

Die Lochkamera

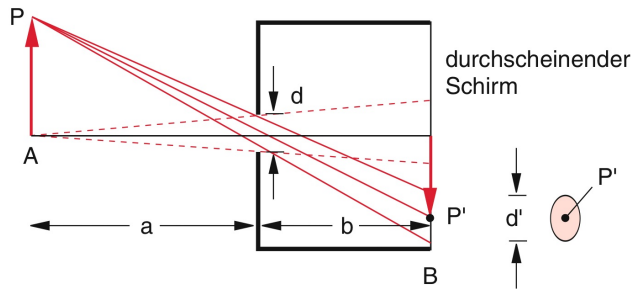


Abbildung 9.8 Schematische Darstellung einer Lochkamera

Durch das Loch wird das Objekt auf den Film abgebildet, das das Bild ist unscharf wegen der endlichen Ausdehnung des Lochs.

Das Bild ist reell.

Dehntricks

Für ein schmales Loch wird das Loch verkleinert.

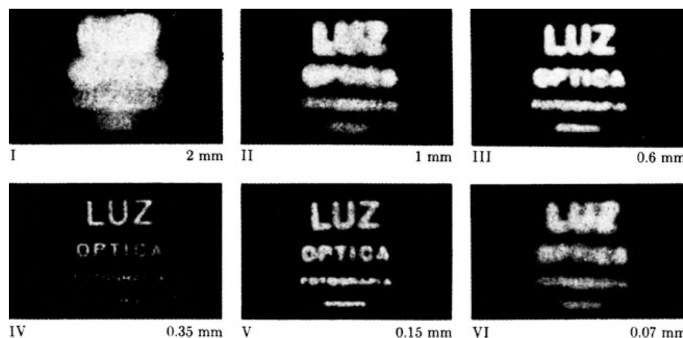
$$d' = \frac{a+b}{a} d$$

für $d \rightarrow 0$ geht auch $d' \rightarrow 0$.

Das Bild wird schärfer bei Verkleinerung des Lochs, aber auch dunkler.

Das Bild wird aber auch unscharf bei sehr kleinen Loch!

Dies liegt an der Beugung der Wellen (siehe späteres Kapitel).



Dehntricks

$$d_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{a+b}{a+b} \cdot 2\lambda}$$

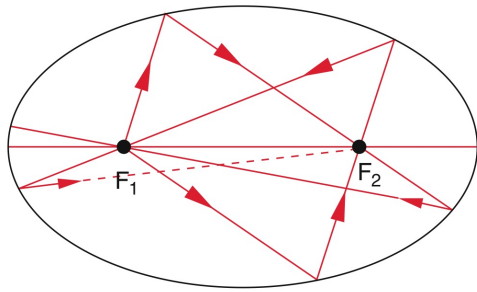


Abbildung 9.7 Ein elliptischer Spiegel bildet genau zwei Punkte, nämlich die beiden Brennpunkte F_1, F_2 ineinander ab

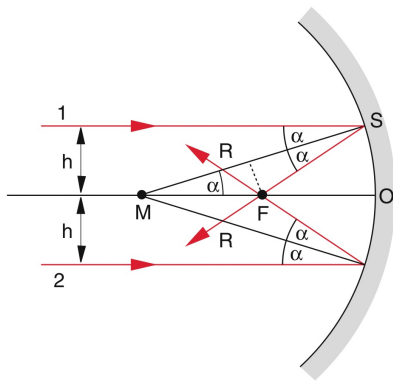
Alle Pfade $F_1 \rightarrow$ Ellipse \rightarrow
 F_2 haben die selbe
 Länge, d.h. sind unter
 Variation stationär und
 damit evtl. Stationäre

Deutliches

Hier wird F_1 auf F_2
 abgebildet.

Andererseits ist jedes Pfad von F_1 nach F_2 ist
 stationär und somit ein Stationärer.

Sphärische Hohlspiegel



Sphärische Spiegel sind einfach
 zu verstehen.

M : Mittelpunkt der Sphäre

h : Abstand des Objekts von

„Mittelpunkt“, das ist

zu sich selbst gerichtet

Wird und durch M geht

Deutliches

Strahl 1 und 2 schneiden sich in F , dem Brennpunkt.

