



64

10/20

ISSN 1867-9471

Schutzgebühr 3 Euro,
für Mitglieder frei

EIN KOMET AM SOMMERHIMMEL
Alles über den Kometen NEOWISE

EIN TELESKOP ZUM PHOTOGRAPHISCHEN EINSATZ
Selbstbau eines 10" Astrographen

Die Himmelspolizey
Jahrgang 16, Nr. 64
Lilienthal, Oktober 2020

Inhalt

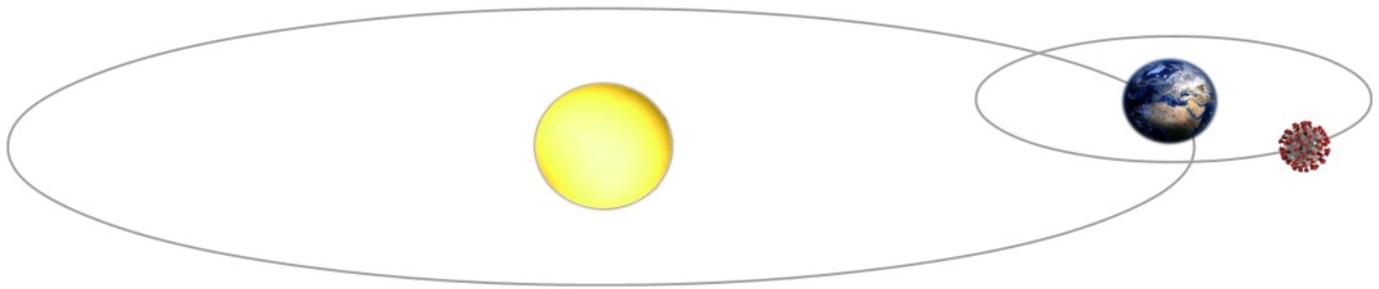
Die Sterne.....	3
Komet C/2020 F3 NEOWISE	
<i>Foto des Monats August.....</i>	<i>4</i>
Impressum.....	11
Ein Komet auf'm Dach.....	12
10" Astrograph.....	21
Ein Leben für die Astronomie	
<i>Leben und Forschung der Herschel-Familie.....</i>	<i>32</i>
Einsteins revolutionäre Hypothese	
<i>Die Erklärung des Photoeffekts durch Einführung der Energiequanten im Jahre 1905.....</i>	<i>40</i>
Der Weltraum: Er gehört mir... er gehört mir nicht...	
<i>Die Teil 1: Geschichtlicher Rahmen.....</i>	<i>44</i>
Neues aus der Bibliothek.....	49
Geschichten vom Telescopium Lilienthal	
<i>Beitrag 15: Der erste Wechsel des großen Hohlspiegels.....</i>	<i>50</i>
Venus-Plejaden-Konjunktion.....	54

Der Sommer des Jahres 2020 wird definitiv als eine Besonderheit in die Geschichtsbücher eingehen. Nicht nur epidemiologisch und gesellschaftlich sondern auch astronomisch. Der Komet NEOWISE beherrschte den nördlichen Sommerhimmel bei uns. Unsere Mitglieder haben die Chance genutzt und - mit gehörigem Abstand zueinander - viele Bilder des Kometen aufnehmen können und dabei seine Wanderung und Veränderungen am Himmel dokumentieren können.

Diese Ausgabe der Himmelspolizey ist daher zum großen Teil C/2020 F3 NEOWISE gewidmet.

Titelbild: Collage mit Bildern des Kometen NEOWISE.

Bild: Verschiedene Autoren der Photo-AG der AVL.



Die Sterne, liebe Freunde, und vor allem die Sternbilder werden zu manchen Zeiten von besonderen Erscheinungen bereichert. So war es jedenfalls im Juli dieses Jahres. Nachdem wir über viele Jahre keinen Kometen zu Gesicht bekommen hatten, der auch dem "unbewaffneten" Auge zugänglich war, besuchte uns sehr überraschend der Komet C/2020 F3 NEOWISE und sorgte mit seinem Erscheinen für Aufregung. Es dürfte kaum einen astronomisch Interessierten gegeben haben, der nicht auf irgendeine Weise die Entwicklung dieses hellen Brockens verfolgt hätte. Auch wir in der AVL waren auf dem Plan, wie sich auf der Titelseite dieser HiPo bereits zeigt. Eine gemeinschaftliche Aktion der Foto-AG, über die ich mich selber sehr gefreut hatte. Näheres dazu findet ihr im Inhalt dieses Heftes.

Nach wie vor ist unser Vereinsleben durch die Corona-Pandemie stark beeinflusst. Noch immer sind alle öffentlichen Veranstaltungen abgesagt und selbst für das kommende Jahr noch nicht planbar. Zum Astronomietag am 24. Oktober soll es eine Ausnahme geben. Da diese Veranstaltung aber ausschließlich im Freien stattfinden soll, lassen sich die vorgeschriebenen Regeln leicht umsetzen. Nach der Beratung mit dem Gesund-

heitsamt in OHZ haben wir ein Konzept erstellt, das für uns durchführbar ist. Wir wollen versuchen, den Besuchern mit Hilfe von an Teleskopen angeschlossenen Kameras auf Monitoren Bilder der Himmelsobjekte zu zeigen. Sollte das Wetter mitspielen, könnte dieses Vorhaben gelingen und wäre vielleicht sogar künftig eine Bereicherung unserer Veranstaltungen unter freiem Himmel. Die Ankündigung dieser Veranstaltung mit dem Hygienekonzept befindet sich bereits auf unserer Homepage.

Wie ihr alle wisst, mussten wir unsere Mitgliederversammlung, die für April geplant war, ausfallen lassen. Anfang November soll sie nun doch noch nachgeholt werden. Auch deshalb, damit wir die jährliche Jahreshauptversammlung noch in diesem Jahr, wie es die Satzung vorgibt, durchführen können. Ich habe dazu den Saal in Beckers Restaurant in Frankenburg reserviert. Die Einzelheiten bekommt ihr natürlich zugeschickt. Die Jahreshauptversammlung ist in diesem Jahr wichtig, weil wir den Vorstand und den erweiterten Vorstand neu wählen müssen.

Und noch einmal zu den Folgen der Corona-Pandemie: Wie eingangs schon geschrieben, liegt unser Vereinsleben am Boden. Besonders in den Arbeitsgruppen

und im Vorstand haben wir das praktiziert, was in unzähligen anderen Einrichtungen auch getan wurde: wir haben Videokonferenzen durchgeführt. Zweifellos sind diese Arten der Begegnung zwiespältiger Natur. Hat man sich aber an diese Art der Kommunikation gewöhnt, sind sogar Vorteile damit verbunden. Immerhin kann man allen Teilnehmern alle möglichen Vorgänge und Dateien direkt zugänglich machen. Wenn die Technik aber dann doch mal wieder hakt, ist es auch zum Haare raufen. Wie auch immer, wir alle wollen sobald es geht wieder richtig zusammenkommen.

Wann das sein wird, kann noch immer niemand beantworten. Und auch wenn man zeitweise den Eindruck haben kann, nun wird es langsam entspannter, wird man durch neue Zahlen eines besseren belehrt. Wir brauchen nach wie vor Geduld und eine Disziplin, wie wir sie um Umgang miteinander nicht kannten. Jeder einzelne von uns trägt Verantwortung. Und ich weiß, dass wir in der AVL dieser Verantwortung gerecht werden.

Liebe AVL-Mitglieder, liebe Freunde, passt gut auf euch auf und bleibt vor allem gesund.

Gerald Willems, Vorsitzender

KOMET C/2020 F3 NEOWISE

Foto des Monats August 2020

von GERALD WILLEMS, *Grasberg*

23 Jahre ist es her, dass wir zuletzt Besuch aus den Tiefen des Sonnensystems hatten und dieses Objekt für jeden, der es nur wollte, ein Schauspiel am Nachthimmel lieferte. Hale Bopp stand im Frühjahr 1997 hell und eindrucksvoll für mehrere Wochen am Abend- und Nachthimmel. Und was haben wir für einen Aufwand getrieben, als 2013 der Komet C/2011 L4 PANSTARRS erscheinen sollte. Sogar ein Interview bei Radio Bremen sollte damals auf dieses Ereignis aufmerksam machen. Zum Bundesweiten Tag der Astronomie hatten wir den Schroetersaal gebucht und es waren Gäste der Vereinigung der Sternfreunde zu Gast. Und was war schließlich – NICHTS – na ja, fast nichts. Es wurde ein durchschnittlicher Komet, wie wir ihn mehrfach in den Jahren zuvor auch hatten. Immerhin konnten Fotografien gemacht werden, aber das klappt bei den Meisten dieser Kometen auch.

