Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1955)
Heft: 47

Artikel: Vom Kugel-Spiegel zum Schmidt-Spiegel
Autor: Stettler, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-900419

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Vom Kugel-Spiegel zum Schmidt-Spiegel[1])

Von Dr. R. STETTLER, Aarau

I. TEIL

Der Schmidt-Spiegel stellt eine in optischer Hinsicht wesentliche Verbesserung des Kugel-Spiegels dar. Es dürfte deshalb nützlich sein, vorerst die optischen Abbildungseigenschaften des reinen Kugel-Spiegels etwas genauer zu betrachten.

I. Der Kugel-Spiegel

Einleitend erinnern wir kurz an das Reflexionsgesetz (Fig. 1).

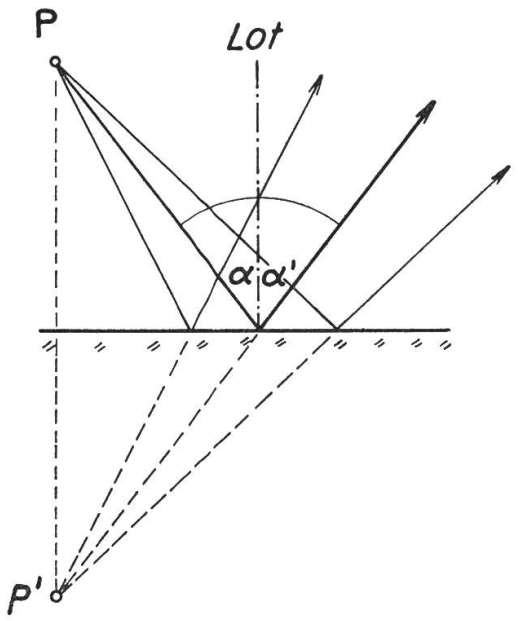


Fig. 1 Reflexionsgesetz

Von einem leuchtenden Punkt P fällt ein divergentes Lichtstrahlenbündel auf einen Planspiegel. Jeder einzelne Strahl wird so reflektiert, dass der Einfallswinkel α gleich ist dem Reflexionswinkel α', also $\alpha' = \alpha$. Dabei liegen einfallender Strahl, reflektierter Strahl und Spiegellot jeweilen in ein und derselben Ebene. Die reflektierten Strahlen bilden wieder ein divergentes Bündel. Es sei noch bemerkt, dass ein einzelner Lichtstrahl, losgelöst vom Bündel, physikalisch nicht existiert (Beugung). Dagegen darf man stets ein Bündel als aus einzelnen Lichtstrahlen zusammengesetzt denken.

---

[1]) Wiedergabe eines an der Spiegelschleifer-Tagung am 10. Oktober 1954 in Aarau gehaltenen Vortrages.

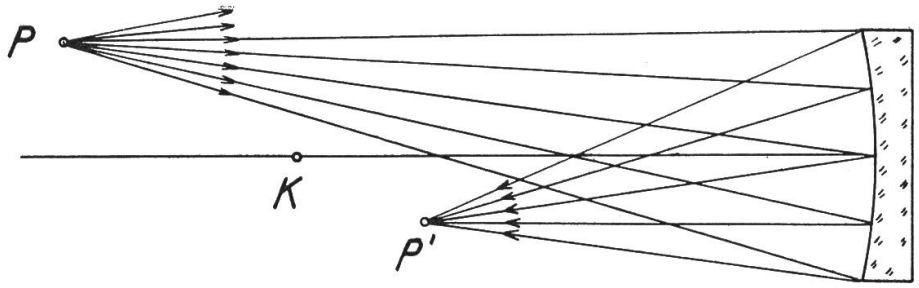


Fig. 2 Abbildung eines Punktes (K = Kugelmittelpunkt)

Lässt man nun ein divergentes Strahlenbündel auf einen Kugelhohlspiegel fallen (Fig. 2), so wird dieses im allgemeinen in ein konvergentes Strahlenbündel verwandelt [2]). Alle reflektierten Strahlen vereinigen sich exakt in einem Punkt P', dem Bildpunkt von P. Den Ort von P' findet man zeichnerisch als Schnittpunkt zweier reflektierter Strahlen [3]).