MFS ist gleichschenkelig

$$\overline{FM} = (R/2) / \cos \alpha$$

$$\overline{OF} = R \left(1 - \frac{1}{2 \cos \alpha} \right)$$

\overline{OF} hängt von α ab.

Für kleine α ist $\cos \alpha \approx 1$. Das sind die Strahlen für kleinen Wertsatz u .

\Rightarrow Für die "paraxialen Strahlen", d.h. Strahlen nahe der Achse, ist $\overline{OF} = f = R/2$

Für paraxiale Strahlen ist die Brennweite $f = R/2$.

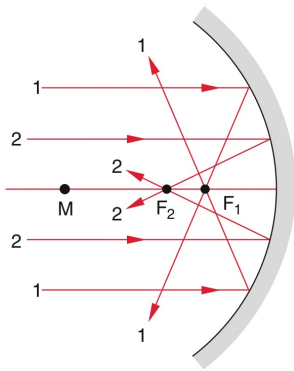
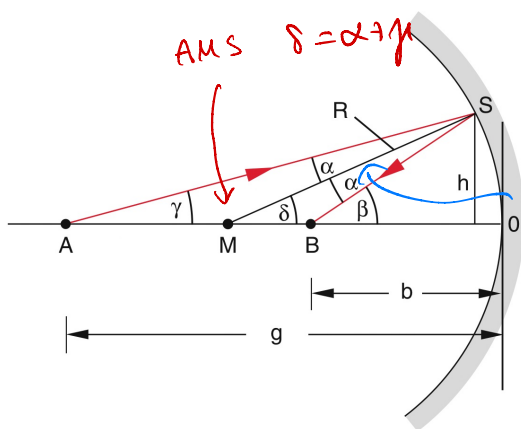


Abbildung 9.11 Die Brennweite f eines Kugelspiegels ist für achsenferne Strahlen kleiner als für achsennahe Strahlen



AMS $\delta = \alpha + \gamma$

AMS $\beta = \delta + \alpha$

$$\Rightarrow \mu + \nu = 2\delta$$

Für paraxiale Strahlen:

Deutbrodel

$$\mu \approx \tan \gamma = \frac{h}{g}$$

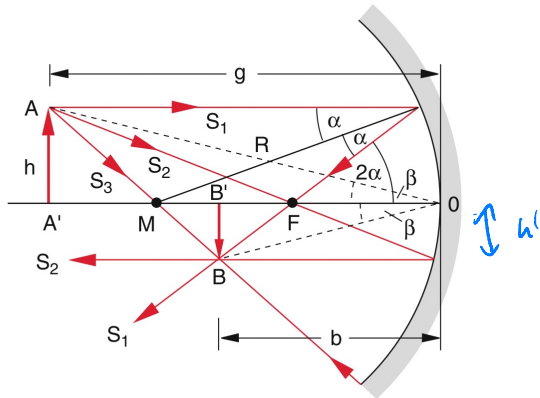
$$\nu \approx \tan \beta = \frac{h}{b}$$

$$\delta \approx \sin \delta = \frac{h}{R}$$

g und b sind die Abstände vom Gegenstand A und Bild B von Spiegel.

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} \approx \frac{2}{R} \approx \frac{1}{f}$$

für parallel Strahl



Objekt

$g > f$

$$g = \overline{AO} > R = \overline{OM}$$

$\Rightarrow B$ zwischen F und M , also $k' < 0$

Das Bild "steht auf dem Kopf"

Das Abbildungsmaßstab $\frac{\overline{AA'}}{\overline{BB'}} = \frac{g}{b}$

$$\frac{\overline{AA'}}{\overline{A'O}} = \tan \beta = \frac{\overline{BB'}}{\overline{B'O}}$$

Das Abbildungsmaßstab ist gleich dem Verhältnis von Gegenstandsweite g zu Bildweite b .

