

Optische Beobachtungen

Gruppe 1

Udo Beier

Leon Brückner
Sebastian Ziegler

Valentin Olpp

März 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	3
2	Einleitung	4
3	Methoden	5
3.1	Teleskope	5
3.2	Nicht beobachtbare Objekte	9
3.3	Beobachtbare Objekte	9
3.4	Beobachtung mit den Teleskopen im Garten	10
3.5	Starhopping	10
3.6	Beobachtung mit dem 50 cm-Teleskop	10
3.7	Bildbearbeitung mittels dark frames und flat fields	11
3.8	Bildbearbeitung in Astroart	11
3.9	Freie Beobachtungen mit dem 40 cm-Teleskops	11
4	Ergebnisse	12
4.1	Beobachtung mit den Teleskopen im Garten	12
4.2	Beobachtung am 50 cm-Teleskop	13
4.3	Freie Beobachtung mit dem 40 cm-Teleskop	13
5	Diskussion	15

Abbildungsverzeichnis

1	Aufnahme des Jupiters mit drei sichtbaren Monden	12
2	Screenshot in Stellarium	12
3	Aufnahme des Mondes	13
4	Aufnahme der Whirlpool-Galaxie M 51	14

1 Abstract

In diesem Versuch wurden mit den Bamberger Teleskopen verschiedene Objekte, sowohl mit dem Linsenteleskop anhand von Aufsuchkarten im Garten als auch mit den großen Teleskopen in den Kuppeln aufgesucht, beobachtet und abgebildet. Mit dem 50cm-Teleskop wurden mit einer CCD-Kamera und verschiedenen Filtern Aufnahmen der „Whirlpool-Galaxie“ M51 angefertigt und digital bearbeitet.

2 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.

3 Methoden

3.1 Teleskope

Teleskope sind Linsen- oder Spiegelanordnungen, die dazu dienen, entfernte Objekte vergrößert dazustellen. Für die Bildgröße B eines Objekts in der Brennebene, das den Winkeldurchmesser ϕ hat, gilt mit der Kleinwinkelnäherung die Formel ¹:

$$B = f_{\text{Teleskop}} \cdot \phi. \quad (1)$$

Für das Beispiel des Jupiters ergibt sich: Für den Jupiter mit einem Winkeldurchmesser von $40''$ und der Brennweite $f_{\text{Teleskop}} = 3.35m$ des 50cm Teleskops ergibt sich eine Bildgröße von

$$\begin{aligned} B_{\text{Jupiter}} &= 3.36m \cdot 40'' \\ &= 6.5 \cdot 10^{-4}m \end{aligned}$$

Das Seeing bezeichnet eine Bildunschärfe, die durch Turbulenzen in der Atmosphäre hervorgerufen wird. Das mittlere Seeing in Bamberg beträgt² $\sim 3''$. Damit ist die Ausdehnung auf der Brennebene bedingt durch das Seeing

$$\begin{aligned} B_{\text{Seeing}} &= 3.36m \cdot 3'' \\ &= 48.9\mu m \end{aligned}$$

Visuelle Doppelsterne sind Sterne, die am Himmel nahe beieinander stehen, aber zu zwei Sternen aufgelöst werden können. Diese sind nicht notwendigerweise gravitativ aneinander gebunden. Die Auflösung von Teleskopen ist beugungsbegrenzt. Dies soll im Folgenden am Beispiel eines visuellen Doppelsterns dargestellt werden: Damit die beiden Sterne eines visuellen Doppelsterns noch unterschieden werden können, muss das **Rayleigh-Kriterium** gelten:

$$\beta \approx 1.22 \frac{\lambda}{d} \quad (2)$$

Hier ist β der von der Erde aus gesehene Winkel zwischen den beiden Sternen, λ 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**:

$$\beta \approx \frac{12''}{d} \quad (3)$$

wobei d der Durchmesser des Teleskops in cm ist.