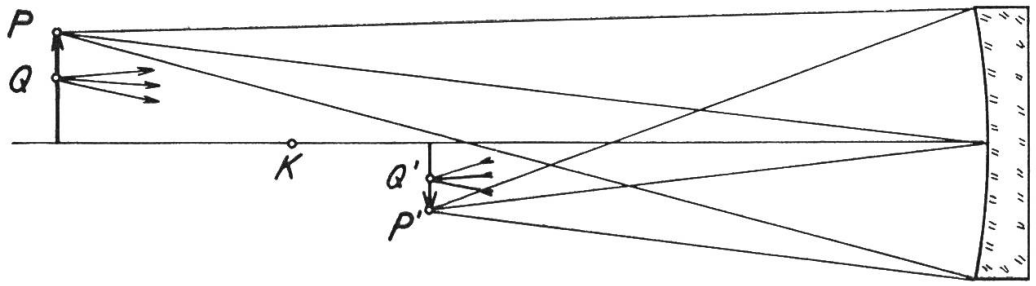


Fig. 3 Abbildung eines Gegenstandes

Ist ein Gegenstand abzubilden (Fig. 3), so denkt man sich diesen aus sehr vielen leuchtenden Punkten zusammengesetzt. Jeder einzelne Punkt wird gemäss Fig. 2 abgebildet. Auf diese Weise entsteht punktweise das Bild des Gegenstandes.

In Fig. 3 liegt der abzubildende Gegenstand im Endlichen. Die «Gegenstände» der Astronomie sind dagegen alle praktisch unendlich fern. Bevor wir deren optische Abbildung besprechen, überlegen wir uns, welcher Art die von ihnen gelieferten Strahlenbündel sind. Als typisches Beispiel wählen wir die Sonne (Fig. 4). Alle von einem Punkt S_o der Sonnenoberfläche ausgehenden Strahlen bilden in einem festen Erdort A ein praktisch paralleles Strahlenbündel. Ebenso die Strahlen von S_u, S_m usw. Also besteht die Gesamtheit aller Sonnenstrahlen in A aus unendlich vielen Parallelstrahlenbündeln. Zwei Strahlen verschiedener Bündel können dabei noch einen Winkel von ca. $\frac{1}{2}^0$ (= scheinbarer Sonnendurchmesser)

---

[2]) Das konvergente Strahlenbündel lässt sich mittelst Tabakrauch leicht sichtbar machen.

[3]) Der Leser sei an die bekannten Strahlenkonstruktionen der elementaren geometrischen Optik erinnert.

