

Linsen und Linsenfehler



Abb. 1: Abbildung des Glühfadens einer Halogenlampe durch ein Pinhole

Geräteliste:

Pinhole ($<0,3\text{mm}$), Halogenlampe (gekapselt), verschiedene Linsen, Drahtgitter oder Dia mit feiner Struktur im mm-Bereich, verstellbarer Spalt, Halogenlampen

Versuchsbeschreibungen:

Konvexe und konkave Linsen sind den meisten Studierenden aus der Schule bekannt. Eine eher unbekannte Linse stellt allerdings ein Pinhole als Lochkamera dar.

(a) Eine spezielle Anordnung mit einer Streuglasscheibe zeigt diesen Effekt sehr deutlich (Abb. 2). Dafür wird direkt in eine Lichtquelle wie z.B. ein Halogenstrahler geschaut. Durch einbringen der hand in den Strahlengang kann deutlich gemacht werden, dass die Abbildung auf dem Kopf steht.

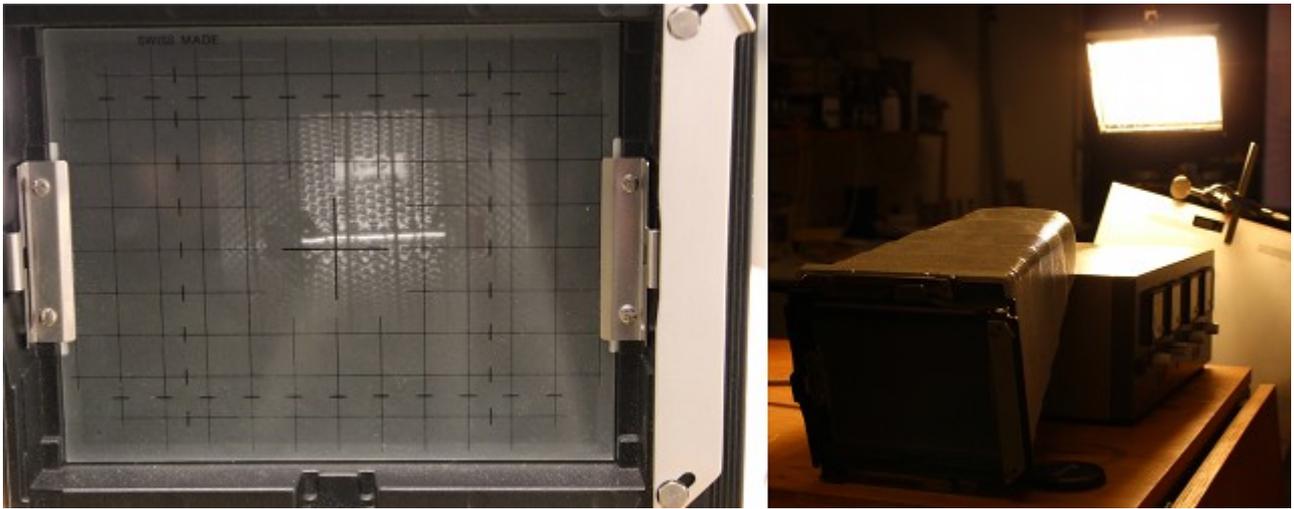


Abb. 2: Bild eines Halogenscheinwerfers durch ein Pinhole (Lochkamera), rechts ist der Aufbau zu sehen.

(b) Das Bild eines Spaltes wird durch eine konvexe- und eine achromatische Linse erzeugt, Farbfehler werden bei der achromatischen Linse ausgeglichen.