Das Sichtfeld hängt auch vom gewählten Okular ab berechnet sich aus:

$$\alpha = \frac{f_{\text{Okular}}}{f_{\text{Teleskop}}} \cdot \alpha_{\text{Schein}} \quad (4)$$

¹[Ast]

²[Ast]

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 $\alpha_{min} = 0.68^\circ$ $\alpha_{max} = 1.43^\circ$

Die Helligkeit von Objekten im Himmel wird in Magnituden angegeben. Die Grenzmagnitude für mittels eines Teleskops sichtbare Objekte hängt von der Teleskopöffnung ab: Je größer die Öffnung, desto dunklere Objekte können beobachtet werden. Es gilt:

$$m_{Grenze} = 6.5 + 5 \cdot \log D. \quad (5)$$

Herleitung: Scheinbare Helligkeitsformel gewichtet mit der Öffnung (der Lichtsammelfläche)

$$\begin{aligned} m_2 - m_1 &= -2.5 \cdot \log \frac{\frac{F_2}{D_2^2}}{\frac{F_1}{D_1^2}} \\ \rightarrow m_2 &= m_1 + 2.5 \cdot \log \frac{D_2^2}{D_1^2} \\ m_2 &= m_1 + 5 \cdot \log \frac{D_2}{D_1} \\ m_2 &= m_1 - 5 \cdot \log D_1 + 5 \cdot \log D_2 \end{aligned}$$

Einsetzen von $m_{Grenze, Auge} = 6.0$ Magnituden statt m_1 , Durchmesser Auge $D_{Auge} = 0.8cm$ statt D_1 , m_{Grenze} statt m_2 und Durchmesser D statt D_2 :

$$\begin{aligned} m_{Grenze} &= m_{Grenze, Auge} - 5 \cdot \log D_{Auge} + 5 \cdot \log D \\ m_{Grenze} &= 6.0 - (-0.5) + 5 \cdot \log D \\ m_{Grenze} &= 6.5 + 5 \cdot \log D \end{aligned}$$

Diese Formel kann nun verwendet werden, um die Grenzmagnituden für die Bamberger Teleskope zu berechnen.

Die Grenzmagnitude für das Bamberger Teleskop mit Durchmesser $D = 40cm$

$$\begin{aligned} m_{Grenze}(40cm) &= 6.5 + 5 \log \frac{40cm}{cm} \\ &= 14.5 \end{aligned}$$

Die Grenzmagnitude für das Bamberger Teleskop mit Durchmesser $D = 50cm$

$$\begin{aligned} m_{Grenze}(50cm) &= 6.5 + 5 \log \frac{50cm}{cm} \\ &= 15.0 \end{aligned}$$

Es gilt für die scheinbare Helligkeit von Doppelsternen:
Bei konstantem Abstand vom Beobachter ergibt sich:

$$m_2 - m_1 = 2.5 \cdot \log\left(\frac{L_1}{L_2}\right). \quad (6)$$

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

Durch Umformung ergibt sich:

$$\frac{L_1}{L_2} = 10^{\frac{(m_2 - m_1)}{2.5}}. \quad (7)$$

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.

$$L_{ges} = L_1 + L_2 = L_1 \cdot \left(1 + \frac{L_2}{L_1}\right) = L_1 \cdot \left(1 + 10^{\frac{(m_1 - m_2)}{2.5}}\right). \quad (8)$$

Für die Gesamtmagnitude ergibt sich:

$$m_{ges} = m_1 - 2.5 \cdot \log\left(\frac{L_{ges}}{L_1}\right) = m_1 - 2.5 \cdot \log\left(1 + 10^{\frac{(m_1 - m_2)}{2.5}}\right). \quad (9)$$

Als Beispiel wird hier für γ And und γ Leo die scheinbare Helligkeit berechnet. Bei γ And haben die beiden Hauptsterne scheinbare Helligkeiten von 2.3 mag und 4.8 mag. Mittels obiger Formel ergibt sich eine Gesamtmagnitude von

$$m_{ges} = 2.3 - 2.5 \cdot \log\left(1 + 10^{\frac{(2.3 - 4.8)}{2.5}}\right) = 2.20 \text{ mag}. \quad (10)$$

Im Fall von γ Leo besitzen die beiden Hauptsterne eine scheinbare Helligkeit von 2.3 und 3.5 mag. Mittels der gleichen Formel ergibt sich eine Gesamthelligkeit von 2.20 mag.

Um ein Objekt über längere Zeit beobachten zu können, muss die Drehung der Erde durch Nachführung, d.h. durch Drehung des Teleskops durch einen Motor, ausgeglichen werden.

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 und damit die benötigte Nachführgeschwindigkeit ergibt sich dann zu:

$$\omega_{Erde} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86164.1\text{s}} \approx 7.30 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{s}} \quad (11)$$

bzw. $4.18 \cdot 10^{-3} \circ \frac{1}{\text{s}}$. Dies bezieht natürlich nicht die Eigenbewegung des Objekts mit ein. Als Beispiel soll hier berechnet werden, wie lange der Mond bei ausgestellter Nachführung brauchen würde, um das Gesichtsfeld des Teleskops zu durchwandern.

