Die Himmelspolizey

AVL Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V.

82
04/25
ISSN 1867-9471
Schutzgebühr 3 Euro,
für Mitglieder frei

Die Foto-AG der AVL stellt vor
Foto-Safari durch das Sternbild Schwan

Teleskop und Montierung im Test
Das Seestar Smart Telescope und die Harmonic Montierung

Die Himmelspolizey
Jahrgang 21, Nr. 82
Lilienthal, April 2025

Inhalt

Die Sterne **3**

Die Schatztruhe des Schwans

Ein Gemeinschaftsprojekt der AVL Foto-AG **4**

Vergleich aktueller Montierungen

Harmonic Drive versus Schneckenantrieb **18**

Test des Smart-Teleskops Seestar S30

Automatisierte Astrofotografie im Taschenformat **28**

Geschichten vom Telescopium Lilienthal

Beitrag 32: Gravitationen und ihre Auswirkungen **34**

Metallspiegel für die Astronomie – Teil 2

Der Schroetersche 27-Fuß-Spiegel **38**

Das Telescopium und die künstlerische Intelligenz **44**

Impressum **45**

Das Sonnensystem – eine schrecklich kosmische Familie **46**

Die Sonnenfinsternis vom 29. März 2025 ..... **48**

Es ist wieder Frühling geworden – „endlich“, mögen viele sagen, doch (Hobby-)Astronomen sind gar nicht so glücklich, da die Nächte nun schnell zu kurz und zu hell werden. Doch auch im Sommer lassen sich hervorragend die Nächte für Fotografie nutzen, wie die Mitglieder der Foto-AG in dieser Ausgabe der Himmelspolizey beweisen.
Ohne eine vernünftige Ausrüstung geht es aber nicht, daher finden die Leser einige Anregungen zu Montierungen und Spiegeln in dieser Ausgabe.

Titelbild: Im Sternbild Schwan befindet sich der Crescent-Nebel (NGC 6888). Es handelt sich dabei um einen Emissionsnebel, der auch als Sichelnebel bezeichnet wird.
Bild: Dr. Kai-Oliver Detken, AVL.

Die Sterne, liebe AVL-Mitglieder, stehen im Juni dieses Jahres zwar in der hellen Jahreszeit am Nachthimmel, sie leuchten aber über Lilienthal etwas heller als sonst – na ja, es scheint zumindest so. Denn in diesem Jahr wird unsere AVL 25 Jahre alt. Am 14. Juni des Jahres 2000 wurde unsere AVL ins Leben gerufen. 21 Gleichgesinnte kamen an diesem Tag zusammen, um eine Vereinigung ins Leben zu rufen, die sich der bedeutenden astronomischen Geschichte des Ortes Lilienthal verpflichtet fühlten. Es sollte eine Gemeinschaft gebildet werden, die einerseits an diese Geschichte erinnert und andererseits sich ganz aktiv mit dem Thema Astronomie in seiner ganzen Vielfalt beschäftigt. Ein besonderes Anliegen war es, auch das ehemals größte Teleskop des europäischen Kontinents, das der Oberamtmann Johann Hieronymus Schroeter 1793 in Lilienthal errichtete, in einem Nachbau wiederentstehen zu lassen. Die Zeit, die in diesen 25 Jahren verging, kann als eine Erfolgsgeschichte bezeichnet werden. Schon zum Ende des Folgejahres waren aus den 21 Gründungsmitgliedern 41 reguläre Mitglieder geworden. Es wurden Arbeitsgruppen gebildet, die bis zum heutigen Tag ihre Aktivitäten ganz in den Dienst der Vereinsziele stellten und stellen. Als im Jahr 2006 die Sternwarte gebaut wurde, war, so schien es, die Astronomische Vereinigung komplett. Dass im Jahr 2015 durch die fortwährende Initiative Klaus-Dieter Uhdens auch noch der Nachbau des Telescopiums Realität wurde, konnte sich über viele Jahre hinweg kaum noch jemand von uns vorstellen. Es bildet seit seiner Fertigstellung eine Herausforderung für uns, die wir bis jetzt für die Menschen in und um Lilienthal mit Leben füllen.

Unsere AGs, die vielen Veranstaltungen für die Öffentlichkeit und nicht zu vergessen unsere Vereinszeitung, die Himmelspolizey, sie alle sind Merkmale, in denen sich die AVL definiert. Diese wenigen Zeilen können natürlich kaum wiedergeben, wie sich die Mitglieder der AVL Jahr für Jahr für ihre Sache engagiert haben. Wir wollen aber dieses erste „richtige“ Jubiläum nutzen, um gemeinsam mit allen, die sich der AVL nahe fühlen, zusammenzukommen und auf diese Zeit zurückblicken.

Am Dienstag, dem 24. Juni 2025 sind alle Vereinsmitglieder, ehemaligen Vereinsmitglieder und überhaupt alle Menschen der Region eingeladen, mit uns gemeinsam diese Erfolgsgeschichte zu feiern. Ab 18:00 Uhr sollen alle, die das möchten, im Schroeter-Saal in Murkens Hof willkommen sein. Damit wir diese Veranstaltung planen können, wäre es schön, wenn sich alle Teilnehmer anmelden würden. Da wir bei einem Catering-Service für leibliches Wohl sorgen wollen, würde uns das bei der Planung sehr helfen. Anmeldungen bitte an die folgende E-Mail-Adresse schicken: 25jahre@avl-lilienthal.de

Abgesehen von diesem für uns in der AVL wichtigen Termin haben wir weitere, nennenswerte Ereignisse vor uns. Ende März, vermutlich noch bevor diese Ausgabe der HiPo bei euch eintreffen wird, begehen wir erneut den bundesweiten Astronomie-Tag. Am 29. März kommt es zu einer partiellen Sonnenfinsternis, für die wir erneut am Telescopium in Lilienthal die Öffentlichkeit einladen wollen. Seit dem ersten Astronomie-Tag beteiligt sich die AVL an dieser Initiative der Vereinigung der Sternfreunde. Die Örtlichkeit am Telescopium bewährt sich, seit wir uns im vergangenen Jahr dazu entschieden hatten, das Telescopium mehr als sonst in unsere Planungen einzubeziehen.

Auch die Verbindung der Lilienthaler Museen, in denen auch das Telescopium eingebunden ist, wird erneut einen Museumstag veranstalten. Telescopium und AVL werden auch an diesem Tag, dem 22.06.2025, am Telescopium vertreten sein. Schon im vergangenen Jahr verzeichneten wir im Vergleich zu allen anderen Anbietern den größten Andrang.

Bleibt noch auf den April hinzuweisen: Unsere äußerst aktive Foto-AG hat im letzten Jahr die Schatztruhe des Schwans geöffnet. Wir hatten bewusst das Sternbild Schwan ausgesucht, um einmal gezielt die dort enthaltenen vielfältigen Objekte abzubilden. Mit den Ergebnissen wurde eine entsprechend große Rubrik auf unserer Homepage gefüllt und ist dort seit geraumer Zeit einzusehen. In dieser Ausgabe der HiPo wird das Projekt auch mit den zugehörigen Texten, die die Bildautoren selber verfasst haben, zusätzlich vorgestellt. Diese Ausgabe wird also etwas voluminöser als sonst ausfallen. Am 22. April 2025 wollen wir einen Gemeinschaftsvortrag anbieten, der den Abschluss unseres Projektes darstellt.

Liebe AVL-Mitglieder, liebe Freunde, an vielen Tagen spürt man den kommenden Frühling näherkommen. Genießen wir diese sicher schönste Jahreszeit und halten wir unsere Astronomische Vereinigung so lebendig, wie sie sich seit den Grundungstagen entwickelte.

Bleibt gesund, wir sehen uns möglichst zahlreich spätestens zur 25-Jahrfeier.

Gerald Willems
1. Vorsitzender

Die Schatztruhe des Schwans

Ein Gemeinschaftsprojekt der AVL Foto-AG

Unter den verschiedenen Sternbildern gibt es einige, die einem Beobachter nicht automatisch ins Auge fallen. Dazu gehört auch der Schwan, der des Sommers fast senkrecht über unseren Köpfen die Milchstraße entlang nach Süden segelt. Es ist, hat man es einmal gefunden, eine der besonders ästhetischen Sternbilder, die uns des Nachts Orientierung bieten. Das oft erwähnte Sommerdreieck, gebildet aus den Hauptsternen des Schwans, des Adlers und der Leier, erleichtert das Auffinden sehr. Um den Schwan, mit seinen vielen verschiedenen Objekten, soll es also in diesem Gemeinschaftsprojekt gehen.

Da sich die Figur des Schwans vor der Milchstraße befindet, finden wir in diesem verhältnismäßig großen Gebiet eine Vielzahl verschiedener Objekte. Dunkelnebel, leuchtende Gasnebel und Sternhaufen prägen diese Region. Und es ist eine Region, die von den Mitgliedern der AVL Foto-AG sehr häufig „besucht" wird. So kam uns die Idee, einmal ganz explizit diese Region gemeinschaftlich zu dokumentieren. Im Abschluss dieses Projekts wollen wir im April 2025 der Öffentlichkeit dazu einen Vortrag präsentieren. Vier Mitglieder der AG werden dabei ihre Resultate zeigen.

Natürlich soll dabei die Aufnahmetechnik erklärt werden. Ganz besonders werden wir aber etwas zur Beschaffenheit der verschiedenen Objekte sagen und dazu die Physik erläutern. In diesem Artikel werden die Ergebnisse aller beteiligten AG-Mitglieder präsentiert. Und auf noch etwas möchte ich aufmerksam machen: Es ist bemerkenswert, mit welcher Qualität unsere AVL-Fotografen heute arbeiten.

Gerald Willems

* * *

Beobachtung

Eine Übersichtsaufnahme des Sternbildes Schwan – von Kai-Oliver Detken

Meine Idee war es, in meinem Urlaub im Juni das Sternbild des Schwans (Abb. 1) als Übersichtsaufnahme unter dunklem Himmel aufzunehmen. Wir waren dieses Jahr in Frankreich unterwegs und der erste Halt war am berühmten Omaha Beach in der Normandie, an dem die Amerikaner am 06. Juni 1944 am so genannten D-Day im Rahmen der Operation Neptune landeten und den wir 70 Jahre danach besichtigten. Hier befindet sich ein Campingplatz oberhalb des Strands und weit und breit keine größere Stadt. Das nahgelegene Dorf liegt in einer Mulde und ist nachts kaum beleuchtet.

In der ersten Nacht vor Ort schaute ich gegen 3 Uhr morgens zufällig in den Nachthimmel und war begeistert. Die Milchstraße stand jetzt hoch am Himmel und es waren nicht nur die hellen Sternwolken der Milchstraße sichtbar, sondern auch die Dunkelwolken. Als Wert auf der Bortle-Skala wurde die Klasse 2 geschätzt. Daher bereitete ich am nächsten Tag meine mitgenommene AstroTrac-Reisemontierung vor, um ab 2 Uhr gewappnet zu sein.

Auf der Abbildung (Abb. 1) kann man eine Vielzahl von Objekten erkennen. Im Zentrum stehen der helle Nordamerikanebel (NGC 7000), der Pelikannebel (IC 5070) und der Schmetterlingsnebel (IC 1318) in der unmittelbaren Nähe zum Stern Deneb. Links am Rand erkennt man aber auch den Elefantenrüsselnebel (IC 1396) und den Emissionsnebel Sh2-129, der als Outters 4 bezeichnet wird und relativ lichtschwach ist. In der unteren Bildhälfte lässt sich ebenfalls gut der Supernova-Überrest Cirrusnebel-Komplex (NGC 6960, NGC 6974, NGC 6979, NGC 6992, NGC 6995 und IC 1340) erkennen. Viele der Objekte sind nun in dem Sommerprojekt separat belichtet worden.

Die Aufnahme wurde mit einem Canon-Zoomobjektiv EF 24-70 mm mit einer Brennweite von 24 mm und einer Blende von f/2,8 an einer astromodifizierten Canon-Kamera 90Da aufgenommen. Als ISO-Wert wurde 1600 ASA eingestellt. Als Nachführung kam eine AstroTrac TT320X-AG zum Einsatz. Um die Emissionsnebel klarer herauszustellen, wurde der Schmalbandfilter Clip-Filter L-eNhance von Optolong eingesetzt. Es entstanden 20 Bilder mit jeweils 3 min Belichtungszeit, so dass nur eine Stunde Gesamtbelichtungszeit herauskam. Dass man trotzdem so viele Objekte erkennen kann, war dem dunklen Himmel zu verdanken.

Die einzelnen Objekte, wie sie in diesem Beitrag vorgestellt werden, sind in Abb. 1 gekennzeichnet.

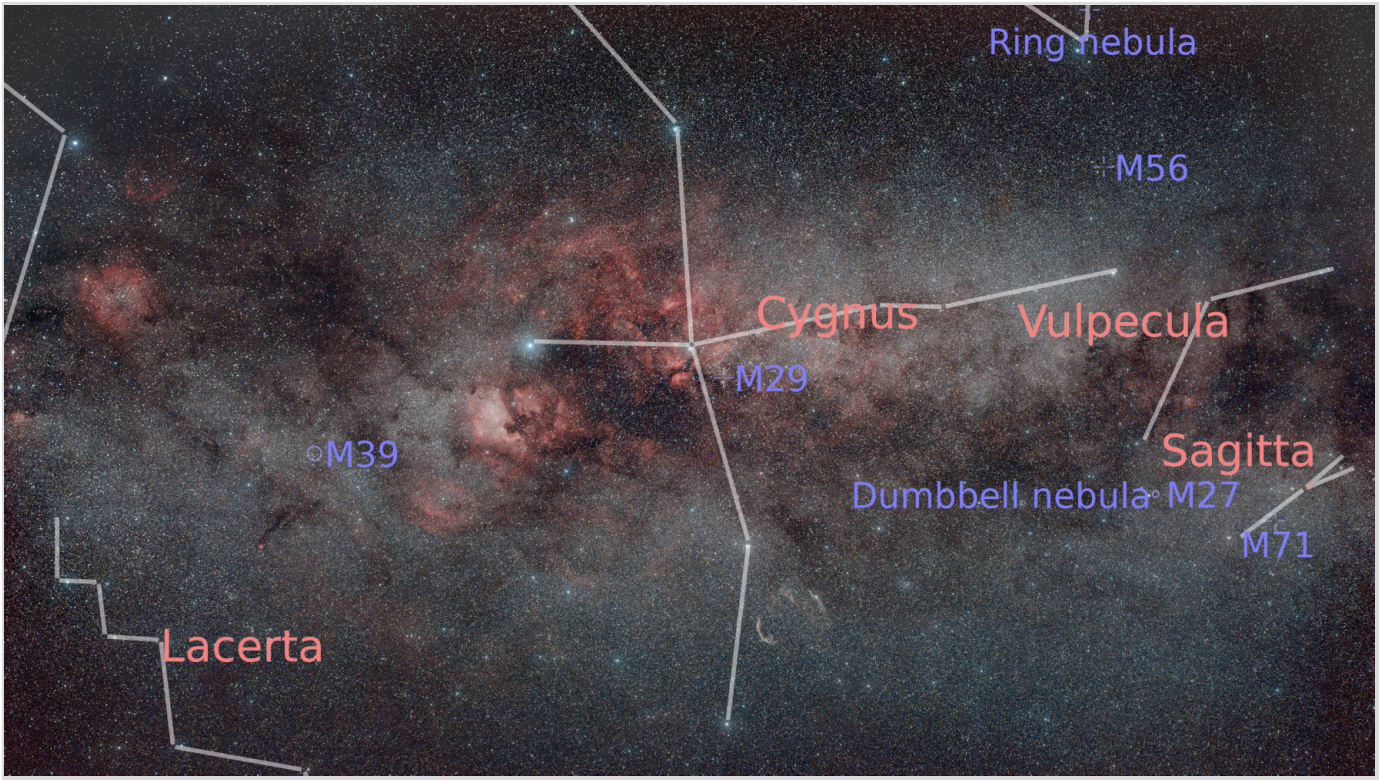

Abb. 1: Positionen der vorgestellten Objekte im Sternbild Schwan
Abb. 1 - 4: Kai-Oliver Detken, AVL.

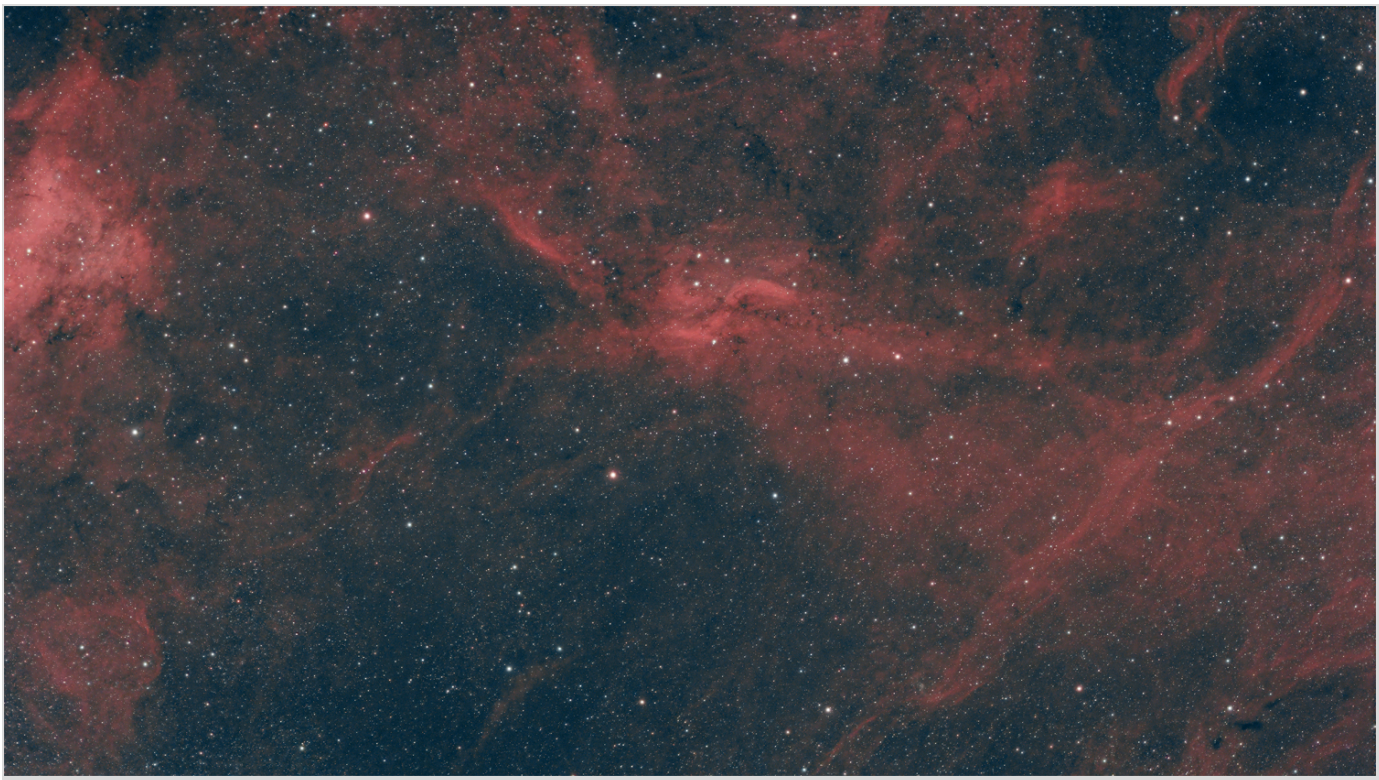

Abb. 2: Propellernebel, Simeis 57.

Propellernebel – Simeis 57 Eine Region, die eher selten im Schwan fotografiert wird, ist der so genannte Propellernebel, der als Simeis 57 katalogisiert wurde (Abb. 2). Er ist in der Nähe des Sterns Gamma Cygni und oberhalb des Schmetterlingsnebels zu finden. Er wurde in den 1950er Jahren in der Ukraine katalogisiert und als 57. Objekt dem Katalog des Simeis Observatory mit anderen 306 H-II-Regionen aufgenommen. Der Propellernebel wird oft fälschlicherweise als DWB 111 bezeichnet, aber DWB 111 kennzeichnet nur den südlichen (unteren) Arm, während der nördliche Arm mit DWB 119 bezeichnet ist. Der DWB-Katalog wurde 1969 von H. R. Dickel, H. Wendker und J. H. Bieritz

Abb. 3: Crescent-Nebel, NGC 6888.

entwickelt, die im Rahmen ihrer Studie der Hα-Emissionsnebel in der Himmelsregion Cygnus X 193 verschiedene Objekte katalogisierten. Man erkennt in dem Bild noch einige andere DWB-Objekte, wie links unten DWB 74, oben mittig DWB 117 und DWB 125, rechts oben DWB 136, DWB 132, 133 und 138 und unterhalb vom Propellernebel DWB 120 sowie rechts daneben DWB 125 und 126. Der Simeis 57-Emissionsnebel selbst ist nicht besonders leuchtstark und emittiert hauptsächlich die H-Alpha-Linie, weshalb auch bei dieser Aufnahme auf den L-eNhance-Clipfilter zurückgegriffen wurde. Die Sterne oder andere Quellen, die für die Ionisierung des Gases ursächlich sind, sind noch nicht identifiziert. Die Masse der Wolke ist nach Schätzungen etwas geringer als 50 Sonnenmassen.

Die Aufnahme entstand in Grasberg mit der astromodifizierten Kamera Canon 90Da und dem erwähnten Schmalbandfilter von Optolong. Als ISO-Wert wurden 1600 ASA eingestellt. Als Montierung kam die GEM28 von iOptron zum Einsatz. Als Teleskop wurde der William Optics RedCat 71 Apo mit einer Brennweite von 350 mm verwendet. Das Öffnungsverhältnis betrug 1/4,9. Es kamen an zwei Nächten insgesamt 61 Bilder zustande, die jeweils 5 min belichtet wurden, wodurch eine Gesamtbelichtungszeit von ca. 5 Stunden entstand. Man erkennt auf dem Bild sehr schön den hohen H-II-Anteil (Wasserstoff).

NGC 6888 – der Crescent-Nebel

Der Crescent-Nebel (NGC 6888) ist ein Emissionsnebel, der auch als Sichelnebel bezeichnet wird. Er wird von einem so genannten Wolf-Rayet-Stern (WR 136) beleuchtet und wurde vermutlich auch ursprünglich von ihm abgestoßen (Abb. 3). Das Leuchten des Nebels wird durch zwei unabhängig auftretende Ionisationsvorgänge ausgelöst: die Hauptarbeit leistet der Zentralstern selbst, der durch seine hohen Temperaturen den Nebel besonders stark ionisiert und vor allem im [OIII]-Bereich zum Leuchten bringt. Dies lässt sich auf der Aufnahme auch gut erkennen. Des Weiteren kollidieren die starken Sternwinde mit dichtem interstellarem Medium, was Stoßfronten zur Folge hat, an der sich das Material aufheizt und ebenfalls ionisiert. Das Nebelobjekt wurde 1792 von Wilhelm Herschel entdeckt. Herschel beschreibt einen Doppelstern, zu dem sich aus südwestlicher Richtung ein schwacher Nebelbogen erstreckt, daher der Name „Sichel“. Er gibt die Länge mit 8' an, was darauf hindeutet, dass er nur den helleren, nördlichen Teil des Nebels gesehen hat.

Der Nebel ist ein gern aufgenommenes Fotoobjekt, weshalb er auch im AVL-Sommerprojekt mehrfach vorkommt. Ich hatte ihn auch bereits mehrfach aufgenommen, aber noch nie formatfüllend mit einer so großen Brennweite. Zum Einsatz kam mein SC-Teleskop Celestron C11 SC XLT mit 1764 mm Brennweite, da der Reducer Starizona 0.63x

SCT-CORRECTOR-IV verwendet wurde. Nachgeführt wurde auf einer CEM60-Montierung von iOptron. Als Kamera kam die gekühlte DeepSky-Pro2600c von Lacerta zum Einsatz. Mit dieser wurden mittels des Schmalbandfilters L-eXtreme von Optolong in drei Nächten 85 Bilder aufgenommen, so dass eine Gesamtbelichtung von 7 Stunden zusammenkam.

Sh2-115, SH2-116 und Abell 71 Als weitere Übersichtsaufnahme ist das nächste Bild (Abb. 4) zu werten, die im zentralen Bereich den Planetarischen Nebel Abell 71 zeigt. Besonders auffällig ist daneben der Emissionsnebel Sh2-115, der sich in einer sehr stern- und emissionsreichen Region im Seitenarm unserer Milchstraße nahe von Deneb befindet, dem Hauptstern des Schwans. Er hat nur eine geringe Flächenhelligkeit und strahlt nur mit etwa einem Fünftel der Intensität wie der in der Nähe liegende Nordamerikanebel. Innerhalb des Emissionsnebels Sh2-115 ist Abell 71 eingebettet, der auch als Sh2-116 bezeichnet wird. Der Abell-Katalog ist ein astronomischer Katalog, der die auf fotografischen Platten im Rahmen des Palomar Observatory Sky Survey identifizierten Planetarischen Nebel von George Ogden Abell zusammenstellt und 1966 veröffentlicht wurde. Dabei hatte sich Abell aber auch ab und zu vertan, wie wohl auch bei Abell 71. Denn eine Studie aus dem Jahr 1991 stellte klar, dass es sich tatsächlich um eine H-II-Region handelt. Ein Planetarischer Nebel lässt sich auf diesem Bild (links, Mitte) aber auf jeden Fall ausmachen: PN We 1-10. Er besitzt eine sehr geringe Flächenhelligkeit von 24 mag und ist 1400 Lichtjahre von der Erde entfernt. Dieser wäre ein spannendes Projekt für eine zukünftige Nahaufnahme. Des Weiteren ist der Emissionsnebel Sh2-112 rechts unten gut zu erkennen. Es handelt sich um eine kreisförmige H-II-Region, die auf ihrer Westseite von einem dunklen Band durchzogen ist, das in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet ist. Der helle Stern BD+45 3216, ein blauer Doppelstern der Spektralklasse O8V, regt im Zentrum diese kleine H-II-Wolke zum Leuchten an. Die Himmelsgegend ist auf jeden Fall reich an H-II, wie man am Hintergrund insgesamt erkennen kann.

Die Aufnahme wurde mit dem Teleskop William Optics RedCat 71 Apo bei 350 mm aufgenommen. Nachgeführt wurde mit der GEM28-Montierung von iOptron. Das Öffnungsverhältnis betrug 1/4,9. Als Kamera kam die ungekühlte astromodifizierte Canon 90Da zum Einsatz. Die Aufnahmen wurden 5 min belichtet und durch den Schmalbandfilter L-eNhance von Optolong unterstützt. In drei Nächten kamen 75 Aufnahmen zustande, die eine Gesamtbelichtung von 6,5 Stunden beinhalteten.

Dr. Kai-Oliver Detken

Abb. 4: Übersichtsaufnahme mit Sh2-115 und Abell 71 im Zentrum.

Der Pelikannebel (IC 5070) – von Ernst-Jürgen Stracke und Jürgen Ruddek

Vogelkundliche Namen sind für Objekte am Sternenhimmel wenig verwendete Bezeichnungen. Im Sternbild Schwan gibt es aber ein Deep Sky-Objekt, das die Bezeichnung „Pelikannebel" trägt, weil er wie ein Pelikan aussieht.

Der Schwan zählt zu den bekanntesten Sternbildern am Sommerhimmel. Dort findet man nahe seines hellsten Sterns Deneb eine ausgedehnte HII-Region. Sie trägt die Bezeichnung „Nordamerikanebel" (NGC 7000). Der „Pelikannebel" (IC 5070) ist ein schwächerer Teil dieses Nebelgebietes, das etwa 2000 Lichtjahre von uns entfernt liegt und zahlreiche Sternentstehungsgebiete aufweist (Abb. 5).

Die Nebelregion wurde im Jahre 1786 von Wilhelm Herschel entdeckt. Trotz ihrer Helligkeit von 6 mag ist sie visuell nur schwer zu erkennen. Eine mondlose Nacht in einer sehr dunklen Region ist hierfür Voraussetzung.

Ernst-Jürgen Stracke und ich fotografierten den Nebel am 01.11.2021 in der großen Sternwarte der AVL in Lilienthal-Wührden mit einer ZWO ASI 071 Pro und einem ZWO Duo-Band Filter an einem 8" Newton von GSO. Die Brennweite betrug 1000 mm bei einer Lichtstärke von f/5. Eine G11-Montierung von Losmandy diente als Nachführung. Nachgeführt wurde mit einer Planetenkamera von ZWO. Wir belichteten jeweils 6 Minuten pro Einzelaufnahme über einen Zeitraum von knapp anderthalb Stunden. Die Bearbeitung der 12 Rohbilder erfolgte mit SIRIL und PHOTOSHOP CS3.

