

Wellenoptik

Astronomisches Praktikum

ABSTRACT

In dieser Praktikumseinheit haben wir den Umgang mit einem Teleskop und einem Interferometer geübt und dabei vor allem die Phänomene der Wellenoptik betrachtet.

1. Einführung

Zur Vorbereitung auf das Praktikum sind schon vorab Auszüge aus den Büchern (1) (Seite 383 - 387) und (2) (Seite 338 - 347) auf der Moodleplattform zur Verfügung gestanden.

Da die Praktikumseinheit tagsüber stattfand, mussten die zu beobachtenden Sterne künstlich simuliert werden. Dafür wurde ein Diaprojektor ohne Linse verwendet, in den eine Glasfaser gegeben wurde. Das Teleskop Celeston-11 wurde an das vordere Ende und die Glasfaser an das hintere Ende eines 26m langen Ganges gestellt. Um die große Entfernung zum Stern zu simulieren, war die Glasfaser nur $25\mu\text{m}$ groß.

Am Beginn der Praktikumseinheit hat uns der Praktikumsleiter Franz Kerschbaum folgende Funktionen des Teleskops vorgeführt:

- **Ausrichten:** Das Teleskop so drehen, dass es auf den Bereich des Himmels zeigt, den man beobachten möchte.
- **Fokussieren:** Die Linse so drehen, dass der Bereich des Himmels, den man beobachten möchte, scharf dargestellt wird.
- **Eichen:** Überprüfung der Genauigkeit des Teleskops (z.B. mit einer Glasfaser, deren Eigenschaften man kennt).
- **Okularwechsel:** Austauschen der Linse um in eine andere Entfernung zu blicken.
- **Filterwechsel:** Austauschen des Filters um in einem anderen Wellenlängenbereich zu beobachten

Außerdem zeigte er uns den Diaprojektor, und wie er damit die Sterne simuliert.

2. Auflösung eines Fernrohrs

Wenn man einen Stern durch ein Teleskop beobachtet, sieht man eine Scheibe in der Mitte umgeben von konzentrischen Kreisen. Das liegt daran, dass sich Licht wie eine Welle überlagert: An den hellen Stellen sind gewissermaßen die Wellenberge an den dunklen Stellen die Wellentäler. Je besser das Auflösungsvermögen des Teleskops ist, desto kleiner wird dieser Effekt.



Abb. 1: Diese Ringe entstehen, weil sich Licht wie eine Welle überlagert.

Um das Auflösungsvermögen (D) zu berechnen, haben wir die Formel

$$r_1 = 206.265'' \times 1,22 \frac{\lambda}{D} \quad (1)$$

benutzt. Den Radius des innersten Kreises (r_1) haben wir bestimmt, indem wir eine Skala über die Öffnung des Fernrohrs gelegt haben. Um die Genauigkeit zu erhöhen, haben wir auch größere Radien gemessen (der n te Radius r_n entspricht dem n -fachen des Wertes, weil sich die Wellenlänge des Sterns nicht verändert).

3. Interferometer

Bei einem Interferometer geht das Licht durch mehrere Öffnungen durch. Dabei zeigt sich, dass sich Licht wie eine Welle überlagert (Man sieht helle Wellenberge und

dunkle Wellentäler). Der Effekt ist nur bei sehr kleinen Lichtquellen wie unserer Glasfaser messbar. Um das Teleskop zu einem Interferometer umzubauen, haben wir über die Öffnung des Teleskops ein Gitter mit mehreren kleineren Öffnungen gelegt.