Der Mond dreht sich in 27.56 Tagen (anomalistische Periode) einmal um die Erde. Seine Winkelgeschwindigkeit ω_{Mond} aus Sicht der Erde ergibt sich damit zu $2.64 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{s}}$ bzw. $1.51 \cdot 10^{-4} \circ \frac{1}{\text{s}}$. 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 $7.04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{s}}$ bzw. $4.03 \cdot 10^{-3} \circ \frac{1}{\text{s}}$. Der Winkeldurchmesser des Mondes ergibt sich über die Beziehung

$$\tan \alpha_{Mond} = \frac{D_{Mond}}{d_{Erde-Mond}} \quad (12)$$

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:

$$\alpha_{Mond} = \frac{D_{Mond}}{d_{Erde-Mond}} = \frac{3476\text{km}}{387129\text{km}} \approx 8.98 \cdot 10^{-3} \text{ bzw. } 0.51^\circ = 30'22'' \quad (13)$$

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

$$t = \frac{\alpha_{Teleskop} + \alpha_{Mond}}{\omega} \quad (14)$$

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

$$\alpha_{Teleskop} = \frac{\alpha_{Schein}}{V} \quad (15)$$

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

$$V = \frac{f_{Teleskop}}{f_{Okular}} \quad (16)$$

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

Also gilt:

$$t = \frac{\frac{f_{Okular}}{f_{Teleskop}} \cdot \alpha_{Schein} + \alpha_{Mond}}{\omega} \quad (17)$$

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

$$t_{minZoom} = \frac{\frac{24 \cdot 10^{-3}\text{m}}{3.35\text{m}} \cdot \frac{4}{15}\pi + 8.98 \cdot 10^{-3}}{7.04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{s}}} \approx 213\text{s} \quad (18)$$

$$t_{maxZoom} = \frac{\frac{8 \cdot 10^{-3}\text{m}}{3.35\text{m}} \cdot \frac{17}{45}\pi + 8.98 \cdot 10^{-3}}{7.04 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{s}}} \approx 168\text{s} \quad (19)$$

Anhand von Deklination und Sternzeit lassen sich einfache Kriterien bzw. Faustregeln finden, ob ein Objekt beobachtbar ist oder nicht. Fallunterscheidung ³
Im Folgenden ist φ die geographische Breite des Beobachtungsorts.

- Objekte mit Deklination $> 90^\circ - \varphi$ liegen in der immer beobachtbaren Hemisphäre.
- Objekte mit Deklination $< -90^\circ + \varphi$ liegen unterhalb des Horizonts.
- Objekte müssen mindestens 20° über dem Horizont stehen.

³[Bec]

- Objekte mit Deklination von $-90^\circ + \varphi$ bis $+90^\circ - \varphi$:
 - Der Stundenwinkel definiert sich durch $\tau = \theta - \alpha$, wobei α die Rektaszension (Winkelabstand vom Frühlingspunkt) und θ die Sternzeit. Dabei ist der Stundenwinkel des Frühlingspunkts
 - Man kann Objekte $\sim \pm 4h$ um die Sternzeit zu der das Objekt am höchsten steht, beobachten, wobei hier ein Stern in der Äquatorialebene als Überlegungsgegenstand dient. Da der Stundenwinkel bei Kulmination 0 h ist, ist ein Objekt also bei einem Stundenwinkel zwischen 20 h und 4 h beobachtbar.

Hier werden die Regeln angewandt um Sichtbarkeit während der ersten Nachthälfte zu bestimmen

3.2 Nicht beobachtbare Objekte

Nie sichtbar, da Deklination von $< -20^\circ$:

- IC 2602
- NGC 4945
- Peacock
- M4

Tags oder in 2. Nachthälfte sichtbar

- M57

3.3 Beobachtbare Objekte

Zu jeder Zeit sichtbar, da Deklination von $> 60^\circ$:

- M81

In der ersten Nachthälfte sichtbar

- M1
- M3
- M31
- M33
- M34
- M45
- NGC 884

- γ And
- γ Leo

3.4 Beobachtung mit den Teleskopen im Garten

Mit den Teleskopen im Garten sollten zwei „interessante“ Objekte beobachtet werden. Dabei entschieden wir uns für den Jupiter sowie den Orionnebel und den Mond. Des weiteren sollte der Doppelstern η Ori mittels Starhopping gefunden und beobachtet werden. Hierzu wurde ein Apochromat verwendet, der auf der süd-westlichen Teleskopsäule montiert wurde.

