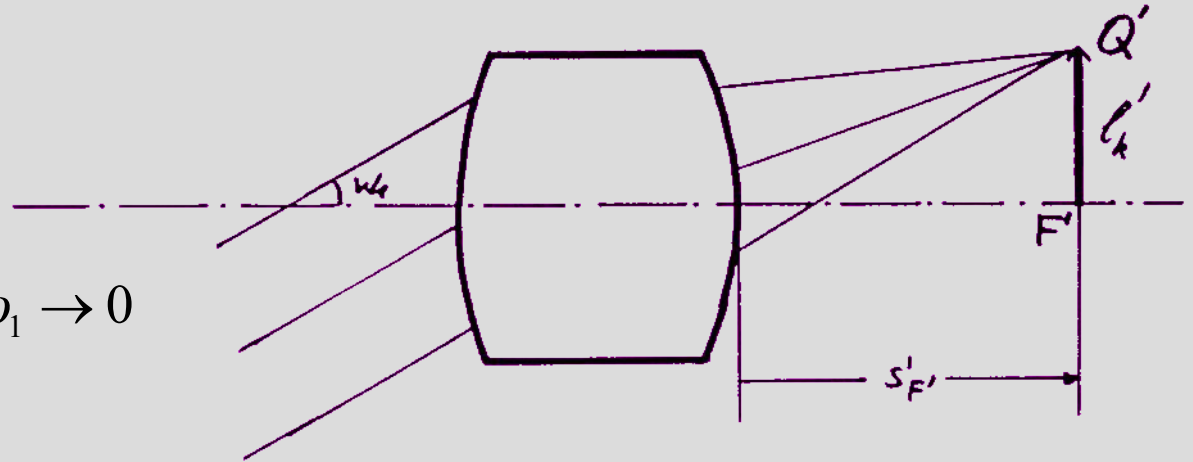


# Grundpunkte des optischen Systems



$$f = \frac{l'_k}{n_1 \omega_1}$$

$$f = \lim \frac{l'_k}{n_1 \tan \omega_1} \quad \text{für } \omega_1 \rightarrow 0$$



$$f = -\frac{l_1}{n'_k \omega'_k}$$

$$f = -\lim \frac{l_1}{n'_k \tan \omega'_k} \quad \text{für } l_1 \rightarrow 0$$