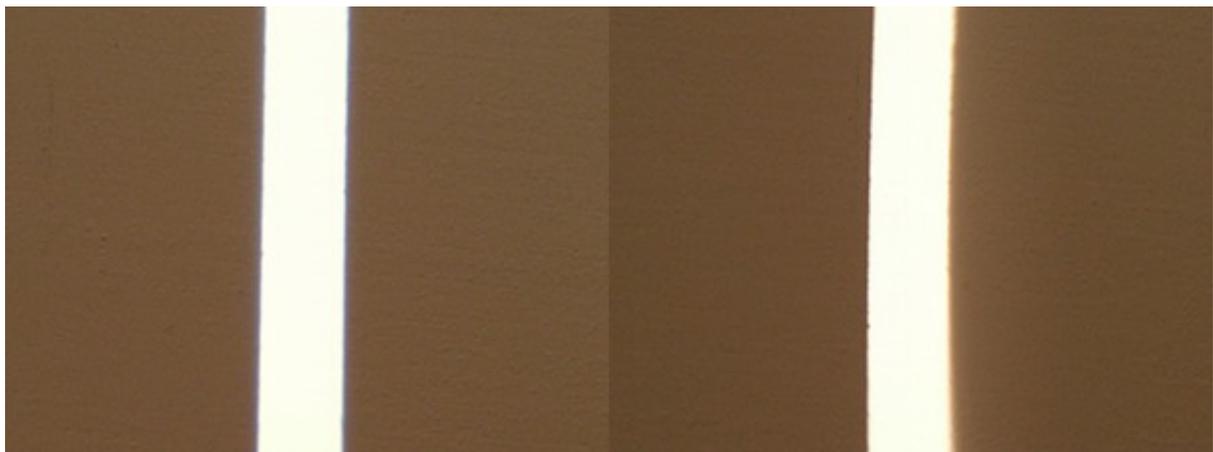


Abb. 3: Der blaue Rand (linkes Teilbild) wird durch Einsatz einer achromatischen Linse (rechts) ausgeglichen

(c) Ein Drahtgitter wird mit parallelem Licht ausgeleuchtet und die Abbildung durch eine dicke Linse diskutiert. Der Einsatz einer Blende verbessert zwar die Geometrie, verringert aber die Intensität.

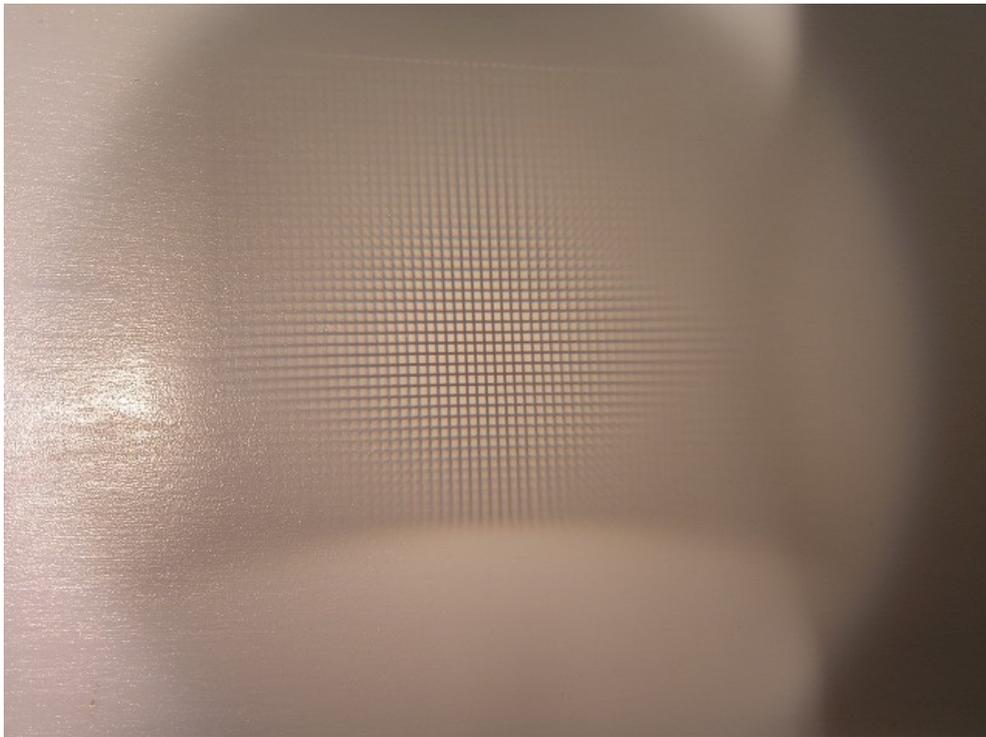


Abb. 4: Sphärische Aberration einer dicken Linse, am unteren Rand ist zusätzlich eine Verzeichnung zu erkennen