Als Ende März 2020 der Komet C/2020 F3 NEOWISE gemeldet wurde, hat vermutlich kaum jemand einschätzen können, was dieser Brocken für ein Schauspiel bieten würde. Der Name NEOWISE steht für (Near-Earth Object Wide-field Infrared Survey Explorer), ein Weltraumteleskop, das den Kometen am Südhimmel im Sternbildes Puppis (Achterdeck des Schiffs) entdeckte. Das Perihel, den sonnennächsten Punkt seiner Bahn, durchlief der Komet am 3. Juli. Und seitdem überschlugen sich die Meldungen. Beobachtungberichte, Zeichnungen und natürlich Fotografien wurden jetzt gezeigt. Der Komet kam der Sonne dabei auf knapp 0,3 AE (Astronomische Einheiten, ca. 44 Mio km), nah. Zunächst war NEOWISE nur in den frühen Morgenstunden im Nordosten, später schon in den Abendstunden im Norden sichtbar. Seine Helligkeit wuchs am 5. Juli auf 0,6 mag

an und sein Schweif war sofort mit bloßem Auge leicht zu erkennen. Einzig seine Nähe zum Horizont sorgte dafür, dass der eine oder andere ein freies Feld



Abb. 1: Komet C/2020 F3 NEOWISE
13. Juli 2020, 01:30 Uhr
TS 70ED reduziert auf 330 mm, Canon EOS 1000d
54x 30 s, Stack auf Komet und Stack auf Sterne kombiniert
Nachgeführt auf Vixen GP, Bild: Gerald Willems, AVL.

zur Beobachtung oder Fotografie aufsuchen musste.

Die gezeigten Fotografien erreichen in zwischen den Eindruck, wie wir ihn zu-

vor nur von Hale Bopp kannten. Das liegt im Wesentlichen an der Kameratechnik, die heute um Größenklassen leistungsfähiger geworden ist. Denn das muss schon angemerkt werden: die Helligkeit, die Hale Bopp 1997 erreichte, hat NEOWISE nicht erreicht. Hale Bopp erreichte unglaubliche -1 mag. Die ersten Aufnahmen zeigten bereits einen sehr deutlich ausgeprägten Schweif. Die leichte Biegung ließ diesen Schweif als den Staubschweif erkennen. Schon wenig später erschienen aber weitere Aufnahmen, die jetzt auch den Gasschweif zeigten, der immer gerade verläuft und von der Sonne weggerichtet ist. Der Staubschweif entsteht zwar auch durch den Sonnenwind, der Partikel der Kometensubstanz fortweht, wird aber auch von der Eigenbewegung des Kometen beeinflusst. Der Gasschweif, bei dem nur leichte ionisierte Gaspartikel vom Sonnenwind beschleunigt werden, ist von der Eigenbewegung des Kometen unbeeinflusst.

Die Farben, die ein Komet uns bei seiner Annäherung an die Sonne zeigt, sind oft sehr ähnlich. Da man davon ausgeht, dass Kometen Reste der Entstehung des

Sonnensystems sind, ist das auch schlüssig. Im Wesentlichen bestehen die Kometenkerne aus gefrorenem Wassereis, gefrorenem CO₂ und aus Geröll und Staub. Je nach Konzentration der einzelnen Bestandteile sind auch die Farben verteilt. Einerseits sehen wir Reflexionen der feinen Staubpartikel im Wesentlichen im gebogenem Staubschweif, andererseits sehen wir das Leuchten des farbigen Gasschweifs durch Ionisation, angeregt durch die starke Strahlung der Sonne selber. Dass sich diese Bestandteile vom Kometen lösen, ist der Wärmestrahlung der Sonne zu verdanken – der Komet taut einfach auf und Anteile seiner Substanz werden gasförmig. Der Sonnenwind treibt die leichten Staubteile und Gasmoleküle vom Kometenkern fort, so dass dieser typische Schweif entstehen kann.

Am 23. Juli hat NEOWISE seine dichteste Annäherung an die Erde gehabt. Der Komet ist zu dieser Zeit aber bereits wieder auf seinem Weg in die Tiefen des Sonnensystems und entfernt sich dabei von der Sonne. Er wird also bereits etwas seiner Helligkeit verloren haben. C/2020 F3 NEOWISE ist ein langperiodischer Komet. Für einen Umlauf um die Sonne, so konnte inzwischen berechnet werden, benötigt er auf seiner langgestreckten, elliptischen Bahn ca. 6690 Jahre. Erst um das Jahr 8700 können „wir“ wieder mit NEOWISE rechnen. Die Bahn des Kometen ist sehr stark zur Ekliptik geneigt – etwas, was wir sehr

häufig bei Kometen beobachten. Kommen sie doch aus den Tiefen des Sonnensystems, in denen die Umlaufbahnen der Objekte sich nicht zwingend an der

Ekliptik orientieren. Mit seiner Bahnneigung von 129° zur Ekliptik, verläuft seine Bahn sogar retrograd, was bedeutet, dass er den Planeten zu einem gewissen Grad entgegenläuft. Das Aphel seiner Bahn wird NEOWISE im Jahr 5360 erreichen. Dort hat er mit 709 AE einen Abstand zu Sonne, der etwa den 24-fachen Abstand des Neptuns zur Sonne ausmacht.

AVL-Foto des Monats August

Seit Längerem wählen wir in der Foto-AG der AVL unser neues Foto des Monats in einem Abstimmungsverfahren

möchten alle Aufnahmen, die unsere AG-Mitglieder von diesem Kometen gewinnen konnten, als Fotos des Monats präsentieren. Einzige Einschränkung: jeder reicht nur eine Aufnahme ein.

Mit dieser Veröffentlichung möchten wir euch also einen ganzen Strauß von Aufnahmen zeigen, die über mehrere Wochen von diesem Kometen entstanden sind. Dabei sind verschiedene Brennweiten und die verschiedensten Techniken, die zur Bearbeitung von Kometenaufnahmen dienen, vertreten.

Wem es also nicht mehr möglich ist, diesen Kometen mit eigenen Augen zu sehen, bieten wir hier verschiedene Ansichten. Alle Aufnahmen wurden von Mitgliedern der AVL gewonnen. Dabei kamen verschiedene Techniken zum Einsatz. Auch die Art der Bearbeitung ist so verschieden, wie die einzelnen Fotografen. Das erklärt die teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnisse. Interessant ist in dieser Aufstellung, dass alle verwendeten Techniken an diesem Kometen eindrucksvolle Ergebnisse geliefert haben. Schön zu sehen ist auch, dass sich so viele von uns an der selbst gestellten Aufgabe, diesen Kometen zu dokumentieren, beteiligt haben. Auch die noch kommenden Nächte werden diesen Wanderer des Sonnensystems nicht so schnell aus unserem Blick verbannen. Noch lohnt es sich also, einen Blick auf den inzwischen in den Nordwesten gewanderten Kometen zu werfen.