Ernst-Jürgen Stracke & *Jürgen Ruddek*

Abb. 5: IC 5070, der Pelikannebel.
Bild: Ernst-Jürgen Stracke & *Jürgen Ruddek*

NGC 7000 - Der Nordamerikanebel – von Karl-Heinz Grossheim Die Entdeckung des Nordamerikanebels (NGC 7000) wird Max Wolf zugeschrieben, der 1891 den Nebel mit einem 6“ Doppelastrographen an der Heidelberger Sternwarte beobachtete und fotografierte. Auch Wilhelm Herschel und sein Sohn John werden genannt, aber wahrscheinlich beobachteten sie im NGC 7000 befindliche offene Sternhaufen, wie NGC 6996 und NGC 6997, haben aber wohl das völlige Ausmaß des Nebels nicht erkannt.

Der Nordamerikanebel befindet sich im Orion-Arm unserer Milchstraße, etwas östlich des Sterns Deneb und hat eine Ausdehnung von etwa 130 Lichtjahren, was etwa 120 x 100 Bogenminuten entspricht. NGC 7000 ist zwischen 2000 bis 3000 Lichtjahre entfernt (Abb. 6). Seine Helligkeit ist mit 6 mag angegeben. Er besteht hauptsächlich aus ionisiertem Wasserstoff (HII). Langbelichtete Fotos weisen deshalb auch eine deutliche rötliche Färbung des Nebels auf. Es sind aber auch [SII]- und [OIII]- Anteile zu finden.

Seinen Namen verdient er der Nordamerikanischen Landmasse ähnelnden Umrissform. Besonders auffällig dabei ist eine dem Golf von Mexiko gleichende Ausbuchtung der Gasmassen. In diesem Nebel ist genug Masse enthalten, um neue Sterngenerationen zu bilden. Der Nordamerikanebel wird von dem benachbarten Pelikannebel (NGC 5070) durch den Dunkelnebel LDN 935 separiert, der die dahinter liegende H-II-Gaswolke verdeckt und so zu einer optischen Trennung führt. Ein hervorstechendes Objekt ist die so genannte „Große Wand – The Great Wall“ (Abb. 7). Dies ist eine riesige Ionisationsfront, primär aus H-II-Gas und Sternenstaub bestehend. Hier sind entsprechende Bereiche für die Entstehung von Sternen. Zum Leuchten angeregt wird diese Gaswolke durch einen Stern vom Typ O5V.

Die Aufnahmezeit war leider zu kurz, um mehr Details und Tiefe zu erreichen. Immerhin war es dennoch möglich, mit Einsatz des Filters Optolong L-eNhance [OIII] und H-II-Gase zu differenzieren. Der Filter hat im [OIII]-Bereich eine Bandbreite von 25 nm und in HII 11 nm. Engere Bandbreiten könnten zu deutlicheren Ergebnissen führen. Visuell ist NGC 7000 ein kaum beobachtbares Objekt, fotografisch hingegen gut abbildbar. Zur Aufnahme wurde ein Refraktor mit 72 mm Öffnung und einer Brennweite von 350 mm verwendet. Als Kamera kam eine ToupTek 2600 CP zum Einsatz.

Abb. 6: NGC 7000, der Nordamerika-Nebel.
Abb. 6 - 8: Karl-Heinz Grossheim.

Abb. 7: The Great Wall, Ausschnitt aus Abb. 6.

Gamma Cygni Zentral im „Kreuz des Nordens“, des Sternbildes Schwan, befindet sich der Stern Gamma Cygni, auch Sadr genannt (Abb. 8). Der Name Sadr entstammt, ebenso wie der vieler Sterne, der arabischen Sprache und bedeutet „Brust der Henne“. Sadr ist ein Supergigant der Klasse F8, hat eine Helligkeit von 2,2 mag und gehört somit zu den 70 lichtstärksten Sternen des Nordhimmels. Die Oberflächentemperatur beträgt etwa 5800 Kelvin. Er ist ca. 1500 Lichtjahre von uns entfernt. Interessanterweise strahlt Sadr primär im sichtbaren Spektrum, allerdings mit der

60000-fachen Intensität unserer Sonne. Nach gegenwärtigen Erkenntnissen dürfte dieser Stern bereits im Endstadium seines Lebens angekommen sein, obwohl er erst 12 Millionen Jahre alt ist. Sein Wasserstoffkontingent ist nahezu aufgebraucht, der Heliumanteil steigt deutlich und die Farbe ist leicht gelblich. Beobachtungen und Messungen lassen vermuten, dass Gamma Cygni ursprünglich die 14-16-fache Masse der Sonne hatte. Er pulsiert in einem 74-tätigen Rhythmus. Sadr ist außerdem Teil eines Vielfachsternsystems, welches als CCDM J20222/4015BC katalogisiert ist.

Gamma Cygni ist umgeben vom IC 1318, dem Gamma Cygni Nebel, auch als Schmetterlingsnebel bekannt. Allerdings liegt dieser Nebel in ca. 4900 Lichtjahren Entfernung hinter Sadr. Sein Hauptbestandteil ist HII.

Nördlich von Sadr sieht man den 7200 Lichtjahre entfernten offenen Sternhaufen NGC 6910/CR420. Er wird auch als „Spannerraupenhaufen“, im englischsprachigen Raum als „Rocking Horse“ benannt, enthält 54 Sterne, darunter einen Überriesen der Klasse B0 mit einer Helligkeit von 9 mag. Die etwas abseits befindlichen helleren Sterne gehören übrigens nicht zum Sternhaufen. NGC 6910 ist visuell gut zu beobachten. Leider verursacht der benutzte Filter, Optolong L-eXtreme, einen starken Halo um den Stern Sadr. Fotografisch unerwünscht, fotoästhetisch jedoch, wie ich finde, tolerierbar. Zur Aufnahme wurde ein 6“-Hypergrahp von Sharpstar mit einem Öffnungsverhältnis f/D = 2,8 verwendet. Als Kamera kam eine ZWO ASI 533 MC zum Einsatz.

Karl-Heinz Großheim

Abb. 8: Stern Gamma Cygni und Umgebung.

Abell 61 – von Kai Wicker Abell 61 (PK 077.6+14.7) ist ein schwacher aber recht großer planetarischer Nebel. Er befindet sich in der Randregion des Schwans, die an Leier und Drachen angrenzt (Abb. 9). Dieser Ort liegt schon ein wenig außerhalb der Ebene der Milchstraße und damit abseits des allgemeinen „Trubels“ im Schwan. Vielleicht ist das ein Grund dafür, dass er seltener fotografiert wird. Auf jedem Fall war das der Grund für mich, ihn in das Sommerprojekt zu bringen. Die Aufnahme bietet eine recht hohe Auflösung, wer also mag darf gerne in das Bild „hineinzoomen“. Dabei kann man einige Hintergrundgalaxien erkennen, die hier außerhalb der Ebene der Milchstraße wieder erkennbar werden.

Norden ist im Bild oben (PW=1,8°), Osten ist links und das Feld ist etwa 80 x 50 Bogenminuten groß. Der Abbildungsmaßstab beträgt 0,85 Bogensekunden pro Pixel. Angefertigt wurde die Aufnahme in acht Nächten zwischen dem 13. Mai und dem 31. Juli 2024. Dazu wurde ein selbstgebauter 10“ Newton bei f/D = 3,6 verwendet. Als Kamera kam eine QHY268M mit diversen Filtern zum Einsatz. Die gesamte Belichtungszeit betrug 15h 48 min. Davon entfallen lediglich 5h auf RGB-Aufnahmen („normale Farbaufnahmen“). Der Rest wurde mit Schmalbandfiltern im Licht des Sauerstoffs [O-III] und des Wasserstoffs Hα belichtet. Nur so konnte Abell 61 sichtbargemacht werden. Auf der 5h RGB-Aufnahme erscheint nur ein fahler, blassgrüner Geist und Abell 61 bleibt nahezu unsichtbar. Diese grüne Farbe weist darauf hin, dass hier das Licht des Sauerstoffs dominiert. Interessanterweise könnte diese Beobachtung in einem Widerspruch zu einer Aussage von Don Goldman stehen, der das Hα-Signal als „ziemlich stark“ bezeichnet.

Abell 61 hat einen Durchmesser von etwa 3,4' und ist größtenteils rund. Abell (1966ApJ...144..259A) beschrieb ihn als „unvollständige Ringe mit Lücken“. Der Zentralstern hat etwa 17. Größenklasse. Abell 61 interagiert laut Tweedy und Kwitter (1994AJ....108..188T) mit dem interstellaren Medium, was helfen könnte, den deutlichen helleren Rand in Richtung WNW (oben rechts) im Vergleich zu den schwächeren Teilen zu erklären. Angaben zur Entfernung dieses Nebels konnte ich nicht finden. Die meisten Autoren klassifizieren diesen Nebel als „entwickelten PN“, also als alten Planetarischen Nebel.

Der Cirrusnebel Der Cirrusnebel ist vielleicht der berühmteste Supernova-Überrest (SNR) am Himmel (Abb. 10). Eigentlich hatte ich es für das Sommerprojekt auf einen unbekannteren und erheblich dunkleren SNR abgesehen. Dieser machte es mir aber so schwer ihn einzufangen, dass ich schon an mir und meiner Ausrüstung zu zweifeln begann. Daher entschied ich mich, dieses Standardobjekt dennoch aufzunehmen, um endlich mal wieder ein Erfolgserlebnis zu

Abb. 9: Abell 61.
Abb. 9 & 10: Kai Wicker

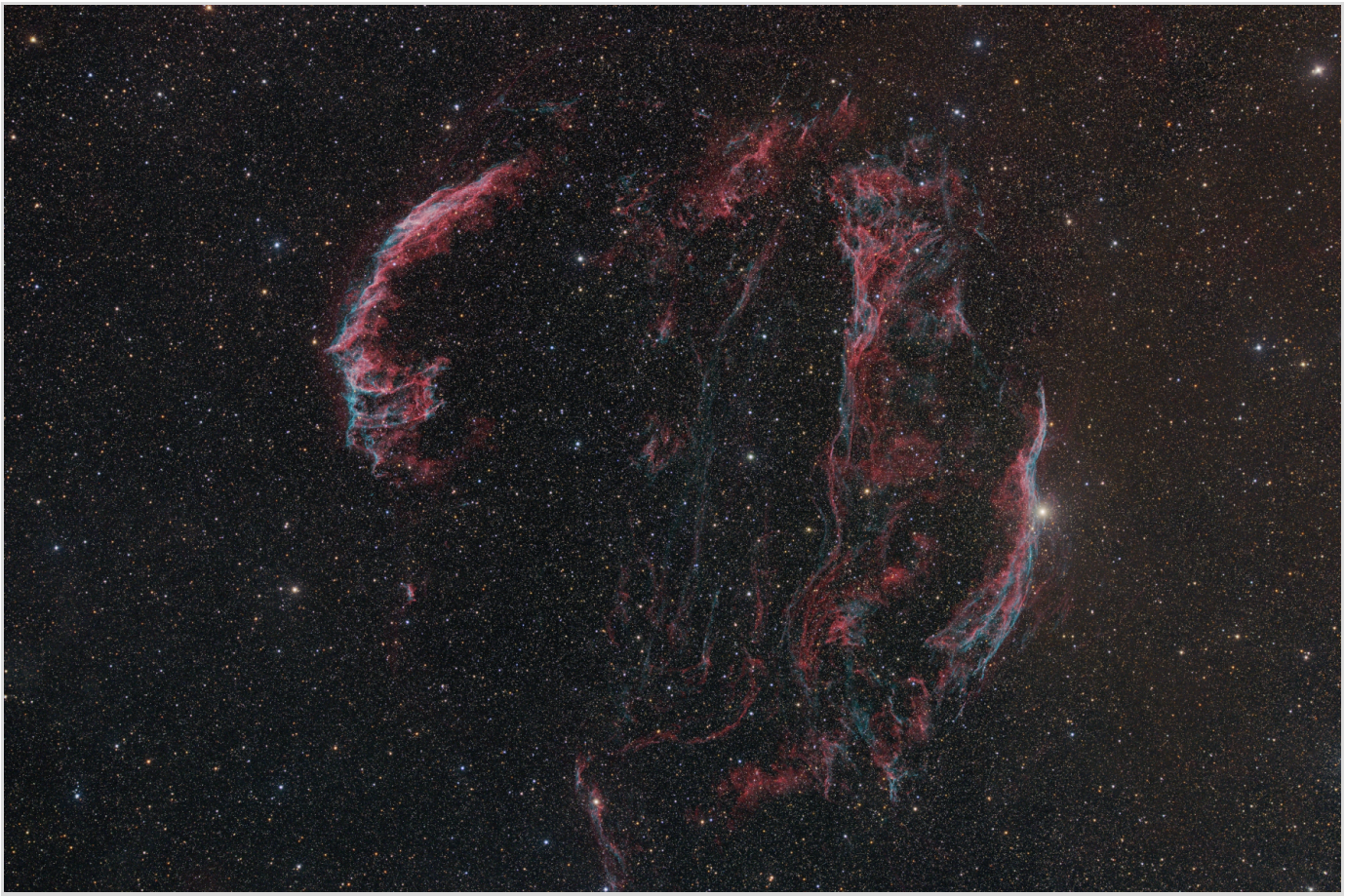

Abb. 10: Cirrusnebel-Komplex.

haben.

Der Cirrusnebel ist in vielen Teilen bereits durch Wilhelm Herschel katalogisiert worden. Es gibt mehrere NGC-Nummern, die Teile des Cirrusnebels bezeichnen. Viele dieser Teile sind auch visuell mit Amateurteleskopen erreichbar. Aufnahmen wie die hier Vorgestellte, geben einen Überblick über den gesamten Bereich des Nebels und lassen eine kreisförmige Struktur aus Filamenten erkennen. Dieser Nebel entstand durch den gewaltsamen Tod eines Sterns mit der zwanzigfachen Masse der Sonne, der vor etwa 8000 Jahren explodierte. Diese bunte Wolke aus leuchtenden „Trümmern“ befindet sich etwa 2100 Lichtjahre von der Erde entfernt und hat eine Ausdehnung von etwa 110 Lichtjahre (ESA).

Norden ist im Bild oben (PW=1,6°), Osten ist links und das Feld ist etwa 5 x 3 Grad groß. Der Abbildungsmaßstab beträgt 1,86 Bogensekunden pro Pixel. Angefertigt wurde die Aufnahme am 9. und 12. August 2024. Dazu wurde ein 4“ Refraktor bei f/D=4,2 verwendet. Als Kamera kam eine ASI6200MC zum Einsatz. Die gesamte Belichtungszeit betrug 6h 24 min. In der ersten Nacht wurde mit einem Dual-Schmalband-Filter in Bremen Borgfeld belichtet. Dieser Filter lässt im Wesentlichen nur das Licht der „Trümmer“ – sie bestehen hauptsächlich aus Wasserstoff und Sauerstoff – passieren. Dadurch werden die Auswirkungen der störenden Lichtverschmutzung reduziert und der Kontrast der Nebel verstärkt. Leider werden durch diese Filterung die Sternfarben verfälscht, was mir überhaupt nicht gefällt. Daher habe ich in der zweiten Nacht normale Farbaufnahmen angefertigt. Da ich bei diesem Vorgehen die Borgfelder Lichtverschmutzung jedoch nicht mehr tolerieren kann, bin ich dafür ins nahegelegene Umland gefahren. Die hier präsentierte Aufnahme stellt nun eine Kombination der beiden Nächte dar. Die Sternfarben stammen aus der Farbaufnahme und sollten eine weitgehend korrekte Farbe wiedergeben. Die Nebelanteile stellen eine Mischung aus beiden Aufnahmen dar. Ziel war es, eine weniger harte Darstellung der Nebelregionen zu erhalten. Die Wasserstoffanteile stellen sich rötlich dar und die Sauerstoffanteile grünlich.

Kai Wicker

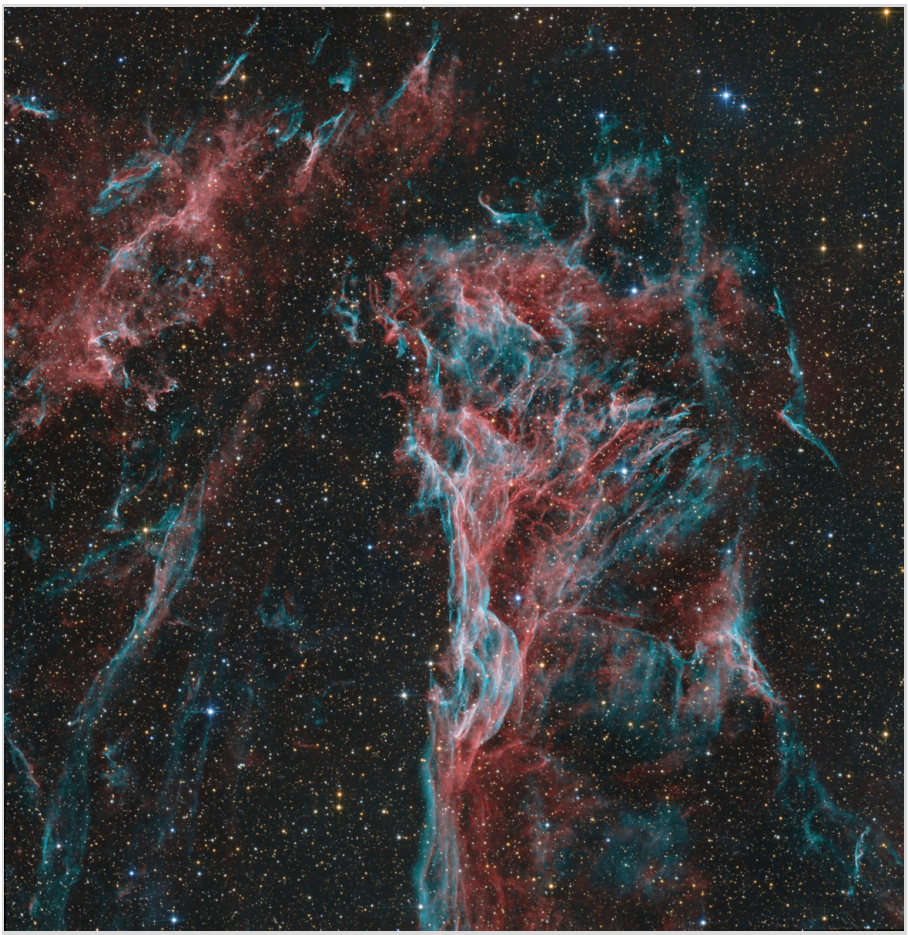

Abb. 11: Pickering's Triangle.
Abb. 11 - 14: Mats v. d. Hoogen

Pickering's Triangle – von Mats v. d. Hoogen Das Bild (Abb. 11) zeigt einen Ausschnitt des Schleiernebels, eines Überrests einer Supernova im Sternbild Schwan (Cygnus), auch bekannt unter „Pickerings Dreieck“. Besonders beeindruckend ist die filigrane Struktur und die kontrastreiche Farbgebung des Nebels, die ihn zu einem der faszinierendsten Objekte am Nachthimmel macht. Der Schleiernebel gehört zu den beliebtesten Zielen in der Astrofotografie, da er mit seiner ausgedehnten Struktur eine große Himmelsregion abdeckt.

Der Schleiernebel entstand vor etwa 8.000 Jahren durch die Explosion eines massereichen Sterns und befindet sich in etwa 1500 Lichtjahren Entfernung. Die abgebildeten leuchtenden Filamente bestehen aus ionisierten Gasen, die durch Stoßwellen der Supernova angeregt wurden. Die roten Bereiche repräsentieren Hα-Emissionen, die durch ionisierten Wasserstoff entstehen, während die bläulichen Strukturen durch doppelt ionisierten Sauerstoff [OIII] erzeugt werden.

Dieser Ausschnitt des Schleiernebels wurde mithilfe von Fotoplatten erst 1904 entdeckt. Vorherige Beobachtungen waren aufgrund der niedrigen Flächenhelligkeit nicht möglich. Für diese Aufnahme wurde ein Skywatcher Quattro 150p verwendet, montiert auf einer Montierung Skywatcher NEQ6. Als Kamera kam eine ZWO ASI 533MC Pro zum Einsatz. Die Bilddaten umfassen etwa 2,5 Stunden Belichtungszeit mit einem IDAS NBZ-Filter, der die Hα- und [OIII]-Emissionen betont, sowie zusätzlich eine Stunde mit einem UV/IR-Cut-Filter für die Erfassung von RGB-Sternen. Die Nachbearbeitung erfolgte in PixInsight, wobei das Bild im HOO-Farbschema mit RGB-Sternen kombiniert wurde. Für die Entfaltung wurde BlurXTerminator verwendet.

Abb. 12: NGC 6888, der Crescentnebel.

Abb. 13: Ringnebel um WR 134.

Crescent Nebel Der Crescent Nebel (NGC 6888), auch bekannt als Sichelnebel, ist ein Emissionsnebel im Sternbild Schwan (Abb. 12). Der Nebel entstand durch die Wechselwirkung der starken Sternwinde des Wolf-Rayet-Sterns WR 136 mit den Überresten von Material, das der Stern in einem früheren Entwicklungsstadium abgestoßen hat. Die vor 120.000-240.000 Jahren abgestoßene Materie hat eine Masse von etwa 5 Sonnenmassen. Diese Wechselwirkungen erzeugen komplexe Stoßfronten und Gasstrukturen. Dabei ist der Stern etwa 600.000-mal heller und etwa 21-mal massereicher als die Sonne. Der Cresent-Nebel befindet sich in etwa 4700 Lichtjahren Entfernung.

Die roten Bereiche des Nebels sind auf Hα-Emissionen von ionisiertem Wasserstoff zurückzuführen, während die bläulichen Strukturen durch doppelt ionisierten Sauerstoff [O-III] erzeugt werden. Diese Farbkombination entsteht durch die Interaktion des massereichen Sterns mit seiner Umgebung und bietet einen Einblick in die letzten Entwicklungsphasen eines Wolf-Rayet-Sterns, bevor er in einer Supernova endet. Dies könnte in einigen hunderttausend Jahren passieren.

Dieser Nebel ist aufgrund seiner recht hohen Helligkeit auch recht gut visuell zu beobachten, vorausgesetzt man benutzt einen Schmalbandfilter. So sieht man die hellste Seite des Nebels, die wie eine Sichel aussieht. Daher kommt auch der Name „Sichelnebel“ zustande. Entdeckt wurde der Nebel 1792 von Herschel.

Für die Aufnahme wurde ein Skywatcher Quattro 150p auf einer Skywatcher NEQ6 Montierung verwendet, kombiniert mit einer ZWO ASI 533MC Pro. Es kamen Schmalbandfilter (IDAS NBZ) zum Einsatz, um die Hα- und [OIII]-

Abb. 14: IC 5146, Kokonnebel.

Emissionen hervorzuheben. Die Belichtungszeit betrug insgesamt 2,5 Stunden. Die Bildbearbeitung wurde in PixInsight durchgeführt, wobei das HOO-Farbschema verwendet wurde. Zur Entfaltung wurde BlurXTerminator verwendet.

Ringnebel um WR 134 Im Bild (Abb. 13) sieht man den Wolf-Rayet Stern 134, umgeben von einer blauen [OIII] Hülle, das heißt, es handelt sich um angeregten, leuchtenden Sauerstoff. Der Stern selber ist in der Mitte der Hülle zu finden. Direkt links daneben befindet sich ein weiterer Wolf-Rayet Stern, WR135. Beiden Sterne haben einem Abstand von etwa 1 Grad zueinander, liegen aber mit etwa 6000 Lichtjahre in etwa gleicher Entfernung von der Erde.

Wolf-Rayet Sterne sind sehr massereiche Sterne, die am Ende ihrer Lebenszeit große Mengen ihrer Masse abgestoßen haben, ihre eigene Strahlung ionisiert dieses Gas und regt es zum Leuchten an. Hier ist das charakteristische blau-grüne Leuchten des Sauerstoffs zu sehen.

WR134 liegt im Sternbild Schwan und ist deswegen besonders gut im Sommer und Herbst zu fotografieren. Für die rein visuelle Beobachtung ist das Objekt zu dunkel. Um den gesamten Ring abzubilden, wurden über 14 h Belichtungszeit mit einem Duo-Schmalbandfilter benötigt.

Für die Aufnahme wurde ein Skywatcher Quattro 150p, reduziert auf 518 mm Brennweite, montiert auf einer Skywatcher NEQ6-Montierung. Als Kamera kam die ZWO ASI 533MC Pro zum Einsatz. Es kamen Schmalbandfilter (IDAS NBZ) zum Einsatz, um die Hα- und [OIII]-Emissionen hervorzuheben. Die Belichtungszeit betrug insgesamt 14h 40 min.

IC 5146, der Kokon Nebel mit Umgebung Der Kokon Nebel (IC 5146) ist ein recht vielfältiger Nebel, da dieser emittierende, reflektierende und adsorbierende Bestandteile enthält. Außerdem liegt in dem Nebel ein offener Sternhaufen. Der Nebel liegt in etwa 2500 Lichtjahren Entfernung, verbunden mit der Molekülwolke Banard 168, die wie ein Schleier am Kokon hängt (Abb.14). Der Nebel wurde 1893 von Edward Banard entdeckt.

Den Kokon fotografisch abzubilden ist nicht sehr schwer, vorausgesetzt man verfügt über genug Brennweite. Dennoch lohnt es sich mit kleinerer Brennweite diese Region zu fotografieren, um die Molekülwolke abzubilden. Dafür braucht man aber einen recht dunklen Himmel, tiefe Belichtungszeit und ein gewisses Know-how bei der Bildbearbeitung. Dieses Know-how braucht man ebenfalls, wenn man die blauen Reflektionsnebel, die sich um den Kokon verteilen, herausarbeiten möchte. Noch schwieriger, aber auch interessanter wird es, wenn man wie hier die H-II-Wolken im Hintergrund, die sich durch das ganze Sternbild Schwan ziehen, darstellen will. Dafür braucht man einen Schmalbandfilter und eine noch längere Belichtungszeit.

Dementsprechend tief lang die Belichtungszeit bei diesem Bild. In drei Nächten sind insgesamt knapp 15h Belichtungszeit in H-Alpha und RGB zusammengekommen. Es wurde ein TS-Photoline 80/480 mit dem TSRED279 in Kombination mit der ZWO ASI 533MC Pro verwendet. Die Bildbearbeitung erfolgte in PixInsight, die Kombination der H-Alpha und RGB-Daten in Photoshop. BlurXTerminator kam für die Entfaltung zum Einsatz.

Mats v. d. Hoogen

Abb. 15: IC 5076.
Abb. 15 - 17: Torsten Lietz

IC 5076 – von Torsten Lietz IC 5076 ist ein nur 9 x 7 Quadratbogenminuten großer Reflexionsnebel, der sich etwa 3 Grad nördlich des Nord-Amerika-Nebels befindet (Abb. 15). 1895 wurde dieses neblige Etwas von Isaac Roberts entdeckt und 1910 von John Dreyer in den Indexkatalog des NGC mit der Nummer 5076 aufgenommen. Es ist ein selten gezeigtes Objekt und die Aufnahme erfordert einige „Zuwendung". Ich nahm diesen kompakten Reflexionsnebel innerhalb von zwei Nächten auf. Mit einem Refraktor von Williams Optik, 110 mm Öffnung und einem Verhältnis f/D = 7 belichtete ich in der Summe 4 Stunden und 40 Minuten. Als Kamera kam eine ASI 2600 MC Pro zum Einsatz.

NGC 6914 Ich nahm diese ausgedehnte H-II-Region innerhalb von zwei Nächten auf. Dabei ging es mir primär nicht um die rot leuchtende Wasserstoffwolke. Der eingebettete Reflexionsnebel, der sich fast zentral im Bildfeld befindet, war mein eigentliches Ziel. Nur zwei Grad nördlich des Rumpfstern des Schwans, Sadr, befindet sich dieser kleine leuchtende Staubnebel (Abb. 16). Denn das ist es, was einen Reflexionsnebel ausmacht. Er streut das blaue Licht des Sterns, der ihn anstrahlt. Mit einem Refraktor von Williams Optik, 110 mm Öffnung und einem Verhältnis f/D = 7 belichtete ich in der Summe 7 Stunden und 20 Minuten. Als Kamera kam eine ASI 2600 MC Pro zum Einsatz.

SH2-101 Nur ein Grad östlich von dem 4,9 mag-Sterns eta-Cyg befindet sich eine markante leuchtende Wasserstoffwolke, die an die Form einer Tulpe erinnert. Es scheint naheliegend, dass diesem Gebiet der Name Tulpennebel zugeordnet wurde. Stewart Sharpless katalogisierte 1959 diesen Emissionsnebel mit der Nummer 101 in dem nach ihm benannten Katalog. Diese H-II-Region befindet sich ebenfalls eingebettet in die zahlreichen, ausgedehnten Wasserstoffgebiete, die den Schwan so interessant machen (Abb. 17). Auch hier kam der Refraktor von Williams Optik, 110 mm Öffnung und einem Verhältnis f/D = 7 zum Einsatz. Die Belichtungszeit betrug in der Summe 4 Stunden und 20 Minuten. Als Kamera kam ebenfalls die ASI 2600 MC Pro zum Einsatz.