3.5 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“.

3.6 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, da wir keinen Einfluss auf den Beobachtungszeitpunkt hatten 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 Maske, die drei paarweise nicht parallele Spalten aufweist, sodass es zu Beugung 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 die zu beobachtende Galaxie 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.

3.7 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.

3.8 Bildbearbeitung in Astroart

Die Bearbeitung der Bilder mit dark frames und flat fields erfolgt in Astroart mit Hilfe einer automatisierten Importfunktion. Der Import wird für jeden Filter separat durchgeführt, dabei werden mehrere Belichtungen zu einem Bild verrechnet. Nun liegen Einzelbilder für jeden Farbkanal und für Belichtungen ohne Farbfilter vor. Die Farbkanäle werden nun durch die Funktion Trichromy zu einem RGB Bild verbunden. Das Farbbild wird dann mit dem Bild ohne Farbbilder multipliziert. Die durch das binning geringere Auflösung des Farbbilds wird durch Skalierung ausgeglichen.

3.9 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.

4 Ergebnisse

4.1 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. 1).



Abbildung 1: Aufnahme des Jupiters mit drei sichtbaren Monden

Betrachtet man den Jupiter zum Zeitpunkt der Aufnahme (etwa 20:30 Uhr) in einem Astronomieprogramm (hier: Stellarium), so ergibt sich das in 2 dargestellte Bild.



Abbildung 2: Screenshot in Stellarium

Die in der Aufnahme sichtbaren Monde können somit von links nach rechts als Callisto,

Ganymed und Io identifiziert werden. Europa befand sich zum Beobachtungszeitpunkt vor dem Jupiter, sodass dieser Mond nicht sichtbar ist.

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 Abb. 3 dargestellt sind. Diese Aufnahmen weisen allerdings eine durch das Seeing



Abbildung 3: Aufnahme des Mondes

begrenzte Schärfe auf. Seeing bezeichnet die durch Turbulenzen in der Atmosphäre verursachte Unschärfe in Aufnahmen, welche sich nur mit großem Aufwand vermeiden lässt.

Auch η Ori konnte mittels Starhopping gefunden werden.

4.2 Beobachtung am 50 cm-Teleskop

Mit dem 50 cm-Teleskop wurde die Galaxie M51 („Whirlpool-Galaxie“ beobachtet und mithilfe der CCD-Kamera abgebildet (4). Das Bild wurde danach in Astroart bearbeitet und zugeschnitten. Im resultierenden Bild sind Farben und Details klar zu erkennen, Bildfehler sind quasi nicht mehr vorhanden.

4.3 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



Abbildung 4: Aufnahme der Whirlpool-Galaxie M 51

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 dunkle, 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, sodass zum genaueren Beobachten ein Filter vor das Okular gehalten werden musste. Weiter war insbesondere der plastische Eindruck der Mondkrater beeindruckend, wobei Seeing-Effekte hier sehr gut wahrnehmbar waren, die Mondoberfläche sah geradezu „flüssig“ aus.

5 Diskussion

Bei sowohl den Aufnahmen mit dem Linsenteleskop als auch mit den Spiegelteleskopen 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, das sich adaptive Optik nennt, allerdings sehr aufwendig und steht hier nicht zur Verfügung.

Des weiteren könnte mit einem größerem Teleskop eine größere Lichtausbeute erreicht werden, sodass auch lichtschwächere Objekte sichtbar sind. Dies ist aber auch mit hohen Kosten verbunden.

Literatur

[Ast] Astronomisches Praktikum. Modul „Einführung in die Astronomie“. Dr. Karl Remeis Sternwarte. Bamberg

[Leo] [http : //de.wikipedia.org/wiki/Gamma_Leonis](http://de.wikipedia.org/wiki/Gamma_Leonis). Wikipedia Foundation. 14.3.2014.

[And] [http : //de.wikipedia.org/wiki/Gamma_Andromedae](http://de.wikipedia.org/wiki/Gamma_Andromedae). Wikipedia Foundation. 14.3.2014.

[Ste] Stellarium. Astronomische Software. Linux-Version 3.2.0. Fabien Chereau et al.

[Bec] BECKMANN, Dieter. Astrophysik. C.C.Buchner, 2011.