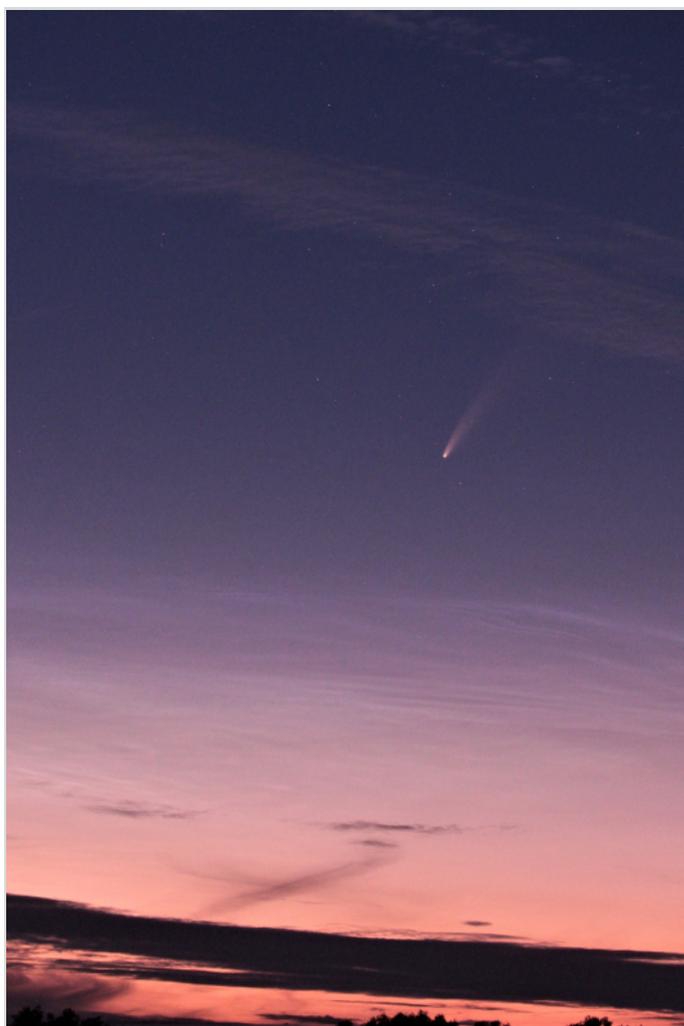


Abb. 2: Komet C/2020 F3 NEOWISE
20. Juli 2020, 23:30 Uhr, bei Lunstedt
Canon Zoom-Objektiv 55 – 200 mm bei 55 mm, f/5,6
Canon 1300, Einzelaufnahme
Als Stativ diente eine Astgabel. Bild: Karl-Heinz Großheim, AVL.

aus. Das sollte im August genauso verlaufen. Das Auftauchen dieses Kometen hat uns aber auf die Idee gebracht, dieses Mal ganz anders zu verfahren. Wir

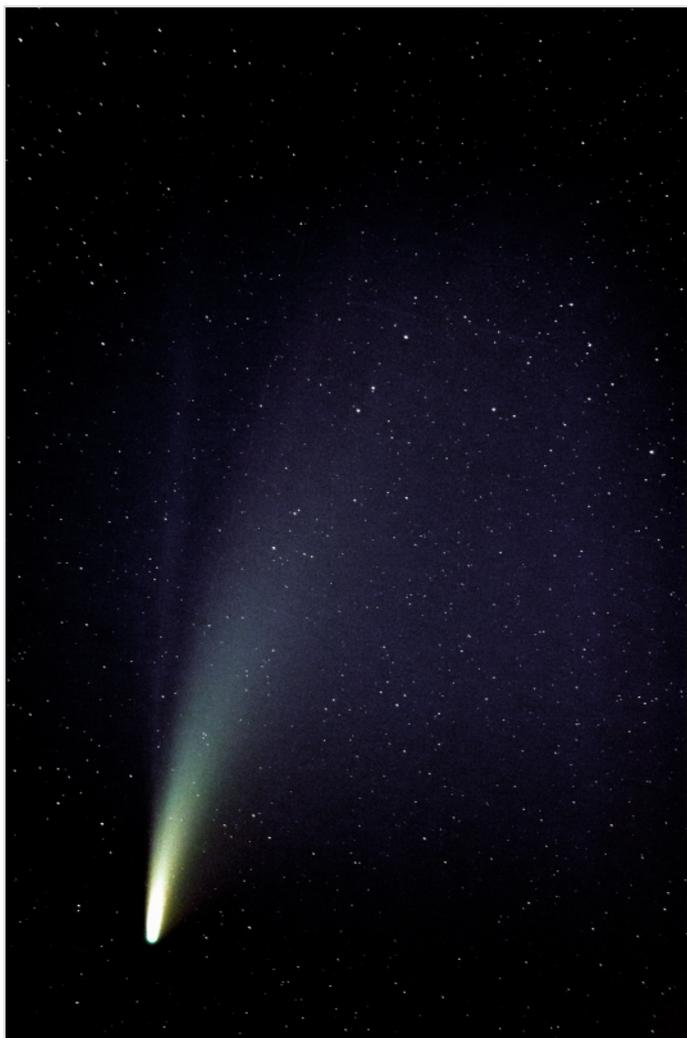


Abb. 4: Komet C/2020 F3 NEOWISE
18. Juli ab 00:50 Uhr, Tamron SP 150 – 600 mm bei 150 mm, f5,
Nikon D7200, 29x 3 s
Bild: Jan Sokoll, AVL.

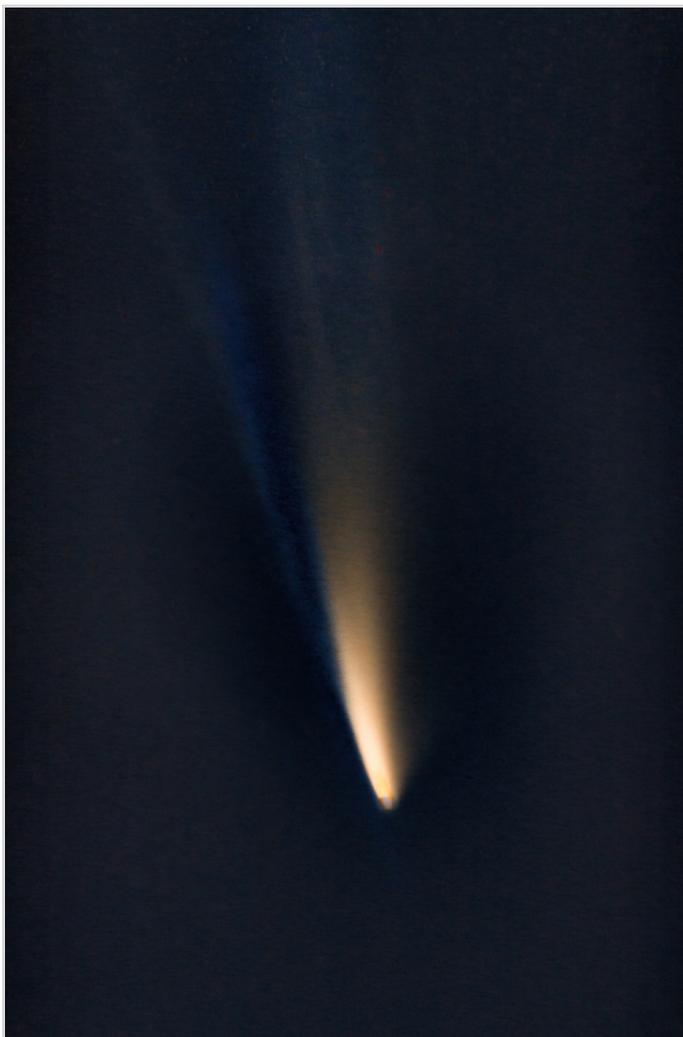


Abb. 3: Komet C/2020 F3 NEOWISE
18. Juli, 01:15 Uhr
Canon 7D, Sigma 2,8/50-150 @ 150 mm, F4,
100 x 15 s. ISO 1600. Bild: Holger Rentzow, AVL.



Abb. 5: Komet C/2020 F3 NEOWISE
16 Juli 2020, 23:40 Uhr
200 mm f4, Canon EOS 5Da MkII, 20x 15 s.
Bild: Kai Wicker, AVL.



Abb. 6: Komet C/2020 F3 NEOWISE
12. Juli 2020
Canon EF 100 – 400 mm bei 390 mm, f/5,6, ISO 1600
Canon 6d, 40x 30 s, Nachführung mit VIXEN POLARIE
Bild: Thorsten Lietz, AVL.



Abb. 7: Komet C/2020 F3 NEOWISE

17. Juli 2020, 00:50 Uhr

Canon EOS 760D, Samyang (Rokinon) 2,0/135 mm abgeblendet auf Blende 2,8

15 x 8 s bei 3200 ISO, Nachführung: iOptron Skytracker

Bild: Jürgen Beisser, AVL.



Abb. 8: Komet C/2020 F3 NEOWISE

21. Juli 2020, 00:30 Uhr, Bremen Findorff aus dem Wohnzimmer heraus über die helle Straßenbeleuchtung hinweg.

Sigma Objektiv bei F:135mm, f/4, Canon EOS70D, 54x 15 s.

Bild: Volker Kunz, AVL.