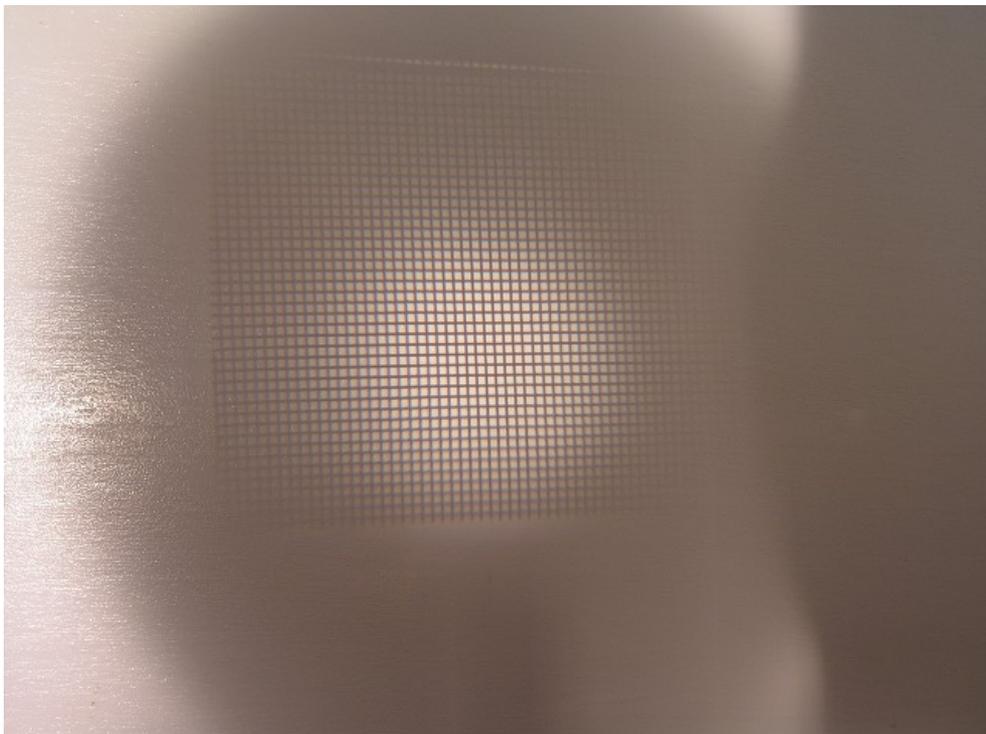


Abb. 5: Verbessern der Aberrationen durch Einsatz einer Lochblende nach der Linse

Bemerkungen:

Bei Abbildungen durch Linsen treten in der Bildebene Verzerrungen, Fehler auf die als Aberrationen kategorisiert werden können.

Die wichtigsten sind hierbei die sphärische Aberration, die chromatische Aberration, die Verzeichnung, der Astigmatismus und die Koma.

Alle Aberrationen können auch gekoppelt auftreten. In Abb. 4 ist z.B. deutlich zu dem nach außen hin unscharf werdenden Bild durch die sphärische Aberration eine Kissenförmige Verzeichnung am unteren Rand des Gitters zu erkennen.

Die Minimierung und Berechnung von solchen Fehlern kann im Einzelfall aufwändig und komplex werden, da dafür in der Abbildungsbeschreibung höhere Ordnungen mit berücksichtigt werden müssen.