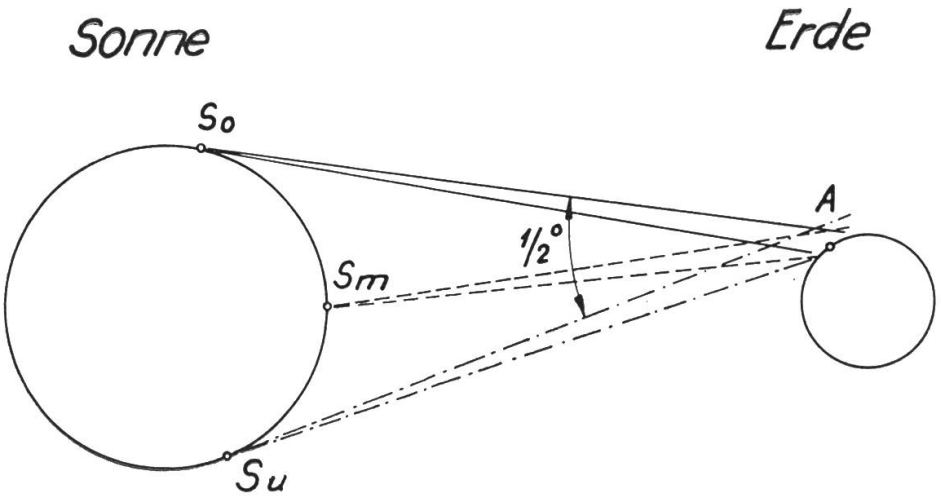


Fig. 4 Strahlung einer praktisch unendlich fernen Lichtquelle

bilden. Sonnenstrahlen sind also — entgegen der üblichen Behauptung — keineswegs parallel! Das für die Sonnenstrahlen Gesagte, gilt offenbar für alle praktisch unendlich fernen Gegenstände endlicher Winkelgrösse (Mond, Planeten, Nebel).

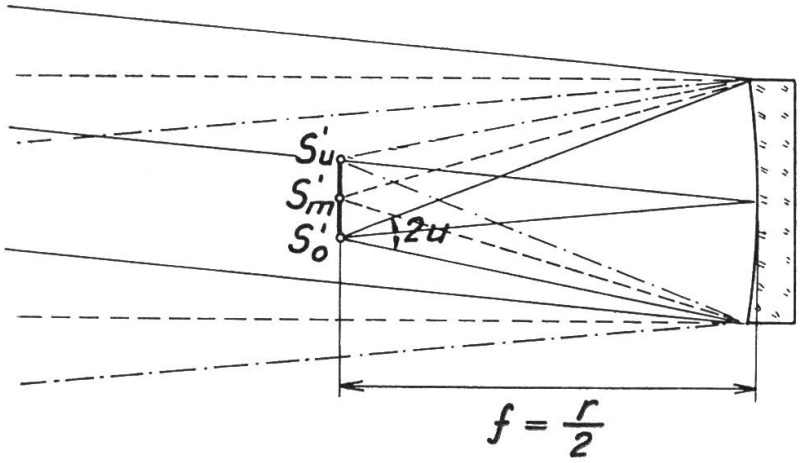


Fig. 5 Abbildung eines praktisch unendlich fernen Gegenstandes endlicher Winkelgrösse

Wie erfolgt nun die optische Abbildung eines solchen Gegenstandes durch den Kugelspiegel? Vgl. Fig. 4 und Fig. 5. Das von S_o kommende Parallelstrahlenbündel wird durch Reflexion am Kugelspiegel in ein konvergentes Bündel verwandelt: Alle Strahlen treffen sich im Punkt S'_o, dem Bildpunkt von S_o. Dasselbe gilt von S_m und S'_m, S_u und S'_u ... Alle Bildpunkte S'_o, S'_m, S'_u ... zusammen ergeben ein umgekehrtes Sonnenbild. Dieses liegt in einer Ebene (sog. Brennebene) senkrecht zur optischen Achse durch den Brennpunkt.

An dieser Stelle erwähnen wir noch zwei wichtige Begriffe: *Oeffnungsverhältnis ÖV* und *Bildfeld.*

Unter dem ÖV versteht man das Verhältnis

$$\text{ÖV} = \frac{\text{Spiegeldurchmesser}}{\text{Brennweite}}$$

wobei der Bruch üblicherweise so gekürzt wird, dass der Zähler = 1 wird [4]). Wie man aus Fig. 5 leicht entnimmt, ist der bildseitige Oeffnungswinkel 2u nahezu gleich dem ÖV. Deshalb gilt: Je grösser das ÖV, desto lichtstärker ist der Spiegel.

Als Bildfeld 2w bezeichnet man den durch ein Instrument abbildbaren Winkelbereich. Das Bildfeld wird im allgemeinen durch eine Blende in der Brennebene begrenzt.

Das bis jetzt über die Kugelabbildung Gesagte gilt streng nur, falls

$2u \rightarrow 0^{\circ}$, d. h. sehr kleine Oeffnung und

$2w \rightarrow 0^{\circ}$, d. h. sehr kleines Bildfeld.

Diese Bedingungen charakterisieren die sog. *Paraxiale* oder *Gauss'sche Optik*. Ein Instrument, das diese Forderungen erfüllt, ist aber unbrauchbar, denn es gäbe ein sehr lichtschwaches Bild bei einem sehr engen Bildfeld.