Torsten Lietz

Abb. 16: NGC 6914.

Abb. 17: SH2-101 (Tulpennebel).

Vergleich aktueller Montierungen
Harmonic Drive versus Schneckenantrieb

von Dr. Kai-Oliver Detken, *Grasberg*

Harmonic-Drive-Montierungen stehen bei den Amateurastronomen derzeit hoch im Kurs und haben einen regelrechten Boom ausgelöst. Der Einsatz der Spannungswellen-Getriebetechnologie verspricht ein sehr gutes Verhältnis von Gewicht und Nutzlast, wodurch dieser Montierungstyp wesentlich leichter zu transportieren ist, als herkömmliche Montierungen mit Schneckengetriebe. Dadurch ist man mobiler und in der Lage auch größere Teleskope mit aufs Feld zu nehmen. Aber sind diese neuen Modelle auch handhabungsfreundlich, exakt in der Nachführung und besitzen eine hohe Qualität? Um das herauszufinden wurde zwischen Sommer und Herbst 2024 ein Test von zwei Montierungen mit unterschiedlichen Antriebsarten durchgeführt.

Auslöser war der Umstand, dass meine 10 Jahre alte CEM60-Montierung von iOptron immer häufiger Nachführprobleme bei nicht optimaler Teleskop-Balance hatte. Denn im Gegensatz zu anderen Montierungen handelt es sich hierbei um eine „Center-balanced Equatorial Mount“, die exakt ausbalanciert werden sollte. Das wurde in der Vergangenheit nicht immer in beiden Achsen so eingehalten, ohne dass die Montierung allerdings damit Probleme hatte. Nun häuften sich aber die Fälle, in denen die Motoren ein heulendes Geräusch von sich gaben und die Montierung plötzlich stehenblieb, wenn ein Objekt zur Ausrichtung angefahren wurde, weshalb man danach das Alignment wieder erneut durchführen durfte. Hinzu kam, dass sich, je nach Ausrichtung am Himmel, sogenannten Saturnsterne (siehe Abbildung 1) bei der Nutzung einer großen Brennweite bildeten. Zusätzlich machte sich ein schleifendes Nachführgeräusch bemerkbar. Daher wurde ein Termin mit Kai Wicker abgemacht, um die Montierung einmal grundlegend auseinanderzunehmen und den Problemen auf die Spur zu kommen.

Es wurden die DEC- und die RA-Achse getrennt voneinander begutachtet und das Fett in beiden Achsen ausgetauscht.

Abb. 1: Sogenannte Saturnsterne bei der Nachführung länger belichteter Aufnahmen, Bildausschnitt eines Lightframes.

Zuerst ließ sich kein Fehler feststellen. Erst bei genauerem hinsehen wurde klar, dass sich ein Scharnierstift der RA-Achse gelöst hatte. Der Stift lag im Inneren des Gehäuses und wurde wieder neu befestigt und ein Probelauf gestartet: die Schleifgeräusche waren weg und auch die Nachführung lief ohne Motorblockierung. Trotzdem war natürlich interessant, wie dies überhaupt geschehen konnte, weshalb iOptron kontaktiert wurde. Sie antworteten, dass der Scharnierstift durch eine Stellschraube gesichert ist, die sich schon mal lösen kann. Auch wurden entsprechende Bedienungsanleitungen zum Aus- und Einbau der RA-Achse geschickt. Durch diese Reparatur konnten grundsätzlich die angesprochenen Probleme gelöst werden. Trotzdem wurde noch zu viel Ausschuss bei den Aufnahmen produziert, weshalb über eine neue Montierung nachgedacht wurde.

Montierungsvergleiche Auf der einen Seite war ich mit meiner CEM60-Montierung immer sehr zufrieden gewesen. Es lag also auf der Hand den inzwischen vorhandenen Nachfolger CEM70 mit in die Betrachtung einzubeziehen. Dieses neue Modell wurde komplett überarbeitet, um wohl die ersten Kinderkrankheiten entsprechend auszumerzen. Auf der anderen Seite hatte iOptron [1] ebenfalls den Trend nach Harmonic-Drive-Montierungen erkannt und eigene Varianten auf den Markt gebracht. Für

iOptron CEM70	iOptron HAE69C	Pegasus Astro NYX-101 Harmonic Drive
- Gewicht: 13,6 kg - Tragfähigkeit: bis zu 32 kg - Polsucher: iPolar (elektronisch), eingebauter Guider - Handcontroller: Go2Nova 8407 mit Heizung - GPS: 32 Kanal integriert - Nachführgenauigkeit: +/- 5 Bogensekunden - Autoguider-Schnittstelle: ST4 - Backlash: Magnetschalter halten Backlash gering	- Gewicht: 8,6 kg - Tragfähigkeit: 31 kg ohne Gegengewicht - Polsucher: iPolar (optional) - Handcontroller: Go2Nova® 8409 (optional: 8411) - GPS: - - Nachführgenauigkeit: +/- 15 Bogensekunden - Autoguider-Schnittstelle: ST4 - Backlash: kein Backlash durch Harmonic Drive	- Gewicht: 6,4 kg - Tragfähigkeit: bis zu 30 kg mit Gegengewicht - Polsucher: Polmaster von QHY (optional) - Handcontroller: NYX-HC (optional) - GPS: - - Nachführgenauigkeit: > 5 Bogensekunden - ST4-Autoguider-Schnittstelle - Backlash: kein Backlash durch Harmonic Drive
Vorteile: - Passt genau auf vorhandenes Stativ - Ermöglicht leichtes Einnorden über iPolar - Magnetschalter schalten exakt - Sehr guter Handcontroller - Positive Erfahrungsberichte - USB3 und direkter WLAN-Anschluss - Ist auch mit Encodern in RA/DEC-Achse erhältlich	Vorteile: - Geringes Gewicht - Optional besserer Handcontroller 8411 erhältlich - Passt auf Berlebach-Stativ - Amerikanischer Support	Vorteile: - Sehr leichte Montierung - Wertiger Handcontroller aus Alu (optional) - Europäischer Support - Integriertes WLAN - Parallaktische oder azimutale Nutzung möglich - Hybrides Schrittmotoren- und Riemensystem
Nachteile: - Wiegt gegenüber Harmonic Drive relativ viel - Sehr teuer mit Encodern auf beiden Achsen	Nachteile: - Hoher periodischer Fehler - Benötigt Stativerweiterung - WLAN nur über den Handcontroller - Kein GPS - Scheint noch einige Bugs zu besitzen (Spiel in DEC, Pol-Justage verstellt sich, trotz Encoder hoher periodischer Fehler...)	Nachteile: - Mittlerer periodischer Fehler - Benötigt Stativerweiterung - Es kann nur Handbox oder AG angeschlossen sein - Umständliche Handhabung - Passt nicht auf das Berlebach-Stativ - Zu kleiner Sattel für die Teleskope - Carbon-Stativ ist Vibrationsanfällig
Preis: 3.350 Euro (Montierung) Preis: 5.769 Euro (EC-Variante mit RA-Encoder)	Preis: 4.337 Euro (Montierung) + 159 Euro (Berlebach-Adapter) + 299 Euro (iPolar)	Preis: 3.598 Euro (Montierung) + 289 Euro (Polmaster) + Stativadapter + Stativerweiterung

Tab. 1: Vergleich dreier Montierungen mit unterschiedlichen Antriebseigenschaften.

meine Teleskope kam aber nur eine davon in Frage: die HAE69C. Während dieser Montierungstyp früher sehr kostspielig war, haben ZWOptical [2], iOptron, Pegasus [3] und insbesondere der chinesische Hersteller Proxisky [4] die Kosten inzwischen bezahlbar gemacht. Eine weitere Option für mich war eine neue Montierung aus europäischen Gefilden, die ebenfalls in den Foren gut bewertet wurde: die Pegasus Astro NYX-101. Diese drei Montierungen kamen nach längerer Recherche in die nähere Wahl. Tabelle 1 vergleicht ihre Eigenschaften miteinander.

Alle drei Montierungen haben nach den Datenblättern ihre entsprechenden Vorteile. Die CEM70 ist inzwischen, wenn man den Vorgänger CEM60 mitbetrachtet, seit 2014 auf dem Markt und daher etabliert. Der Handcontroller war schon immer einer der Handhabungsfreundlichsten am Markt und die Nachführgenauigkeit und Tragfähigkeit wurden nochmals leicht verbessert. Ein integriertes GPS-Modul findet automatisch den Standort der Montierung und trägt diese Daten mit der aktuellen Uhrzeit ein. Neu ist ein elektronischer Polsucher, der die visuelle Ausrichtung nicht mehr ermöglicht, aber durch den Einsatz eines Computers genauer sein soll. Dadurch entfallen auf jeden Fall irgendwelche Halsverrenkungen, da bequem am Rechner die Polausrichtung umgesetzt werden kann (eine nähere Beschreibung erfolgt später). In der Variante CEM70G besitzt die Montierung auch noch ein integriertes WLAN-Modul, worüber man sie direkt ansteuern kann, und USB3-Schnittstellen, so dass die Verkabelung der Kamera mit Zubehör einfacher erfolgen kann. Alternativ ist die Montierung auch mit Encodern verfügbar, was auch bereits bei der CEM60 möglich war. Der Unterschied ist, dass dies nun in zwei Achsen ermöglicht wird, zu einem allerdings auch recht hohen Preis. Eine abgespeckte Encoder-Variante auf der RA-Achse ist günstiger, steuert aber natürlich dann nur auf dieser Achse nach. Vorteilhaft ist, dass man damit ohne Autoguiding auskommt, wenn die Montierung perfekt eingenordet ist.

Grundsätzlich ist dies aus meiner Sicht nur notwendig, wenn man die Montierung fest in einer Sternwarte einsetzen möchte und daher in meinem Fall unnötig. Bei Encodern in beiden Achsen muss die Einnordung hingegen nicht ganz so perfekt sein. Aber der hohe Preis (> 7.000 Euro) kann durch ein Autoguiding, welches mobil in den meisten Fällen sowieso zum Einsatz kommt, entsprechend kompensiert werden. Abschließend ist noch das Gewicht zu bewerten, welches mit 13,6 kg um 1,1 kg schwerer ausfällt, als bei einer CEM60-Montierung. Dafür kann sie nun bis zu 32 kg tragen (vorher waren es 27 kg). Da man die CEM60 bisher ohne Gegengewichte, aber mit Teleskop und Stativ in einem Stück nach draußen transportieren konnte, dürfte das geringe Mehrgewicht auch nicht so stark auffallen.

Die iOptron HAE69C wiegt hingegen nur 8,6 kg und schafft fast die gleiche Last mit 31 kg. Man ist daher eindeutig mobiler unterwegs. Und da die Sternfreunde im Allgemeinen auch nicht jünger werden, kommt das der Bandscheibe erheblich zugute. Mit Sicherheit ein wichtiger Grund, warum diese Montierungsarten gerade so beliebt sind. Im Gegensatz zu anderen Harmonic-Drive-Montierungen wird diese auch mit einem Handcontroller geliefert, was ich persönlich wichtig finde. Allerdings wurde auf das GPS-Modul verzichtet. Eine Nachfrage bei iOptron ergab, dass man dieses nicht mehr benötigen würde, weil man die Standortinformationen leicht über die App „Commander Lite“ auf seinem Smartphone übertragen kann. Eine nicht ganz nachvollziehbare Ausrede, da man auch eine CEM70G mit dieser App steuern kann. Und auch nicht ganz praktikabel, wenn man nicht vorhaben sollte die Montierung mittels Computer anzusteuern. Die WLAN-Ansteuerung kann übrigens nur über den Handcontroller erfolgen, so dass dieser immer mitgenommen werden muss. Auch der elektronische Polsucher ist nur optional erhältlich. Man geht wohl einfach davon aus, dass der Besitzer einer solchen Montierung sowieso auf Plate-Solving und Lösungen wie die ASIair, N.I.N.A. oder KStars setzt. Immerhin kann man den Polsucher nachrüsten. Die Nachführgenauigkeit ist entgegen einer traditionellen Schneckenantriebsmontierung im Datenblatt wesentlich schlechter angegeben, was an der Antriebsart liegt. Des Weiteren wird aufgrund der kompakteren Bauweise wohl in den meisten Fällen eine Stativerweiterung notwendig werden. Diese baut man unter die Montierung, damit die aufgesattelten Teleskope nicht an die Stativbeine stoßen können. Allerdings kann so eine Zusatzausrüstung auch qualitative Probleme verursachen. Das erfuhr ich von einem anderen Sternfreund, der keine runden Sterne mit der kleineren HAE43C-Montierung mit seiner Ausrüstung hinbekam, bis er die Stativerweiterung des Herstellers wegließ.

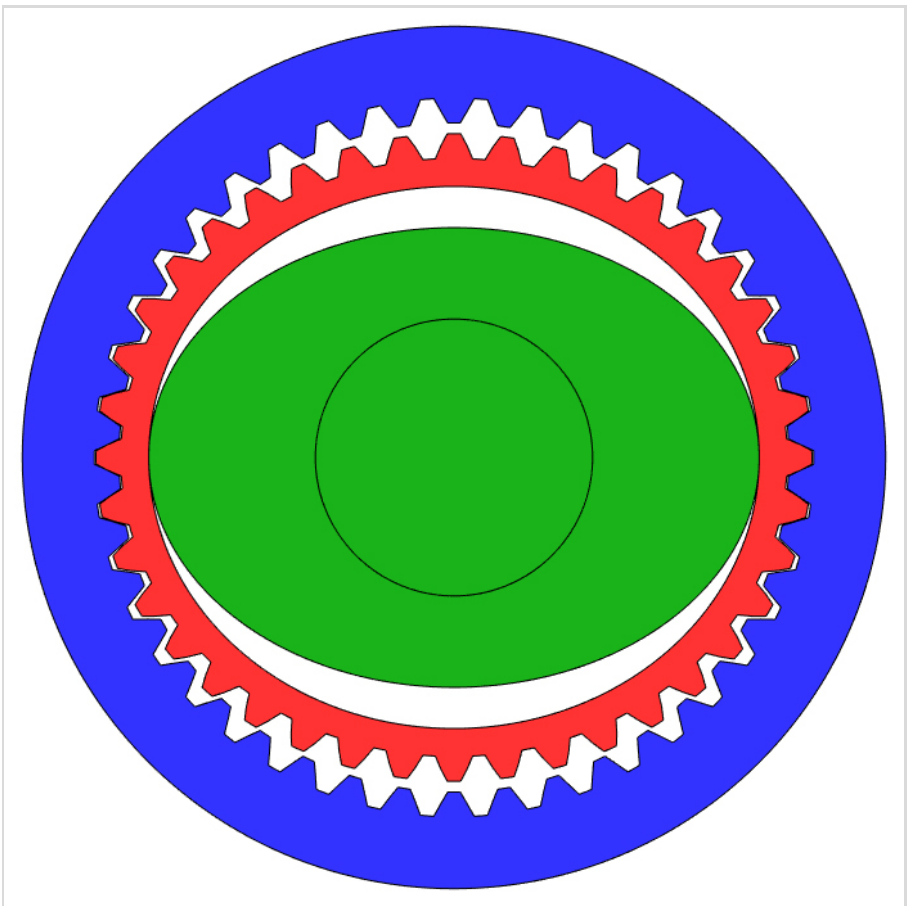

Abb. 2: Das Harmonic-Drive-Prinzip [6].

Relativ neu auf dem Montierungsmarkt tummelt sich PegasusAstro. Die griechische Firma ist bisher hauptsächlich durch ihre USB-Control-Hubs aufgefallen, die gerne verwendet werden, um die Verkabelung und Ansteuerung von USB-Geräten zu erleichtern. Mit der NYX-101 hat man eine Montierung auf den Markt gebracht, die nur 6,4 kg wiegt und mit Gegengewicht ebenfalls 30 kg tragen soll. Bis 20 kg ist aber auch letzteres nicht notwendig. Auch hier ist eigentlich kein Handcontroller vorgesehen gewesen, wurde aber nachträglich entwickelt und kann daher optional dazu bestellt werden. Geliefert werden kann dazu auch ein leichtes Alustativ, das nur auf 2 kg kommt, aber ein Celestron C11-Teleskop tragen soll. Als weiteres Feature kann zwischen parallaktischem oder azimutalem Modus gewählt werden. Durch einen Sensor zur Messung des Luftdrucks zur Refraktionskorrektur soll die Montierung genauer arbeiten als herkömmliche Harmonic Drives. Hinzu kommt, dass es sich bei der Antriebsart um ein hybrides Schrittmotoren- und Riemensystem handelt. Daher wird die Nachführgenauigkeit im Datenblatt ähnlich gut wie bei der CEM70 angegeben. Das WLAN ist integriert und benötigt keinen Handcontroller. Da auf jeden Fall eine Harmonic-Drive-Variante ausprobiert werden sollte, entschied ich mich aufgrund der Lieferbarkeit erst einmal für die Pegasus Astro NYX-101.

Das Harmonic-Drive-Prinzip Aber wie funktioniert ein solcher Antrieb überhaupt und warum ist dieser für Montierungen im Einsatz? Die ersten Wellgetriebe in Serienproduktion stellte in den 1950er Jahren die Harmonic Drive SE aus Limburg unter dem Produktnamen bzw. der eingetragenen Mar-

Abb. 3: Pegasus NYX-101 mit C11-Teleskop und dem PoleMaster von QHY.

ke Harmonic Drive her [5]. Das Prinzip wurde ursprünglich im Jahr 1955 von Clarence Walton Musser im Auftrag der NASA entwickelt. Anwendungen sind in der Robotik, Medizintechnik sowie in der Luft- und Raumfahrt zu finden. Beispiele in der Raumfahrt sind das Mondfahrzeug des Apollo-Raumfahrtprogramms und die Marssonden Spirit und Opportunity. Und neuerdings auch im Astronomie-Bereich bei Nachführmontierungen.

Das Harmonic-Drive-Prinzip besteht aus einem Spannungswellengetriebe, d.h. aus einem Getriebe mit einem elastischen Übertragungselement, welches sich durch hohe Übersetzung und Steifigkeit auszeichnet. Es besteht dabei aus drei Elementen, wie die Abbildung 2 zeigt:

a. Wave Generator (grün): Eine elliptische Stahlscheibe mit aufgeschrumpftem speziellem Wälzlager, dessen dünne Laufringe ebenfalls verformbar sind, dient als Antrieb des Getriebes.

b. Flex Spline mit Außenverzahnung (rot): Diese zylindrische Stahlbüchse ist ebenfalls verformbar und dient als Antrieb des Gewindes.

c. Circular Spline mit Innenverzahnung (blau): Dieser zylindrische Außenring ist starr. Seine Außenzähne greifen mit denen der Flex Spline ineinander.

Die Außenverzahnung der Stahlbüchse hat weniger Zähne als die Innenverzahnung des Außenrings. Häufig beträgt diese Differenz zwei Zähne. Somit vollführen Flex Spline und Circular Spline bei jeder Umdrehung eine Relativbewegung um zwei Zähne. Das Zusammenspiel sieht dabei wie folgt aus: die angetriebene elliptische Scheibe verformt die dünnwandige Stahlbüchse über den ebenfalls verformten Außenring des Kugellagers. Dadurch greift die Außenverzahnung der Stahlbüchse im Bereich der großen Ellipsenachse in die Innenverzahnung des Außenrings. Hält man den Außenring fest, bleibt bei einer Umdrehung der Antriebsscheibe die Stahlbüchse (der Abtrieb) entsprechend der geringeren Zahl der Zähne gegenüber dem Außenring zurück. Das heißt, der Abtrieb dreht sich entgegengesetzt zum Antrieb und wesentlich langsamer als dieser. Durch die hohen Zähnezahlen der feinen Verzahnungen erhält man sehr große Untersetzungen. Zusätzlich beteiligen sich nur ca. 30 % der Zähne an der Kraftübertragung. Zusammen mit dem hohen Untersetzungsverhältnis ist das Wellgetriebe torsionssteif und nach Herstellerangabe langfristig spielfrei. Je nach Ausführung ist die Positioniergenauigkeit besser als 30 Bogensekunden. Das Getriebe ist kompakt und wartungsfrei.

Und damit kommen wir zu den Vorteilen einer solchen auf Harmonic-Drive basierenden Montierung: Es fällt praktisch kein Verschleiß mehr an, es müssen keine Fette erneuert werden und sie sind durch die hohen Untersetzungsverhältnisse sehr leistungsfähig, bei gleichzeitig geringem Gewicht. Das heißt, sie sind wartungsfrei und lassen sich leichter transportieren. Damit können auf Reisen oder im mobilen Einsatz größere Teleskope genutzt werden. Beispielsweise

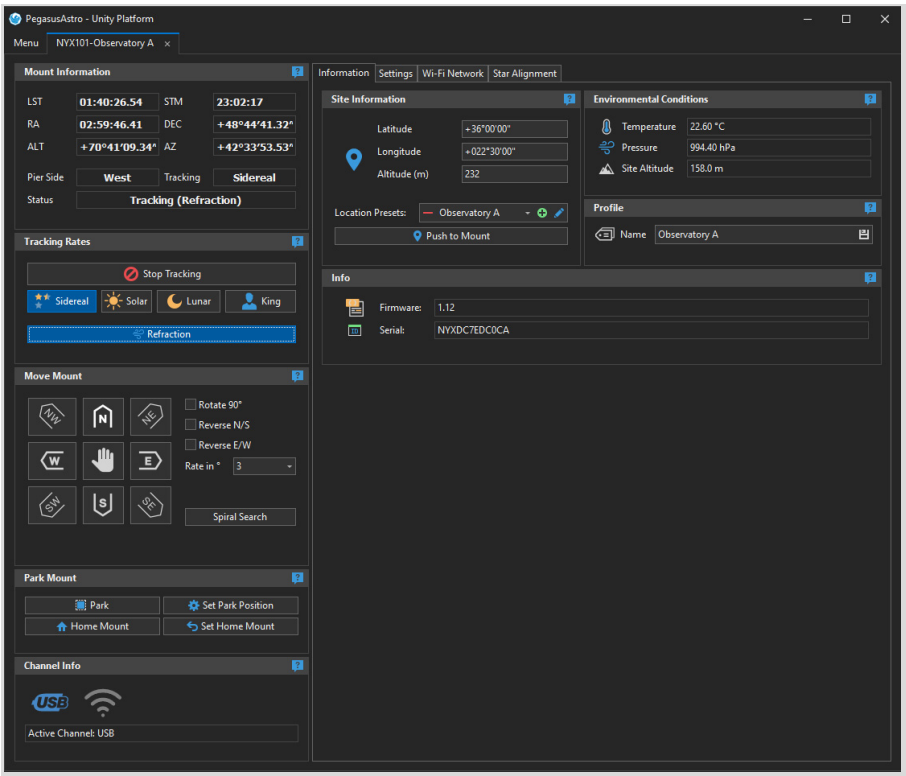

Abb. 4: Unity-Plattform von Pegasus für die NYX-101-Montierung.

kann meine mobile Montierung GEM28 mit Schneckenantrieb von iOptron eine Nutzlast von 12,7 kg tragen, bei einem Eigengewicht von 4,5 kg. Eine AM3-Montierung von ZWOptical wiegt hingegen 3,9 kg und kann ohne Gegengewicht 8 kg sowie mit Gegengewicht ebenfalls 13 kg tragen. Das mag auf den ersten Blick kein großer Unterschied sein, aber wenn man ohne Gegengewicht auskommen sollte, muss erheblich weniger zum Aufstellort getragen werden. Einziger Nachteil sind bislang die Kosten und der periodische Fehler gewesen. Die AM3-Montierung kommt beispielsweise auf einen periodischen Fehler von ± 15 Bogensekunden, während die GEM28 auf ± 10 Bogensekunden kommt. Der stark gesunkene Preis und die Kompaktheit haben viele Astrofotografen aber dazu verleitet eine Harmonic-Drive- Montierung zu kaufen. Denn im mobilen Einsatz oder im Flugzeug zählt jedes Kilogramm. Allerdings fehlt diesen Montierungen oftmals das klassische Leitrohr, die Handsteuerung, der Polsucher oder eine ST4-Schnittstelle.

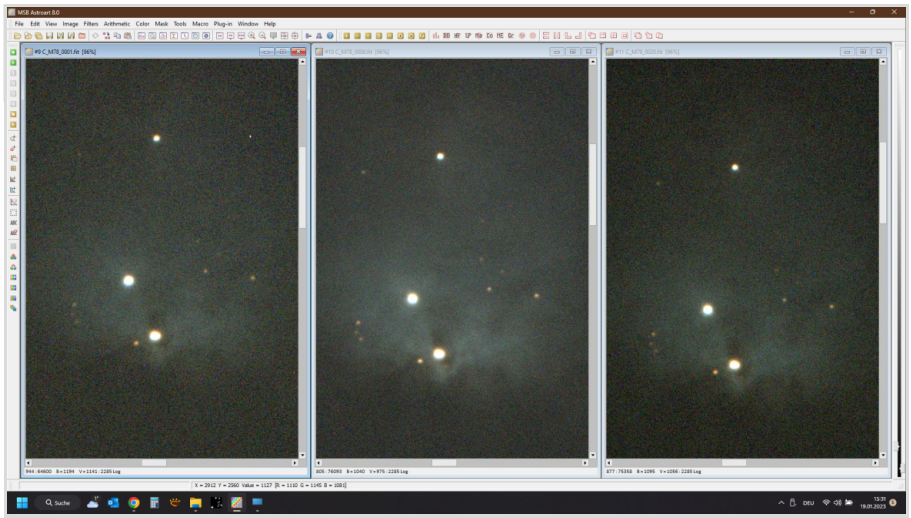

Abb. 5: 5min-Belichtung mit 10“ Meade ACF mit Reducer, 2 m Brennweite, Kamera ASI2600MC [8].

Test der Pegasus NYX-101 Aufgrund der vielen guten Berichte zu Harmonic-Drive-Montierungen hatte ich mir die Pegasus NYX-101 (siehe Abbildung 3) von Teleskop-Service Ransburg [7] zum Test kommen lassen, mit einer erheblich längeren Rückgabedauer. Denn so ein Test hängt natürlich viel vom Wetter ab und kann dann schon mal 4-6 Wochen dauern. Es wurde dazu noch das leichte 2kg-Alustativ mitgeliefert sowie der PoleMaster von QHY, der einen elektronischen Polsucher beinhaltet. Denn dieser ist nicht standardmäßig enthalten, sondern ist nur optional vorgesehen. Somit konnte dieser auch gleich in den Test einbezogen werden, da ich bisher noch keine Erfahrung mit elektronischen Polsuchern machen konnte. Da die CEM70G-Montierung die iPolar-Variante von iOptron mit an Bord hatte, wird es an späterer Stelle auch einen kurzen Vergleich beider Lösungen geben.

Alle Teile kamen gut verpackt bei mir an. Die Qualität kann dabei als sehr hochwertig beschrieben werden. Alle Komponenten machten einen soliden Eindruck. Allerdings wurde eine Anleitung vermisst. Da es aktuell noch keinen Adapter für mein Berlebach-Stativ von Pegasus gab, wurde die NYX-101 parallel zu meiner noch bestehenden CEM60-Montierung (zum Entsetzen meiner Frau) im Wohnzimmer aufgebaut. Das hatte schon mal den Vorteil, dass man beide Montierungen bei gutem Wetter parallel nutzen konnte. Eine Handbox wurde nicht mitgeliefert, da diese zu diesem Zeitpunkt nicht vorrätig war, weshalb die Montierung mittels iPad-Tablet bedient werden musste. An dem vorhandenen ST4-Anschluss hätte sie angeschlossen werden können, denn es gibt leider keine separate Schnittstelle für sie. Daher muss man sich entscheiden, ob man die Handsteuerung nutzen möchte oder das Autoguiding. Eine nicht sehr praktikable Lösung wie ich finde. Wahrscheinlich hat sich der Hersteller gedacht, dass die Handsteuerung sowieso nur bei visueller Beobachtung zum Einsatz kommen wird. Da diese aber nun sowieso nicht vorhanden war, mussten alle Angaben über das Tablet vorgenommen werden. Dafür wird es mit dem integrierten WLAN mit der Montierung verbunden. Leider hat man dadurch aber keinen gleichzeitigen Internet-Zugang mehr, so dass man bei einem nächtlichen Einsatz ggf. hin- und herschalten muss. Zudem gestaltet sich die Eingabe neuer Objekte nicht sehr handhabungsfreundlich. Möchte man beispielsweise NGC 6888 anfahren, kann man die Zahl nicht eingeben, sondern muss durch den gesamten NGC-Katalog von 1 bis 6888 scrollen. Auch diese Vorgehensweise scheint der Hersteller nicht eingeplant zu haben. Die Montierung wurde nun auf das Alustativ gesetzt und der elektronische Polsucher verbunden. Dabei fiel auf, dass die Stativbeine sehr weit auseinanderstehen, da man die Stabilität aufgrund des geringen Gewichts nicht anders herstellen kann. Das nahm nicht nur viel Platz im Wohnzimmer ein, sondern machte es auch schwierig mit dem Stativ durch die Terrassentür zu kommen. Schließlich will man nicht immer alle Teile neu zusammenbauen, wenn es draußen mal wieder schön ist, sondern einsatzbereit loslegen.