$$\beta = \frac{l'_k}{l_1}$$

lateraler Abbildungsmaßstab

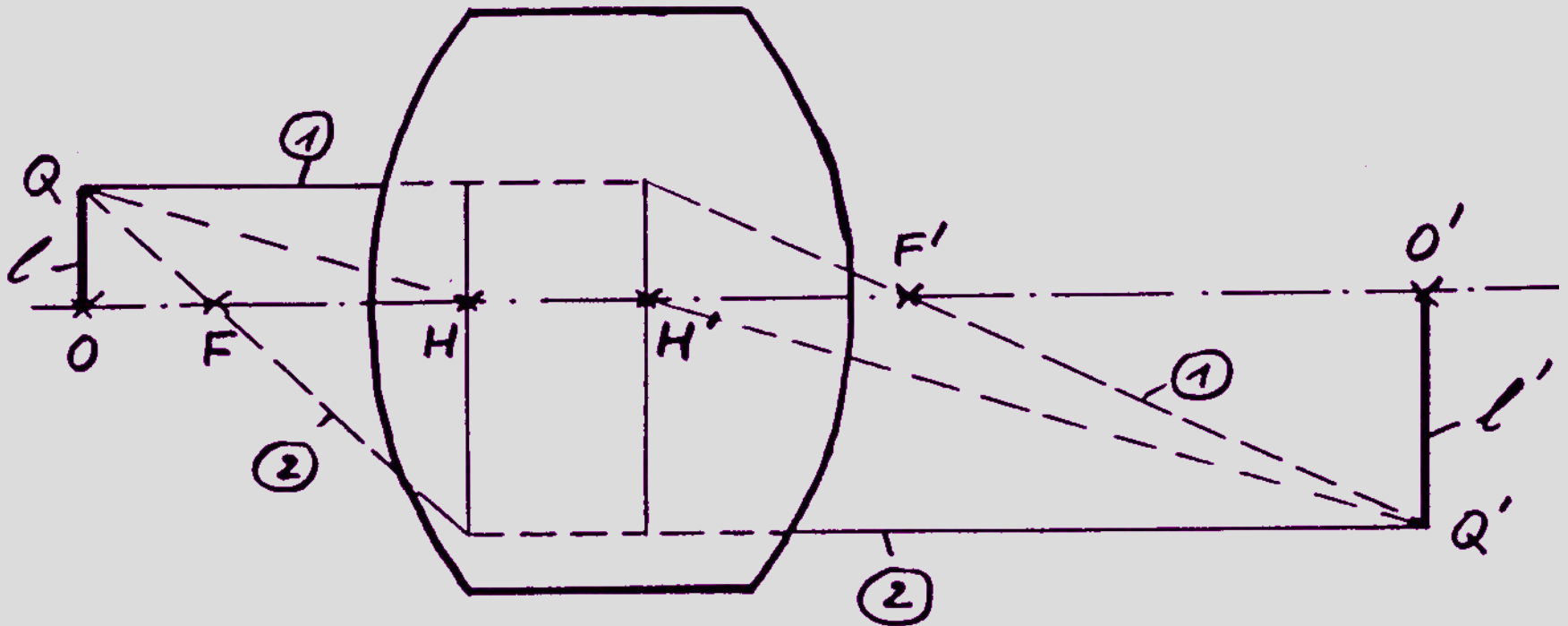
$$\gamma = \frac{\sigma'_k}{\sigma_1}$$

Winkelvergrößerung

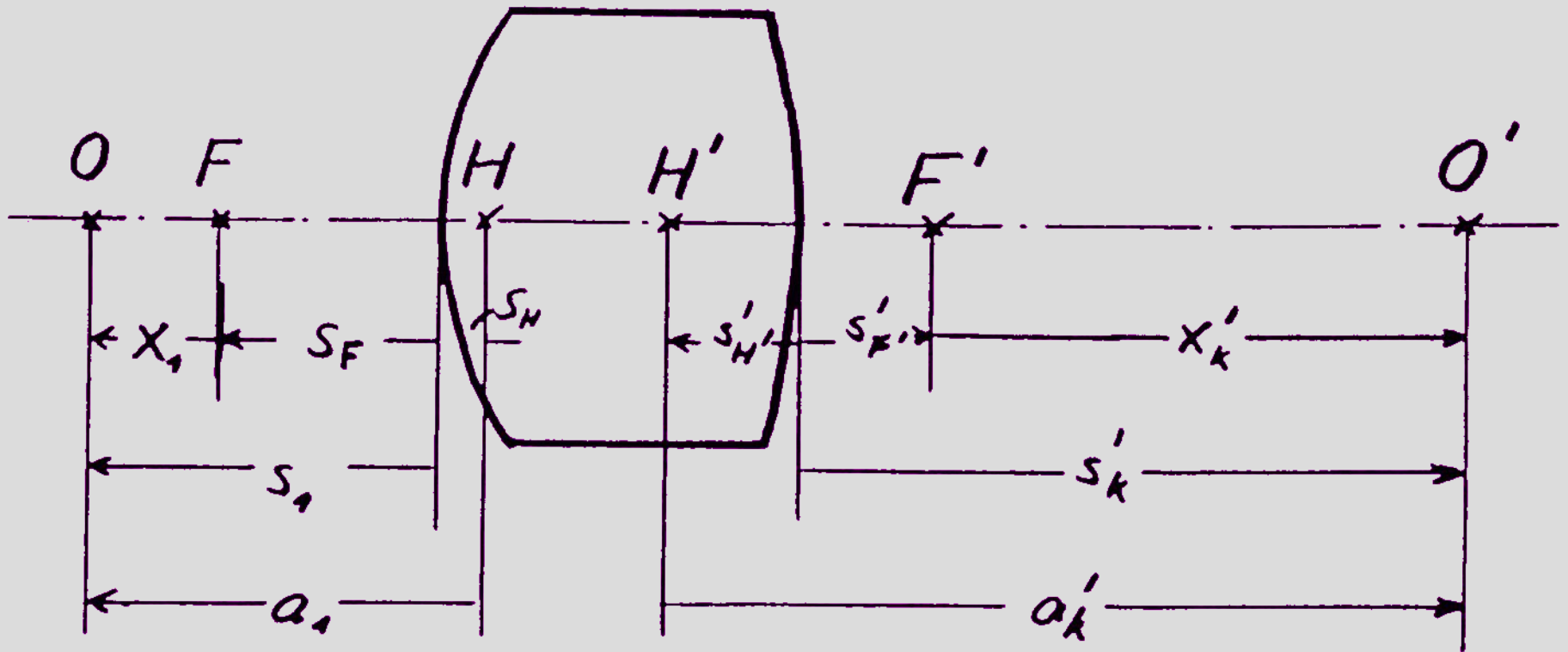
$$\alpha = \frac{ds'_k}{ds_1}$$

Tiefenvergrößerung

# Listingsche Konstruktion



# Grundpunkte und Schnittweiten



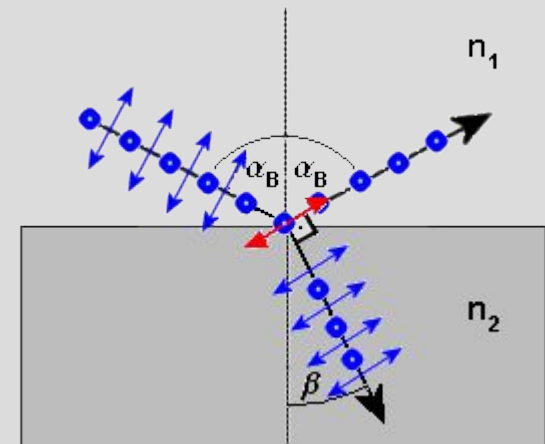