Rein mechanisch steht nichts im Wege, einen Spiegel von z. B. einem ÖV 1 : 1 herzustellen. Aber in optischer Hinsicht ist ein solcher Spiegel ganz unbrauchbar. *Die optische Abbildung verläuft nämlich bei grossem ÖV oder Bildfeld nicht mehr gemäss dem einfachen Schema von Fig. 5.* Die Abbildung ist — wie man sagt — mit *optischen Bildfehlern* behaftet. Die beim Kugelspiegel in Betracht kommenden Bildfehler sind:

a) Sphärische Aberration (Fig. 6)

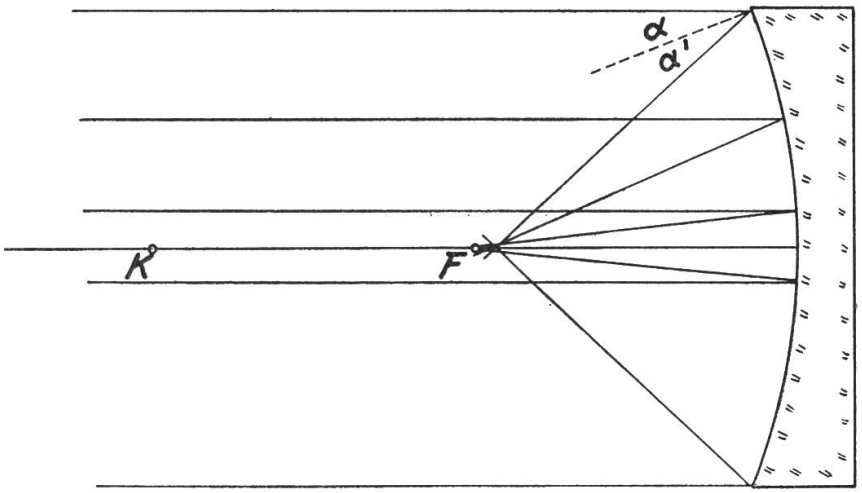


Fig. 6 Sphärische Aberration

[4]) Unter dem ÖV eines *Schmidt-Spiegels* versteht man sinngemäss

$$\text{ÖV} = \frac{\text{Plattendurchmesser}}{\text{Brennweite}}$$

Die von einem unendlich fernen Achsenpunkt ausgehenden Strahlen vereinigen sich nach der Reflexion nicht mehr im Brennpunkt, wie in der Paraxialoptik. Anstelle eines Bildpunktes entsteht in der Bildebene ein kleines kreissymmetrisches Scheibchen.

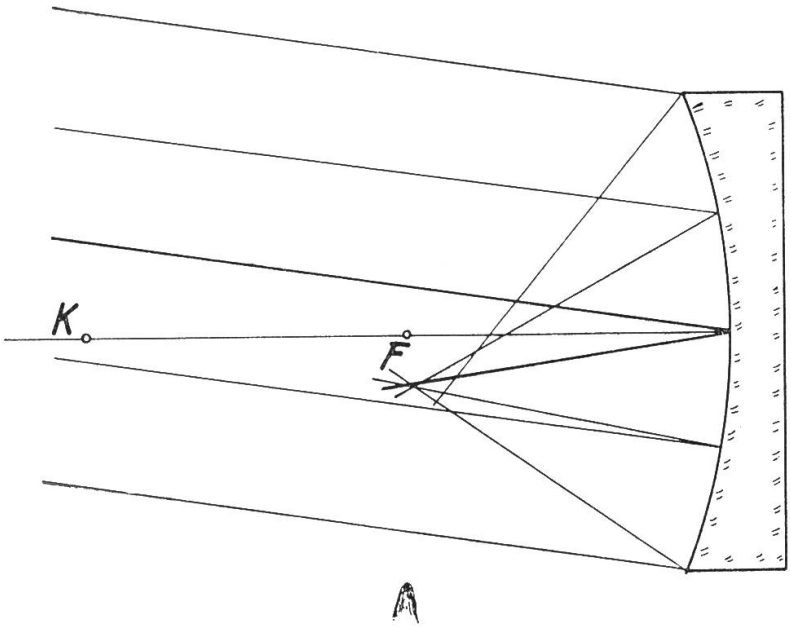


Fig. 7 Asymmetriefehler (Koma)

b) Asymmetriefehler oder Koma (Fig. 7)

