

LINSENTELESKOP

Sowas Projekt 2016 Gruppe Q:

Daniel Hilgert, Thien-Vu Tran, Pascal Vennedy & Jan Terborg

Gruppenleitung: Simon Widrinna



Motivation

Linsenteleskope und andere auf Linsen basierenden optischen Systeme sind häufige Begleiter bei physikalischen Experimenten. Aber auch im Alltag begegnet man immer wieder nützlichen Gegenständen die den Gesetzen der geometrischen Optik gehorchen. Deshalb haben wir versucht ein Teleskop selber zu bauen, um dessen Eigenschaften zu untersuchen. Damit zuletzt ein genaues Linsenteleskop gebaut werden kann, werden zunächst die Brennweiten der Linsen bestimmt und zudem zwei große Linsenfehler betrachtet, nämlich die chromatische und sphärische Aberration

Grundlagen

Die wichtigste charakteristische Größe einer Linse ist die Brennweite. Diese gibt an wie weit der Brennpunkt von der Linsenmitte entfernt liegt. Wenn man die Brennweiten der verwendeten Linsen kennt, und der Abstand zwischen den Linsen die Summe der Brennweiten entspricht, sodass man daraus die Vergrößerung eines Fernrohrs berechnen kann.

$$\text{Diese beträgt: } V = \frac{f_{Ob}}{f_{Ok}}$$

Da sphärische Linsen prinzipiell nicht perfekt sind, muss man neben der Brennweite auch noch andere Eigenschaften betrachten: Da Linsen nicht unendlich dünn sind muss man auch die Hauptebenen der Linsen berücksichtigen. Man nimmt an, dass die Brechung der Lichtstrahlen die durch die Linse fallen an diesen Ebenen stattfindet und die Lichtstrahlen dazwischen gradlinig verlaufen.

Des weiteren spielen die chromatische und die sphärische Aberration eine wichtige Rolle bei der Betrachtung von Linsensystemen.

Die sphärische Aberration ergibt sich durch den sphärischen Schliff der Linse, die dazu führt, dass diese außen eine geringere Brennweite als Innen haben. Die chromatische Aberration ist dadurch bedingt, dass der Brechungsindex bzw. die Dispersion von der Wellenlänge abhängt, sodass blaues Licht stärker gebrochen wird als rotes.

Aufbau & Durchführung

Hauptebenen-Messung:

Um später ein gutes Teleskop bauen zu können, ist es wichtig alle Eigenschaften der verwendeten Linsen zu kennen.

Darum wurden die Hauptebenen der Linsen mit dem Verfahren der Autokollimation bestimmt:

Wie man an dem Aufbau sehen kann, wurde eine Linse zwischen einer Lampe und einem Spiegel gestellt. Nun haben wir die Linse solange verschoben, bis man auf dem Schirm der Blende den Brennpunkt sehen konnte. Nun wurde der Abstand von der Linse zum Schirm notiert. Dann wurde die Linse andersherum gedreht und wieder solange verschoben, bis man wieder den Brennpunkt auf dem Schirm hatte. Dieser neuen Abstand wurde wieder notiert.

Brennweitenmessung:

Zur Brennweitenmessung wird das, im Gegensatz zur Autokollimation, genauere Verfahren nach Bessel verwendet, dass auch die Hauptebenen h dicker Linsen berücksichtigt.

Zwischen einem festen Abstand d zwischen Quelle und Schirm gibt es zwei Positionen in denen ein vergrößertes oder verkleinertes scharfes Bild abgebildet wird.

Diese werden ermittelt, indem die Linse in die Mitte zwischen Quelle und Schirm gestellt wird und solange in Richtung Schirm (bzw. Quelle) verschoben wird, bis ein scharfes Bild erkennbar ist (siehe Abbildung 2 bzw. 3). Die zwei Positionen mit dem verkleinerten bzw. vergrößerten Bild wurden abgelesen und der Abstand e zwischen diesen notiert.

Die Brennweite berechnet sich nach Bessel dann zu

$$f = \frac{(d - h)^2 - e^2}{4(d - h)}$$

Um nun die **chromatische Aberration** der einzelnen Linsen zu bestimmen wurde wieder das Verfahren nach Bessel angewandt, mit dem Unterschied, dass noch ein Farbfilter zwischen gesetzt wurde. Es wurden in den Farben rot, grün und blau gemessen.

Damit die **sphärische Aberration** gemessen werden kann, wurden schwarze Scheiben hergestellt, die 85% der Linse bis auf den Rand abgedeckt haben. So konnte sichergestellt werden, dass das Licht nur durch den Rand der Linse auf den Schirm trifft. Die Brennweite wurde wieder mit dem Verfahren nach Bessel bestimmt.

Teleskop:

Nachdem all diese Eigenschaften der Linsen bekannt waren, konnte das so Teleskop aufgebaut werden, wie man es in der Abbildung sehen kann.

Es wurden zwei Linsen genau in ihre errechneten Brennpunkte gestellt und zwischen die Lampe und die erste Linse eine Lochblende positioniert, deren Öffnungsgröße gemessen wurde. Dann wurde die Größe des abgebildeten Lichtflecks auf dem Schirm gemessen und mit diesen beiden Werten die Vergrößerung des Teleskops bestimmt. Dies wurde für verschiedene Linsenkombinationen wiederholt.