Dann kam die erste Nacht und das Celestron C11 wurde auf die Montierung gesetzt, was statisch keinerlei Probleme machte. Es war nur ein bisschen fummelig, weil der Sattel für die Teleskopschiene wesentlich kleiner war, als bei meiner

Abb. 6: Montierungen iOptron CEM70 und CEM60 im direkten Größenvergleich [10].

bisherigen Montierung. Ein Gegengewicht war nicht notwendig, da die NYX-101 ja ohne bis zu 20 kg tragen kann, so dass nur 8,4 kg ohne Teleskopgewicht nach draußen getragen werden musste. Bei meiner CEM60 waren das immerhin 22 kg mit dem Berlebach-Stativ. Die Montierung wurde eingeschaltet und die Einnordung über den PoleMaster von QHY vorgenommen (die Handhabung wird später beschrieben). Nun wurde über das One-Star-Alignment am Tablet der erste Stern angefahren, wobei es hier keine Vorschläge gab, wie man das bei iOptron gewohnt war. Leider wurde aber kein Stern im Sucher angezeigt, da die Einnordung in der ersten Nacht wohl nicht ausreichend gut war. Das iPad-Tablet als Handsteuerungsersatz zu nehmen war auch nicht zufriedenstellen, denn es gab z.B. keine Rotlichtdarstellung der App und durch das automatische Drehen des Bildschirms änderten sich die Steuerungstasten permanent. Dann setzte die Nachführung auf einmal aus und ließ sich nicht mehr einschalten. Die erste Nacht ging daher ohne Bildergebnisse zu Ende, da ich nach einigen Stunden lieber die gewohnte CEM60-Montierung laufen ließ, um wenigstens ein Bildresultat zu bekommen.

In der zweiten Nacht lag das One-Star-Alignment erneut deutlich neben dem angefahrenen Stern. Außerdem stimmte die Uhrzeit der Montierung noch nicht. Nur über den Laptop über die Unity-Plattform-Software (siehe Abbildung 4) war eine manuelle Eingabe möglich. Allerdings wurden die GPS-Koordinaten mit der richtigen Uhrzeit nur vom iPad übernommen und nicht über die Laptop-Anwendung. So musste mit zwei Applikationen hantiert werden, was der Benutzerfreundlichkeit nicht entgegenkam. Zusätzlich kam es vor, dass das Tracking eines Sterns plötzlich von der Montierung ausgeschaltet wurde, so dass er wieder aus der Nachführung glitt. Als endlich alles eingestellt werden konnte, gestaltete sich die manuelle Fokussierung schwierig. Denn das Alustativ vibrierte stark dabei, was eine ruhige Fokussierung unmöglich machte. Leichte Stative haben also auch gewisse Nachteile. In diesem Fall hätte man dies nur durch einen Motor-Focuser kompensieren können. Ein weiterer Handhabungsnachteil war, dass man wieder die Montierung in die Home-Position fahren musste, wenn ein One-Star-Alignment nicht erfolgreich war. Das war zum einen umständlich und zum anderen machte dies eine Ausrichtung an mehreren Sternen über diese Art unmöglich. Es konnten daher wieder keine Bildergebnisse erzielt werden.

In der dritten Nacht wurde das C11-Teleskop gegen das kleinere RedCat71 mit geringerer Brennweite von 350 mm ausgetauscht, um den Schwierigkeitsgrad zu verringern. Die Einnordung klappte nun einwandfrei und relativ schnell. Danach konnte ein Stern angefahren und ein neues Objekt angesteuert werden, bevor ein neues Problem auftauchte: das Autoguiding über die M-GENV4 ließ sich nicht aktivieren. Die Montierung besitzt zwar eine ST4-Schnittstelle, aber es konnten keine Guiding-Kurven von der M-GENV3 generiert werden. Nach einem Neustart gab es zwar welche, die aber sehr schlechte Werte besaßen und danach ganz zusammenbrachen. Zu viele Nachführaussetzer ließen den Schluss aufkommen, dass die ST4-Schnittstelle vom Hersteller nicht getestet wurde und man der Meinung war, dass das Autoguiding sowieso mittels PHD2-Guiding über die USB-Schnittstelle laufen wird. Auch in der vierten Nacht konnten die Probleme nicht gelöst werden. Im Gegenteil, es kamen noch neue hinzu. So schien auch das One-Star-Alignment nicht korrekt funktioniert zu haben, da die neue Position des Sterns nicht übernommen und das eingestellte Objekt nicht getroffen wurde. Da das Autoguiding nach wie vor nicht lief, wurde eine Testaufnahme mit 3 min Belichtungszeit erstellt, die aber starke Sternstrichspuren erzeugte, obwohl „King“ als Nachführung ausgewählt wurde (siehe Abbildung 4). Dieser Modus wurde entwickelt von Pegasus, um die atmosphärische Refraktion bei der Nachführrate zu berücksichtigen und soll daher am genauesten nachführen. Aufgrund der ernüchternden Ergebnisse wurde der Hersteller wegen der ST4-Schnittstelle und der M-GENV3 abschließend kontaktiert.

Abb. 7: CEM70G-Montierung von iOptron auf Berlebach-Planet-Stativ und Celestron C11-Teleskop.

Der Support antwortet daraufhin, dass es keine Erfahrung mit der M-GENV3 gibt und damit anscheinend auch nicht mit der Nutzung der ST4-Schnittstelle. Es wurde von der Verwendung eines Leitrohrs abgeraten, da Harmonic-Drive-Montierungen besser mit kurzen Belichtungszeiten von 1 Sekunde klarkommen würden, die mit einem Off-Axis-Guider (OAG) und Fehlerkompensationsalgorithmus wie PPEC in PHD2 besser laufen.

Durch diese Rückantwort ließ ich weitere Tests aus, denn ich nutze keinen OAG, sondern immer die Leitrohrtechnik. Es war auch frustrierend genug gewesen, dass man in vier Nächten keinerlei Ergebnisse erzielen konnte. Trotzdem kann man mit der Pegasus NYX-101 gute Ergebnisse erzielen, wie ein Thread des Forums astronomie.de zeigte [8]. Dort wurde eine 5-Minuten-Belichtung mit 2 m Brennweite gezeigt, in denen die Sterne sehr gut nachgeführt wurden. Der Anwender stellte dabei fest, dass die Nachführung ähnlich gut lief, wie bei seiner vorherigen CEM60-Montierung. Er war daher mit der Montierung sehr zufrieden, obwohl er auch andere Schwächen aufdeckt. Grundsätzlich kann man festhalten, dass dieser Montierungstyp auf Plate-Solving-Lösungen getrimmt wurde und nicht auf die Nutzung von Handsteuerung und Polsucher.

Test der iOptron CEM70G Daher ging die Pegasus NYX-101 wieder zum Händler zurück und eine weitere zum Testen wurde bei Teleskop-Service Ransburg [7] geordert. Geplant war die HAE69 von iOptron kommen zu lassen – nur leider war diese zu diesem Zeitpunkt nicht lieferbar. Zudem gab es die erste Einschätzung des YouTubers Dark Sky Greek, der in einem Review die Montierung gegen seine bisherige CEM70 verglich [9]. Im Praxistest wurden von ihm einige Schwächen offenbart, wie ein hohes DEC-Spiel, eine nicht ausreichend gute Einnordung und ein großer periodischer Fehler trotz RA-Encoder. Er kam aufgrund seines persönlichen Fazits zu dem Schluss, dass er bei seiner CEM70 bleiben und auf verbesserte Harmonic-Drive-Versionen warten wird. Daher wollte ich dem Nachfolger meiner CEM60 als erstes eine Chance geben. Abbildung 6 zeigt beide Montierungen im direkten Größenvergleich. Man sieht daran, dass das Grundprinzip erhalten geblieben ist, aber die CEM70 noch etwas größer, solider und schwerer ist. Die Verarbeitung hat nochmals positiv zugelegt und der visuelle Polsucher wurde gegen einen elektrischen getauscht. Neu an den Magnetschaltern ist, dass man sie jetzt exakt schalten kann (ein/aus). Das war früher durch die Drehschalter so nicht möglich. Bei der Lieferung ist keine Gebrauchsanleitung mehr vorhanden. Bedienungsanleitungen werden aber von iOptron im ausreichenden Maße auf der Herstellerseite elektronisch zur Verfügung gestellt. Vorteilhaft war, dass man die Montierung direkt auf das Berlebach-Stativ aufsetzen konnte, so dass eine solide Plattform zur Verfügung stand.

In der ersten Nacht ging die Einnordung über den elektronischen Polsucher iPolar sehr schnell, im Gegensatz zu den vorherigen Versuchen mit dem PoleMaster.

Abb. 8: Beispielbild des Kleinen Hantelnebels (M 76), nachgeführt mit der Montierung CEM70G.

Die Montierungsbasis bot zudem ein einfaches Justieren der Azimut-/Alt-Schrauben an (siehe Abbildung 6). Die USB3-Treiber wurden automatisch installiert und funktionierten sogar noch unter Windows 7. Danach wurde das gewohnte One-Star-Alignment durchgeführt, dass die Sterne Deneb oder Vega sofort fand und mittig im Sucher anzeigte. Die Guiding-Werte lagen bei < 3,5 arcsec (RA/DEC), während die Autoguiding-Werte bei < 0,5 (RA/DEC) lagen. Es kamen runde Sterne bei allen Aufnahmen heraus, ohne jeglichen Ausschuss. Es funktionierte damit alles auf Anhieb – ein Traum!

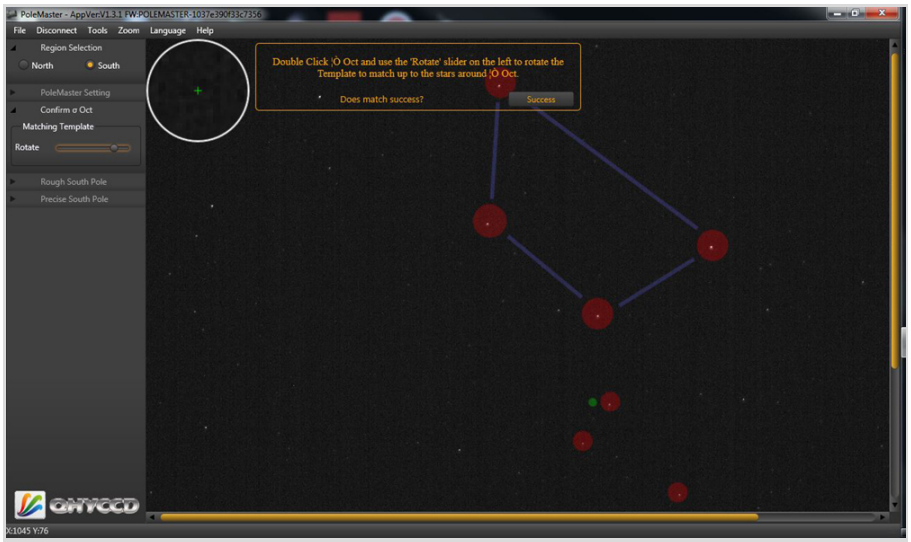

Abb. 9: Konfiguration des PoleMaster von QHY am Laptop [13].

Ein weiterer positiver Nebeneffekt war, dass man die gekühlte Astrokamera direkt am Teleskopsattel anschließen konnte. Dadurch entfiel ein weiteres Netzteil, da sich die Kamera den Strom ohne Kabelsalat direkt von der Montierung holte. Das USB3-Kabel wurde vom Teleskopsattel direkt mit dem Laptop verbunden, wodurch alle relevanten Systeme (z.B. Kamera, Auto-Focuser) miteinander verbunden waren. Das Kabelmanagement wurde dadurch wesentlich einfacher. Die M-GENV3 lief an der ST4-Schnittstelle die ganze Nacht ohne Störung durch, bei gleichzeitig hoher Genauigkeit. Störungen im Guiding konnten nicht beobachtet werden. Es wurden mehrere Objekte ausgesucht für die Testaufnahmen. Ein Beispiel zeigt die Abbildung 8 mit dem Kleinen Hantelnebel (Messier 76). Dieser wird zu Unrecht weniger aufgenommen, da man dafür bereits eine höhere Brennweite benötigt. Daher kam dieses Objekt gerade recht, um die Nachführleistung beurteilen zu können. Mit einer Brennweite von 1.764 mm wurde dieses Objekt mit einem Celestron C11-Teleskop und dem Reducer Starizona 0.63x SCT-CORRECTOR-IV aufgenommen. Es wurden 64 Aufnahmen á 5 min belichtet und zu einem Gesamtergebnis vereint. So entstand eine 5,5 Stunden Gesamtbelichtung. Die Sterne blieben bei allen Lightframes rund – es kam zu keinerlei Ausschüssen. Als Fazit konnte gezogen werden, dass die CEM70G zwar ein bisschen schwerer ist, als die CEM60, aber immer noch mit Teleskop und Stativ tragbar blieb. Dafür machte sie qualitativ einen noch besseren Eindruck. Die Motoren schienen lauter als bei der CEM60 zu sein, was an der größeren Dimensionierung liegen mag. Durch die Kraftreserven musste das Teleskop zudem nicht immer exakt ausbalanciert werden. Die Magnetschalter schalteten exakt und hielten den Backlash-Fehler gegen Null. Es gab daher keine Nachteile auszumachen. Auch nicht in der Handhabung, da sowohl die Handsteuerung genutzt werden konnte, als auch eine direkte WLAN-Anbindung der Montierung möglich war. Durch die App „Commander Lite“ auf dem Smartphone konnte so die Montierung gesteuert oder alternativ mit GPS-Informationen versorgt werden.

PoleMaster versus iPolar Bleibt noch die Handhabung des elektronischen Polsuchers zu klären. Grundsätzlich wird von mir eigentlich ein visueller Polsucher bevorzugt, da ich im Feld keinen Laptop für die Einnordung anschließen möchte. Denn mobil wird ausschließlich mit einer DSLR-Kamera fotografiert, die mittels M-GENV3 angesteuert wird. Von daher war ich eher skeptisch, ob dies nicht eine weitere Komplexität schaffen würde. Dies schien sich bei der Nutzung des PoleMaster von QHY auch zu bewahrheiten. Denn die erste Einnordung damit dauerte ein paar Stunden, war nicht unbedingt selbsterklärend durch die Anleitung und kompliziert. Das lag zum einen an der sehr knappen Bedienungsanleitung und zum anderen an der fehlenden Plate-Solving-Unterstützung. Erst beim Stöbern auf YouTube kam man nach einiger Zeit hinter die Logik. Der Stern Polaris wird nämlich nicht automatisch erkannt, sondern muss durch eine Prozedur erst ermittelt werden. Das heißt, man muss durch die Live-Aufnahme der Kamera zuerst Polaris bestimmten, was beim ersten Mal nicht so einfach ist. Wenn man sich nicht sicher ist, ob man Polaris erkannt hat, wird vom Hersteller empfohlen ein Bild von der Aufnahme abzuspeichern und in ein Plate-Solving-Programm einzulesen. Danach sollte Polaris mit einem Doppelklick bestätigt werden und es erscheint ein sog. Overlay mit verschiedenen Kreisen, das mit den Nachbarsternen von Polaris in Deckung gebracht werden müssen. Anschließend soll man sich einen hellen Stern in der Nähe von Polaris heraussuchen und diesen ebenfalls mit einem Doppelklick bestätigen. Nun wird die Montierung um

ca. 15 Grad mittels Handsteuerung gedreht, um die mechanische Drehachse zu bestimmen. Danach soll der helle Stern wieder bestätigt werden und der Vorgang wird noch zweimal wiederholt. Es taucht nun ein grüner Kreis mit dem hellen Stern auf dem Bildschirm auf. Der Mittelpunkt des Kreises ist die Stelle, an der sich nach Ansicht der Anwendung nun das Zentrum der Drehung befindet (siehe Abbildung 9). Der helle Stern muss sich nun um eine Kreisbahn um Polaris drehen. Wenn das der Fall ist, muss das wieder bestätigt werden. Wenn nicht, muss die Prozedur wiederholt werden. Danach wird Polaris erneut bestätigt und das Overlay der Kreise überprüft. Es wird nun die Montierung durch Verstellen der Azimut- und Höheneinstellschrauben an dem kleinen grünen Kreis ausgerichtet. Anschließend wird auf „Start Monitor“ geklickt, um die Feinausrichtung umzusetzen. Diese ist erreicht, wenn der kleine grüne Kreis mit dem kleinen roten Kreis aufeinander ausgerichtet ist. Gelingt die Gesamtprozedur nicht, muss man sie komplett wiederholen. Das war der Grund, warum in der ersten Nacht der Alignment-Stern nicht gefunden werden konnte, da die Einnordung mittels PoleMaster von mir nicht korrekt durchgeführt wurde. Im Laufe der Zeit wurde durch mehr Übung die Einnordung schneller, so dass man hiermit auch zum Ziel kam. Aber man merkt an der Beschreibung schon, dass hier einige Schritte durchlaufen werden müssen, um eine Polausrichtung hinzubekommen.

Der elektronische Polsucher iPolar basiert hingegen auf einer Plate-Solving-Technik. Das heißt, der Stern Polaris wird direkt erkannt und die Verschiebung zur Polachse sofort auf dem Laptop durch das Kreuz und den Kreis dargestellt (siehe Abbildung 10). Bei der ersten Nutzung muss noch ein Dunkelbild angefertigt werden, um das Rauschen zu minimieren und die Sternerkennungsrate zu verbessern. Dieses kann anschließend immer wieder verwendet werden. Das angezeigte Kreuz zeigt im Übrigen das Kamerazentrum an, während der rote Kreis den virtuellen Pol darstellt. Danach muss das Kreuz nur mit dem Kreis in Deckung gebracht werden. Nähert man sich dem Kreis, wird automatisch eine Vergrößerung angezeigt (siehe Abbildung 11), um diesen Vorgang noch komfortabler zu gestalten. Wenn beides deckungsgleich übereinanderliegt werden Kreuz und Kreis grün dargestellt.

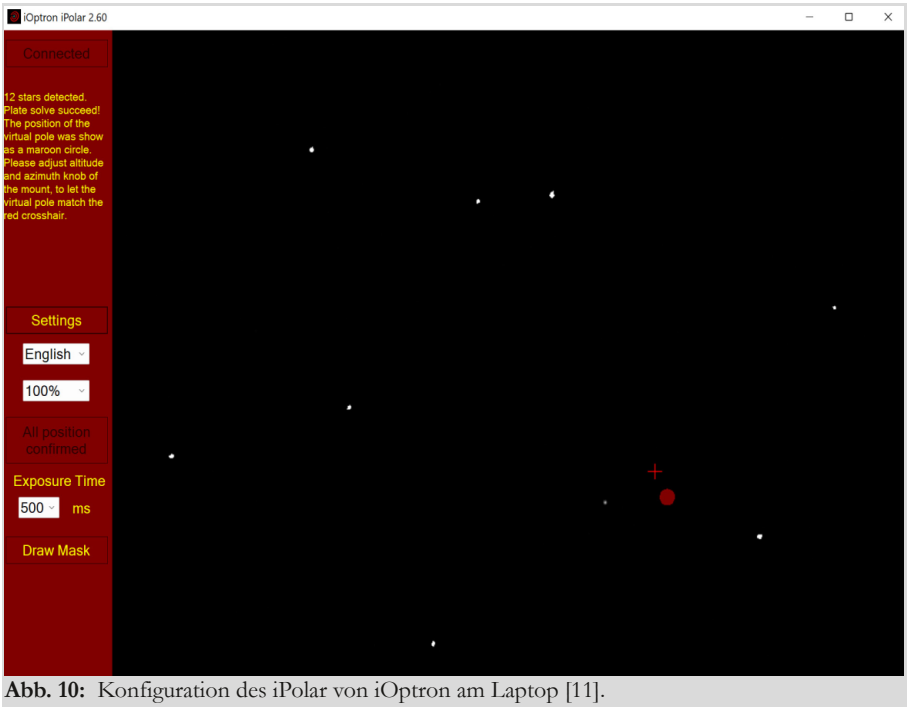

Abb. 10: Konfiguration des iPolar von iOptron am Laptop [11].

Mittels der Justage-Schrauben der CEM70G-Montierung ist der gesamte Vorgang genauso schnell umsetzbar, wie mit einem visuellen Polsucher. Nur muss dafür keine Kopfverrenkung mehr vorgenommen werden, um durch den Polsucher zu blicken, da man bequem auf den Laptop blicken kann. Kameratreiber müssen ebenfalls nicht installiert werden, wie beim PoleMaster, sondern nur das Programm selbst, welches die gesamte Nachtsession mitlaufen kann, um die Polausrichtung kontinuierlich zu monitoren. Denn die einzelne USB3-Verbindung an der Montierung kann neben der Kamera und dem Autofocuser auch das iPolar weiter ansteuern bzw. im Auge behalten. Das war beim PoleMaster mit dem Pegasus NYX-101 nicht möglich, da man entweder den elektronischen Polsucher oder die Aufnahmesoftware nutzen konnte. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die Pegasus-Montierung den Polsucher nur als optionalen Bestandteil sieht und bei der CEM70G-Montierung dieser bereits integriert verbaut wurde und zum Gesamtkonzept gehört. Ein Vergleich beider Polsucher wurde auch in dem YouTube-Video von Astrozeugs [12] vorgenommen. Hier kommt der Autor zu den gleichen Schlüssen und bevorzugt klar die iPolar-Lösung von iOptron. Katja Seidel beschreibt auf ihrer Webseite ebenfalls den iPolar, was ebenfalls lesenswert ist [11]. Hieraus sind auch die Abbildungen der iPolar-Applikation entnommen worden.

Gesamtfazit Nach dem Test der CEM70G war für mich der Entschluss klar, dass ich erst einmal keine weitere Harmonic-Drive-Montierung testen werde. Denn die CEM70G hat für mich keine Nachteile offenbart. Anscheinend wurde das sehr gute Konzept der CEM60, auf dem alle nachfolgenden Center-balanced-Equatorial-Mount-Ge-

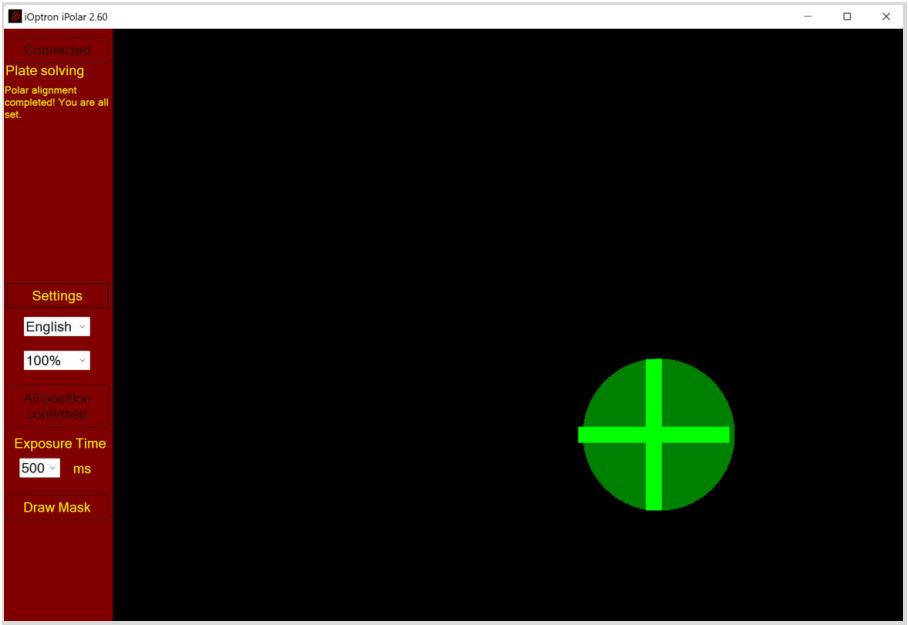

Abb. 11: Endausrichtung der iPolar von iOptron [11].

räte von iOptron basieren, noch weiter verbessert und auch die mechanischen Nachteile beseitigt. Einzig das Gewicht wurde dadurch leicht erhöht, was aber die Transportabilität nicht verschlechterte. Hinzu kommt, dass die neuen Harmonic-Drive-Montierungen (ZWOptical AM5, iOptron HAE69, Pegasus NYX-101, Proxisky UMi17) nicht alle die gleiche Qualität zu haben scheinen. Zudem tauchen neue Montierungshersteller am Markt auf, die anscheinend zu wenig Erfahrung mit bedienungsfreundlichen Konzepten haben oder sich schlichtweg nicht mehr an den traditionellen Goto-Steuerungen orientieren. Man geht einfach davon aus, dass man mittels ASIair oder anderer kompakter Computer-Ansteuerungen keinen Polsucher und Handsteuerung beim Anwender mehr benötigt. Daher ist ein Polsucher meistens nicht vorgesehen und eine GPS-Integration ist ebenfalls nicht vorhanden, da man von einer Smartphone-Ansteuerung ausgeht. Das ist aus meiner Sicht etwas zu einseitig gedacht, da man bei rein visueller Beobachtung eine Handsteuerung schon gut gebrauchen könnte. Der Hersteller iOptron bietet diese daher auch nach wie vor bei seinen Harmonic-Drive-Montierungen an, während andere Hersteller keine haben oder diese nur optional im Programm haben.

Was auch noch nicht optimal ist bei Harmonic-Drive-Montierungen ist die Nachführgenauigkeit. Diese liegt bisher bei schlechteren Werten, als bei herkömmlichen Schneckenantrieben. Und das Autoguiding muss diese Art der etwas raueren Nachführung auch beherrschen, was andere Parameter- einstellungen beinhaltet. Eine schnelle Reaktion des Autoguiders ist auf jeden Fall eine wichtige Voraussetzung dabei. Wenn man also viel Wert auf einen leichten Transport der Montierung legt und darauf angewiesen ist aufs Feld zu fahren, macht eine Harmonic-Drive-Montierung sicherlich Sinn. Für Sternwarten oder den mobilen Standort des eigenen Gartens ist dieses Kriterium nicht ausschlaggebend. Hier sollte Genauigkeit vor Transportfähigkeit gehen, weshalb man hier immer noch getrost zu den Schneckenantrieben greifen sollte. Diese sind zudem ausgereifter und bieten bisher ein besseres Gesamtkonzept was die Handhabung angeht. Was sich später durchsetzen wird, wird sich zeigen. Aus meiner Sicht wird es ein nebeneinander geben, da beide Montierungskonzepte ihre Vor- und Nachteile besitzen.

Literaturhinweise

[1] Herstellerseite von iOptron: https://www.ioptron.com

[2] Herstellerseite von ZWOptical: https://www.zwoastro.com

[3] Herstellerseite von Proxisky: https://www.proxisky.com

[4] Herstellerseite von PegasusAstro: https://www.pegasusastro.com

[5] Herstellerseite von Harmonic Drive SE: https://harmonicdrive.de

[6] Harmonic-Drive-Prinzip, Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Harmonic_Drive

[7] Homepage von Teleskop-Service Ransburg: https://www.teleskop-express.de

[8] Stefan Lilge: https://forum.astronomie.de/media/nyx_m78-5min-jpg.53176/

[9] Dark Sky Greek: iOptron HAE69C Montierungsreview auf YouTube vom 18. Juni 2024: https://www.youtube.com/watch?v=9P37xXVRCvA

[10] https://forum.astronomie.de/threads/neue-montierung-cem70.288297/

[11] Homepage von Katja Seidel: iOptron iPolar – was taugt der elektronische Polsucher: https://nacht-lichter.de/ipolar

[12] Astrozeugs: QHY Polemaster vs iOpton iPolar - Welcher elektr. Polsucher ist besser? https://www.youtube.com/watch?v=SrUrJ7HF7Ts

[13] Homepage von David Lloyd-Jones: https://www.davidlloydjones.com/polemaster.html

Test des Smart-Teleskops Seestar S30

Automatisierte Astrofotografie im Taschenformat

von Dr. Kai-Oliver Detken, *Grasberg*

Die Astrofotografie ist im Grunde die Königsdisziplin der Fotografie. Denn viele Rahmenparameter müssen eingehalten werden, um ansprechende Ergebnisse präsentieren zu können. Zum einen müssen das Equipment und das Zusammenspiel der unterschiedlichsten Komponenten (Montierung, Kamera, Autoguiding etc.) und zum anderen die Bildverarbeitung am Computer beherrscht werden, um die Rohdaten in ansehnliche Ergebnisse überführen zu können. Der Weg dorthin ist manchmal steinig und auch oft durch Misserfolge gekennzeichnet. Auch kann es einige Jahre dauern, bis man Ergebnisse erreicht, die dem eigenen Anspruch genügen. Durch das Aufkommen von Remote-Sternwarten und immer raffinierterer Ansteuerungs- und Bearbeitungssoftware wurden die notwendigen Bilderfassungsprozesse allerdings immer mehr automatisiert, so dass vor ein paar Jahren die ersten Smart-Teleskope auf den Markt kamen. Diese versprechen auch Anfängern sofort gute Ergebnisse. In diesem Artikel soll daher ein neues und sehr kompaktes Smart Telescope stellvertretend betrachtet und mit der herkömmlichen Astrofotografie verglichen werden.

