

# **Optische Beobachtungen**

## **Gruppe 1**

Udo Beier

Leon Brückner  
Sebastian Ziegler

Valentin Olpp

März 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>5</b>
2.1	Beobachtung mit den Teleskopen im Garten . . . . .	5
2.2	Starhopping . . . . .	5
2.3	Beobachtung mit dem 50 cm-Teleskop . . . . .	5
2.4	Bildbearbeitung mittels dark frames und flat fields . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>7</b>
3.1	Beobachtung mit den Teleskopen im Garten . . . . .	7
3.2	Beobachtung am 50 cm-Teleskop . . . . .	7
3.3	Freie Beobachtung mit dem 40 cm-Teleskop . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>8</b>
4.1	Beobachtung mit dem Teleskop im Garten . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Aufgabe 5</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Aufgabe 6</b>	<b>10</b>

**Abbildungsverzeichnis**

**Tabellenverzeichnis**

# 1 Einleitung

Die Beobachtung astronomischer Phänomene mit bloßem Auge ist die älteste Art der Beobachtung. Der historisch nächste Schritt war die Entwicklung von optischen Instrumenten zur Vergrößerung sehr weit entfernter Objekte und zur Verstärkung des schwachen Lichteinfalls. Eine weitere Verbesserung in der astronomischen Beobachtung stellen verbesserte Aufnahmemethoden dar. Waren dies zu Beginn noch chemisch beschichtete Photoplatten, die sich bei Lichteinfall ausreichender Wellenlänge dunkel verfärbten, so geschieht das Aufnehmen eines Bildes heute mittels sogenannter CCDs (Charged Coupled Devices), in denen Lichteinfall mittels Halbleiterelementen detektiert wird.

In diesem Versuch sollen einige Objekte mittels eines kleinen Spiegelteleskops beobachtet werden, sowie eine Galaxie mittels des 50 cm-Teleskops beobachtet und mittels Filteraufnahmen graphisch aufgewertet werden.

## 2 Methoden

### 2.1 Beobachtung mit den Teleskopen im Garten

Mit den Teleskopen im Garten sollen zwei „interessante“ Objekte beobachtet werden. Dabei entschieden wir uns für den Jupiter sowie den Orionnebel und den Mond. Des weiteren sollte der Doppelstern  $\eta$  Ori mittels Starhopping gefunden und beobachtet werden. Hierzu wurde ein Teleskop mit ??? verwendet, das auf der süd-westlichen Teleskopsäule montiert wurde.

### 2.2 Starhopping

Das Auffinden von Sternen am Nachthimmel wurde mittels des sogenannten „Starhopping“ und Auffindkarten realisiert. Das allgemeine Vorgehen dabei ist, dass man sich zu Beginn einen hellen, eindeutig identifizierbaren Stern in der Nähe des zu beobachtenden Objekts sucht und davon ausgehend Objekte in der Umgebung dieses Sterns identifiziert und sich auf diese Art bis zu dem gewünschten Objekt „durcharbeitet“.

### 2.3 Beobachtung mit dem 50 cm-Teleskop

Des weiteren sollte ein Nebel, eine Galaxie oder ein Sternhaufen beobachtet werden. Nachdem die „Sombrero-Galaxie“ M 104, die wir eigentlich ausgesucht hatten, zum Beobachtungszeitpunkt leider eine zu kleine Deklination aufwies, entschieden wir uns für die „Whirlpool-Galaxie“ M 51.

Der Grundaufbau war eine CCD-Kamera, die an das 50 cm-Teleskop in der Ostkuppel angeschlossen war. Zunächst wurde das Teleskop auf den Stern Merak im Sternbild Großer Wagen fokussiert. Dies geschah mittels einer Blende, die drei paarweise nicht parallele Spalten aufweist, sodass es zu Interferenz des einfallenden Lichts kommt. Der Fokus des Teleskops wurde nun mittels der Handsteuerung so eingestellt, dass die drei durch die Interferenz bedingten, am Bildschirm sichtbaren Geraden einen gemeinsamen Schnittpunkt aufweisen.

Da sowohl Merak als auch der zu beobachtende Stern hinreichend weit von der Erde entfernt sind, ist die Einstellung des Fokus' für beide Objekte äquivalent.