Bei der Abbildung eines unendlich fernen aber seitlichen Punktes entsteht wiederum kein exakter Bildpunkt, sondern ein einseitig verzerrtes Scheibchen mit einem hellen Kern.

c) Astigmatismus (Fig. 8, 9, 10)

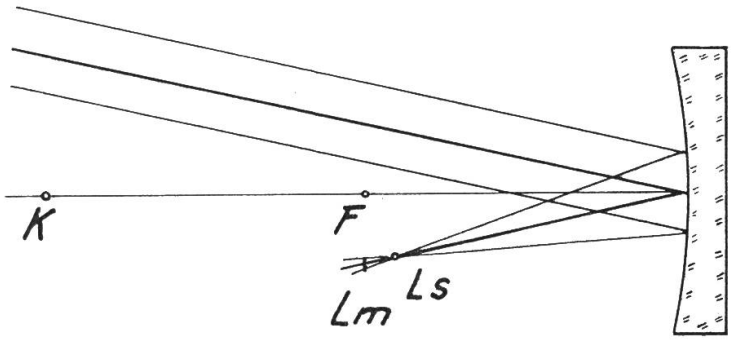
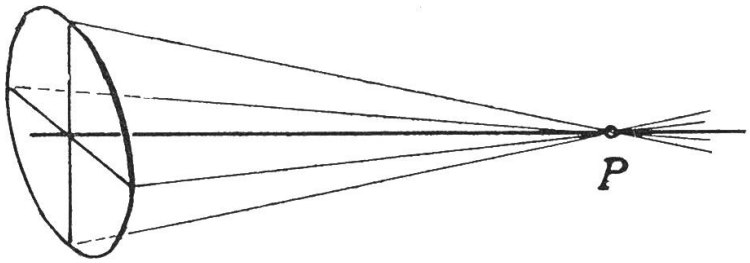


Fig. 8 Astigmatismus. L_m und L_s = Linienelemente



Stigmatisches Strahlenbündel

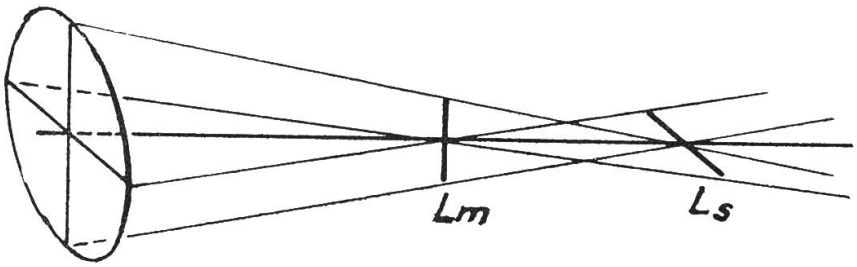


Fig. 9 Astigmatisches Strahlenbündel

Dieser Fehler macht sich besonders bei grösseren Bildwinkeln bemerkbar. Fällt ein dünnes [5]) Bündel schief auf den Kugelspiegel, so zeigen die reflektierten Strahlen ein merkwürdiges Verhalten: Statt eines Bildpunktes entstehen zwei kurze, voneinander getrennt liegende Linienelemente L_m und L_s, die senkrecht zueinander stehen. Jeder Lichtstrahl schneidet jedes der Linienelemente [6]).