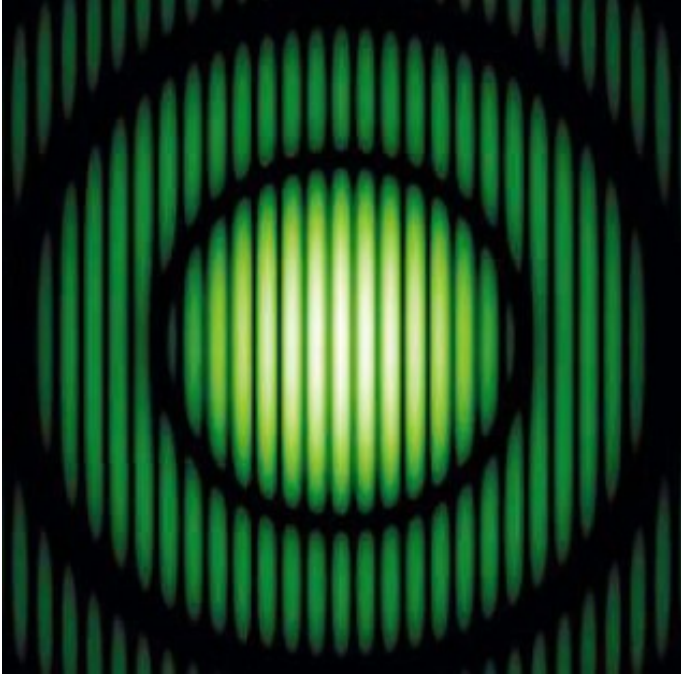


Abb. 2: Bei zwei Öffnungen sieht man die Wellenberge als helle Striche. Dort wo kein Licht aufgenommen wurde, sieht man auch keine Wellenberge, so dass der Stern immer noch erkennbar ist.

Bei drei Löchern gehen die Wellentäler in drei Richtungen, sodass scheinbar helle Dreiecke entstehen. Bei vier Löchern entstehen auf die selbe Art und Weise Vierecke, bei fünf Löchern Fünfecke und so weiter.

Das Zweilochinterferometer haben wir benutzt, um den Abstand zwischen einem simulierten Doppelstern (wieder ein Diaprojektor aber diesmal mit 2 Löchern) zu bestimmen. Dazu haben wir die Löcher so lange auseinandergeschoben, bis keine Linien mehr zu sehen waren, weil die Wellenberge des einen Sterns genau in die Wellentäler des anderen Sterns hineinfallen.

Um die Messung zu beschleunigen, haben wir den Tipp bekommen, dass die Basislänge (Abstand der Löcher) mit der am leichtesten sichtbaren Überlagerung, zwischen 10 und 15cm sein muss. (Es gibt mehrere Positionen mit Überlagerung, weil die Wellenberge wenn man sie um eine Wellenlänge verschiebt, wieder in die Wellentäler hineinfallen).

Um die passende Position zu finden, haben wir den Abstand in 5mm-Schritten verschoben und dann erneut durch das Teleskop geschaut. Da dennoch eine Abweichung von bis zu 2,5mm auftreten kann, muss man darauf achten, wann die Wellentäler besonders schmal sind.

Um den Abstand zwischen den Sternen aus dem Abstand zwischen den Löchern zu berechnen, benutzt man die Formel

$$s = 206.265(2n - 1) \frac{\lambda}{2B_n} \quad (2)$$

- s ist der Abstand der Doppelsterne in Bogensekunden
- λ ist die Wellenlänge des Lichts in Meter
- B_n ist die Basislänge (das ist der Abstand zwischen den Löchern) in Meter
- n gibt an, die wievielte Überlagerung es ist, wenn man bei 0cm Abstand zum Messen beginnt und jede Überlagerung mitzählt (laut Tipp in der Angabe 2, in der Praxis muss man auch die Überlagerungen, mit einer kleineren Basislänge, beobachten und abzählen wie viele es sind).

Zum Schluß sollten wir uns noch theoretisch überlegen (es war kein passendes Loch vorhanden), wie wir die Größe eines Sterns mit einem Interferometer messen können. Dafür muss man die Basislänge so lange verschieben, bis sich der linke Teil des Sterns nicht mehr mit dem rechten Teil überlagert und die Linien sichtbar werden.

References

- [1] Ein visuelles Sterninterferometer im Eigenbau - Hochgenaue Doppelsternabstände mit einfachen Mitteln Ein visuelles Sterninterferometer im Eigenbau - Hochgenaue Doppelsternabstände mit einfachen Mitteln, *Franz Kerschbaum*, April 1999
- [2] Durchbruch in der optischen Interferometrie Durchbruch in der optischen Interferometrie, *Daniel Fischer*, April 1999