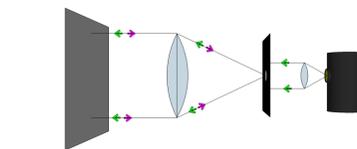


Abb.1: Messung der Hauptebenen durch Autokollimation



Abb.2: Brennweitenmessung an Position 1



Abb.3: Brennweitenmessung an Position 2

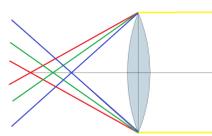


Abb.4: chromatische Aberration

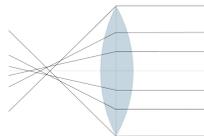


Abb.5: sphärische Aberration

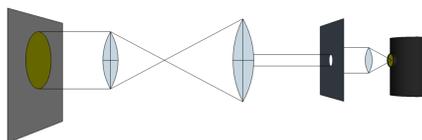


Abb.6: Messung der Vergrößerung des Teleskops

Ergebnisse

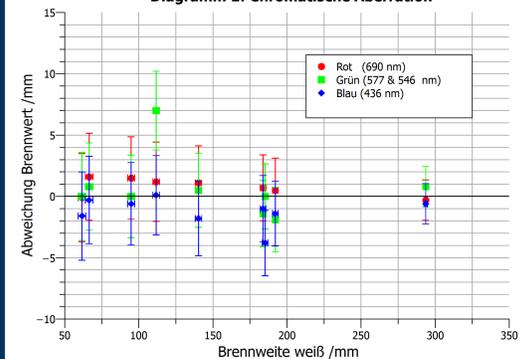
Tabelle 1:

Soll Brennweite	Gemessene Hauptebene	Gemessene Brennweite		
f_s /mm	h /mm	Δh /mm	f_{exp} /mm	Δf /mm
65	2,3	4	62	3
70	2,0	4	67	3
100	1,3	4	94,8	2,4
120	17	4	111,7	2,3
150	12	4	140,3	2,1
182	3	4	183,8	1,9
193	2,0	4	192,1	1,9
200	29	4	185,2	1,9
300	4	4	293,6	1,2

Es ist zu erkennen, dass die Hauptebenen nicht zu vernachlässigen sind, insbesondere die 200 mm Linse ist verhältnismäßig sehr dick.

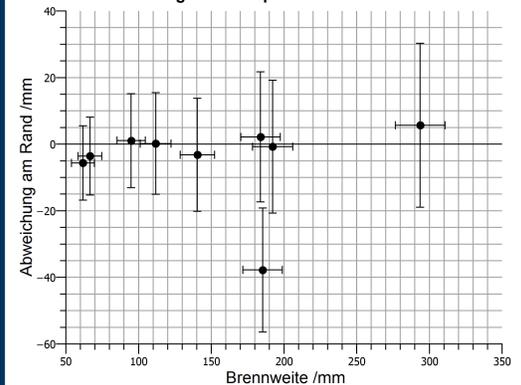
Die gemessenen Brennweiten bei weißem Licht liegen nah an den angegebenen Werten.

Diagramm 1: Chromatische Aberration



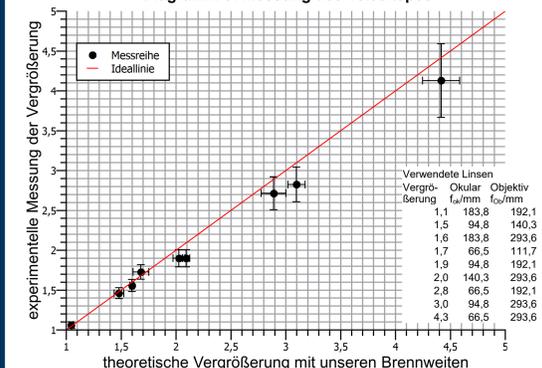
Die Tendenzen der Aberration von der Brennweite des weißen Lichtes liegen so wie erwartet, jedoch sind die Fehlerbalken so groß, dass keine exakte Aussage getroffen werden kann.

Diagramm 2: sphärische Aberration



Die Sphärische Aberration ist sehr gut bei der recht dicken 200mm Linse zu erkennen, die Abweichung der anderen Linsen kann im Rahmen der Messgenauigkeit auch gezeigt werden.

Diagramm 3: Messung des Teleskops



Die Ideallinie zeigt den perfekten Graphen, wäre die experimentell gemessene Vergrößerung exakt gleich der theoretisch berechneten Vergrößerung.

Die mit den angegebenen Linsenkombinationen experimentell gemessene Vergrößerung liegt im Rahmen der Messgenauigkeit auf der Ideallinie.

Fazit

Wie die Tabelle 1 zeigt, konnten annähernd gute Werte für die Linsenbrennweiten (bei weißem Licht) gemessen werden, mit denen man auch die Vergrößerung durch ein Teleskop Aufbau gut bilden konnte.

Darüber hinaus konnte auch ein gewisser chromatische Fehler mit guten Tendenzen festgestellt werden, jedoch reicht die Messung nicht für eine exakte Aussage aus.

Auch die sphärische Aberration konnte im Rahmen der Messgenauigkeit gezeigt werden.