S_1 : Einlauf parallel zur Achse

Nach Reflexion geht der Strahl durch den Brennpunkt F wie $R/2$

S_2 : Einlauf durch den

den Brennpunkt F , nach Reflexion parallel zur Achse

S_3 : Bei Einlauf durch den Mittelpunkt der Kugel und somit auch nach Reflexion

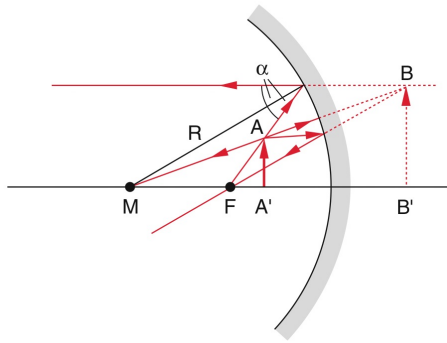


Abbildung 9.14 Entstehung eines virtuellen Bildes beim sphärischen Spiegel, wenn der Gegenstand zwischen Spiegel und Brennpunkt F liegt

Für $g < f$ erhält
 wir ein virtuelles Bild,
 das aufrecht steht.

Rechenregeln

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{paraxiale Näherung}$$

$$g = b = 2f$$

Gegenstand und Bild befinden sich im
 Abstand von $2f = R$

Das Bild steht auf dem Kopf und
 da Abbildungsmaßstab ist -1 .

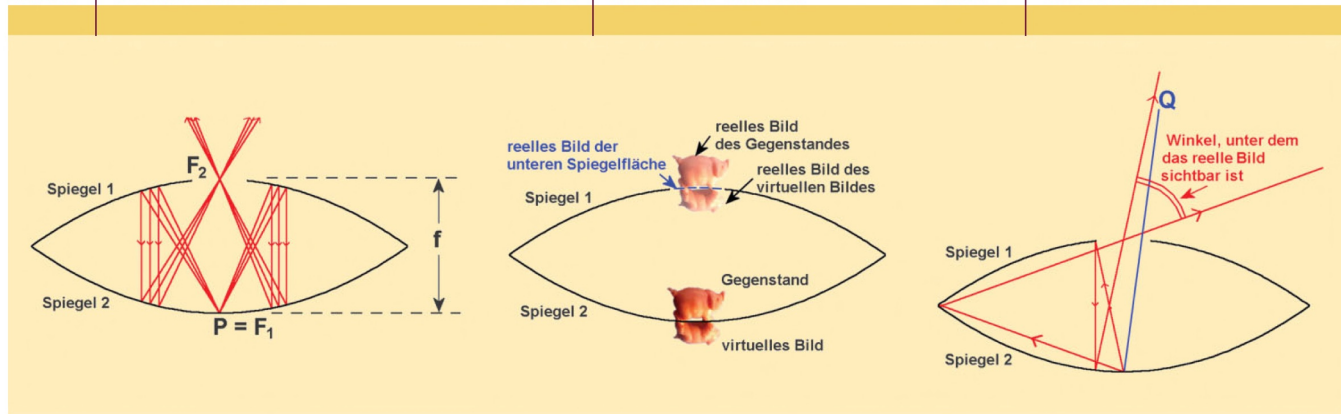
$g > 2f$ $b < 2f$ und das
 reelle Bild steht verkehrt auf dem Kopf.

$g < 2f$ $b > 2f$ und das Bild
 reelle Bild steht vergrößert auf dem Kopf

$g < f$ virtuelles und aufrechtes Bild.

$$g \rightarrow \infty \quad b \rightarrow f$$

keine Brechung \rightarrow Gleichung fällt unabhängig
 von n oder n' .

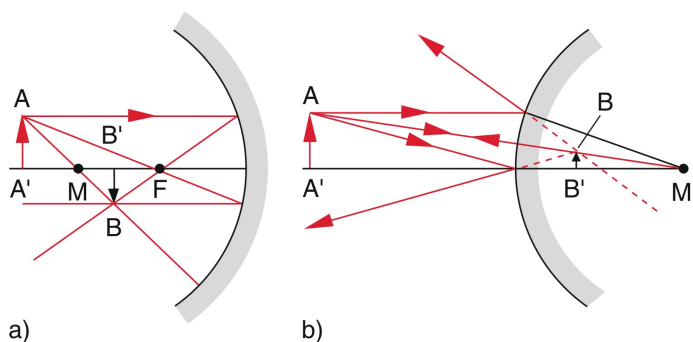


Strahlengang in den Hohlspiegeln mit Brennweite f .

Reelle und virtuelle Bilder an den Hohlspiegeln.

Die Illusion ist nur unter gewissen Blickwinkeln sichtbar.