$$\rho_{\perp} = \frac{\cos \varepsilon n - \cos \varepsilon' n'}{\cos \varepsilon n + \cos \varepsilon' n'} = \frac{\sin (\varepsilon - \varepsilon')}{\sin (\varepsilon + \varepsilon')}$$

$$\rho_{\text{P}} = \frac{\frac{\cos \varepsilon}{n} - \frac{\cos \varepsilon'}{n'}}{\frac{\cos \varepsilon}{n} + \frac{\cos \varepsilon'}{n'}} = \frac{\tan (\varepsilon - \varepsilon')}{\tan (\varepsilon + \varepsilon')}$$

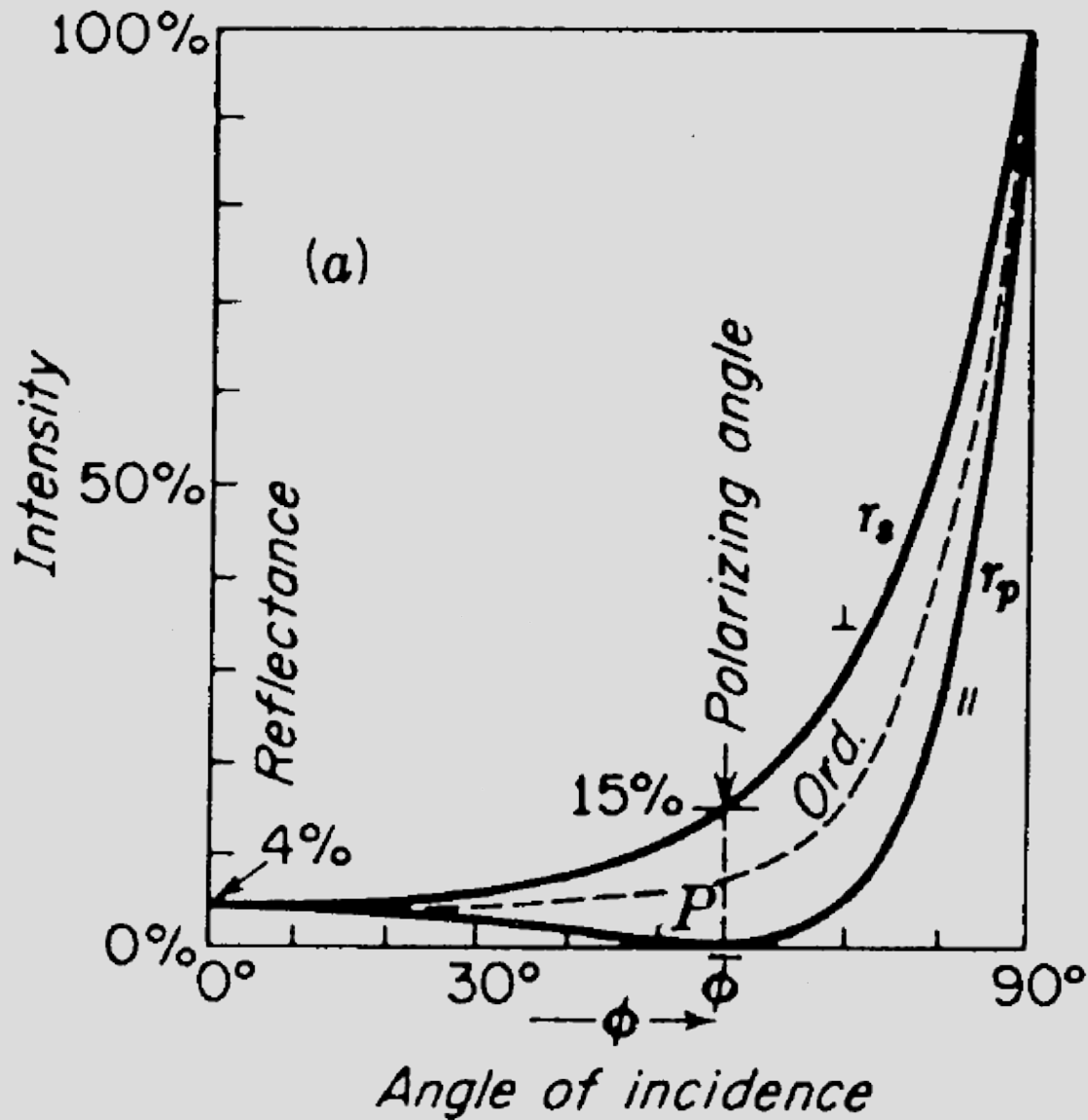
$$\tau_{\perp} = \frac{2 \cos \varepsilon n}{\cos \varepsilon n + \cos \varepsilon' n'} = \frac{2 \cos \varepsilon \sin \varepsilon'}{\sin (\varepsilon + \varepsilon')}$$