Abb. 9: Komet C/2020 F3 NEOWISE
20. Juli 2020, 23:20 Uhr, Nahe Blokzijl, Prov. Overijssel, Niederlande.
Olympus E-M5 Mark II, 15 s bei 800 ISO, Bild: Alexander Alin, AVL.



Abb. 10: Komet C/2020 F3 NEOWISE
11. Juli 2020, 02:00 Uhr, Osterholz-Scharmbeck, Nähe Melchers Hütte.
Sigma 18-300 mm/150 mm Einzelaufnahme, Kamera: Pentax K 70, 8 s, 200 ASA, auf Stativ, keine Nachführung
Besonderheit: Nachleuchtende Wolken . Bild: Alfons Volmer, AVL.



Abb. 11: Komet C/2020 F3 NEOWISE

20. Juli 2020, kurz vor Mitternacht, Worpsswede, direkt am Haus

Takumar, 1/2,4 / 55 mm, Canon EOS 450D, 20x 20 s

Nachgeführte Aufnahme mit OMEGON Minitrack (Uhrwerksmontierung)

Bild: Ernst-Jürgen Stracke.



Abb. 12: Komet C/2020 F3 NEOWISE

13. Juli 2020 gegen Mitternacht, Würhden.

Canon 5DSR, M-RAW, ISO 200

Sigma APO Macro 180mm, f/4,5, 5x 10 s

Bild: Jürgen Ruddek, AVL.



Abb. 13: Komet C/2020 F3 NEOWISE
 22. Juli 2020, 00:40 Uhr, Grasberg
 Teleskop: Refraktor ED70, 420 mm Brennweite
 Reducer/Flattner: TS-Optics Field Flattener, 2" Corrector
 Kamera: Canon 90D (nicht modifiziert)
 Bildanzahl: 66x 30 s bei 1600 ASA
 Montierung: iOptron CEM60 (parallaktisch)
 Bild: Kai-Oliver Detken, AVL.

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 **30. November 2020**. 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

Jürgen Gutsche.....(0421) 25 86 225

Schriftführung

Jürgen Ruddek.....(04298) 20 10

Sternwarte Würden

Ernst-Jürgen Stracke.....(04792) 10 76

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

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

EIN KOMET AUF'M DACH!

von HANS-JOACHIM LEUE, *Hambergen*

Die Publikation, dass ein mit unbewaffnetem Auge in den frühen Morgenstunden sichtbarer Komet mit der Bezeichnung NEOWISE C/2020 F3 entdeckt worden sei, war durchaus vergleichbar mit dem Erscheinen des Kometen WEST im Jahre 1976. Auch West war am Morgenhimmel zu beobachten, und der als großartig angekündigte Vorläufer-Komet KOHOUEK C/1973 E1 war ein „Flop“, so wie auch der Komet PanSTARRS C/2017 T2 zu Anfang dieses Jahres (siehe Bericht in der vorigen HiPo).

Das jeweilige Fiasko lag natürlich nicht an den Kometen sondern an Dingen, die man übersehen, übertrieben oder manipuliert hatte. Die NASA hatte bei Kohoutek sogar den Start der Skylab-3-Mission verschoben, um den Kometen im Erdorbit beobachten zu können. Nach KOHOUEK traute sich keiner mehr so recht, einen „großen“ Kometen anzukündigen.

Der am 27. März 2020 am Südhimmel im Rahmen des Projektes Near-Earth Object Wide-Field Infrared Survey Explorer mit dem Weltraum-Teleskop WISE entdeckte Komet NEOWISE sollte am 3. Juli seinen sonnennächsten Bahnpunkt durchlaufen und am 23. Juli mit ca. 103 Mio. km Distanz seine größte Erdnähe erreichen und ein seltenes Himmelschauspiel bieten.

Nach den Medien war er in den frühen Morgenstunden Anfang Juli im Nordosten in der Nähe des Planeten Venus zu finden. Also nur etwas für Rentner oder Arbeitslose und astronomisch zur schlechtesten Zeit des Jahres - nämlich zur Zeit der Mitternachtsdämmerung! Und sein Weg über den nördlichen Horizont von Osten nach Westen im Juli/August (zeitweise auch zirkumpolar) versprach keine optimalen Beobachtungsverhältnisse. Und so kam es dann auch, zumindest für uns „Nordlichter“!

Unser Mitglied Kai-Oliver Detken hatte den Kometen schon kurz nach Mitternacht gesehen, und so war es an der Zeit, nach ihm Ausschau zu halten. Am 11. Juli waren noch kräftige Wolkenbänke am Nordhimmel. Einen Tag später machte ich mich auf den Weg nach Norden in Richtung Bremervörde. Auf halbem Wege, nachdem die wohl letzten Wolken der Nacht ihre Wasserschleusen geöffnet hatten, war der Nordhimmel frei und NEOWISE hob sich bei abnehmender



Abb. 1: 12. Juli 2020, 50 mm, 1:20 MESZ.

Alle nicht anders gekennzeichneten Bilder vom Autor.



Abb. 2: Aufgehender Mond, 300 mm, Komposit.



Abb. 3: 12. Juli 2020, 50 mm, 2:30 MESZ.

Dämmerung immer besser aus dem Blau des Himmelshintergrundes ab. Ein Wirtschaftsweg einer Anhöhe, etwas abseits der Hauptstraße, versprach einen ruhigen Beobachtungspunkt. Wäre nicht Corona-Time gewesen, man hätte vermuten können, dass entweder Kirmes, Schützenfest oder Table Dance umsonst in irgendeinem Dorfetablisement stattfand. Aber es konnten bestimmt auch nicht alle comethunter gewesen sein, die in den Morgenstunden die Straßen bevölkerten! Gott sei Dank schienen die Autoscheinwerfer nicht direkt in die Linse. Es entstanden u.a. die Abb. 1 und 2; später an einem ruhigeren Standort die Abb. 3. Fast alle Bilder wurden mit fest stehender Kamera gemacht, mit unterschiedlichen Brennweiten. Belichtungszeiten ca. 5-10 Sekunden bei 800 bis 3200 ISO und Kameras Canon-EOS 60D und 350-Da.

Bis zum 1. August konnte der Komet unter wechselnden Bedingungen - der Mond wurde immer störender, und zuweilen zogen auch Wolken über den Kometen - fast kontinuierlich fotografiert (mehr als 150 Fotos insgesamt) werden. Am 13. Juli hatte Friedo Knoblauch sein 120 mm Takahashi-Teleskop mit EQ6-Montierung in der Wiese hinter seinem Grundstück in Vollersode aufgestellt.

Zum frühen Morgen kam der Komet aber auch in den Sichtbereich des in der Sternwarte stationären 150mm Takahashi-Refraktors (Abb. 5/ 7 bis Abb. 10). Die Abb. 6 zeigt den Kometen am 13. Juli 2020 über Bremen.

Seine scheinbare Bahn am Himmel unterhalb des Sternbildes Großer Wagen in Richtung Sternbild Bärenhüter erlaubte mir ab dem 17. Juli, ihn auch mit meinem alten transportablen 550 mm Spiegelteleskop (f/5) vom Grundstück aus zu fotografieren (Abb. 14/15/16). Besonders beeindruckend waren allerdings auch die

Sichtungen über den Wiesen von Hamme und Beek bei dichtem Bodennebel (Abb. 12). Das letzte Bild stammt vom 1. August. Der Himmel war leicht dunstig, der Komet im Feldstecher kaum noch zu erkennen. „Kurz vor Schluss“ gelang die Abb. 17 – ein Komet auf'm Dach – im Sternbild Coma Berenice.

Ich beschloss, die „Verfolgung“ nunmehr einzustellen. Er zeigte inzwischen einen scharf gebündelten Plasmaschweif (Abb. 16), der sich aber, wie eigentlich auf allen Bildern, kaum aus dem Hintergrund abhob. Erst die speziell bearbeiteten Fotos (Abb. 8 und Abb. 13) zeigen die eigentlichen Strukturen des Schweifes. Dirk Langenbach aus Hagen schickte mir das spektakuläre Bild vom 18. Juli, aufgenommen mit seinem Remote-Teleskop bei 1936 mm (f/5) Brennweite, welches exzellent die Staubschalen und Schweifäste des Schweifsterns zeigt (Abb. 18).