Folgende Aufbauten wurden verwendet

Chromatische Aberration :

Spalt ca. 4 mm geöffnet 250 W Halogenlampe 2 Linsen 100 mm (achromatisch und bikonvex) am Rand der Abbildung des Spaltes wird bei guter Fokussierung ein dünner Farbschatten sichtbar, der sich verstärkt, wenn die Einstellungen nicht auf der optischen Achse stattfinden. Ein fliegender Aufbau ist hier für die Präsentation von Vorteil, mit einer Schiene oder optischen Bank lässt sich allerdings besser arbeiten. Bei Verringerung der Spaltbreite werden die Farben sofort sichtbar wenn die Linsenachse nicht auf der optischen Achse liegt.

Sphärische Aberration :

Große, Dicke plankonvexe Linse $f \approx 150\text{ mm}$, Halogenlampe 250 W , Drahtgitter mit Halterung.

liefert bei Verschieben ganz gute Schärmuster. In einer Stellung ist die Abbildung innen scharf in einer weiteren im Zentrum unscharf und es gibt einen scharfen Rand.

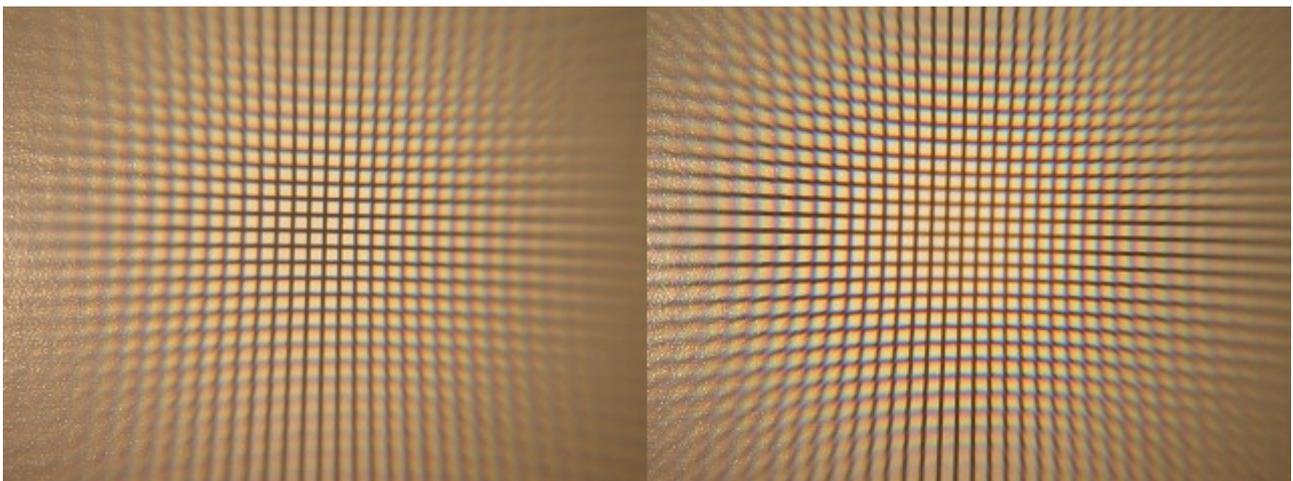


Abb. 6: Sphärische Aberration, scharfes Zentrum links und scharfer Kreisring bei „Defokussierung“ rechts

Das Einfügen einer Irisblende zwischen Linse und Schirm nimmt dem Abbild zwar Helligkeit, kann aber zu eindrucksvollen Schärfeergebnissen führen. Dafür kann die

Position der Blende und die Größe der Öffnung verschieden variiert werden

Dabei ist die konvexe Seite der Linse in Richtung Schirm zu drehen sonst ist der Effekt zu stark. Auf jeden Fall ist die Kissenförmige Verzeichnung sehr gut zu sehen.

Mit einem Schirm in ca. 2 m Abstand im kleinen Hörsaal gut für alle sichtbar im großen Kamera zu Hilfe nehmen.

Zum Zeigen des Astigmatismus kann eine Zylinderlinse verwendet werden, entweder die horizontalen oder die vertikalen Stäbe des Gitters werden scharf abgebildet.