Anschließend wurden zunächst fünf Bilder mit einer Belichtungszeit von 120 s ohne Farbfilter in der Messapparatur aufgenommen. Danach wurden nochmals je drei Bilder mit rot-, grün bzw. blau-Filter aufgenommen, wobei eine Belichtungszeit von 120 s verwendet wurde. Allerdings wurde das sogenannte „binning“ angewendet, wodurch je vier Pixel zu einem zusammengefasst werden, also deren Intensitäten addiert werden. Da aufgrund der Filter die transmittierte Intensität um etwa den Faktor 3 geringer ist als bei der Aufnahme ohne Filter, gleicht das binning diesen Effekt in etwa aus, da es eine Erhöhung der Intensität um den Faktor 4 zur Folge hat.

## 2.4 Bildbearbeitung mittels dark frames und flat fields

Ein dark frame ist eine Aufnahme bei geschlossenem Shutter. Dies ist notwendig, da es Materialfehler im CCD-Chip gibt, die sich nur schwer und unter hohem Kostenzuwachs bei der Produktion vermeiden lassen. Diese sind beispielsweise sogenannte „dead pixels“, d. h. Pixel, bei denen die Bandlücke deutlich größer ist als im idealisierten Halbleiter. In diesen Pixeln können also keine Elektronen gelöst werden, sodass diese im Bild unabhängig von der einfallenden Strahlung als schwarz erscheinen. Ein weiterer Effekt sind die sogenannten „hot pixel“, d. h. Pixel, bei denen die Bandlücke deutlich geringer ist als im idealisierten Halbleiter. Aus diesem Grund werden auch während dem Auslesevorgang durch die thermische Bewegung der Atomrümpfe Elektronen gelöst. Da das Auslesen spaltenweise geschieht, werden alle Pixel hinter dem „hot pixel“ in Ausleserichtung im sich ergebenden Bild hell. Diese Pixelfehler treten auch beim dark frame auf, sodass diese Fehler durch pixelweise Subtraktion der Intensitäten des dark frames von der eigentlichen Aufnahme korrigiert werden können.

Eine weitere Korrekturmaßnahme ist das Aufnehmen eines flat fields, d. h. einer Aufnahme bei gleichmäßiger Ausleuchtung des aufgenommenen Sichtfeldes. Die Notwendigkeit dieser Korrektur ergibt sich durch Staubkörner, die sich Strahlengang des Teleskops befinden, sowie durch Helligkeitsunterschiede im Bild, die durch den Ausleseprozess bedingt sind. Staubkörner führen zu dunkleren Bereichen im aufgenommenen Bild, da die Körner das Licht streuen und teilweise absorbieren. Des weiteren kann es während dem Auslesevorgang des CCDs dazu kommen, dass aus verschiedenen Gründen Ladung verloren geht oder weitere erzeugt wird. Da das Auslesen leicht zeitverzögert für verschiedene Bereiche des CCDs stattfinden, führt dies bei der Aufnahme zu Helligkeitsunterschieden in Ausleserichtung. Diese Fehler werden korrigiert, indem die Intensitäten der Aufnahme pixelweise durch die Intensitäten des flat fields dividiert werden. Dadurch werden die durch die angesprochenen Fehler dunkleren Bereiche wieder aufgehellt, da das flat field hier ebenfalls einen geringeren Intensitätswert hat.

## 2.5 Freie Beobachtungen mit dem 40 cm-Teleskops

Die freie Beobachtung astronomischer Objekte geschah mittels des 40 cm-Teleskop in Ostkuppel und dem Zoomokular mit variabler Brennweite zwischen 8 und 24 mm. Dabei sollten verschiedene interessante Objekte mit ausreichender Helligkeit beobachtet werden.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Beobachtung mit den Teleskopen im Garten

Hier konnte zunächst der Jupiter aufgrund seiner Helligkeit problemlos identifiziert werden. Es waren dabei drei Monde deutlich sichtbar (Abb!!!).

Der Orionnebel konnte durch Orientierung am Sternbild Orion ebenfalls schnell gefunden werden, allerdings war er aufgrund der geringen Öffnung des verwendeten Teleskops relativ lichtschwach und schwierig zu erkennen.

Der Mond war aus offensichtlichen Gründen problemlos zu erkennen. Es wurden hier ebenfalls einige Photos mit einer 35 mm-Spiegelreflexkamera (Canon) aufgenommen, die in (...) dargestellt sind. Diese Aufnahmen weisen allerdings eine durch das Seeing begrenzte Schärfe auf. Seeing bezeichnet die durch Turbulenzen in der Atmosphäre verursachte Unschärfe in Aufnahmen, welche sich nur mit großem Aufwand vermeiden lässt.