Bereits vor vier Jahren stellte der Hersteller Vaonis das Smart Telescope STELLINA [1] vor, das als Smart-Teleskop voll automatisch betrieben werden konnte. Dabei sollte nur ein Smartphone oder Tablet verwendet werden, um Mond, Galaxien, Nebel und Kometen beobachten bzw. fotografieren zu können. Ein Vorwissen war nicht erforderlich – man musste sich nur in die Bedienung der App einarbeiten. Damit entfielen der zeitintensive Aufbau und Ausrichtung der Montierung des Teleskops sowie die Bedienung aller Komponenten, inkl. der Kamera. STELLINA erledigte dies praktisch auf Knopfdruck und konnte Objekte am Himmel mittels Plate-Solving auffinden. Das Equipment kostete damals noch 4.000 Euro und ließ einige Astrofotografen kritisch auf diese Art der Fotografie blicken – auch in unserem Verein der AVL.

Die Entwicklung blieb aber nicht stehen, denn neben Vaonis kamen auch andere Hersteller auf die Idee Smart-Teleskope zu bauen. So zogen DWARFLAB [2], Unistellar [3], Celestron [4] und ZWOptical [5] entsprechend nach (siehe Tabelle 1). Neben der Artenvielfalt kam auch der Preis in Bewegung, was wahrscheinlich auch dazu führte, dass die Verbreitung stark zunahm. Und obwohl Smart-Teleskope eigentlich als Zielgruppe die Anfänger der Amateurastronomen im Auge hatten, gab es auch einen regen Absatz bei den erfahrenen Astrofotografen. Alleine bei der AVL wurden mit dem Erscheinen des Seestar S50 von ZWOptical auf einmal eine Handvoll Geräte gekauft und auch in der VdS-Fachgruppe Astrofotografie outeten sich immer mehr Mitglieder eine S50 parallel zum Sternwarten-Betrieb zu betreiben. Tests von den Astro-Influencern Daniel Nimmervoll [6] und Frank Sackenheim [7] trugen ebenfalls dazu bei, die Popularität weiter anwachsen zu lassen.

Abb. 1: Verpackungstasche des Seestar S30.

Funktionsmerkmale des Seestar S30 Der Astrohändler Teleskop Service Ransburg (TS) [8] stellte mir Anfang Februar 2025 das neue Seestar S30 zu Testzwecken zur Verfügung. Obwohl ich mir keinen Einsatz für mich vorstellen konnte, wollte ich mich mit der Technik und Leistungsfähigkeit heutiger Smart-Teleskope vertraut machen. Ein Hintergedanke war dabei natürlich, dass man für sich eine Anwendungsmöglichkeit versuchte auszuloten, um ein solches Gerät dann doch als Zusatzequipment anzuschaffen. Am Ende des Artikels wird daher nicht nur der Leser, sondern auch der Autor hoffentlich schlauer sein, für welche Anwendungszwecke Smart-Teleskope in Frage kommen.

Das Seestar S30 kommt in einer kompakten Tragetasche daher. Das Zubehör ist dabei überschaubar: es liegt eine

ZWOptical Seestar S50	ZWOptical Seestar S30	DWARFLAB DWARF3	VAONIS VESPERA II
Öffnung: 50 mm Brennweite: 250 mm Öffnungsverhältnis: 1/5 Kamera: Sony IMX462 Auflösung: 2,1 Megapixel (1920x1080) Filter: UV/IR-Sperrfilter, Duo-Band-Filter (O-III mit 30 nm HWB, H-alpha mit 20 nm HWB), Dunkelfilter Sonnenfilter: ND5, Bandpass 580-630 nm Datenverbindungen: WLAN, USB-C, Bluetooth Speicher: 64 GByte Akkulaufzeit: ca. 6 Stunden Äquivalente Brennweite: ca. 1000 mm Maximale Belichtungszeit: 30 s Bildformate: MP4, AVI, TIFF, FITS, JPEG Gewicht: 2,5 kg	Öffnung: 30 mm Brennweite: 30/150 mm Öffnungsverhältnis: 1/5 Kamera: Sony IMX662 Auflösung: 2,1 Megapixel (1920x1080) Filter: UV/IR-Sperrfilter, Duo-Band-Filter (O-III mit 30 nm HWB, H-alpha mit 20 nm HWB), Dunkelfilter Sonnenfilter: ND5, Bandpass 580-630 nm Datenverbindungen: WLAN, USB-C, Bluetooth Speicher: 64 GByte Akkulaufzeit: ca. 6 Stunden Äquivalente Brennweite: ca. 720 mm Maximale Belichtungszeit: 30 s Bildformate: MP4, AVI, TIFF, FITS, JPEG Gewicht: 1,8 kg	Öffnung: 35 mm Brennweiten: 6,7/150 mm Öffnungsverhältnis: 1/5 Kamera: Sony IMX678 Auflösung: Tele 8,3 Megapixel (3840 × 2160), Weitwinkel 2,1 Megapixel (1920x1080) Filter: VIS (430-650 nm), Astro (Infrarot 430-690 nm) und Dualband (OIII, Hβ, Hα) Sonnenfilter: ND5 Datenverbindung: WLAN, Bluetooth, USB-C, NFC Speicher: 128 GByte Akkulaufzeit: ca. 6 Stunden Äquivalente Brennweite: 45/737 mm Maximale Belichtungszeit: 60 s bei EQ Bildformate: JPEG, PNG, FITS, TIFF Gewicht: 1,3 kg	Öffnung: 50 mm Brennweite: 250 mm Öffnungsverhältnis: 1/5 Kamera: Sony IMX585 Auflösung: 8,3 Megapixel (3840 × 2160) Filter: optional Sonnenfilter: optional Datenverbindungen: WLAN, USB-C Speicher: 25 GByte Akkulaufzeit: ca. 4 Stunden Äquivalente Brennweite: 825 mm Maximale Belichtungszeit: 10 s Bildformate: JPEG, TIFF, FITS Gewicht: 5 kg
Vorteile: Live-Stacking während der Aufnahme Bildverarbeitung während der Aufnahme	Vorteile: Live-Stacking während der Aufnahme Weitwinkelkamera zusätzlich Zeitrafferfunktion Bildverarbeitung während der Aufnahme Mosaikbilder	Vorteile: Weitwinkelkamera zusätzlich Zeitrafferfunktion Bildverarbeitung während der Aufnahme EQ-Einsatz möglich Kann mehrere Objekte belichten	Vorteile: Filter sind austauschbar Mosaikbilder mit bis zu 24 Megapixel
Nachteile: Fest verbaute Filter Kein EQ-Einsatz möglich Keine Weitwinkelkamera	Nachteile: Fest verbaute Filter Kein EQ-Einsatz möglich	Nachteile: Fest verbaute Filter Keine Sonnensuchfunktion	Nachteile: Filter und Tasche sind optional Kein EQ-Einsatz möglich Geringer Speicher Nicht ganz so kompakt
Preis: 700 Euro	Preis: 550 Euro	Preis: 550 Euro	Preis: 1.590 Euro

Tab. 1: Vergleich aktueller kompakter Smart-Teleskope.

knappe Beschreibung der Erstinbetriebnahme, eine magnetische Sonnenblende, ein Stativ und ein USB-C-Kabel mit bei (siehe Abbildung 1). Die Größe ist um einiges kompakter, als die des Seestar S50. Daher kann man die Tasche sicherlich auch auf Flugreisen besser unterbringen. Die Farbkamera des Teleobjektives besitzt mit dem IMX662-Sensor einen etwas Moderneren, als im S50 verbaut. Die Auflösung ist aber mit 2,1 Megapixeln identisch gering. Über die zusätzliche Weitwinkelkamera werden keine Angaben über den verbauten Chip gemacht. Die Auflösung ist aber identisch zur Telekamera. Die Brennweite beträgt 150 mm, bei einer Öffnung von 30 mm. Damit beträgt das Öffnungsverhältnis wie bei dem größeren Bruder 1/5. Die eingebauten Filter sind ebenfalls identisch: der UV/IR-Sperrfilter wird für Galaxien, Reflexionsnebel, Kugelsternhaufen oder Mond eingesetzt, der Duo-

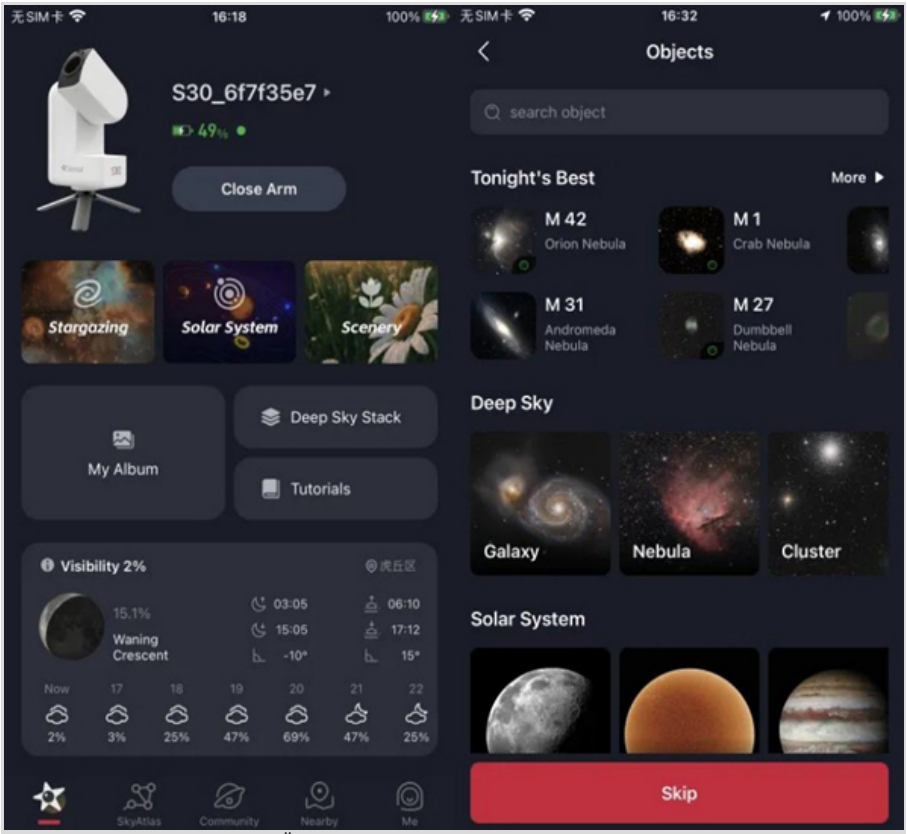

Abb. 2: Seestar App mit der Übersichts- und der Objektdarstellung.

band-Filter für Emissionsnebel. Ein Dunkelfilter ist ebenfalls vorhanden, der wohl für entsprechende Dunkelbilder und die Bildkalibration eingebaut wurde. Wie und wann er diese macht bzw. diese bei der internen Bildverarbeitung eingesetzt werden blieb aber unbekannt.

Als Zielgruppe kann man Astrofotografie-Anfänger, Jugendliche und Astrofotografen mit kleinem Geldbeute sowie technikaffine Nutzer ausmachen. Für Anfänger ist das Seestar S30 insbesondere vorgesehen, denn man benötigt für den Einsatz keinerlei Astrowissen. Welcher Astrofotograf erinnert sich nicht an die steile Lernkurve, die für das erste gute Astrofoto notwendig war. Diese kann manchmal Jahre dauern, bis man Einnordung, Nachführung, Autoguiding, Fokussierung – also die gesamte Technik – sowie die Bildverarbeitung am Rechner im Griff hat. Viele Misserfolge führen dann irgendwann zum Ziel. Diese Dinge werden einem hier sofort abgenommen. Man muss sich technisch um nichts mehr kümmern, denn das Seestar kalibriert sich automatisch, sucht das gewünschte Objekt auf und legt mit der Bildaufnahme los. Durch den implementierten Sternatlas lässt sich der Bildausschnitt wählen und festlegen, ob man ein Mosaik des Objekts erstellen möchte. Die gesamte Aufnahme läuft automatisch ab: alle 10 Sekunden wird ein Bild aufgenommen und die Live-View am Smartphone verrät, wie gut das Ergebnis mit der Zeit wird, denn ein Stacking wird automatisch am Bildschirm vorgenommen.

Abb. 3: First Light mit dem Seestar S30 am Orionnebel.

Test des Seestar S30

Zum Testen des Seestar S30 muss man sich hauptsächlich mit der App vertraut machen bzw. diese zuerst auf seinem Smartphone installieren. S50-Benutzer kennen diese bereits und müssen sich nicht umgewöhnen, da beide Smart-Teleskope die gleiche App verwenden (siehe Abbildung 2). Mit ihr kann man zwischen Deep-Sky-, Sonnensystem- oder Tagesaufnahmen auswählen. Ebenfalls wird die Mondsichtbarkeit in Abhängigkeit vom Standort und die besten erreichbaren Objekte der Nacht dargestellt. Es lassen sich aber auch manuell die Himmelskoordinaten eingeben, wenn ein Objekt nicht in der Datenbank enthalten sein sollte. Der integrierte Himmelsatlas zeigt dann wie das Objekt positioniert ist. Dabei lässt sich die Ausrichtung und auch die Größe des Himmelsausschnitts verändern. So lassen sich dann automatisch Mosaikaufnahmen erstellen. Nach der Auswahl des Objekts wird es mittels Plate-Solving-Technik angefahren, ausgerichtet und fokussiert. Danach werden automatisch Bilder im 10s-Takt gemacht und automatisch gestackt. Eine notwendige Zeitspanne zur optimalen Belichtungsdauer wird ebenfalls angegeben. So kann der Benutzer am Bildschirm live verfolgen, wie sein Bild immer mehr an Konturen gewinnt

Abb. 4: Separate Bildverarbeitung anhand der Rohdaten, 384 Bilder á 10 Sekunden, 64 min Gesamtbelichtung.

Abb. 5: Automatisches Ergebnis des Seestar S30.

und selbst festlegen, wann die Aufnahme beendet werden soll. Der Duobandfilter wird automatisch ausgewählt, wenn ein Emissionsnebel fotografiert werden soll. Er kann aber auch je nach Bedarf ab- oder zugeschaltet werden.

Bei der ersten Testaufnahme wurden noch keine Einzelbilder abgespeichert, denn das muss manuell einmalig angegeben werden. Daher war eine nachträgliche Bearbeitung nur in Maßen möglich. Positiv fiel auf, dass die Dunkelnebel bereits in bräunlicher Farbe angezeigt werden konnten. Auch das Rauschen hielt sich in Grenzen und der Running Man (NGC 1977) kam hervorragend heraus. Negativ fiel auf, dass die Sterne in der linken oberen Ecke verzerrt dargestellt wurden. Hier liegt also eine Verkippung der Kamera vor. Eine Nachfrage bei einigen Seestar-Besitzern ergab, dass dies mehr oder weniger normal ist und häufiger vorkommt. Der Hersteller selbst erkennt dies nicht als Fehlfunktion an. Man sollte bei solchen kritischen Anmerkungen natürlich auch den niedrigen Preis berücksichtigen. Durch die Mosaikfunktion lässt sich dieses Manko aber auch kompensieren, wie ich bei späteren Aufnahmen festgestellt habe.

Abbildung 4 und 5 zeigen nun den Rosettennebel (Sh2-275) als Mosaikaufnahme mit dem Seestar S30. Während die Abbildung 4 anhand der Rohbilder selbst bearbeitet wurde, kam die Abbildung 5 direkt aus dem Seestar. Der Unterschied ist nicht gewaltig, aber sichtbar. Verzogene Sterne sind auf beiden Bildern nicht mehr zu erkennen. Die Abbildung 5 rauscht weniger, wird aber auch dunkler dargestellt.

Auffällig war bei der Bearbeitung, dass das erste Stacking-Ergebnis total grünstichig war. Das lag an der ungewöhnlichen Bayermatrix der CMOS-Kamera, die eine GRBG-Anordnung besitzt. Damit kamen weder Astro Pixel Processor (APP) noch DeepSkyStacker (DSS) automatisch zurecht. Sobald man aber GRBG manuell eingestellt hatte, waren die Farben in Ordnung. Alternativ kann man aber auch auf das Stacking verzichten, da auch eine gestackte FITS-Datei auf dem Seestar abgelegt wird. Diese enthält alle aufgenommenen Bilder. Bei dem Stacking-Ergebnis von APP und DSS wurden hingegen noch einige Bilder (teilweise 50%) aussortiert. Dieses Aussortieren erledigt das Seestar eigentlich auch automatisch, da schlechte Bilder gar nicht erst abgespeichert werden. Daher dauert eine 90min-Belichtung auch wesentlich länger. Anscheinend haben APP und DSS aber einen noch höheren Qualitätsanspruch und sortieren aus den vermeintlich guten Bildern weitere aus.

Interessant ist am Seestar S30, dass er eine zweite Kamera besitzt, die als Weitwinkel zum Auffinden von Objekten genutzt werden kann. Das gilt sowohl bei Tageslichtaufnahmen (siehe Abbildung 6), als auch bei Mond- und Sonnenaufnahmen (siehe Abbildung 7). Bei der Tageslichtaufnahme kann man dann den entsprechenden Ausschnitt wählen und entscheiden, ob man Einzelbilder, Zeitraffer oder Videos erstellt. Das Teleobjektiv kann beweglichen Objekten wie Vögeln oder Fußgängern folgen. Die Fokussierung erfolgt dabei automatisch.

Das Weitwinkel ist auch in der Lage Sonne und Mond am Himmel effektiv zu finden und mittig zu positionieren. Wenn die Positionierung nicht zufriedenstellend sein sollte, kann man diese über das

Abb. 6: Tageslichtaufnahme mit Weitwinkel- und Teleobjekt.

Live-Bild des Weitwinkelobjektivs nachstellen. Bei beiden Objekten lassen sich Einzelbilder oder Videos erstellen. Außerdem steht ein digitaler Zoom von 2-4-fach zur Verfügung. Die Schärfe nimmt dabei natürlich ab, da keine echte Vergrößerung vorgenommen wird. Es lassen sich aber in beiden Fällen bereits viele Einzelheiten erkennen, d.h. Krater auf der einen und Sonnenflecken auf der anderen Seite. Eine Nachbearbeitung bringt in beiden Fällen nicht mehr viel. Dazu müsste man die Videobilder entsprechend auswerten. Zur Sonnenfotografie muss ein magnetischer Sonnenfilter vor das Teleobjektiv gesetzt werden. Das Weitwinkelobjektiv wird hingegen nicht geschützt, was mich einen sorgenvollen Blick auf das Gerät während der Aufnahmen werfen ließ. Wenn man beispielsweise bei einer Sonnenfinsternis stundenlang auf die Sonne halten würde, könnte das Weitwinkel darunter leiden. Ich hätte hier jedenfalls Bedenken. Ansonsten sind Bild von Mond und Sonne sehr schnell erstellt, ohne dass lange das Equipment aufgebaut werden muss. Auch über Kameraabstände und Fokussierung muss man sich hier keine Gedanken machen. Was bei allen Seestar-Bildern noch negativ auffiel war, dass alle Ergebnisse nur hochkant zur Verfügung gestellt werden. Das ist anscheinend der neuen Handy-Generation geschuldet, da Hochkant- Formate einfacher in den Sozialen Medien (insbesondere Instagram und TikTok) verarbeitet werden können. Das ist aber bei manchen Objekten halt nicht optimal, wie der Rosettennebel zeigte.

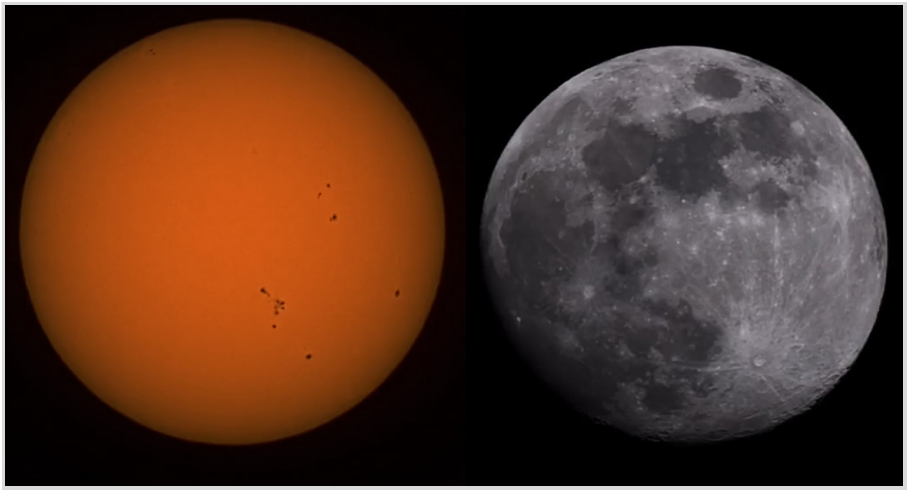

Abb. 7: Sonnen- und Mondaufnahme des Seestar S30 ohne Weiterbearbeitung bei zweifachem Zoom.

Vergleich zur traditionellen Ausrüstung Nach den Tests stellte sich noch die Frage, für welche Zielgruppe und Anwendungsfall das Seestar S30 geeignet ist. Denn mit einer parallaktischen Montierung (siehe Tabelle 2), können wesentlich tiefere und qualitative bessere Bilder erreicht werden. Astronomie-Anfänger sind oftmals von dem Aufwand und den Kosten geschockt, die die Astrofotografie mit sich bringt. Das merkt man auch an Neueinsteigern in der AVL-Fotogruppe. Die Lernkurve ist relativ steil und man verliert dadurch den einen oder anderen Teilnehmer sofort wieder. Daher bietet das Seestar S30 hier einen einfachen Einstieg für Anfänger mit kleinem Budget, mit sofortigem Erfolgserlebnis. Auch sind keine Vorkenntnisse erforderlich – der werdende Astrofotograf kann sofort loslegen und hat seine Ergebnisse auch in der gleichen Aufnahmenacht schon am Smartphone parat, um es beispielsweise anderen Beobachtern zeigen oder in seine Social-Media-Kanäle hochzuladen zu können. Das ist schon praktisch, besonders im Urlaub. Denn man muss mit seiner traditionellen Ausrüstung die Bilder erst am Rechner entwickeln, was meistens erst nach dem Urlaub passieren kann. Und da merkt man dann erst, ob die Bilder etwas geworden sind oder man den Fokus vielleicht in der Nacht doch noch nachregulieren hätte müssen. Auch lässt sich das Seestar S30 viel leichter in den Urlaub mitnehmen. Das Gewicht ist ein Vorteil, aber auch die minimale Ausrüstung. Man kann schlichtweg nichts vergessen, was bei der traditionellen Ausrüstung schon mal passieren kann. Da steht man dann beispielsweise ohne Kameraadapter für die Montierung sprichwörtlich in der Wüste.

Für Jugendliche und Anfänger ist daher das Seestar S30 auf jeden Fall geeignet. Aber ist es auch für Anfänger zu empfehlen? Wird man sich nach einigen Jahren der Nutzung mit dem Sternenhimmel beschäftigen oder weiß man dann immer noch nicht wo beispielsweise das Sommerdreieck zu finden ist? Diese Diskussion kann man mit dem Aufkommen der Goto-Ausrüstung vergleichen – sie ist daher keine neue. Die Wahrscheinlichkeit ist jedenfalls relativ hoch, dass sich die Nutzer einer Seestar-Ausrüstung auch in Zukunft weniger am Nachthimmel auskennen werden, wie die „alten Hasen“. Aber auch auf jeden Fall mehr, als wenn sie gar keine Astrofotografie betreiben würden. Zusätzlich es ist aber auch erstaunlich wie viele erfahrende Astrofotografen sich ein solches Instrument gekauft haben, obwohl sie eigentlich eine sehr gute Astro-Ausrüstung besitzen. Daher kommen zur genannten Zielgruppe noch die Technikbegeisterten hinzu. Denn die App von ZWOptical hat einen hohen Spaßfaktor. Außerdem ist es praktisch mit zunehmendem Alter keine 20kg-Ausrüstung mehr nach draußen wuchten zu müssen. Es behält daher der Spruch „jedes Teleskop hat seinen Himmel“ auch hier seine Gültigkeit.

Smart-Teleskope	Parallaktische Ausrüstung
Kompakt und leicht transportierbar	Viele Komponenten/Einzelteile und Kabel
Sehr geringes Gewicht	Höheres Gewicht aller Komponenten
App-Kontrolle über das Smartphone oder Tablet	Goto-Handcontroller (App-Kontrolle über Smartphone oder Tablet ist möglich)
Automatische Objektsuche (Plate Solving)	Goto-Steuerung des Objekts (Plate Solving ist möglich)
Automatisches Fokussieren	Manuelles Fokussieren (ohne Motorfocuser)
Automatisches Stacking der Bilder	Spätere Bildverarbeitung am Computer
Automatische Ausrichtung der Bilder	Bildausrichtung wählbar
Filter sind enthalten	Beliebige Filter können genutzt werden
Keine Lernkurve notwendig, um gute Bildergebnisse zu erzeugen	Relativ große Lernkurve vorhanden, bis gute Bilder entstehen
Kurzzeitbelichtungen (bis zu 30 s) sind nur machbar	Langzeitbelichtungen (> 5 min) über mehrere Nächte sind möglich
Astronomie-Kenntnisse sind nicht erforderlich	Astronomie-Basis-Kenntnisse sind erforderlich

Tab. 2: Vergleich Smart-Teleskope zur traditionellen Astrofotografie.

Fazit Abschließend kann festgehalten werden, dass mit einer azimutalen Ausrichtung nur begrenzt ein Objekt am Nachthimmel nachgeführt werden kann. Die Bildfelddrehung schlägt nach ein paar Stunden erbarmungslos zu, weshalb Aufnahmen im Normalfall zwischen 60-90 min Belichtungslänge haben dürften. Dadurch lassen sich keine tiefen Astrobilder erreichen. Hier ist jede parallaktische Reisemontierung überlegen. Die Seestar S30 ist daher für helle Standardobjekte (wie den Messier-Katalog) hauptsächlich geeignet. Die Filter lassen sich zudem nicht ausbauen oder ersetzen. Das gilt immerhin nicht für den Akku, der austauschbar ist. Wenn man auf eine vollautomatische Bedienung steht, ist man mit der Seestar gut beraten. Allerdings ist so etwas auch mit Reisemontierungen möglich, wenn auch komplexer umsetzbar.

Die Entwicklung wird in jedem Fall weitergehen, wie die parallaktische Ausrichtung des DWARF3 zeigt. Auch Celestron will mit seinem Smart-Teleskop Origin [9] automatisiert bessere Bilder erstellen und bietet dafür eine 6-Zoll-RASA-Optik an. Mit einem Öffnungsverhältnis von 1:2 lassen sich damit schon andere Aufnahmen erreichen. Zudem können Kamera und Filter ausgewechselt werden. Aktuell ist eine Sony-Kamera mit IMX178-Farbsensor verbaut, die normalerweise zur Planetenfotografie verwendet wird. Eine integrierte Bildverarbeitung (Live-Stacking) ist ebenfalls integriert. Zukünftig will man eine parallaktische Ausrichtung anbieten. Spätestens dann wird man mit diesem System auch keine großen Nachteile gegenüber traditioneller Ausrüstung mehr bemerken. Preislich ist man allerdings dann mit 5.300 Euro auch in einer anderen Liga unterwegs.

Grundsätzlich wird die Astrofotografie durch Smart-Telekope zu einem „Quick-Shot"-Erlebnis. Man stellt es bei einer Wolkenlücke schnell raus und setzt sich gemütlich ins Wohnzimmer, um am Handy alle notwendigen Einstellungen vorzunehmen. Nachdem die Aufnahme abgeschlossen wurde, kann das fertige Ergebnis sofort ins Internet hochgeladen werden. Keine schlaflosen Nächte, keine abgefrorenen Hände und keine technischen Probleme mehr. Für die ernsthaften Astrofotografen wird es trotzdem ein technisches Spielzeug bleiben, da lange Belichtungszeiten nicht eingesetzt werden können und eine nachträgliche Bildverarbeitung nur bedingt bessere Ergebnisse bringt. Für Einsteiger oder Astrofotografen mit schmalem Geldbeutel werden sich solche Lösungen allerdings etablieren. Ob diese Zielgruppe dann später noch auf höherwertiges Equipment umsteigt, bleibt abzuwarten.