NEOWISE stellt darauf einen sehr aktiven Kometen dar; gehört mit ca. 5 km Kerndurchmesser zwar zu den kleineren Exemplaren seiner Gattung, konnte in unseren Breiten jedoch nicht seine volle Schönheit zur Schau stellen, weil es vornehmlich die Zeitumstände nicht zuließen.



Abb. 4: 13. Juli 2020, 50mm 2:00 MESZ.



Abb. 5: 13. Juli 2020, 200mm, 2:15 MESZ.



Abb. 6: 13. Juli 2020, 50mm, Bremen. Bild: Andreas Leue



Abb. 7: 13. Juli 2020, 150mm Takahashi.

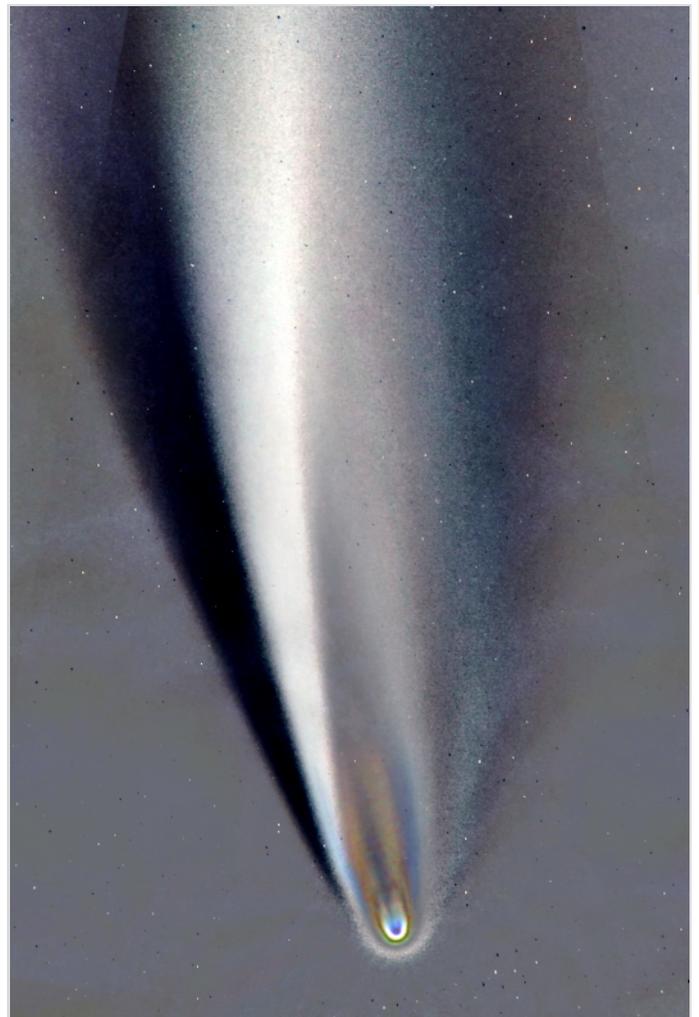


Abb. 8: 13. Juli 2020, 150mm Takahashi.

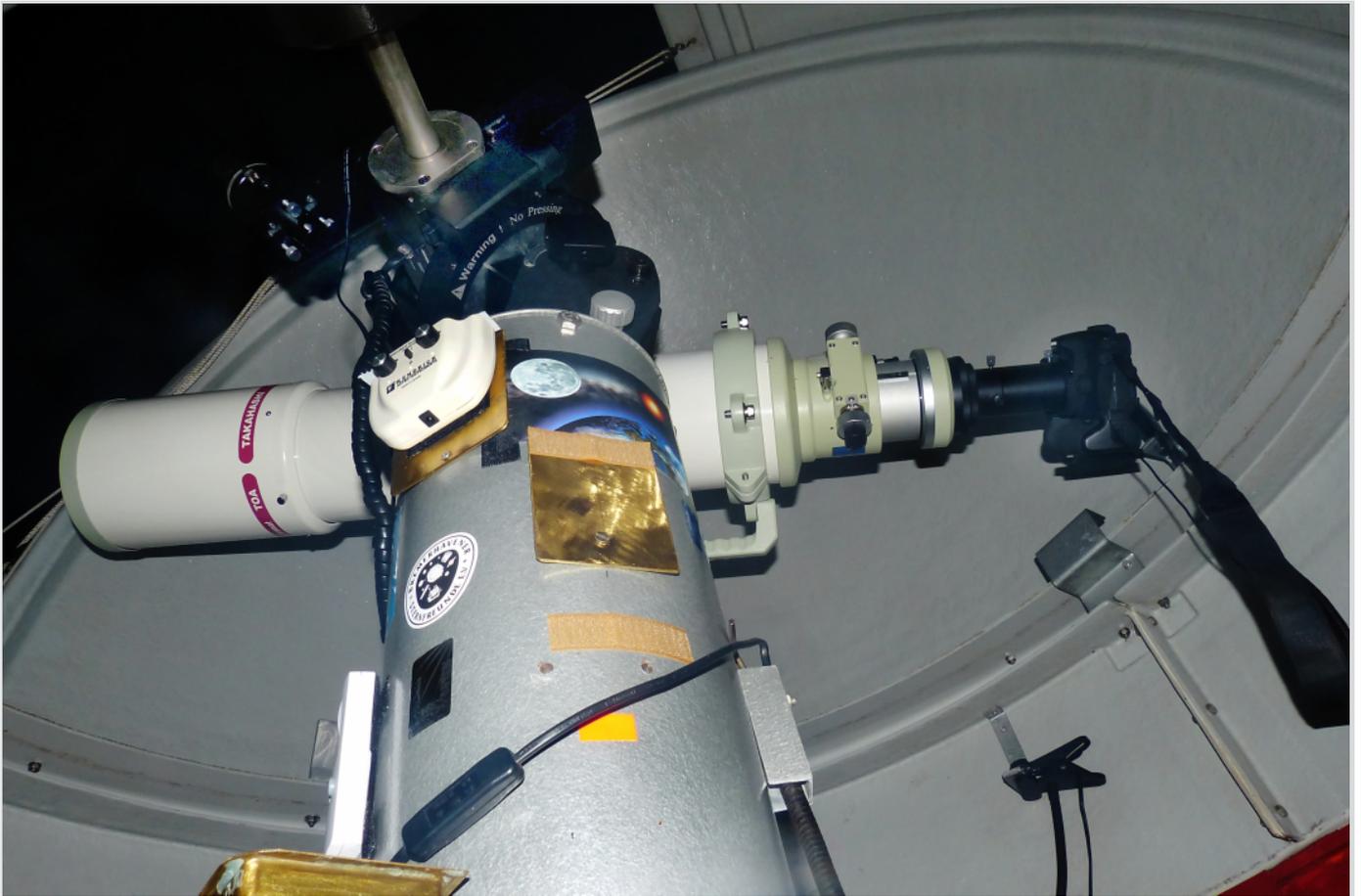


Abb. 9: Der 150mm Takahashi-Refraktor in Friedo Knoblauchs Sternwarte.



Abb. 10: Friedo Knoblauchs Sternwarte, Vollersode, mit Komet



Abb. 11: 17. Juli 2020, 13mm, Neowise zirkumpolar.



Abb. 12: 17. Juli 2020, 13 mm, an der Beek, Morgennebel , ca. 2:30 MESZ.



Abb. 13: 18. Juli 2020, 150 mm Takahashi, Falschfarbe.



Abb. 14: 11cm-Spiegelteleskop (f/5) des Autors.



Abb. 15: 25. Juli 2020, 70 mm, 0:50 MESZ.



Abb. 16: 27. Juli 2020, 0:40 MESZ, 11cm Spiegel .



Abb. 17: 25. Juli 2020, 70 mm, 0:50 MESZ.



Comet C/2020 F3 (NEOWISE) : 2020-07-18 21:42 UT
500mm Newton, f=1936mm, ASI294 MC Pro, 106x5s, FOV=7.8'x9.1'
(D.A.S.O. / Remote / Langenbach)

Abb. 18: 18. Juli 2020, 500 mm Takahashi.

Bild: Dirk Langenbach

10" ASTROGRAPH

von DR. KAI WICKER, *Bremen*

Vorgestellt wird das Design eines Teleskops für den ausschließlich astrofotografischen Einsatz. Zusätzlich werden die eingesetzten Komponenten und der Aufbau beschrieben. Der Baubericht wird mit den ersten Ergebnissen des Astrographen am Sternhimmel abgeschlossen. Zusätzliche Details und weitere Hintergrundinformationen sind auf der Seite des Autors zu finden (Wicker, 10" Newton Astrograph, 2020) zu finden.