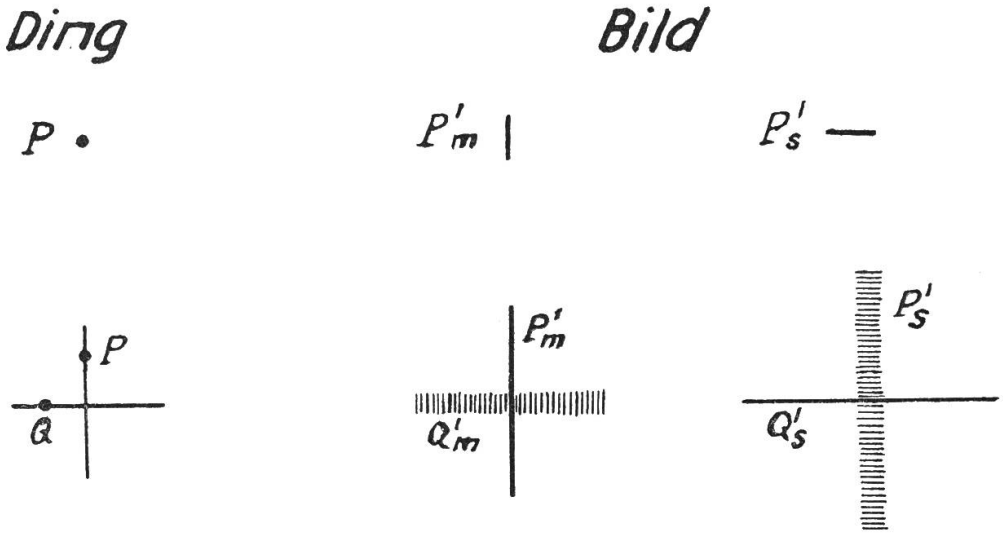


Fig. 10 Astigmatisches Bild eines Kreuzes

[5]) Einem breiteren Bündel überlagert sich die Koma.

[6]) Das astigmatische Bündel lässt sich ebenfalls durch Tabakrauch schön vorführen.

Der Astigmatismus hat für das optische Bild sehr nachteilige Folgen. Fig. 10 zeigt, anhand der Abbildung eines Kreuzes, dass beim Vorliegen dieses Fehlers nie zwei senkrechte Richtungen zugleich scharf abgebildet werden können. Entweder ist das Bild in der einen Richtung scharf, dann ist es in der andern notwendigerweise unscharf und umgekehrt [7]).

Die drei Bildfehler bewirken, dass bei der Anwendung eines Kugelspiegels notwendig ÖV und Bildwinkel klein gehalten werden müssen. Natürlich taucht die Frage auf, ob es eventuell andere (optisch sammelnde) Spiegel gibt, bei denen die Bildfehler eliminiert oder mindestens stark herabgesetzt sind. Eine in dieser Richtung zielende Verbesserung ist der *Parabolspiegel.* Er ist bekanntlich frei von sphärischer Aberration; dagegen besitzt er Koma und Astigmatismus in praktisch demselben Betrag wie der Kugelspiegel. Im ganzen gesehen, bedeutet demnach der Parabolspiegel keine so tiefgreifende Verbesserung gegenüber dem Kugelspiegel.

Beiläufig bemerkt, lassen sich die Bildfehler mit zwei asphärischen Spiegeln weitgehend herabdrücken. Dieses *Schwarzschild'sche Zwei-Spiegelsystem* ist jedoch hinsichtlich der Abschattung unvorteilhaft. Die Hauptfrage bleibt also: *Wie lassen sich ÖV und Bildfeld steigern, ohne wesentliche Bildverschlechterungen in Kauf nehmen zu müssen?*

Erst 1930 gelang es *Bernhard Schmidt* in Hamburg, dieses Problem auf wahrhaft geniale Weise durch die Konstruktion des nach ihm benannten Schmidt-Spiegels zu lösen.

(Fortsetzung folgt)

Etude du miroir sphérique (1ère partie) et du miroir Schmidt (2me partie)

Résumé de la 1ère partie

On étudie l'optique paraxiale du miroir sphérique. Puis on discute ses aberrations: aberration sphérique, coma, astigmatisme.

(A suivre)

---

[7]) Lässt sich sehr einfach mit dem Kugelspiegel zeigen.