Literaturhinweise

[1] Herstellerseite von Vaonis: https://www.vaonis.com
[2] Herstellerseite von DWARFLAB: https://dwarflab.com
[3] Herstellerseite von Unistellar: https://www.unistellar.com
[4] Herstellerseite von Celestron: https://www.celestron.de
[5] Herstellerseite von ZWOptical: https://www.zwoastro.com
[6] Homepage von Daniel Nimmervoll: https://www.astro-fotografie.at
[7] Homepage von Frank Sackenheim: https://www.astrophotocologne.de
[8] Astro-Händler Teleskop-Service Ransburg: https://www.teleskop-express.de
[9] Celestron Origin: https://www.celestron.de/celestron-origin-intelligent-home-observatory.html

Geschichten vom Telescopium Lilienthal

Beitrag 32: Gravitation und ihre Auswirkungen

von Helmut Minkus, *Lilienthal*

Da mir bisher noch keine „Künstliche Intelligenz“ und auch sonst kein/e Hipo-Leser/in eine Geschichte vom Telescopium Lilienthal erzählen konnte, werde ich das diesmal wieder selber machen: Das Telescopium, das in diesem Jahr am 28. November schon seinen zehnten Geburtstag feiern wird, hatte endlich am Mittwoch, dem 19. 2. 2025 wieder mal einen sehr seltenen klaren Sternenhimmel gesehen. An diesem Abend waren auch 24 Schüler/innen und Lehrkräfte des Bremer Kippenberg-Gymnasiums zu Gast. Wir alle konnten die abnehmende Venus beobachten in einer seltenen Schönheit. Sie hatte am 14. 2. ihre größte Helligkeit (-4,9^m) bei einem geringen Abstand zur Erde von 60 Millionen Kilometer (km). Weiterhin waren auf der Ekliptik Jupiter und der rote Merkur mit dem bloßen Auge zu sehen.
Die Besucher waren trotz ungewohnter Kälte wissbegierig und begeistert. Besonders eine Lehrerin, die letztes Jahr am 14. 2. mit einer anderen Klasse schon mal dabei war, erzählte auch von deren Interesse am Telescopium, obwohl es damals am Himmel nichts zu sehen gab.

Lilienthal

Als zweites Objekt stellten Gerald und Heinrich das Teleskop auf den Orionnebel ein, während ich unten auf dem Beton einer Gruppe „Unverfrorener“ etwas von Koordinaten und Himmelsmechanik erzählte und eine dritte Gruppe in der Info-Bude (Vortragsraum) saß und Lieder sang, zu denen Ingo einige astronomische Bilder zeigte. Der Orionnebel, den ich selbst nur sehr selten im großen Reflektor gesehen habe, besteht aus zwei Teilen (M 42 und M 43) und ist von der Erde aus in einer Entfernung von 1300 Lichtjahren (Lj) bei guter Sicht mit bloßem Auge schwach zu sehen. 1 Lj sind 9,5 Billionen km. In den Hipos 49 bis 51 gibt es drei Kapitel „Pons Schroeteri“ von diesem vielseitigen Sternentstehungsgebiet.

Ein weiteres astronomisches Wunder, das ich auch gerne mal sehen möchte, wozu ich mir eine möglichst klare schwarze Nacht ohne Bremer Lichtglocke wünsche, liegt am unteren Rand des Pegasus Quadrates, nahe dem Wassermann. Es ist ein „Einsteinkreuz“ (Abb. 1), das mit einem „20 Zöller“ wie dem Lilienthaler Spiegelteleskop zu sehen sein sollte, aufgenommen im September 1990 vom Hubble Weltraumteleskop. Das Licht des 10 Milliarden Lj entfernten Quasars (Q2237+0305) wird umgelenkt durch das Gravitationsfeld der im Vordergrund liegenden Galaxie PGC 69457, in einer Erdentfernung von „nur“ 400 Millionen Lj und erzeugt vier Bilder vom Quasar. In der Mitte ist der helle Kern der Galaxie, die als „Gravitationslinse“ wirkt und wie eine optische Linse Lichtstrahlen bündeln kann, sodass hier die Form eines Kreuzes entsteht.

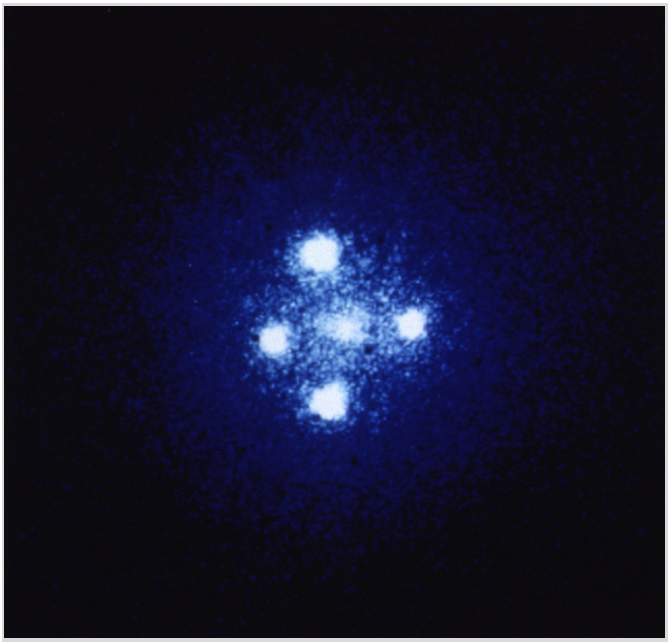

Abb. 1: Einsteinkreuz. Der Quasar wird 4 Mal virtuell abgebildet, obwohl er vom Kern der Galaxie im Vordergrund in der Bildmitte verdeckt wird.
Bild: NASA, ESA & STScI.

Eine Gravitationslinse konzentriert auch Licht, das an einem Objekt mit großer Masse vorbeiläuft, auf die Achse zwischen Objekt und Beobachter. In verschiedenen Abständen am Objekt vorbeilaufende Lichtstrahlen schneiden aber die Achse in verschiedenen Entfernungen. Infolgedessen kann eine Gravitationslinse, wie eine abbildende Optik, an scheinbaren Orten (virtuelle) Bilder erzeugen (Abb. 2).

Das gleiche Prinzip wirkt auch, wenn zwei weit entfernte Galaxien genau hintereinander auf der gleichen Sichtachse liegen. Dann wird die hintere Galaxie vier Mal, stark verzerrt als Kreisbogen, virtuell abgebildet und sieht aus wie ein Ring (Abb. 3). Aufgenommen vom Hubble Weltraumteleskop im Dezember 2011.

Aus solchen Gravitationseffekten [1] lässt sich durch die Winkel aller abgelenkten elektromagnetischen Wellen, z. B. Lichtstrahlen, die Masse von ganzen Galaxienhaufen ermitteln (Abb. 4). Auf diese Art konnte direkt nachgewiesen werden, dass es im Universum viel stärkere Gravitationswirkungen gibt als Mas-

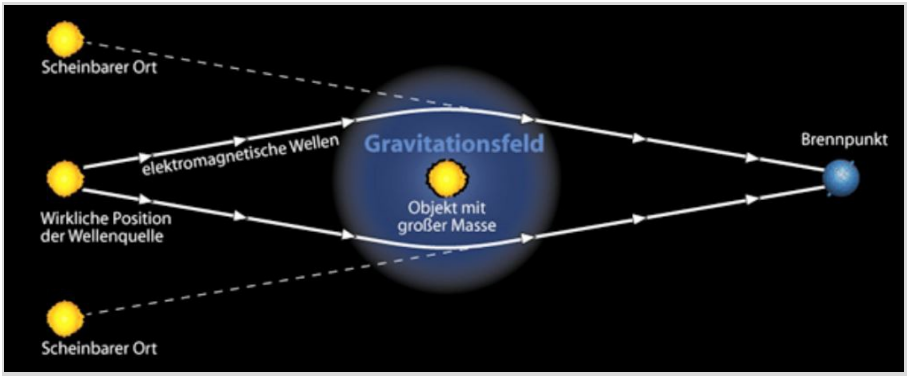

Abb. 2: Der Längsschnitt durch ein kosmisches Gravitationsphänomen (Einsteinkreuz), zeigt den vom Gravitationsfeld gekrümmten Verlauf der elektromagnetischen Wellen. Im Brennpunkt liegt Planet Erde, von wo aus der Beobachter scheinbar (virtuell) die wirkliche Wellenquelle sieht.
Bild: Horst Frank / Wikipedia

se bekannt ist. Es müsste fünf bis sechs Mal mehr „dunkle Materie" im Universum vorhanden sein als „leuchtende" Materie, um die zahlreichen beobachteten und gemessenen Phänomene erklären zu können. Wobei mit „leuchtend" jede Art von Strahlung des gesamten elektromagnetischen Spektrums gemeint ist. Das herauszufinden ist eines der interessantesten Rätsel der aktuellen Astronomie, zu deren Lösung neue Satelliten und riesige Teleskope im Bau sind.

In Hipo 81, Seite 42, Abb. 4 ist die Wirkung der Gravitation von kugelförmigen Massen auf den umgebenden Raum dargestellt. Die drei Raumkoordinaten sind reduziert auf zwei und als elastisches Gitternetz abgebildet. Form und Tiefe der „Potenzialmulde" entsprechen der Gravitationskraft. Es ist ein vereinfachtes Bild der Schwarzschild-Metrik, die 1916 von Carl Schwarzschild als erste Lösung der Einstein-Feldgleichungen für sphärische Körper gefunden wurde. Die vierte Komponente, Zeit, ist nicht darstellbar, denn sie ist keine (Raum)-Dimension, obwohl sie so genannt wird.

Der Ausdruck Potenzialtrichter ist dort nicht korrekt, denn ein Trichter ist bekanntlich unten offen, wie hier in Abb. 5 gezeigt, wo das Raumgitter durchbrochen ist. Das geschieht tatsächlich im Universum, wenn die Gravitation der (Kugel)-Masse so stark ist, dass selbst ihr Licht nicht mehr entfliehen kann. Die Mulde bekommt ein Loch und der in den Trichter gezogene Körper wird auch deshalb unsichtbar. Ein anderer Ausdruck für den gleichen Effekt ist: Der Massekörper überschreitet den Ereignishorizont und verschwindet drunter.

Ein Schwarzes Loch kann nicht gesehen werden, nur die Auswirkung seiner einzigen noch verbliebenen Kraft, der Gravitation. Mit ihr zieht es Materie und Gase aus seiner Umgebung in sich hinein. Das geschieht spiralförmig mit so hoher Rotationsgeschwindigkeit, um den Ereignishorizont herum, dass ein glühender Ring entsteht, genannt Akkretionsscheibe.

In Hipo 81 auf Seite 41 wurde berechnet, dass unsere Sonne eine Masse von $2 \cdot 10^{27}$ Tonnen hat. Aus einem Stern, der dreimal mehr Masse hat als unsere Sonne, entsteht ein Schwarzes Loch, wenn sein Gas verbrannt ist. Er explodiert dann als eine Supernova und die Restmasse („Asche") schrumpft durch ihre eigene gewaltige Gravitation zu einer Kugel zusammen, mit einer Dichte, die keine elektromagnetische Strahlung mehr aussendet, also unsichtbar wird. Sollte das mit unserer Erde geschehen, müsste ihr Durchmesser von bekanntlich 12.740 Kilometer auf einen Durchmesser von nur 8 Millimeter kollabieren, um ein Schwarzes Loch zu werden. Das gilt grundsätzlich für alle kugelförmigen Massen, die auf ihren Schwarzschildradius komprimiert werden, deren Oberfläche dann Ereignishorizont genannt wird. Andere Arten von Schwarzen Löchern, auch Schwerkraft- oder Lichtfallen genannt, ihre Entstehung, Eigenschaften, verschiedene Ereignishorizonte und Singularitäten werden in einem weiteren Beitrag beschrieben.

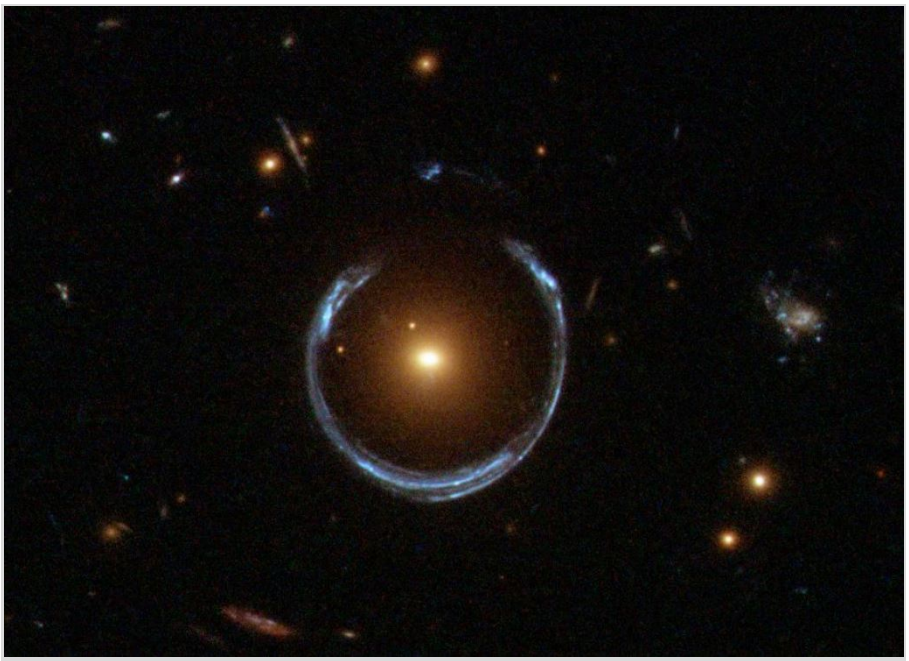

Abb. 3: Einsteinring. Zwei Galaxien befinden sich in der Sichtlinie genau hintereinander. Die vordere Galaxie (orange) wirkt als Gravitationslinse und bildet die hintere, verdeckte vier Mal verzerrt als Ringsegment ab (blau).
Bild: ESA/Hubble & NASA

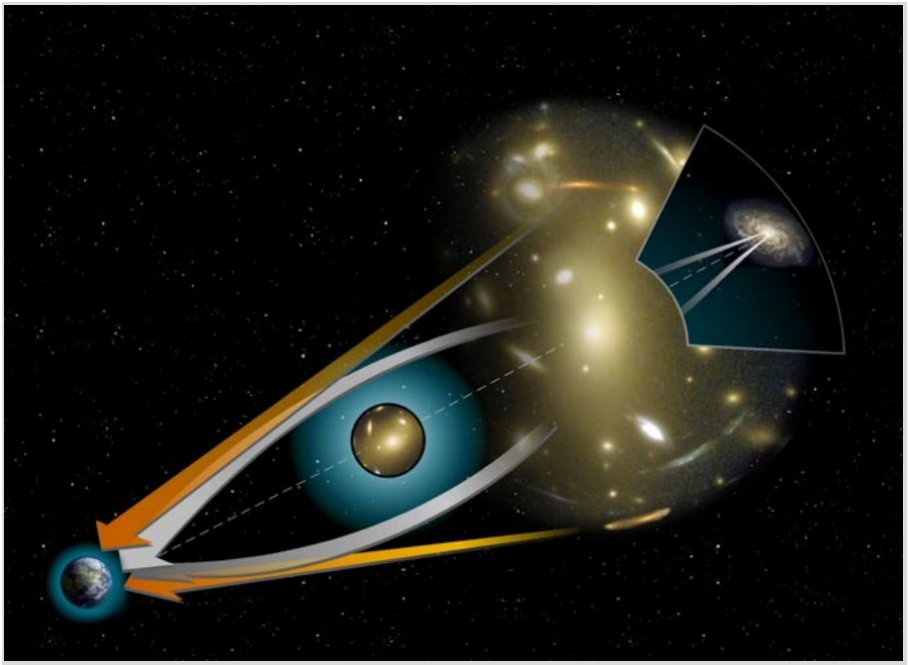

Abb. 4: Zeigt den Schnitt von Abb. 2 und das Astrofoto von Abb. 3 als 3-D Grafik. Links unten die Erde, rechts davon eine kugelförmiges Masse, die mit ihrem Gravitationsfeld die verdeckte Galaxie kugelförmig verformt und vier Mal in den Himmel projiziert.
Bild: NASA, ESA & STScI.

Das vierdimensionale Raum-Zeit-Kontinuum der allgemeinen Relativitätstheorie (ART) ist seit 1915 ein grundlegend neues Konzept der Newton'schen Schwerkraft. Sie wurde ersetzt durch das Einstein'sche Konzept der gekrümmten Raumzeit. Die nicht gekrümmte Raumzeit (ohne Berücksichtigung der Gravitation) wurde 1905 mit der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) definiert. Dabei sind drei räumliche Dimensionen mit der Zeit kombiniert, sodass Ereignisse, wie Bewegungen von Objekten und Licht im Raum, schon damals durch vier Koordinaten (x, y, z, t) mathematisch beschrieben wurden.

Das Raum-Zeit-Kontinuum beschreibt im Rahmen der ART die konkrete Form und Krümmung des Raumes. Die Gravitation wird hier nicht mehr als Kraft verstanden, sondern als eine Krümmung des Raumes, die durch Massen und Energien verursacht wird. Die Geometrie der Raumkrümmung bestimmt, wie sich Objekte und elektromagnetische Strahlung in ihr bewegen.

Die Geometrie des durch Gravitation gekrümmten dreidimensionalen, euklidischen Raumes ist auf einem zweidimensionalen Blatt oder Bildschirm darstellbar (Abb. 6). In anderen Medien wird der Raum meistens als zweidimensionales, elastisches Gitternetz mit Mulden, Gravitationsschacht und Potenzialtrichter gezeigt, angeblich zum besseren Verständnis (Abb. 5). In beiden Fällen bewegen sich Lichtstrahlen oder Himmelskörper auf gekrümmten Bahnen (Geodäten Abb. 6), wobei Zeit vergeht, was nur mit Bildsequenzen oder Video-Animationen gezeigt werden kann.

In einem Einzelbild ist es nicht möglich Raum-Zeit-Krümmung, Raum-Zeit-Geometrie oder gar ein Raum-Zeit-Kontinuum zu zeigen. Denn die Gravitation krümmt laut ART zwar den Raum, aber nicht die Zeit. Die Zeit wird laut SRT „gebremst" oder „beschleunigt", was bedeutet: Uhren gehen umso langsamer, je stärker das Schwerkraftfeld ist, in dem sie sich bewegen. (Zeitdilatation). Diese Bewegung eines Massepunktes, auf einer geodätischen Bahn, im gekrümmten 3D-Raum eines Gravitationsfeldes wird mathematisch beschrieben in einem Tensor-Feld. Hierbei müssen jedem Raumpunkt (x, y, z) noch die Zeit t und neun weitere variable Zahlen zugeordnet werden, welche die Krümmungseigenschaften der gekrümmten Raumzeit festlegen, was Raum-Zeit-Kontinuum genannt wird. Das hier genauer verständlich zu machen ist so schwierig, wie ein anschauliches Bild zu erstellen und ich verweise bei weiterem Interesse auf andere Quellen.

Gravitationswellen entstehen, wenn Massen beschleunigt werden, insbesondere bei extremen astrophysikalischen Ereignissen. Nach Einsteins ART von

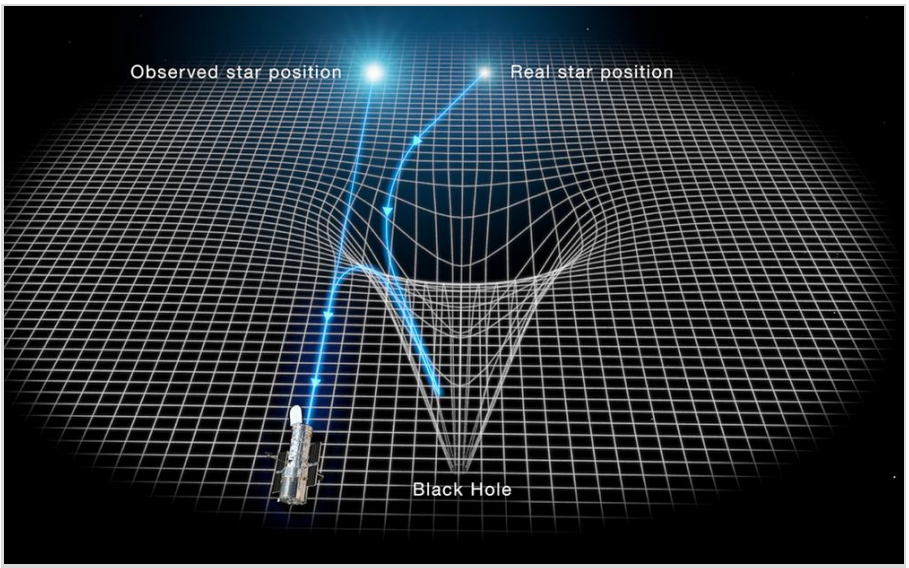

Abb. 5: Ein Potenzialtrichter ist unten offen. Aus der Gravitationsmulde ist ein Schwarzes Loch geworden, das alle Massen die ihm zu nahe kommen verschwinden lässt und Lichtstrahlen umlenkt. Es ist eine zweidimensionale Darstellung der Raumkrümmung. .
Bild: NASA, ESA, STScI, Joseph Olmsted.

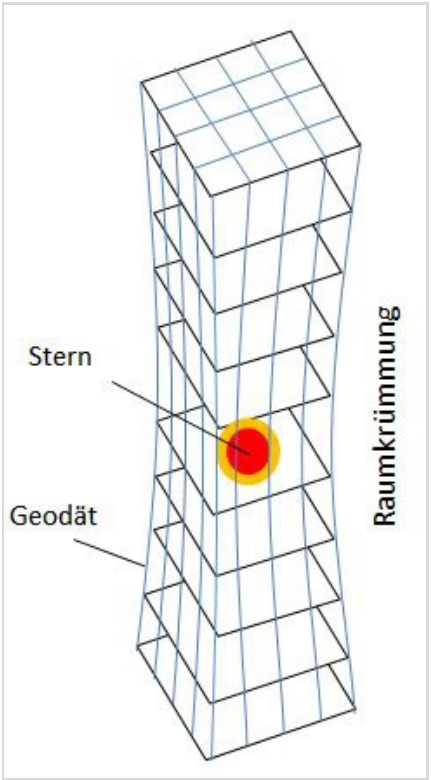

Abb. 6: Dreidimensionale Darstellung des euklidischen Raumes, der im Gravitationsfeld der Masse des Sternes gekrümmt wird (Raumkrümmungsgeometrie, Hipo 42, S. 21).
Bild vom Autor.

1915, krümmt Masse den Raum. Bewegt sich eine Masse gleichmäßig, bleibt diese Krümmung konstant. Doch wird sie beschleunigt, insbesondere in asymmetrischen Systemen, entstehen wellenförmige Störungen der Raumzeit. Besonders starke Gravitationswellen entstehen durch:

1. Verschmelzung kompakter Objekte: Wenn zwei Neutronensterne oder Schwarze Löcher umeinander kreisen und schließlich kollidieren, beschleunigen sie stark [2]. Diese spiralförmige Bewegung erzeugt periodische Verzerrungen der Raumzeit, die sich als Wellen ausbreiten (Abb. 7).
2. Supernova-Explosionen: Der Kernkollaps massereicher Sterne kann ungleichmäßig verlaufen, wodurch sich impulsartig Gravitationswellen ausbreiten.
3. Ein sich schnell drehender Neutronenstern mit einer Unregelmäßigkeit, beispielsweise einer Verformung (Asymmetrische Rotationen) sendet kontinuierliche, transversale Gravitationswellen aus. Sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit ($3 \cdot 10^8$ m·s^{-1} = $1{,}08 \cdot 10^9$ km/h), etwa 1 Milliarde km/h durch das Universum und bewirken eine Wechselwirkung mit der Raumzeit, indem sie Entfernungen zwischen Objekten periodisch strecken und stauchen. Diese Längendifferenzen, die eine Gravitationswelle bei einer ein Kilometer langen Messstrecke verursacht, liegen im Bereich von 10^{-18} Millimeter. Das ist ein Tausendstel eines Atomkerndurchmessers, weshalb sie nur mit hochsensiblen Detektoren wie LIGO und Virgo mit Interferometer gemessen werden können.

Der erste direkte Nachweis erfolgte 2015 durch LIGO, als Gravitationswellen von der Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher beobachtet wurden (Abb. 7). Albert Einstein konnte sich vor 100 Jahren selbst noch nicht vorstellen, dass solche Messungen technisch möglich sind, doch auch diese seiner Vorhersagen ist heute bestätigt und eröffnete ein neues Fenster in die Astronomie, indem nun Ereignisse im Universum durch ihre Gravitationssignaturen untersucht werden können.

Zum gleichen Thema mit dem Titel „Gravitationswellen: Ein neues Fenster in das Weltall“ gibt es am 27. Mai einen Vortrag in Wührden, vom nicht nur bei der AVL und in Lilienthal bekannten Astrophysiker, von der Sternwarte Lübeck, Dr. David Walker. Er hielt hier in Murkens Hof schon gut besuchte Vorträge am 21. 4. 2016, am 15. 11. 2017 und am 14. 5. 2019. Ich selbst durfte ihm am 11. Mai 2018 das Telescopium zeigen, und er hielt danach im Vereinsheim der Astronomische Vereinigung Lilienthal (AVL) ein Seminar für die Mitglieder. Bereits In Hipo 42, S. 15 ist ein Beitrag zu lesen von David Walker über verschiedene Weltmodelle im Zusammenhang mit dunkler Energie.

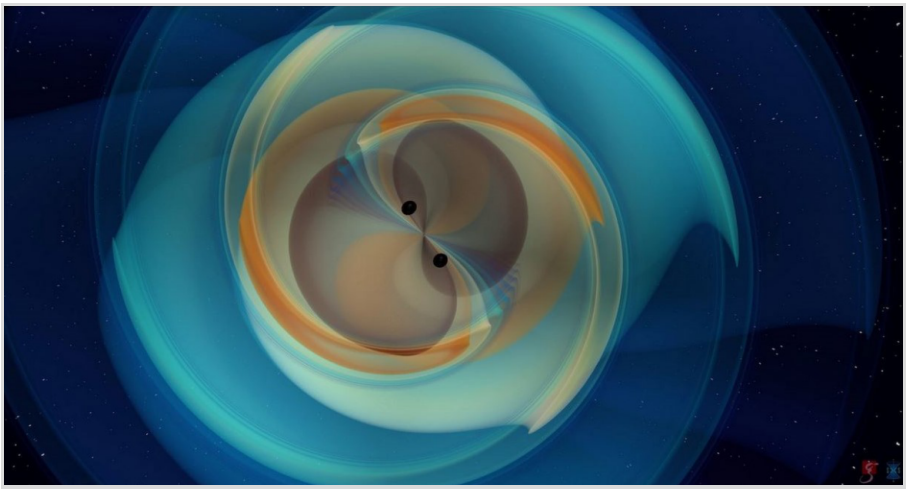

Abb. 7: Zwei, je viele Sonnenmassen enthaltende, immer schneller um einen gemeinsamen Schwerpunkt rotierende, sich in Betrag und Richtung ändernde (zweifach beschleunigt), unsichtbare schwarze Löcher wenige Minuten vor ihrer Verschmelzung.
Bild: N. Fischer, H. Pfeiffer, A. Buonanno. Mit freundlicher Genehmigung des MPI für Gravitationsphysik.

Literaturhinweise

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Gravitationslinseneffekt#/media/Datei:Black_hole_lensing_web.gif
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/General_relativity

Metallspiegel für die Astronomie - Teil 2

Der Schroetersche 27-Fuß-Spiegel

von Hans-Joachim Leue, *Hambergen*

Zur Konkretisierung der Leistungsfähigkeit astronomischer Teleskope mit Metallspiegeln, speziell der aus dem sogenannten Lilienthaler Fernrohrbau verbliebenen Exponate, wurden zahlreiche Quellen gesichtet und experimentelle Untersuchungen angestellt. Ein lang gehegter Wunsch war, den seit 1906 als Dauerleihgabe im Deutschen Museum München befindlichen Spiegel des 27-Fuß-Teleskops zu testen. Das geschah im Mai 2024 am ITO (Institut für Technische Optik) in Stuttgart im Zuges eines von der DLR geförderten Programms für das Telescopium Lilienthal.