1.1 Motivation und Vorüberlegungen

In den letzten Jahren habe ich fotografisch fast ausschließlich mit Apochromaten gearbeitet. Mit meinem Esprit 100ED bin ich recht zufrieden (Wicker, Skywatcher Esprit 100ED, 2020). Insbesondere mit dem Riccardi-Reducer stellt er mit $f/4,1$ ein schnelles Teleskop mit guter Abbildungsleistung dar. Er bleibt aber leider auch mit dem Standard-Flat-

tener bei $f/5,5$ ein Weitwinkelgerät und selbst der Einsatz des ICX 814 Chips mit seinen $3,69 \mu\text{m}$ Pixeln ergibt dann „nur“ einen Bildmaßstab von $1,38 \text{ arc sec} / \text{Pixel}$. Insofern sollte ein Astrograph mit mehr Brennweite meinen kurzen Refraktor ergänzen.

Die Zielsetzung für den hier entstandenen Astrographen (Abbildung 1) sah ungefähr so aus:

Meine Versuche mit einem 8" $f/5$ Newton zeigten mir, dass als Designziel für den Astrographen der Abbildungsmaßstab mit meiner Kamera im Bereich um $1 \text{ arcsec} / \text{Pixel}$ liegen sollte.

Der Astrograph sollte ein sehr schnelles Öffnungsverhältnis bieten, das bedeutet hier konkret: schneller als der Esprit 100ED mit Reducer ($f/D=4,1$).

Hinsichtlich der optischen Qualität soll es schon ein ordentliches System mit guter Abbildung sein. Es muss kein Royce oder Zambuto sein, aber ein Spiegel fraglicher und nicht belegter Qualität sollte es auch nicht sein.

Das Gerät soll problemlos von meiner vorhandenen Avalon Linear getragen werden.

1.2 Das Design des Astrographen

Mit den oben genannten Parametern wird der Kreis der Kandidaten, die am Markt verfügbar sind, schon überschaubar. Ein Überblick über die hier relevanten Systeme zeigt schnell, dass ein Selbstbau der einzig mögliche Weg ist, um die o.g. Anforderungen alle gleichzeitig zu erfüllen. Alle Lösungen am Markt erfüllten an der einen oder anderen Stelle meine Anforderungen nicht (Die Firma ASA hat die Herstellung der „kleinen“ Astrographen leider eingestellt). Mir kam der Zufall zu Hilfe und auf astronomie.de (Astronomischer Marktplatz, 2019) bot ein Sternfreund gebraucht einen 2" Komakorректор an. Das gab den Ausschlag einen Newton-Astrographen zu entwerfen und aufzubauen.



Abb. 1: Ansicht des fertigen Astrographen.
Alle Abbildungen vom Autor

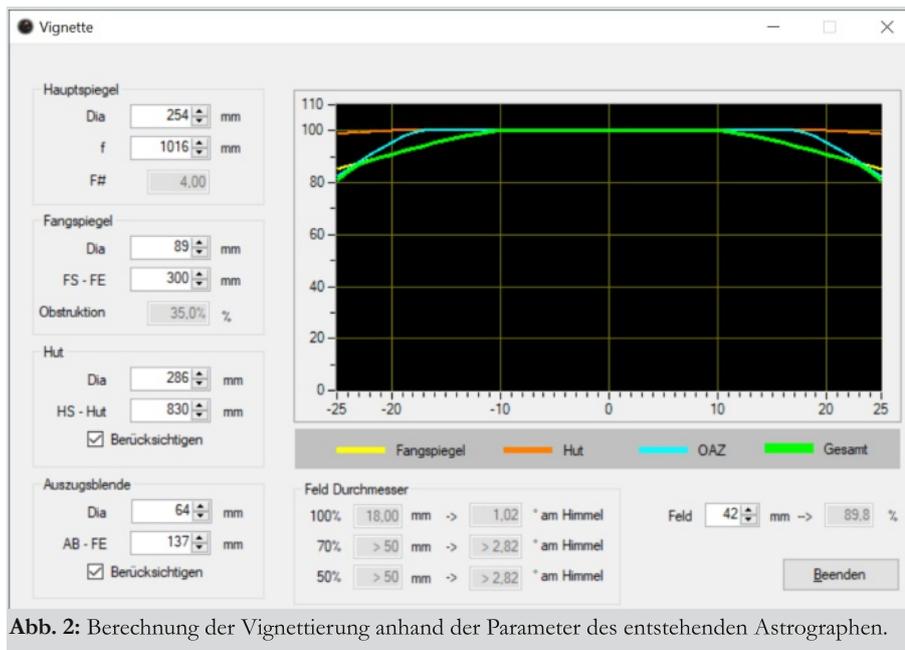


Abb. 2: Berechnung der Vignettierung anhand der Parameter des entstehenden Astrographen.

Es sollte ein „normaler“ Newton werden: Also ein Parabolspiegel mit elliptischem Fangspiegel und einem Korrektur. Wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreich einsetzbaren Astrographen ist ein klar definiertes optisches Konzept. Darüber sollte man sich bei jedem Teleskopselbstbauprojekt im Klaren sein, bevor man anfängt zu bauen. In der Regel ist ein späterer Umbau nur noch mit Kompromissen möglich. Im Zweifel sollte man sich für eine Konfiguration entscheiden und diese dann kompromisslos umsetzen.

Zu den Konzeptüberlegungen gehört auch eine realistische Einschätzung der eigenen Fähigkeiten und damit verbunden die Festlegung was oder welche Teile man selber macht und welche Teile man herstellen lässt.

1.2.1 Basiskonfiguration

In der Basiskonfiguration des Newton ist es Ziel, den ICX 814 ordentlich auszu-leuchten. Damit sind die Rahmenparameter und das optische Konzept festgelegt:

10 Zoll Parabolspiegel aus Pyrex oder vergleichbarem Material mit reduzierter Wärmeausdehnung. Originäres Öffnungsverhältnis 1:4.

Optimale Ausleuchtung der 44 mm Eintrittsöffnung des 0,73x Korrektors, damit die 16 mm des Chips sicher ausgeleuchtet werden können.

In der Basiskonfiguration hat das System damit 741 mm Brennweite und ein Öffnungsverhältnis $f/D = 2,8$.

1.2.2 Option

Später soll der Ausbau des Newton auf Vollformat möglich sein. Die 44 mm des Vollformates könnten, wenn man leichte Einschränkungen erlaubt, mit einem TS-Wynne68 Korrektur ausgeleuchtet wer-

den (Teleskop Service, 2019). 20 mm zu 100% ausgeleuchtetes Feld und zu 90% in den Ecken würde das System wahrscheinlich hergeben. Der Astrograph hätte in dieser Option 965 mm Brennweite und damit $f/D = 4,0$.

1.3 Auslegung des Astrographen

Entscheidend für den Bau eines Newtons ist u.a. die räumliche Anordnung der Komponenten. Für diese Auslegung des Teleskops habe ich das Programm My-Newton eingesetzt (Otterstedt, 2020).

Mit o.g. Zielsetzungen ist die Optik bereits festgelegt: Ein 10“ Parabolspiegel mit $f/4$. Beim Tubus scheiden sich die Geister darüber, welcher Durchmesser der Richtige ist. Ich entschied mich für 300 mm Außendurchmesser bei 7 mm Wandstärke. Das ist ein verbreitetes Maß, welches die Verwendung von Kaufteilen zulässt. Innen wird der Tubus mit Velours beklebt werden. Bei diesem Durchmesser ist der Spalt zwischen Innenwand und Spiegelkante 16 mm breit. Damit sollte eine gute Luftzirkulation mit geringen Auswirkungen auf den Strahlengang möglich sein. Vignettieren würde dieser Tubus erst ab $2,5^\circ$ FOV¹, was in diesem Fall also keine Rolle mehr spielt.