Auch  $\eta$  Ori konnte mittels Starhopping gefunden werden.

### 3.2 Beobachtung am 50 cm-Teleskop

### 3.3 Freie Beobachtung mit dem 40 cm-Teleskop

Es wurden hier verschiedene Objekte beobachtet, unter anderem: Jupiter, Mars, M51, M13, der Andromeda-Nebel und der Mond.

Bei Objekten wie Jupiter und Mars war die Auflösung insbesondere durch das Seeing begrenzt, sodass die Beobachtung nur mit beschränkter Qualität möglich war. Beim Mars trat der Effekt auf, dass der obere Teil eher rötlich und der untere Teil tendenziell blau erschien. Dies ist auf die unterschiedliche Brechung der verschiedenen Farben in der Erdatmosphäre zurückzuführen: Blaues Licht wird stärker gebrochen, sodass das blaue Licht für den Beobachter „weiter unten“ ankommt als das rote.

Bei der Beobachtung von M 51, der schon beim Imaging beobachteten „Whirlpool-Galaxie“, konnten lediglich zwei, durch das Seeing bedingt verschwommene, Flecken wahrgenommen werden.

Bei M 13, einem Kugelsternhaufen, konnten dahingegen die Sterne gut unterschieden werden.

Der Andromeda-Nebel war bei sehr geringer Deklination ( $< 10^\circ$ ) nicht beobachtbar.

Bei der Beobachtung des Mondes fiel die sehr große Helligkeit auf. Weiter war insbesondere der plastische Eindruck der Mondkrater beeindruckend.

## **4 Diskussion**

Bei sowohl den Aufnahmen mit dem Handteleskop als auch mit den großen Teleskopen in den Kuppeln wurden die Einschränkungen bei der Auflösung bedingt durch das Seeing deutlich. Dieser Effekt kann theoretisch durch die Beobachtung eines als annähernd punktförmig wahrgenommenen Sternes ausgeglichen werden: Man errechnet aus dem beobachteten Flimmern des Sterns eine Korrektur, die dann auf die eigentliche Beobachtung angewendet wird. Da dies in Echtzeit geschehen muss, ist dieses Verfahren allerdings sehr aufwendig und steht hier nicht zur Verfügung.

### **4.1 Beobachtung mit dem Teleskop im Garten**

Der Grund, weshalb nur drei Monde beobachtbar sind



## 5 Aufgabe 5

Die Erde dreht sich in 23 Stunden, 56 Minuten und 4.1 Sekunden einmal um ihre eigene Achse bzw. die Stundenwinkelachse. Die Winkelgeschwindigkeit der Erde ergibt sich dann zu:

$$\omega_{Erde} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86164.1s} \approx 7.30 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s} \quad (1)$$

bzw.  $4.18 \cdot 10^{-3} \circ \frac{1}{s}$ . Der Mond dreht sich in 27.56 Tagen (anomalistische Periode) einmal um die Erde. Seine Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{Mond}$  aus Sicht der Erde ergibt sich damit zu  $2.64 \cdot 10^{-6} \frac{1}{s}$  bzw.  $1.51 \cdot 10^{-4} \circ \frac{1}{s}$ . Die Winkelgeschwindigkeit, mit der der Mond durch das Sichtfeld des Teleskops (bei ausgeschalteter Nachführung) wandert, ergibt sich damit zu  $\omega = \omega_{Erde} - \omega_{Mond}$ , also zu  $7.04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s}$  bzw.  $4.03 \cdot 10^{-3} \circ \frac{1}{s}$ . Der Winkeldurchmesser des Mondes ergibt sich über die Beziehung

$$\tan \alpha_{Mond} = \frac{D_{Mond}}{d_{Erde-Mond}} \quad (2)$$

wobei  $D_{Mond}$  der Durchmesser des Mondes und  $d_{Erde-Mond}$  die mittlere Entfernung von Erde und Mond ist, von der der Radius der Erde abgezogen wurde. Mit Kleinwinkelnäherung gilt dann:

$$\alpha_{Mond} = \frac{D_{Mond}}{d_{Erde-Mond}} = \frac{3476km}{387129km} \approx 8.98 \cdot 10^{-3} \text{ bzw. } 0.51^\circ = 30'22'' \quad (3)$$

Die Zeit, die der Mond braucht, um das Sichtfeld des Teleskops zu durchwandern, hängt vom verwendeten Teleskop und Okular ab. Als allgemeine Formel gilt:

$$t = \frac{\alpha_{Teleskop} + \alpha_{Mond}}{\omega} \quad (4)$$

$\alpha_{Teleskop}$  ergibt sich aus der Formel

$$\alpha_{Teleskop} = \frac{\alpha_{Schein}}{V} \quad (5)$$

wobei  $\alpha_{Schein}$  das scheinbare Sichtfeld des Okulars und V die erreichbare Vergrößerung des Teleskops ist. V errechnet sich aus

$$V = \frac{f_{Teleskop}}{f_{Okular}} \quad (6)$$

wobei f die Brennweite des Teleskops bzw. des Okulars ist.