$$\tau_{\text{P}} = \frac{\frac{2 \cos \varepsilon}{n'}}{\frac{\cos \varepsilon}{n} + \frac{\cos \varepsilon'}{n'}} = \frac{2 \cos \varepsilon \sin \varepsilon'}{\sin (\varepsilon + \varepsilon') \cos (\varepsilon - \varepsilon')}$$

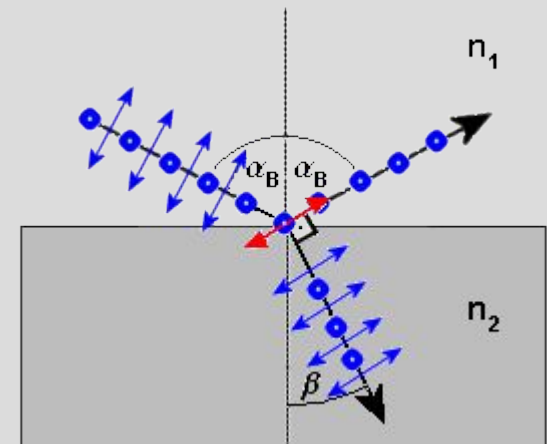
Reflexions- und  
Transmissions-  
koeffizienten



# Brewsterwinkel und Polarisation



Senkrechter Einfall  
und  
Brewsterwinkel



# Reflexion bei senkrechtem Einfall

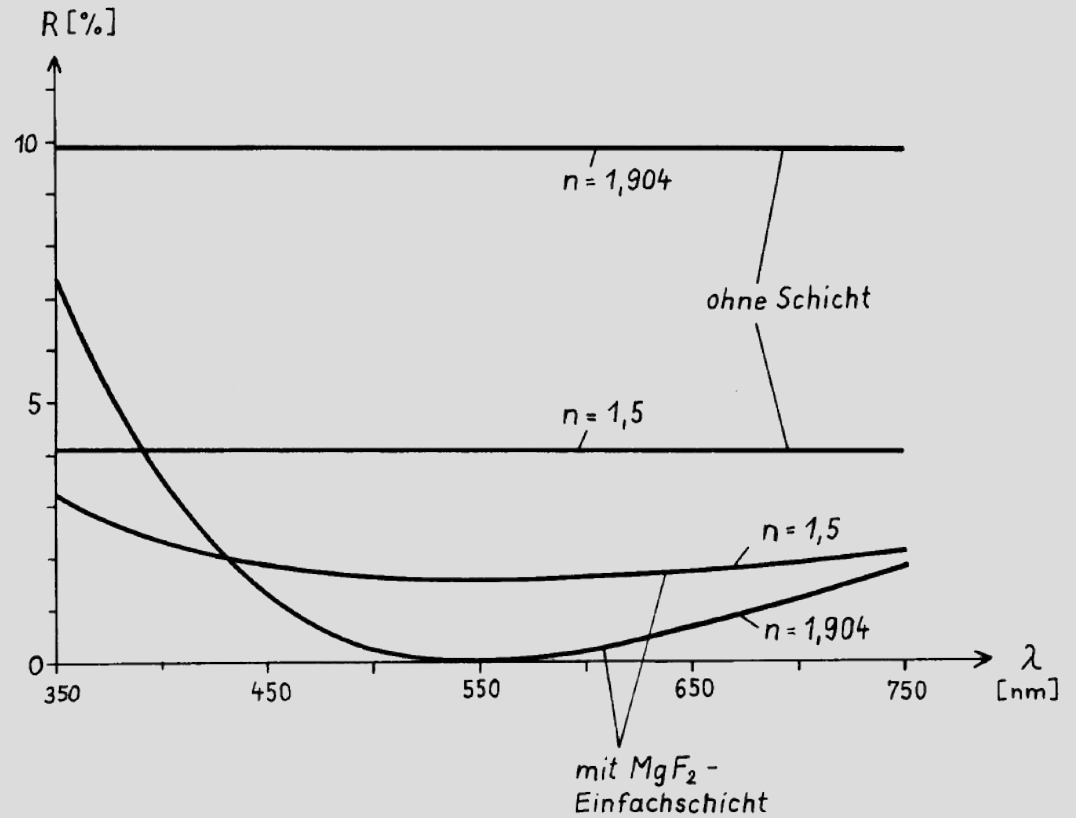
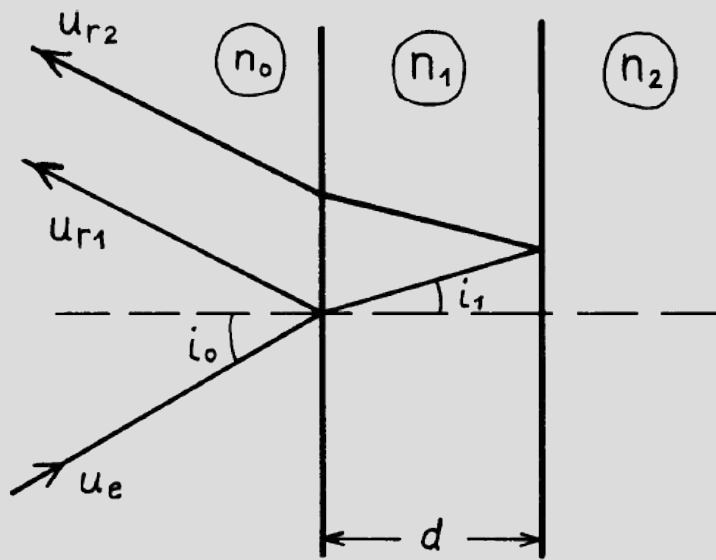
$$-\rho_P = \rho_{\perp} = \frac{n - n'}{n + n'} \quad R = \rho^2 = \left( \frac{n - n'}{n + n'} \right)^2$$

$$\tau_P = \tau_{\perp} = \frac{2n}{n + n'} \quad T = \tau^2 = \frac{4n^2}{(n + n')^2}$$

$n'$	1,5	1,625	1,75	1,875
R[%]	4,0	5,67	7,44	9,26



# Antireflexionsbeschichtung



$$n_1 d = (2m + 1) \frac{\lambda}{4}$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$n_1 = \sqrt{n_0 n_2}$$

# Ende von Teil 1

**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**

[www.optecbb.de](http://www.optecbb.de)

E-Mail: [mahlkow@optecbb.de](mailto:mahlkow@optecbb.de)

Tel. : +49 30 6392-1720

OpTecBB e.V.

Rudower Chaussee 25, Haus 1

12489 Berlin

Germany