Durch die Auswahl des Moonlite CRL

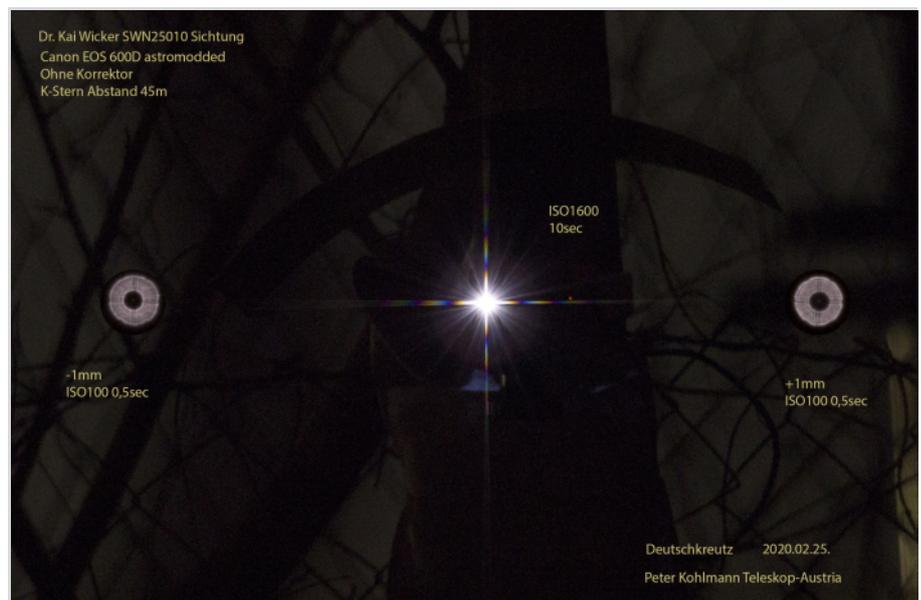


Abb. 3: Test des Spiegelsets am künstlichen Stern.

¹ FOV: Field of view = Gesichtsfeld

2.5 (Ron Newman, 2019) als Okularauszug sind die weiteren wesentlichen Eingangsparameter für das Design festgelegt: Es ist die Höhe des eingefahrenen Auszuges (63,5 mm) und die lichte Weite des Auszugrohres (64 mm).

Mit den Größen kleine Achse des Fangspiegels und Höhe des Fokuspunktes über dem Tubus kann man jetzt experimentieren. Am Ende sollte ein System entstehen, welches die drei folgenden Kriterien in einer Weise erfüllt, die für den gedachten Anwendungsfall passt.

1. Lage des Fokuspunktes so weit oberhalb des Tubus, dass das vorgesehene Korrektor-Kamerasystem in den Fokus kommt.
2. großes ausgeleuchtetes Feld
3. geringe Obstruktion

Da diese drei Kriterien nicht unabhängig voneinander sind, stellt die hier gewählte Reihenfolge die Priorisierung für meinen konkreten Fall dar.

Nach erfolgreicher Auslegung liegen die vollständigen Parameter des Astrographen vor: Ein 10" f/4 Spiegel mit einem Tubus von 1 m Länge, eine kleine Achse des Fangspiegels von 89 mm bei einer 100% Ausleuchtung von 20 mm. Der Fokus befindet sich 300 mm über der optischen Achse bzw. 87 mm über dem eingefahrenem Okularauszug. Die lineare Obstruktion liegt bei 35%.

Da die Feldausleuchtung bei einem fotografischen Instrument kritischer ist als bei einem visuell genutzten Instrument, empfiehlt sich eine genauere Betrachtung der Vignettierung. Dazu bietet sich das Programm Vignette an. Das Programm wurde vor einiger Zeit von Costache (kein Datum) entwickelt. Ich habe es seinerzeit auch eingesetzt, um die Vignettierung meines Dobsons zu überprüfen (Wicker, Ausleuchtung, 2020). Für das hier betrachtete System erhält man das in Abbildung 2 dargestellte Ergebnis. Im Einzelnen kann man aus dem Bild ent-

nehmen:

Der Tubusdurchmesser („Hut“, orange Kurve) spielt praktisch keine Rolle bei der Ausleuchtung. Wie erwartet, ist er weit genug entfernt.

Der Fangspiegel (grüne Kurve) limitiert wie vorgesehen ab ca. 20 mm FOV. Das ist im Einklang mit den Berechnungen von MyNewton. Dessen Vignettierung nimmt mit steigendem Abstand von Zentrum zum Glück aber nur schwach zu.

Der Auszug selbst (blaue Kurve) vignettiert ab ca. 34 mm FOV. Die Vignettierung steigt dann aber nach außen hin kräftiger an, als die des Fangspiegels, weil das abblendende Element näher am Fokuspunkt liegt. Damit ergeben sich ebenfalls die Grenzen der Ausleuchtung für den Fall, dass die Vollformatoption des Astrographen realisiert wird.

100% Ausleuchtung hat man bis etwa 21 mm FOV, was unwesentlich größer ist als das Resultat von MyNewton.

Am Rand des Vollformates ist die Ausleuchtung immer noch bei etwa 90%.

1.4 Der Aufbau

1.4.1 Optische Elemente

Die optischen Elemente stellen die

Grundlage jedes Teleskops dar. Hier gibt es eine kurze Zusammenstellung der verbauten optischen Elemente und deren Eigenschaften.

1.4.1.1 Parabolspiegel

Bzgl. des Parabolspiegels meines Newton habe ich lange überlegt. Es sind ja auch native f/3 Systeme am Markt verfügbar. Diese würden einen kürzeren Tubus erlauben. Letztlich habe ich mich dann aber für ein Spiegelset von Teleskop-Austria (Teleskop Austria, 2020) entschieden, welches meiner Auffassung nach ein unschlagbares Preis-/Leistungsverhältnis bietet. Es handelt sich um einen Pyrex Spiegel von Skywatcher. Zusätzlich bieten die Wiener für einen vertretbaren Aufpreis an ein Spiegelset am Stern zu prüfen. Mir persönlich sagt ein Sterntest mehr als so manches Prüfprotokoll mit unklaren Randbedingungen. Abbildung 3 zeigt den dokumentierten Sterntest.

Die Lieferung hat problemlos geklappt. Das Spiegelset war so gut verpackt, dass man die Spiegel von Österreich wahrscheinlich bis nach Norddeutschland hätte werfen können.

1.4.1.2 Hauptspiegelblende

Der Hauptspiegel wurde noch mit einer Blende (Abbildung 4) versehen, um

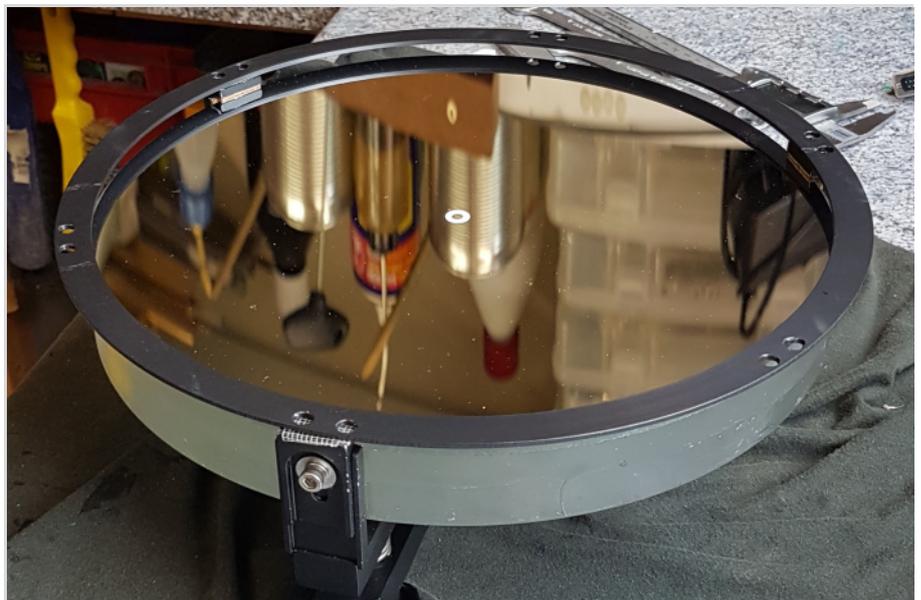


Abb. 4: Einbaufertig: Der Hauptspiegel in seiner Fassung und abgeblendet mit einer Hauptspiegelblende.