Also gilt:

$$t = \frac{\frac{f_{Okular}}{f_{Teleskop}} \cdot \alpha_{Schein} + \alpha_{Mond}}{\omega} \quad (7)$$

Als Beispiel soll nun die Zeit für das 50cm - Teleskop ( $f_{Teleskop} = 3.35m$ ) mit dem Universal-Zoomokular einmal bei minimalem ( $\alpha_{Schein} = 48^\circ, f_{Okular} = 24mm$ ) und maximalem ( $\alpha_{Schein} = 68^\circ, f_{Okular} = 8mm$ ) Zoom berechnet werden.

$$t_{minZoom} = \frac{\frac{24 \cdot 10^{-3}m}{3.35m} \cdot \frac{4}{15}\pi + 8.98 \cdot 10^{-3}}{7.04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s}} \approx 213s \quad (8)$$

$$t_{maxZoom} = \frac{\frac{8 \cdot 10^{-3} \text{m}}{3.35 \text{m}} \cdot \frac{17}{45} \pi + 8.98 \cdot 10^{-3}}{7.04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{s}}} \approx 168 \text{s} \quad (9)$$

## 6 Aufgabe 6

Damit die beiden Sterne eines visuellen Doppelsterns noch unterschieden werden können, muss das **Rayleigh-Kriterium** gelten:

$$\beta \approx 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad (10)$$

Hier ist  $\beta$  der von der Erde aus gesehene Winkel zwischen den beiden Sternen,  $\lambda$  die Wellenlänge des Lichts und  $d$  der Durchmesser des Teleskops. Wenn zwei Sterne unter einem kleineren Winkel erscheinen, können sie nicht mehr auseinander gehalten werden. Es gibt auch noch das empirisch gefundene **Dawes-Kriterium**:

$$\beta \approx \frac{12''}{d} \quad (11)$$

wobei  $d$  der Durchmesser des Teleskops in cm ist.

Das Sichtfeld berechnet sich aus:

$$\alpha = \frac{f_{Okular}}{f_{Teleskop}} \cdot \alpha_{Schein} \quad (12)$$

1. 50 cm - Teleskop  $\alpha_{min} = 0.16^\circ$   $\alpha_{max} = 0.34^\circ$
2. 40 cm - Teleskop  $\alpha_{min} = 0.14^\circ$   $\alpha_{max} = 0.29^\circ$
3. APO - Refraktor  $\alpha_{min} = 0.68^\circ$   $\alpha_{max} = 1.43^\circ$

Es gilt für die scheinbare Helligkeit und bei konstantem Abstand:

$$m_2 - m_1 = 2.5 \cdot \log\left(\frac{L_1}{L_2}\right). \quad (13)$$

, wobei  $m_1, m_2$  die scheinbaren Helligkeiten und  $L_1, L_2$  die Leuchtkräfte der beiden Sterne im gleichem Abstand zum Beobachter sind.

Durch Umformung ergibt sich:

$$\frac{L_1}{L_2} = 10^{2.5 \cdot (m_2 - m_1)}. \quad (14)$$

Für ein Doppelstern mit den scheinbaren Helligkeiten  $m_1$  und  $m_2$  ergibt sich also: Die Gesamtleuchtkraft ergibt sich durch Addition der einzelnen Leuchtkräfte und die Gesamtmagnitude nach Umrechnung der Gesamthelligkeit.

$$L_{ges} = L_1 + L_2 = L_1 \cdot \left(1 + \frac{L_2}{L_1}\right) = L_1 \cdot (1 + 10^{2.5 \cdot (m_1 - m_2)}). \quad (15)$$

Für die Gesamtmagnitude ergibt sich:

$$m_{ges} = m_1 - 2.5 \cdot \log\left(\frac{L_{ges}}{L_1}\right) = m_1 - 2.5 \cdot \log(1 + 10^{2.5 \cdot (m_1 - m_2)}). \quad (16)$$