Zur Geschichte Schroeter beschreibt an zwei Stellen zur Konstruktion und dem Betrieb des 27-Fuß-Teleskops auch etwas über dessen Spiegel und seiner Justage. Das Fernrohr wurde am 5. Dezember 1793 fertig gestellt, nachdem im Vorfeld einige sporadische Beobachtungen versucht wurden. Eine komplette Beschreibung ist aus Schroeters Schreiben vom 1. März 1794 im Astronomischen Jahrbuch für das Jahr 1797 zu finden (1). Zum Spiegel heißt es : "Nunmehro kann ich mit Vergnügen melden, dass das kühne Unternehmen eines 25 füßigen reflectierenden Teleskops, wozu der Objektivspiegel noch während der hiesigen Anwesenheit des Herrn Professor Schrader gegossen wurde, glücklich vollführt, und dass dessen Aufstellung, wie mich dünkt, zweckmäßig gerathen ist. Der Objektivspiegel, von gewöhnlicher Edwardischer, doch für ein so großes Stück etwas dauerhafter Composition, hält in der größten Corde seiner polierten Fläche 19¼ Zoll Calenbergischem Maße, ist dergestalt in Eisen gefasst, dass er mittels 4 Rollen, nicht nur vor und rückwärts, sondern auch durch 4 andere seitwärts oder um seine Axe, Behuf des Concentrierens bequem in seinen mit Kapseln versehenen Lagern bewegt wird, ob er gleich mit seiner Fassung ungefähr 180 Pfund wiegt, und daher mit einem Flaschenzuge in und aus dem Lager gebracht werden kann. Seine Brennweite beträgt im Mittel 25 Fuß." Weiter heißt es, dass seine Figur so genau sei, dass Kern-und Randstrahlen zusammen fallen und er deshalb eine 800 bis 1000 fache Vergrößerung verträgt. Bei Tests konnte Schroeter Objekte bei 3000 facher Vergrößerung noch hinlänglich deutlich sehen; so die Aussage.

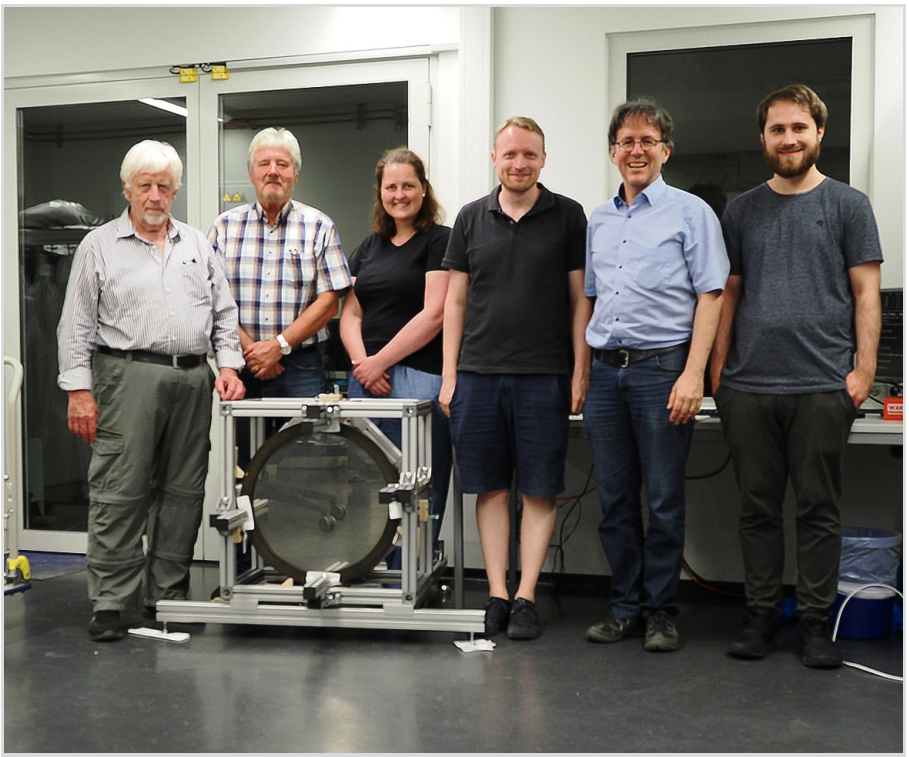

Abb. 1: Gruppenfoto mit Dame.

Die ersten Beobachtungen wurden am Mond, an Doppelsternen, in der Milchstraße und am Orion-Nebel (Messier 42/43) gemacht. Am Ende des Berichtes heißt es, dass trotz der guten „Figur" des Spiegels die Oberfläche nicht auspoliert wurde aus Furcht, den mit beträchtlichen Kosten gefertigten Spiegel nicht zu schädigen und ihn zusammen mit einem 2. geplanten Spiegel mit größerem Durchmesser fertig zu polieren, und dass diese Arbeiten von Schrader, nach dessen Versprechen, ausgeführt werden sollen. Zu diesem 2. Spiegel kann man in der Beschreibung des 27-füßigen Teleskops aus dem Jahre 1796 (2) folgendes erfahren: „So wie dieser Reflector nach und nach zu größerer Vollkommenheit gediehen ist, sind jetzt zwey Objectivspiegel, einer von 19¼ und ein zweiter neuer von 20 Zoll in der größten Chorde, dabey im Gebrauche, ersterer gegen 180 und letzterer gegen 200 Pfund schwer….. Beyde sind von gewöhnlicher Edwardischer, besonders aber der neuere größere von vorzüglich schöner, überaus dichter weiß glänzender Composition ist, deren Metall mit ungefähr 5 Pfund Arsenik abgedampft ist.,…. Die Brennweite des erste-

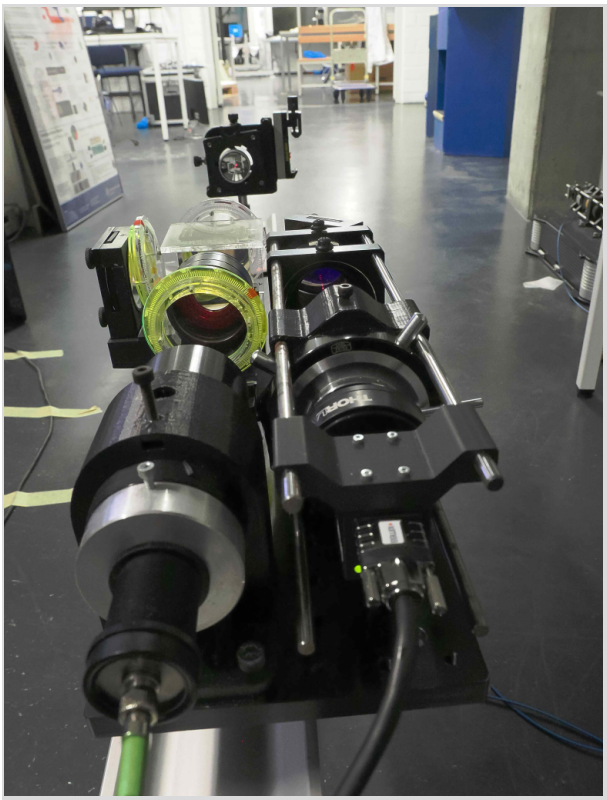

Abb. 2: Interferometer-Teststrecke.

ren betrug anfänglich, so wie zu Ende des Jahres 1793 und der Hälfte des folgenden 1794 damit beobachtet wurde, 25 Fuß, als aber der zweyte etwas größere Spiegel im Mittel auf 27 Fuß Brennweite vorsätzlich gebracht worden, wurde zu mehreren Bequemlichkeit und geschwinderm Wechsel auch der erstere eben darauf so genau umgearbeitet, dass bey beyden die 27füßigen Brennweite nicht über ½ Zoll verschieden ist.“ Schroeter erwähnt noch, dass auch beim 2. Spiegel Kern-und Randstrahlen zusammenfallen und beide Spiegel die bereits erwähnten Vergrößerungen aushalten.

Anmerkungen 1) Der Test zur Prüfung der Oberflächengestalt des Spiegels (Kugel, Parabel, Hyperbel) mittels „Kern-oder Randstrahlen“ beruht auf einem von John Mudge 1777 (3) entwickelten Blendentestverfahren. Mittels drei konzentrischer, auf dem Spiegel wechselweise aufgelegter Blenden, wird ein weit entferntes Objekt mittels Okular scharf gestellt beobachtet. Muss bei allen Blenden nicht nachfokussiert werden, ist die Oberfläche eine Parabel – so die Theorie. Es ist jedoch zweifelhaft, ob die Parabelgestalt überhaupt ermittelt werden konnte, was bereits G. C. Lichtenberg bezweifelte. Zonenfehler, eine nicht auspolierte Oberfläche oder sogenannte abgesunkene Kanten des Spiegels sind dabei schwerlich zu erkennen. Man experimentierte u.a., ob durch zentrisches Abblenden schärfere Bilder erzeugt werden können. Schrader beschreibt auch, dass es durch Kippen des Spiegels zuweilen bessere Bilder gab. Optische Tests gab es schon. Es findet sich kein Hinweis, ob sie in Zentraleuropa zur Anwendung kamen.

2) Die sogenannte Edwardische Komposition ist ein Gemisch aus Kupfer und Zinn, das mit unterschiedlichen Anteilen von den meisten Spiegelherstellern der Zeit benutzt wurde. Edward hatte viele hundert Versuche gemacht, um ein gut schleif- und polierbares Spiegelmaterial zu ermitteln (4). Er schreibt auch über den Zusatz von Arsen in der Schmelze; hält die Gefahr der Vergiftung durch das teilweise Abbrennen (Schroeter nennt es „Abdampfen“) für beherrschbar, indem man für einige Zeit die Luft anhält!

Zum Test Der Spiegel war von München in einer extra gefertigten Holzkiste angeliefert worden; das Museum schickte eine Begleitperson zur Überwachung der Testarbeiten, die auf einen Tag beschränkt waren (Abb. 1).

Vom Institut (ITO) wurde eine aus Metallprofilen gefertigte Vorrichtung bereitgestellt, in der der Spiegel sicher gelagert in die Senkrechte gekippt werden konnte. Die Testanlage erstreckte sich über zwei im Keller befindlichen Laborräumen, um die nötige Teststrecke von mindestens 16 Metern bereitzustellen. Der Spiegel wurde interferometrisch 1) als auch mit dem Interferenztest nach Ronchi 2) geprüft (Abb. 2 / Abb. 3). Mit einem Reflektometer wurde die spektrale Reflexion in RGB gemessen. Neben dem nach 1) festgestellten Astigmatismus (Abb. 5) zeigte sich mit 2), dass das Oberflächenprofil „schlecht“ ist (Abb. 6).

Mit dem Ronchitest kann zuverlässig die gesamte Spiegeloberfläche auf Zonenfehler bzw. auf ihre bildgebende Gestalt mittels Interferenzlinien dargestellt werden. Bei der zumindest bei dem Öffnungsverhältnis von 1:15 erwartbaren Kugelgestalt hätte ein intakter Spiegel nahezu parallel verlaufende Interferenzlinien zeigen sollen, die z. B. der Schradersche Spiegel eines 4-Fuß-Teleskops in Hauchs Physikalischem Cabinet als der

Abb. 3: Ronchi-Testapparaur.

Teil der Sorø Akademi in Dänemark zeigt. Dieser Spiegel ist während der Anwesenheit des Kieler Professors in den Jahren 1792/93 in Lilienthal angefertigt worden (Abb. 7).

Was wurde noch festgestellt? Mit dem gemessenen Durchmesser von 46,5 cm handelt es sich um den erst gefertigten Spiegel aus dem Jahre 1793 (Soll 19¼ Zoll = 46,8 cm). Die Bezeichnung „27fuß-Spiegel“ ist somit nicht korrekt. Die Brennweite wurde im ITO auf 7,50 Meter bestimmt und entspricht somit mehr einem 25-Fuß-Spiegel (7,30 Meter). Die Brennweitendifferenz liegt im Toleranzbereich, weil es damals schwierig war, den exakten Focus zu bestimmen. Das Maß stimmt also nicht mit Schroeters Beschreibung überein, dass er nach der Fertigstellung des 2. Spiegels auf 27-Fuß Brennweite umgeschliffen worden sei. Der Spiegel ist gemäß Schroeters Angabe auch nicht auspoliert. Seine Reflexion (im Mittel, bezogen auf einen Alu-beschichteten Glasspiegel von 88 % total) ist 12 % im Rotbereich, 15 % in Grün und 12 % Blau; total 40 %, wobei berücksichtigt werden muss, dass er sicher seit Jahren nicht nachpoliert wurde und deshalb „blind“ ist (Abb. 4).

Abb. 4: RGB-Testbild.

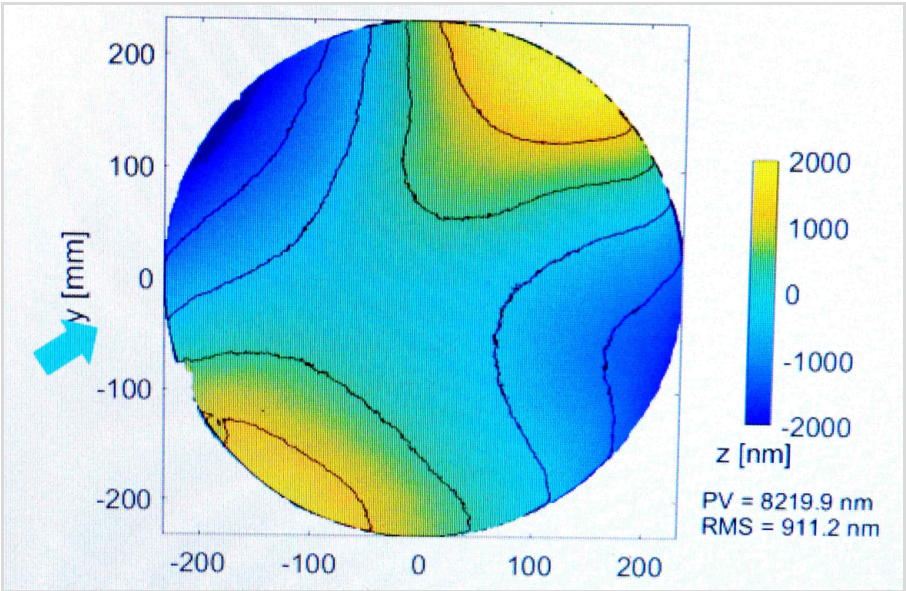

Abb. 5: 25-Fuß-Spiegel-ITO-Interferometer.

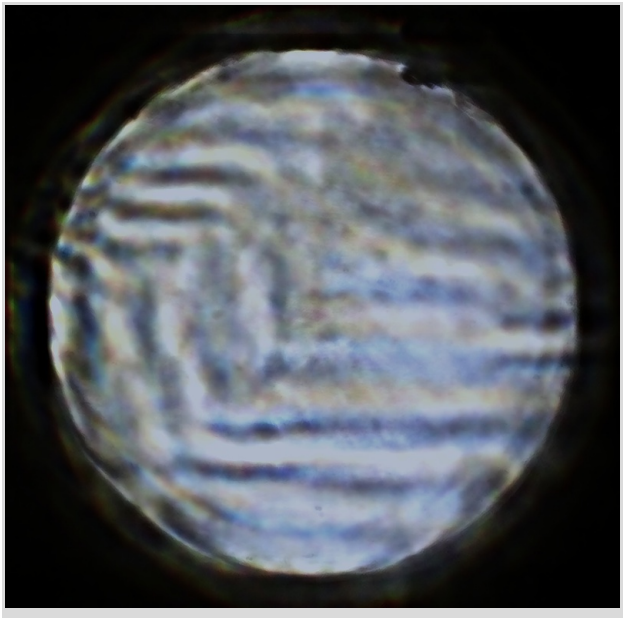

Abb. 6: Ronchi-Testbild des 25- Fuß-Spiegels.

Diskussion Schroeters Beschreibungen zu analysieren ist zuweilen schwierig. Dazu ein Beispiel: Olbers und Harding monierten zu einer Anthologie über den Orion-Nebel von John Herschel, dem Sohn von Wilhelm Herschel, dass dieser die Schroeterschen Beobachtungen nicht berücksichtigt habe. Er antwortete, dass er nicht interpretieren könne, was Schroeter geschrieben hat! Zu den Fakten: Das Ronchi-Testbild vom 27-Fuß-Spiegel überraschte und weckte die Begehrlichkeit zur Erklärung des Phänomens! Er könnte durch äußere Einflüsse verspannt worden sein! Dazu wurde ein 20-cm-Metallspiegel benutzt, den der Heimatverein Lilienthal im Jahre 1960 zur Einweihung der Heimatstube von der Wilhelm-Foerster-Sternwarte Berlin geschenkt bekam. Einzelheiten dazu und die damit angestellten Versuche werden in der HiPo Nr. 81-01/25 unter dem Titel „Metallspiegel für die Astronomie“ beschrieben. Tests, den Spiegel durch eine radiale Einspannung soweit zu verformen, dass ein ähnliches Bild der Ronchi-Linien entstehen würde, führten nicht zum Erfolg. Sie wurden aus Furcht einer möglichen Zerstörung aber auch

Abb. 7: Ronchi-Bild des Schrader-Spiegels des 4-Fuß-Teleskops in Sorø.

nicht grenzwertig betrieben. Jedoch konnte damit gezeigt werden, dass man auch mit fehlerhaften Spiegeln Beobachtungen machen kann, wenn die Vergrößerung nicht hoch ist. Und es fällt dazu auf, dass Schroeters Angaben über die angewandten Vergrößerungen in der Regel bei ca. 180- bis 250-fach lagen. Das entspricht ziemlich den geringsten, die mit den Okularen der Zeit machbar waren.

Der Anlass zu diesem Stresstest leitete sich aus der von Schroeter gefertigten Lagerung (Spiegelzelle) des Spiegels ab, die wie folgt beschrieben wird: Er ruht auf einer runden Holzplatte, die wiederum mit einer achteckigen Holzplatte verschraubt ist. Auf dieser rückwärtigen Platte sind im Quadrat vier gekröpfte mit einander verschraubte Griffe aufgeschraubt, mit denen der Spiegel in den Tubus eingebracht bzw. entnommen werden konnte (Abb. 8). Die Plattendicke ist ca. 2,5 cm. Er ist am Umfang mit vier geschlitzten Ringbändern eingespannt, die tangential mit einander verschraubt sind (Abb. 9/ Mitte). In diese Schlitze greifen vier um 180 Grad gekröpfte Stahlfedern („Springbiegel“) ein, jeweils um 90 Grad am Umfang versetzt (Abb 9 / rechts). Am abgewinkelten Ende hat jeder Federbügel eine starke Schraube, die von unten mittels Aussparungen im Achteck auf die runde Spiegelunterlage drückt.

Damit sollte der Spiegel wohl auf der Unterlage (1. Platte) fixiert werden. Das kann aber nur funktionieren, wenn der Spiegel mit den Bändern stark eingespannt wird. Die Konstruktion ist eine Art Spiegelzelle, die bei kleineren Spiegeln der Zeit jedoch sauber bearbeitet aus Messing bestand und einen Deckel hatte, damit der Spiegel gegen Anlaufen geschützt war. Diese Spiegelzelle macht einen sehr „rustikalen“ Eindruck. Schrader schreibt zu seinem 26-Fuß-Spiegel, dass der Rohling eine konische Form hatte, also keine Kreisscheibe sondern eine kegeliche Scheibe war. Einerseits, um den Spiegel bei der „brutalen“ Schleifarbeit über einer Metallschale oder mit Zonenschleifern aus Steinen vom Zerbrechen zu schützen, andererseits um den Spiegelrand besser bearbeiteten zu können. Durch die Kegelform können die Spannbänder auch größeren Druck auf den Spiegel in Richtung Auflageplatte ausüben. Wir wissen nicht, ob Schroeter das auch so gemacht hat (es ist davon auszugehen, weil Schrader die Technologie entwickelt hat). Man konnte an dem Museumsstück keine weiteren Untersuchungen machen oder Veränderungen vornehmen, um das zu überprüfen! Insgesamt also eine aufwendige Konstruktion, die sehr wahrscheinlich den Spiegel verformte, zusammen mit inneren Spannungen der Legierung.

Interessant ist die Lagerung der Spiegelzelle im Tubus: Dazu wird zum 2. Spiegel / 27-Fuß aus 1794 in einem Absatz in 2) etwas berichtet: „Das Spiegellager ist eine hinten im Rohr durch Schrauben befestigte runde Trommel von starkem überfirnistem Eisenbleche, innerhalb welcher vorne drei Centrierschrauben, gegen welche des Spiegels Fassung drückt, befestigt sind, hinten aber hinter dem Spiegel statt des bei kleineren Teleskopen gebräuchlichen Biegels, ein sehr starkes eisernes ohne Charnier, mit drei Springbiegeln (Blattfedern) und drei gegen den Spiegel drückenden Schrauben versehenes Dreieck befindlich ist….“. Dirk Langenbach, Hagen, hat dazu

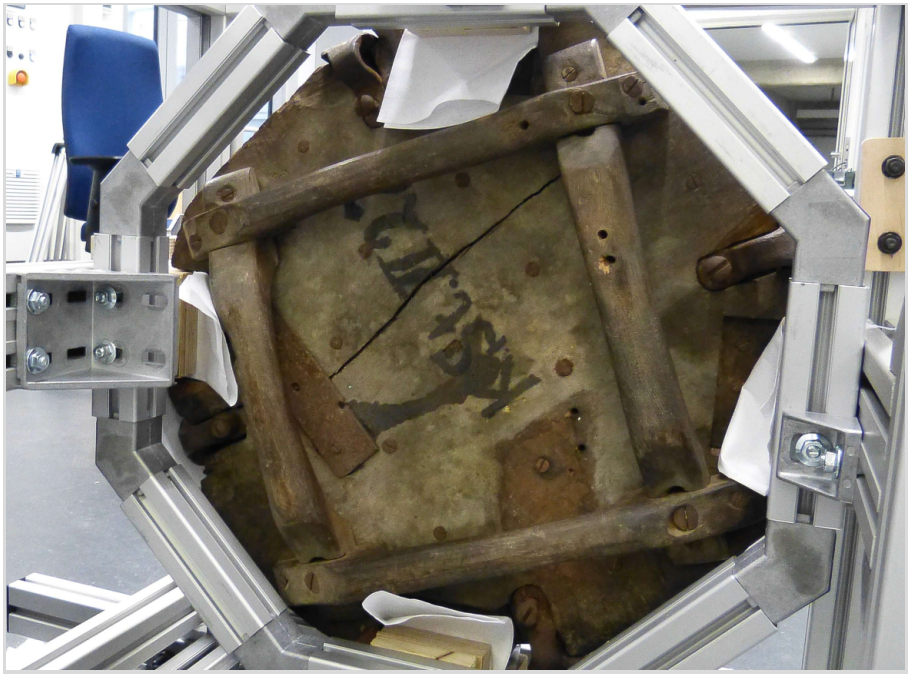

Abb. 8: Hintere Holzplatte mit Griffen und vier Federbügeln.

CAD- Bilder gemacht, die mit der Rekonstruktion das Prinzip zeigen sollen (Abb. 11-13). Das Spiegelandrucksystem erinnert sehr an eine von Wilhelm Herschel zum 10-Fuß-Teleskop in Göttingen ausgeführte Konstruktion mit einem aus Metallguss gefertigten dreieckigen Rahmen, der die Federbügel und Andruckschrauben trägt. Es ist wahrscheinlich, dass diese Lagerung auch beim ersten Spiegel so war.

Es bleibt zu vermuten, dass die hintere Platte mit den Holzgriffen nur eine Transportvorrichtung war, um den Spiegel gut aus dem Tubus zu ziehen. Denn Hinweise für eine Vorrichtung mit Federn oder Schrauben gibt es nicht. Am okularseitigen Ende des Rohrstücks sind drei Justierschrauben eingelassen, die auf den Metallring drücken und den Spiegel über die Rollen verkippen bzw. zentrieren können. Das Rohrstück wurde auf beiden Seiten mit einem passenden Deckel verschlossen, um den Spiegel vor Umwelteinflüsse zu schützen. Der über dem Spiegel liegende Metallring, ca. 8 mm stark, trägt bei der untersuchten Konstruktion vier über 90 Grad am Umfang verteilte starke und verschraubte Metallstreifen, die sich an der achteckigen Holzplatte abstützen. Sein Durchmesser, er entspricht ziemlich genau dem des Spiegels, beträgt 46,5 cm. In diese sind jeweils zwei Rollen (3 cm Durchmesser/1,5 cm dick) montiert; eine in Richtung Umfang, die andere in Tubuslängsrichtung. Dadurch kann die Spiegelzelle in einem im Tubus befindlichen Rohrstück verschoben und gedreht werden (s. Abb. 9 / links).

Bei der vorhandenen Spiegelzelle zum ehemals 25-Fuß-Spiegel sind allerdings im vorderen Metallring vier Bohrungen für die Justierschrauben, wie auch vier Federn. Wahrscheinlich hat Schroeter erkannt, dass damit das Justieren schwierig, ja sogar unbestimmt ist, und es wurde beim zweiten Spiegel auf 3-Punktlagerung umgestellt.

Abb. 9: Spiegelzelle Seitenansicht.

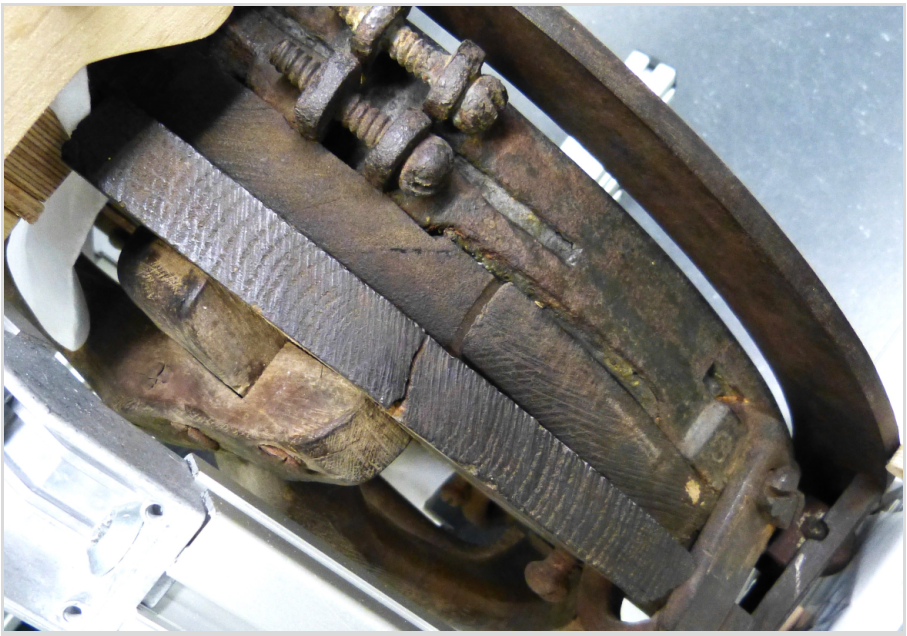

Abb. 10: Risse in beiden Holzscheiben.

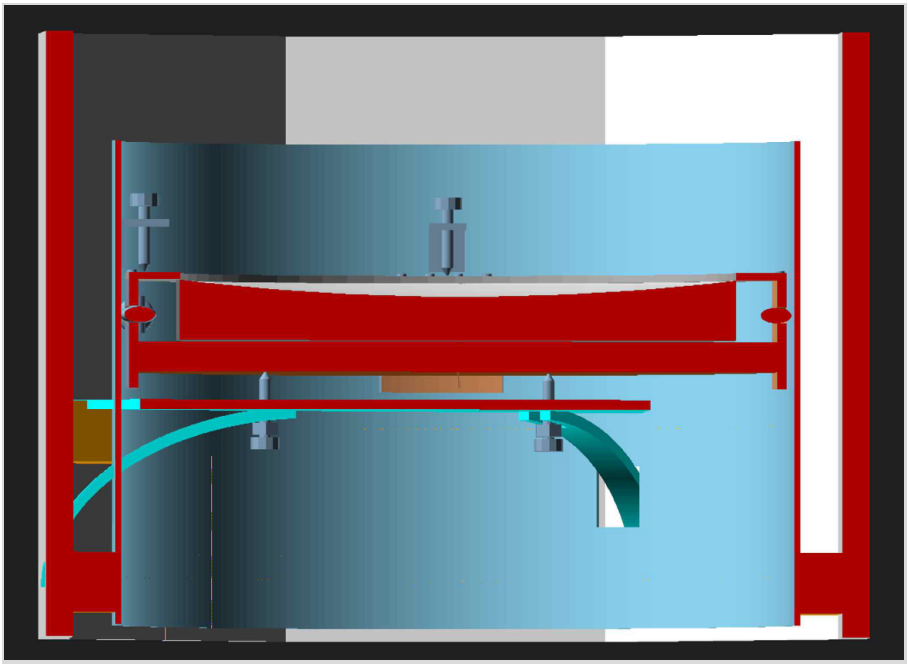

Abb. 11: Mittenschnitt.