Cristian Udrea, Physik in unserer Zeit 78, 21 (2007)



Ein Kuppel kann auch als Spiegel wirken, wobei die gleiche Bildkonstruktion wie sphärische Hohlspiegel

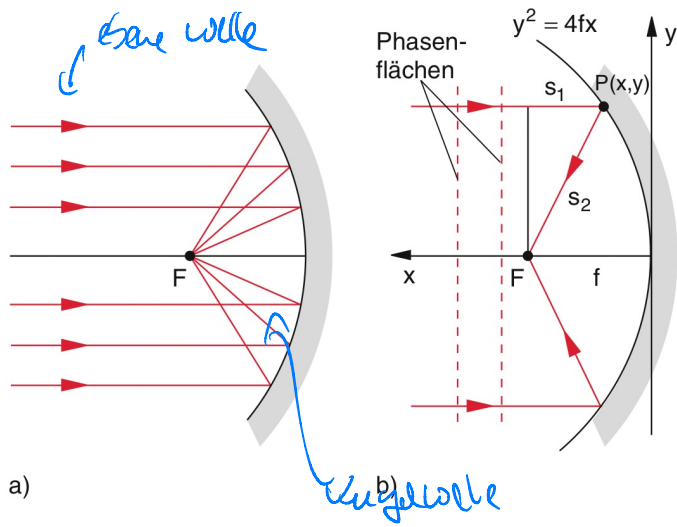
Besonderheit

Hier ist das f negativ!

⇒ Es entsteht nur ein virtuelles Bild.

Gibt es einen Spiegel, der „Gosau“ abbildet als ein sphärischer Hohlspiegel?

Antwort: Parabolspiegel



Bildkonstruktion mit
Fermat'schen Prinzip

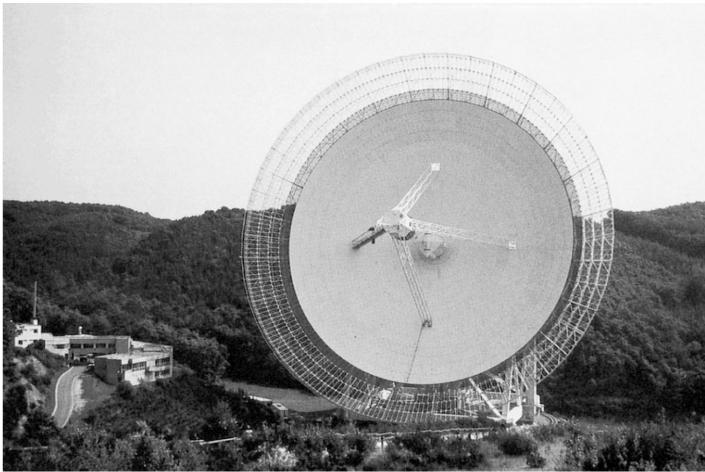
$$S = s_1 + s_2 = f - x + \sqrt{(f-x)^2 + y^2}$$

Für $y^2 = 4fx$
wird $s = 2f$

Abbildung 9.16 a Parabolischer Spiegel. b Zur Anwendung des Fermat'schen Prinzips bei einer einfallenden ebenen Welle

Denkversuch

$$\Rightarrow y^2 = 4fx \Rightarrow x = \frac{1}{4f} y^2 \quad \text{Parabel}$$

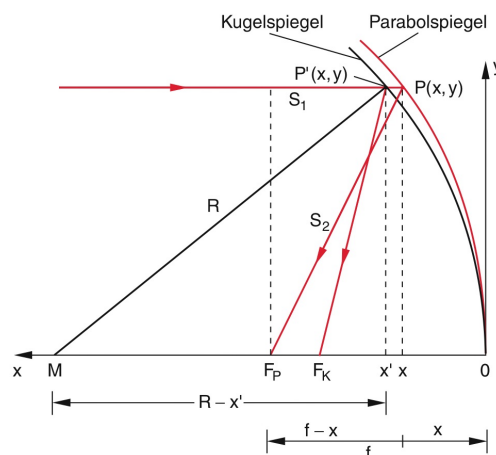


Parabolantenne
Radioteleskop in
Effelsberg
MPG
Ø 100 m

Denkversuch



Abbildung 9.18 Radioteleskop Effelsberg in der Eifel. Der Durchmesser der Paraboloid-Antenne beträgt 100 m. Das ganze System kann um eine vertikale Achse rotieren. Das Paraboloid kann um eine horizontale Achse geneigt werden



Denkversuch