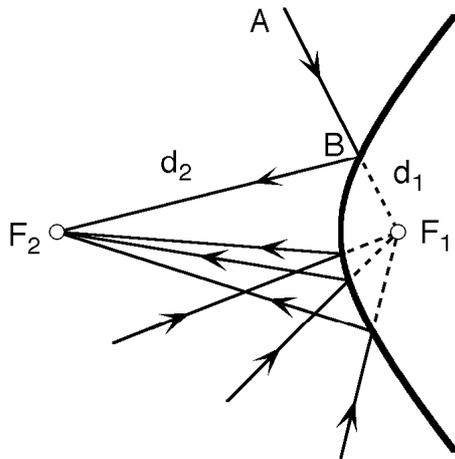


# Hyperbolische Spiegel

Martin Lieberherr, MNG Rämibühl, Rämistrasse 54, 8001 Zürich

Sternfreundinnen und -freunde wissen, dass in Teleskopen gelegentlich hyperbolische Optik eingesetzt wird. Was bewirken hyperbolische Spiegel? Die Reflexionseigenschaften von Ellipse und Parabel werden häufig im Unterricht erwähnt, aber jene der Hyperbel (Figur) wird fast immer unterschlagen. Um die Wirkung hyperbolischer Spiegel zu erklären benötigt man nicht mehr als die Definition der Hyperbel als geometrischer Ort sowie Allgemeinwissen über die Lichtausbreitung (in Form des Fermat'schen Prinzips).



Figur: Der gezeichnete Hyperbel-Ast ist der geometrische Ort aller Punkte B, die von  $F_1$  und  $F_2$  konstante Abstandsdifferenz  $\Delta = d_2 - d_1$  haben.

Lichtstrahlen, die auf den ersten Brennpunkt  $F_1$  der Hyperbel zulaufen, werden so reflektiert, dass sie nachher durch den zweiten Brennpunkt  $F_2$  gehen.

Hyperbolische Spiegel werden zur Verlängerung von Teleskopbrennweiten eingesetzt.

Die im Figurentext genannte optische Eigenschaft kann mit dem **Fermat'schen Prinzip** begründet werden. Es wurde von Pierre de Fermat, 1601-1665, postuliert: Ein Lichtstrahl nimmt zwischen zwei Punkten den zeitlich kürzesten Weg. (Für Spezialisten: Die Laufzeit muss nicht unbedingt minimal sein, stationär reicht. Das Prinzip folgt aus der Wellenoptik. Die Lichtphase muss stationär bei einer kleinen Variation des Lichtweges sein. Nur dann interferiert Licht, das auf infinitesimal benachbarten Wegen das Ziel erreicht, konstruktiv.)

Die kürzeste Verbindung zweier Punkte ist eine Gerade. Da die Lichtgeschwindigkeit in einem homogenen Medium konstant ist, benötigt Licht entlang des kürzesten Weges am wenigsten Zeit. Es folgt, dass Licht in einem homogenen Medium geradeaus läuft.

Um die genannte Eigenschaft des hyperbolischen Spiegels zu begründen betrachte man den umgekehrten Strahlengang (Figur): Wann ist der Weg von  $F_2$  via einen Spiegel Punkt B nach A am kürzesten? Die Wegstücke  $F_2B$  und  $BA$  sind sicher Geraden. Da B auf der Hyperbel liegt, ist der Weg  $F_2BA$  konstant um  $\Delta$  grösser als  $F_1BA$ . Also ist  $F_2BA$  am kürzesten, wenn auch  $F_1BA$  am kürzesten ist.  $F_1BA$  ist am kürzesten, wenn B auf der Geraden zwischen  $F_1$  und A liegt, d.h. wenn der Strahl von  $F_1$  nach A laufen würde. Nun braucht man nur den Strahlengang wieder umzudrehen.