Ergebnisse Es ist zweifelhaft, ob der erste Spiegel aus 1793, den Schroeter wohl selbst geschliffen und poliert hat, tatsächlich auf 27 Fuß umgearbeitet wurde und die Brennweitendifferenz tatsächlich ½ Zoll betragen hat. Er ist auch nicht auspoliert, was man bei einer Überarbeitung sicher nicht gelassen hätte! Bei einem so langbrennweitigen Spiegel ist es auch heute ohne optische Hilfe schwer, die Brennweite so exakt zu bestimmen. Bei einer Differenz von 25 zu 27 Fuß, das sind ca. 60 cm, hätte die Tubuskonstruktion zudem ein Rücksetzen des Spiegels zulassen müssen, oder der Hub des seitlichen Okularschlittens hätte unwahrscheinliche 60 cm sein sollen. Der zweite Spiegel mit vermeintlich 27 Fuß Brennweite ist dann von Schrader geschliffen und poliert worden, der dazu wohl extra wieder aus Kiel gekommen sein muss. Leider kann die optische Beschaffenheit dieses Spiegels, der sich im Heimatmuseum in Lilienthal befindet, nicht geprüft werden, da er in den 1920er Jahren im Auftrag der Göttinger Sternwarte zwecks Weiterverwendung umgearbeitet wurde (was nicht gelang!!!). Der Astigmatismus, der sich im Ronchibild mit den abgeknickten Interferenzlinien zeigt, könnte wie folgt erklärt werden: Die Holzscheibe auf der Spiegelunterseite hat einen durchgehenden Riss. Die untere Scheibe allerdings auch, warum auch immer (Abb. 10). Sie sind nicht aus Leimholz; die Scheiben sind offenbar aus der Baumscheibe gemacht worden. Material nach Sicht ist Eiche, so dass Trockenrisse unwahrscheinlich sind. Wenn der Spiegel einseitig oder beidseitig über eine Mittelachse verformt wurde und die Unterlage nicht gerade oder platt ist, verformt sich diese und es kommt zur Rissbildung. Beulung kann keine Optik vertragen, ohne das Bild zu beeinträchtigen. Und im Interferometerbild sieht man die sattelartige Gestalt der Oberfläche (Abb. 5). Moderne Glasspiegel machen Astigmatismus bereits bei geringen Druckbelastungen.

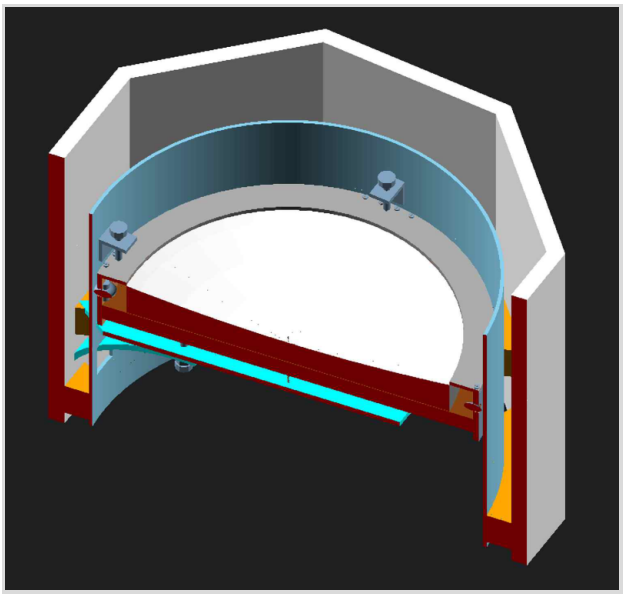

Abb. 12: Ansicht von oben.

Möglicherweise ist der Effekt mit der Zeit aufgetreten, denn die geraden Ronchilinien in den Randzonen lassen den Schluss zu, dass der Spiegel ehemals gut gewesen sein könnte. Mit Hilfe der gemachten Fotos konnte über eine spiegelfrontseitige Markierung die Lage der Risse zu den Spannbändern und den Federbügeln ermittelt werden. Es zeichnet sich eine quer über den Spiegel verlaufende Linie ab, die beidseitig von den Spannbändern flankiert wird. Warum sollte man einen guten, mit unendlicher Mühe, hohen Kosten und über Monate hergestellten Spiegel durch einen zweiten ersetzen, nur um ihn evtl. gelegentlich einmal auszu- tauschen? Ich denke, der erste Spiegel ist nicht umgeschliffen worden, weil er nach seiner Fertigstellung schon nicht sehr gut war. Das kann auch der Grund gewesen sein, einen zweiten Spiegel anzufertigen, der dann die Bilder geliefert hat, die zu den detaillierten Beobachtungen z. B. am Orion-Nebel führten. Zu dumm, dass er jetzt im Heimatmuseum in einem für historische Untersuchungen seiner optischen Qualität unbrauchbaren Zustand sein Dasein fristet.

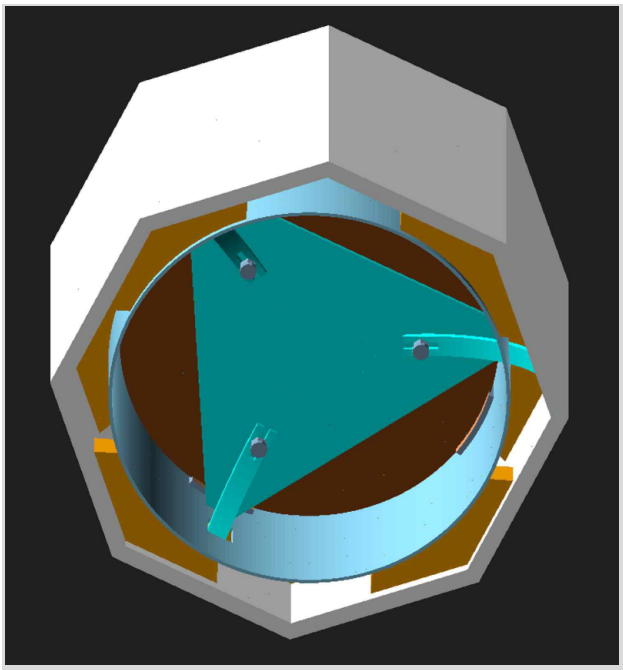

Abb. 13: Ansicht von unten.

Literaturhinweise

1) Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1797, Seite 184-203,“ Beschreibung eines zu Lilienthal zu Stande gebrachten 25füßigen Newtonischen Reflectors…“.

2) „Beschreibung des Lilienthalischen 27füßigen Telescops mit practischen Bemerkungen…“, Aphrotitografische Fragmente zur genauern Kenntnis des Planeten Venus, 1796, Seite 199-250.

3) Mudge, John, „Directions for making the best composition for the metals of reflecting telescopes… „; Philosophical Transaction of the Royal Society of London, Vol. 67, 1777.

4) Edwards, John, „Anweisung, die beste Composition zu den Metallspiegeln der Teleskope zu machen“, Wien 1805.

Das Telescopium und die künstlerische Intelligenz

von Hans-Joachim Leue, *Hambergen*

Helmut Minkus warf am Ende seines Artikel „Geschichten vom Telescopium Lilienthal" in der HiPo Nr. 81 die Frage auf, ob die KI auf Artikel der Zeitschrift zugreifen kann, darf und ob sie diese findet. Mein Sohn Andreas hatte mehr aus Spaß an der Freud im Laufe einer akademischen Arbeit zu spezifischen Themen einmal KIs getestet. Helmuts Vorgabe war: „Eine Geschichte zum Telescopium". Und das haben wir dann gemacht!
Zum Selbstlesen; das Ergebnis mit ChatGPT war wie folgt:

„Das Telescopium Lilienthal war eines der größten und ambitioniertesten Teleskopprojekte des 18. Jahrhunderts. Es wurde von dem deutschen Astronomen Johann Hieronymus Schröter in der Stadt Lilienthal nahe Bremen gebaut und galt als eines der bedeutendsten astronomischen Instrumente seiner Zeit.

Die Geschichte des Telescopium Lilienthal – der Traum eines Sternenforschers Johann Hieronymus Schröter (1745-1816) war eigentlich ein Verwaltungsbeamter, doch seine Leidenschaft galt der Astronomie. In seiner Freizeit baute er in Lilienthal eine Privatsternwarte, die bald europaweit bekannt wurde. Sein Ziel war es, den Mond, Planeten und Deep-Sky-Objekte mit bisher unerreichter Präzision zu studieren.
Er begann mit kleineren Teleskopen, doch 1793 beauftragte er den berühmten britischen Optiker Friedrich Wilhelm Herschel mit der Anfertigung eines riesigen Spiegelteleskops. Das Ergebnis war das Telescopium Lilienthal – mit einer Brennweite von 27 Fuß (ca. 8,2 Meter) und einem Spiegeldurchmesser von 50 cm eines der größten Teleskope seiner Zeit.

Die goldene Ära der Lilienthaler Sternwarte Mit diesem Teleskop machte Schröter detaillierte Beobachtungen der Mondoberfläche, der Ringe des Saturn, der Jupiter-Monde und der Venus-Atmosphäre. Seine Sternwarte zog Wissenschaftler aus ganz Europa an, darunter den jungen Friedrich Wilhelm Bessel, der später einer der bedeutendsten Astronomen wurde. Schröter war besonders fasziniert von der Idee, dass es auf anderen Planeten vielleicht Leben geben könnte. Er glaubte, auf der Venus eine Art Atmosphäre erkannt zu haben – eine Theorie, die sich später als falsch herausstellte.

Das tragische Ende Die Blütezeit des Telescopium Lilienthal endete abrupt mit den Napoleonischen Kriegen. 1813 marschierten französische Truppen in Norddeutschland ein und verwüsteten Lilienthal. Schröters Sternwarte wurde geplündert und zerstört, das Teleskop wurde beschädigt und später nicht wieder aufgebaut. Schröter starb nur wenige Jahre später, 1816, und sein Werk geriet in Vergessenheit. Doch seine Forschung hatte einen bleibenden Einfluss: Viele seiner Beobachtungen wurden von späteren Astronomen aufgegriffen und weiterentwickelt.

Vermächtnis Heute erinnert wenig an das Telescopium Lilienthal, doch Schröters Arbeit hat die Astronomie maßgeblich beeinflusst. Lilienthal gilt als eine der ersten bedeutenden Astronomiestädte Deutschlands, und Schröters Beobachtungen halfen dabei, die Grundlage für moderne Planetenkunde zu legen."

Da ist man von den Socken! Kommentar überflüssig! Die Quelle war wohl zu suchen; es wurde angesichts der „Schlimme" des Beitrages das jedoch nicht weiter untersucht; sieht aber nach „OpenSource" aus.
Ein für mich interessanteres Thema war u.a. die Geschichte vom Wiederauffinden des Planetoiden Ceres nach seiner Entdeckung durch Piazzi im Frühjahr 1801. Lilienthal mit der hier im September 1800 gegründeten AG zum Aufsuchen des vermuteten Planeten zwischen der Mars- und der Jupiter-Bahn war ja unmittelbar involviert. Und es ist ja offenbar auch ein ewiges Thema. Obwohl das Procedere in Jahrbüchern und astronomischen Journalen der Zeit in epischer Breite dargelegt wird, liest man immer wieder und immer noch falsche Angaben. So auch zur Mär vom abgebrannten Observatorium in Lilienthal. Es ist bekannt, dass Leute, die sich für kompetent halten, ungeprüft ohne eigene Recherche voneinander abschreiben.
Prof. Peter Brosche, damals noch Sternwarte Hoher List, einer der renommierten Astro-Historiker, hatte es bei der AG-Tagung im Jahre 2000 in Lilienthal zum Anlass genommen, „Die Wiederauffindung der Ceres 1801" mit vielen Quellen der Fachwelt (noch einmal?) vorzustellen (Nachzulesen in Acta Historica Astronomiae Vol. 14, 2002). Wenn ich das nach ca. 25 Jahren noch richtig im Gedächtnis habe, teils mit Frust, teils mit einem Schuss an Jovialität.
Kurz zum Inhalt: Wilhelm Olbers hatte die Ceres am 1./2. Januar 1802 in Bremen wiedergefunden, und er war war wohl der erste, der die Entdeckung publizierte. Franz Xaver von Zach (Gotha) hatte den Planetoiden Anfang Dezember 1801 wohl gesehen, konnte das aber we-

gen schlechten Wetters nicht konkretisieren, was erst am 30./31. Dezember 1801 gelang.

Olbers hat das unmittelbar danach klar gestellt, so dass von Zach richtigerweise an erster Stelle war. Man kann sich fragen, was soll's ? Na ja; es war das das erste Mal in der Astronomiegeschichte, dass ein Objekt nach einer vorläufigen Bahnberechnung durch Gauss auf Grund unzuverlässiger Positionsdaten bei der Entdeckung in unmittelbarer Nähe des Ortes der Berechnung aufgefunden wurde.

Ein Meilenstein in der Wissenschaftsgeschichte, deren Metze es verdient haben, richtig genannt zu werden!

Brosche löste die vermeintlichen, durch nachlässige, zeitverzögerte und schlampige Berichterstattung entstandenen Widersprüche am Ende so auf: „Heinrich Wilhelm Olbers hat so viele gute echte Leistungen im Ensemble seiner Kronjuwelen, dass der Glasdiamant dieser Wiederentdeckung weit eher eine Beleidigung als eine zusätzliche Zierde darstellt. Er selbst hat ihn nicht zu verantworten, und ich bitte seine Freunde, ihn für immer damit zu verschonen."

Nun waren wir gespannt, was die KI dazu sagte: Die bekannteste zierte sich offenbar und gab (sicherheitshalber?) beide Daten (Olbers und von Zach) an. Man kann sich aussuchen, was man möchte. Die andere, Hurra, hatte alles richtig gemacht. Offenbar hatte sie die passende Quelle gefunden. Geplant oder mehr zufällig? Ich fürchte, das ist bei verwandten Themen ähnlich!? Was könnten die Freunde der asozialen Netzwerke daraus lernen, wenn noch nicht einmal eine „Intelligenz" gesicherte Ergebnis liefert?

Aber möglicherweise liegt das in der Zeit der FakeNews alles im Unschärfebereich des Systems. Wenn eine KI es zur Zeit (noch nicht) kann, weil der Algorithmus schlecht ist, dann bitte eine Relevanz angeben. Aber dabei beißt sich das System ja in den Schwanz.

Ich frage mich ohnehin, wer auf die „Schnapsidee" gekommen ist, eine (offenbar noch „dumme") Suchmaschine mit einer Intelligenz zu verknüpfen; bestenfalls ist es eine „künstlerische", aber da muss man schon gnädig sein.

Das mag auf lange Sicht nicht so bleiben; denn es soll Anzeichen geben – übrigens schon in den 1960er Jahren prognostiziert - dass man eines Tages nicht mehr weiß, was die programmierte Maschine so macht; sie aber sicher" ist. Das werden dann Goldene Zeiten - deren Dämmerungseffekte einige unserer internationalen Freunde bereits beginnen zu genießen - wenn keiner mehr zur Schule gehen muss, das Abschreiben für den, der überhaupt noch des Schreibens mächtig ist, keinen Sinn mehr macht.

Ich denke, dann ist es aber auch egal, wer die Ceres zuerst gesehen hat.

Impressum

„Die Himmelspolizey"
ist die Mitgliederzeitschrift der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e.V. (AVL). Sie erscheint alle drei Monate. Sie wird in Papierform und online unter www.avl-lilienthal.de veröffentlicht.

Der Name der „Himmelspolizey" leitet sich von den 24 europäischen Astronomen ab, die im Jahre 1800 auf die gezielte Suche nach dem „fehlenden" Planeten zwischen Mars und Jupiter gingen. Entdeckt wurde letztendlich der Asteroidengürtel, von dem geschätzt wird, dass er bis zu 1,9 Millionen Mitglieder enthält.

Einer der Gründer war Johann Hieronymus Schroeter, der hier in Lilienthal eines der größten Teleskope seiner Zeit betrieb. In Anlehnung an ihn und die grandiose Geschichte der ersten Lilienthaler Sternwarte trägt diese Zeitschrift ihren Namen.

Mitarbeiter der Redaktion
Alexander Alin
E-Mail: hipo@avl-lilienthal.de

Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe ist der **15. Mai 2025**. Später eingeschickte Artikel und Bilder können erst für spätere Ausgaben verwendet werden. Die Redaktion behält sich vor, Artikel abzulehnen und ggf. zu kürzen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht zwangsläufig die Meinung der Redaktion wider. Durch Einsendung von Zeichnungen und Photographien stellt der Absender die AVL von Ansprüchen Dritter frei.

Verantwortlich im Sinne des Presserechts ist
Alexander Alin, Hemelinger Werder 24a, 28309 Bremen.
ISSN 1867-9471
Nur für Mitglieder

Erster Vorsitzender
Gerald Willems.....(04792) 95 11 96

Stellv. Vorsitzender
Dr. Kai-Oliver Detken.....(04208) 17 40

Schatzmeister
Dr. Jürgen Beisser.....(04298) 41 94 98

Schriftführung
Jürgen Ruddek.....(04298) 20 10

Redaktion der Himmelspolizey
Alexander Alin.....(0421) 16 13 87 91

AG Astrophysik
Dr. Manfred Zier.....(04292) 93 99

Deep Sky-Foto-AG
Gerald Willems.....(04792) 95 11 96

AG Beobachtende Astronomie
Dr. Jürgen Beisser.....(04298) 41 94 98

Internetpräsenz und E-Mail-Adresse der AVL:
www.avl-lilienthal.de; vorstand@avl-lilienthal.de

Das Sonnensystem - Eine schrecklich komische Familie

von Alexander Alin, *Bremen*

Es ist April geworden. Schleichend hat sich der Winter auf Urlaub auf die Südhalbkugel begeben, und der Frühling lässt bei uns sein laues Lüftchen wieder flattern. Bald wird es Sommer, die Jahreszeit, in der wir über die Hitze stöhnen und uns auf den kommenden kalten Winter freuen. Aber noch sehen wir frohen Mutes in Richtung Juli und August. Es ist die Zeit, wo man die kurze Nacht unter dem Sternenhimmel bei einem kühlenden Getränk genießt und vielleicht seine Gedanken über das Universum abschweifen lassen kann – oder auch nicht.

Kultur

Stellen wir uns also einmal vor, wir sitzen in einem Liegestuhl, irgendwo auf der Erde, vielleicht während der beliebten Schnuppenparty in Wührden und nippen an einem fruchtigen Cocktail und blicken zum Himmel. Man erspäht ein paar Wolken, eine Fledermaus, Sterne und… nanu, was ist das? Ein Planet, und dort hinten noch einer! Aber diese hellen Punkte am Firmament sind nicht einfach nur Planeten – das ist unser Sonnensystem! Und auch wenn es aussieht, als wäre es eine riesige, leuchtende Familie, in Wirklichkeit ist es eher ein chaotisches, gut gelauntes Team von Himmelskörpern, die sich ständig im Kreis drehen – wie ein witziger Familienausflug, bei dem keiner den Plan kennt. Inmitten der unendlichen Weiten des Universums stehen die Planeten als individuelle Akteure wie die Mitglieder der Familie, die uns dazu einladen, über unsere eigene Rolle im großen Ganzen nachzudenken.

Jeder Planet in unserem Sonnensystem erzählt eine eigene Geschichte: **Merkur,** der kleinste und sonnennächste Planet ist der kleine Bruder, der quirlige und flinkeste von allen. Der Flitzer unter den Planeten, schließlich ist er der Bote der Götter mit geflügelten Schuhen. Er ist ständig in Bewegung und kaum zu greifen. Kaum ist er mal mit von der Partie, ist er auch schon wieder woanders unterwegs.

Die Venus - sie wird gerne als Schwester der Erde bezeichnet. In ihr steckt soetwas wie die Dualität von Schönheit und Gefahr. Sie ist die Drama-Queen in der Famile Sonnensystem, aber auch ein wenig der Paradiesvogel. Sie ist heiß und hat Style. Wo die Venus auftaucht, zeigt sie uns versteckte extreme Bedingungen, gleich einer Mahnung, dass hinter einer ansprechenden Fassade oft unerwartete Herausforderungen lauern. Bei genauem Hinsehen lauert hinter der leuchtenden Persönlichkeit etwas unnahbar Dunkles.

Der Mars ist der Rote Planet. In der Planetenfamilie ist er der etwas zurückgebliebene und langsame Bruder der Erde. Er ist auch ein Symbol für Entdeckung, mit seiner roten, an Blut erinnernden Farbe dennoch ein Zeichen für Krieg. Die Menschheit hat immer nach den Sternen gestrebt, und Mars steht für den unstillbaren Drang, das Unbekannte zu erforschen. Wenn wir einmal einen Planeten betreten, dann ihn! Diese Suche nach Wissen und Verständnis ist ein zentraler Aspekt unserer Existenz. Sie treibt uns an, über den Tellerrand hinauszuschauen und neue Horizonte zu entdecken, sowohl im physischen als auch im metaphysischen Sinne. Und vielleicht sitzen unsere Nachfahren dereinst vor ihrem Häuschen auf dem Mars und sehen zur blauen Erde hinauf und denken „Dort ist er, der Mutterplanet, der einmal so ein lebendiger Planet war wie wir“.

Abb. 1: Merkur, der flinke und quirligste von allen, hier mit Flügelhelm aber ohne seine geflügelte Latschen.
Bild: Gemälde von Hendrick Goltzius, Frans Hals Museum, Haarlem. Gemeinfrei

Jupiter, der größte Planet, ist der Herrscher des Sonnensystems. In einem kosmischen Schachspiel wäre er der König, ohne den das Spiel beendet wäre. Mit seinem massiven Gravitationsfeld zieht er alles an – Asteroiden, Kometen, und sogar die kleineren Planeten. Er reinigt damit das Sonnensystem von schädlichen Elementen.

Der Blick an den Himmel auf den Jupiter erinnert uns daran, dass wir Teil eines viel größeren Ganzen sind, in dem jede Entscheidung und jede Handlung Wellen schlägt. Denn ohne die Anwesenheit des schweren Planeten im Sonnensystem wäre das Leben auf der Erde wahrscheinlich gar nicht möglich.

Jupiter ist ein unruhiger Geist. Seine Atmosphäre besitzt beeindruckende Wolkenstrukturen, die sich teilweise zu beständigen Wirbelstürmen entwickelt haben – wie den „Großen Roten Fleck". Jupiter kommt nie zur Ruhe. Und mit seinen 95 Monden, die ihn umkreisen und die er mit seinen Gezeitenkräften durchwalkt, wird vermutlich nie richtig Ruhe im Jupitersystem einkehren.

Abb. 2: Mars und Venus.
Bild: Römisches Fresko aus Pompeii, ca. 1. Jahrhundert n. Chr. Gemeinfrei.

Abb. 3: Kronos (Saturn) verschlingt seine Kinder.
Bild: Gemälde von Peter Paul Rubens, Museo del Prado, Madrid. Gemeinfrei

Saturn ist der schillernde Star mit den Ringen, liebevoll „der Herr der Ringe" genannt. Im Schachspiel des Sonnensystems wäre er allerdings eine Sie, nämlich die Königin. Dieses Jahr jedoch zeigt sich die Königin nackt – wir kreuzen die Ringebene und sehen auf die Kante der hauchdünnen Ringe. Die Mystizität des zweitgrößten Planeten verschwindet – und macht ihn dadurch noch geheimnisvoller. Und wie es sooft in der Welt des Glitzers ist, so hat auch Saturn seine dunkle Seite: In der griechischen Mytholgie hat Saturn – dort Kronos (Κρόνος) genannt – seine Kinder verschlungen und wurde schließlich von seinem sechsten Kind, Jupiter, überwältigt und besiegt. Im Sonnensystem verschlingt Saturn höchstens mal seine Ringe, die er aber wieder freigibt oder ab und an mal einen Kometen.

Weit abgeschlagen am Rande es Sonnensystems finden wir **Uranus und Neptun**. Sie verbergen sich vor unserem Blick im Dunkel. Doch sollte man sich Uranus' Lebensweisheit zu Herzen nehmen: Der Planet dreht sich quasi auf der Seite – er hat das Prinzip „alles ist besser, wenn man es aus einer anderen Perspektive sieht" verinnerlicht. Er schaut sich das Sonnensystem an und denkt sich: „Warum nicht mal die Perspektive wechseln?". Etwas, das man im wahren Leben viel zu selten tut! In einer Welt, die oft von Rationalität und Logik geprägt ist, sollte man immer daran denken, dass es auch Raum für Intuition, Kreativität und das Unbewusste gibt!

Die Sonnenfinsternis vom 29. März 2025

Am Vormittag des 29. März 2025 fand in Europa eine partielle Sonnefinsternis statt. Nirgendwo auf der Erde war eine totale oder ringförmige Sonnenfinsternis sichtbar. Bei uns in Norddeutschland wurden bei bestem Frühlingswetter etwa 21 % der Sonnenscheibe vom Neumond bedeckt.

Aus dem Anlass der Sonnenfinsternis fand am Telescopium in Borgfeld der „Bundesweite Astronomietag 2025“ statt, zu dem uns über 100 Besucher, darunter viele Kinder, besuchten. Sie hatten die Möglichkeit durch unterschiedliche Geräte die partielle Sonnenfinsternis zu beobachten.

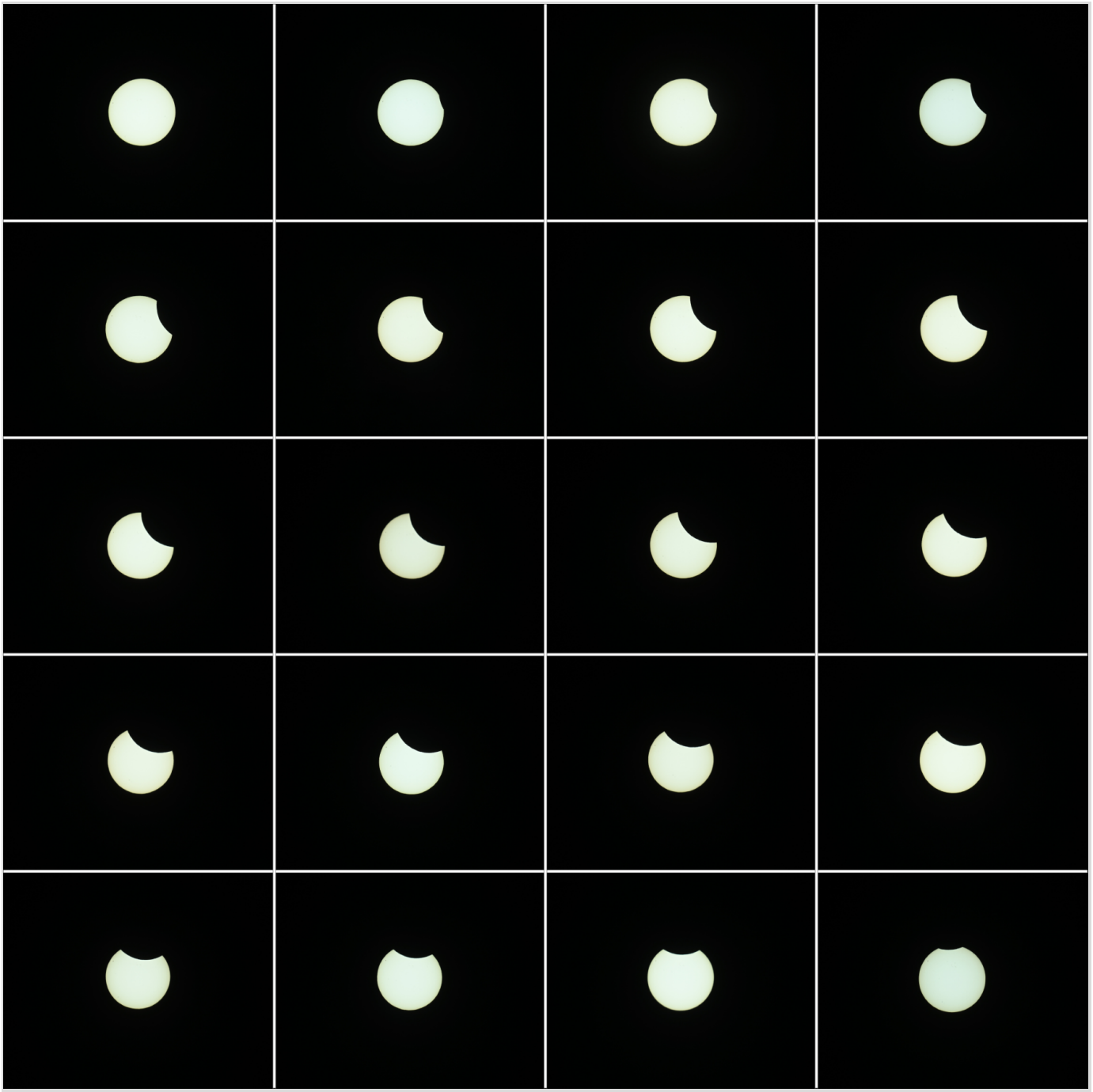

Abb. 1: Collage der Sonnenfinsternis. Aufgenommen am 29. März 2025, zwischen 11:25 und 13:05 Uhr im 5-Minuten-Abstand.
Kamera: Nikon Z7II, 600 m Brennweite, f/22 und 1/8000 s Belichtungszeit.
Alle Bilder: Alexander Alin, AVL