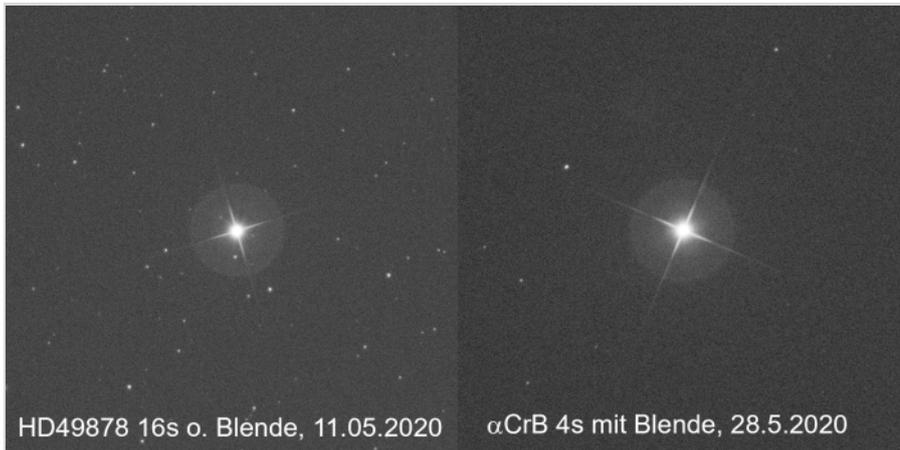


Abb. 5: HD49878 16sec Luminanz ohne Blende, 11.05.2020, rechts: Alpha CrB 4s Luminanz mit Blende, 28.5.2020.

Beugungseffekte von den Halteklammern zu minimieren. Diesen Effekt sieht man häufig auf Newton Aufnahmen von Teleskopen eines bestimmten Herstellers. Offensichtlich haben dessen Spiegelzellen besonders große Halteklammern. Die von mir eingesetzte TS-Spiegelzelle ist zwar weit weniger auffällig, trotzdem habe ich hier eine Blende eingesetzt.

Diese Blende kostet zwar ca. 1 mm Öffnung, dafür sind aber die Halteklammern des Spiegels aus dem Strahlengang. Außerdem haben die preiswerten Spiegel gerne mal eine leicht abgesenkte Kante, deren Auswirkungen so auch vermindert werden.

Die Aufnahmen der Abbildung 5 zeigen einen Vergleich mit und ohne Blende, wobei der Vollständigkeit halber erwähnt werden muss, dass am 11.05. die Kollimation noch nicht optimal war und der Hauptspiegel noch mit einer provisorischen Halterung im Tubus geklemmt wurde. Die Kollimation des Newton am 28.05. darf hingegen als nahezu perfekt angesehen werden.

1.4.1.3 Fangspiegel

Das gelieferte Spiegelset war für die Lascerta Foto-Newtons ausgelegt. Damit ist der Fangspiegel für meinen Anwendungsfall etwas zu klein. Deswegen musste ich noch einen passenden Fangspiegel finden. Die meisten Angebote kommen ohne einen Qualitätsnachweis daher. Zunächst entschied ich mich für einen Orion UK Fangspiegel. Der dann

gelieferte hinterließ bei mir aber Zweifel an dem tatsächlich verwendeten Trägermaterial. Darüber hinaus wich die Dicke mit 12 mm deutlich von den spezifizierten 15,5 mm ab, die er laut Webshop hätte haben sollen. Außerdem waren Dichte und Tönung des Trägermaterials nicht so, wie ich es bei Pyrex oder vergleichbarem Material erwartet hätte.

Letztlich habe ich mir einen Spiegel direkt aus den USA beschafft. Im Nachhinein war die Bestellung des Fangspiegels bei Antares Optics eine der unkompliziertesten Aktionen überhaupt. Vom Beginn des Email-Schriftwechsel bis zum Eingang des „Briefes“ mit dem Blasenfolienwickel aus Ontario hat es kaum 14 Tage gedauert. Ich hatte 3.5" und 1/14 wave PV bestellt und einen

Spiegel mit Seriennummer und Messprotokoll (Abbildung 6) erhalten. Sogar die Reflektivität der Verspiegelung bei 45° Einfall hatte man gemessen und als Messschrieb beigefügt. So soll es sein.

1.4.1.4 0.73x Komakorректор

Der Komakorректор kann lt. Teleskop Service bei einem Felddurchmesser von 16 mm noch 80% Ausleuchtung in den Ecken liefern. Ich gehe davon aus, dass dazu dann die 44 mm Feldlinse des Korrektors voll ausgeleuchtet werden muss. 80% bedeutet einen Verlust von ungefähr 0,25 Größenklassen. Da ich ohnehin bei meinen Aufnahmen immer Flats anfertige, sollte das verkraftbar sein.

Bereits auf der Produktseite (Teleskop Service, 2020) wird auf die mechanischen Anforderungen hingewiesen: „... ist aber auf eine saubere Klemmung zu achten. Ein minimales Verkippen führt sofort zu einer Unschärfe der Sterne im Randbereich.“ Mit etwas Erfahrung im Lesen von Werbe- und Anzeigetexten, erkennt man daran, dass es sich hier um ein hinsichtlich der Justage sensibles System handeln muss. Dementsprechend hoch sind die Anforderungen an die Stabilität des Astrographen und insbesondere an den Okularauszug.

Der Fokusabstand beträgt ab dem Anschlag des M48 Gewindes 66,85 mm.

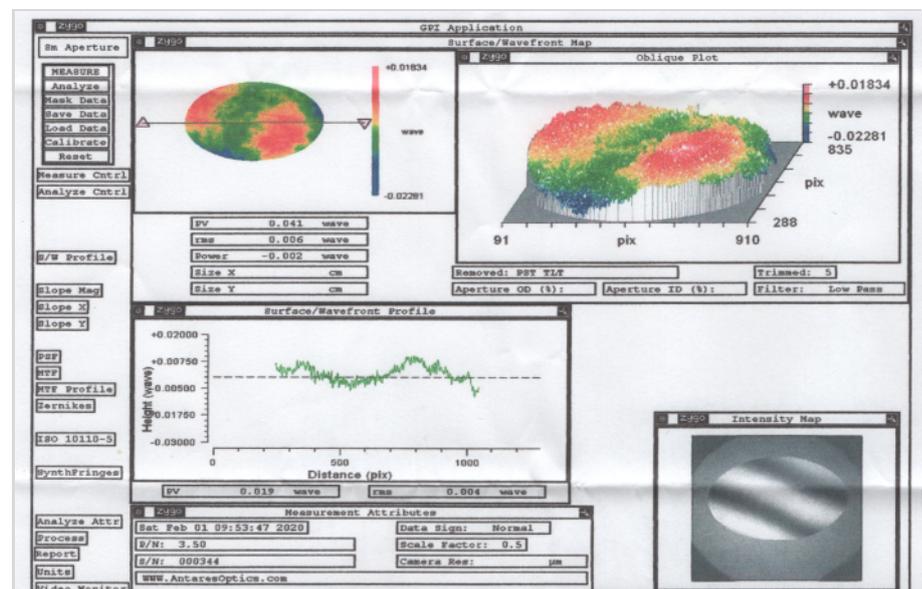


Abb. 6: Das mit dem Fangspiegel gelieferte Messprotokoll.

Beim Design eines Teleskops ist zu beachten, dass der Korrektor den Fokus 15-16 mm zum Hauptspiegel hin verschiebt.

1.4.2 Mechanik

Mit $f/2,8$ kann man kaum noch mechanische Kompromisse eingehen. Daher muss die Mechanik solide sein. Ein stabiler Astrograph kann dann kein Superleichtbau werden. Dennoch sollten hier 12 kg nicht wesentlich überschritten werden.

1.4.2.1 Fangspiegelhalter

Ich habe lange überlegt, welchen Weg bzgl. Des Fangspiegelhalters ich einschlage. Ein Selbstbau wäre durchaus in Frage gekommen. Hatte ich doch mit meiner exzentrischen Drahtspinne beim Dobson gute Erfahrungen gemacht. Bei einem Astrographen finde ich ein „schönes Beugungsbild“ der Sterne einschließlich symmetrischer Spikes wichtig. Das schien mir leichter mit einer „normalen“ Spinne erreichbar. Hier überzeugte mich nach einem sehr netten und freundlichen Telefonat das Angebot von Drehen und Mehr (Horst Becker, 2019). Wir einigten uns auf Abmessungen der zentralen Ronde von 80 mm x 30 mm und eine Stärke der CfK-Streben von 1 mm. Der Abstand der optischen Achse des Fang-

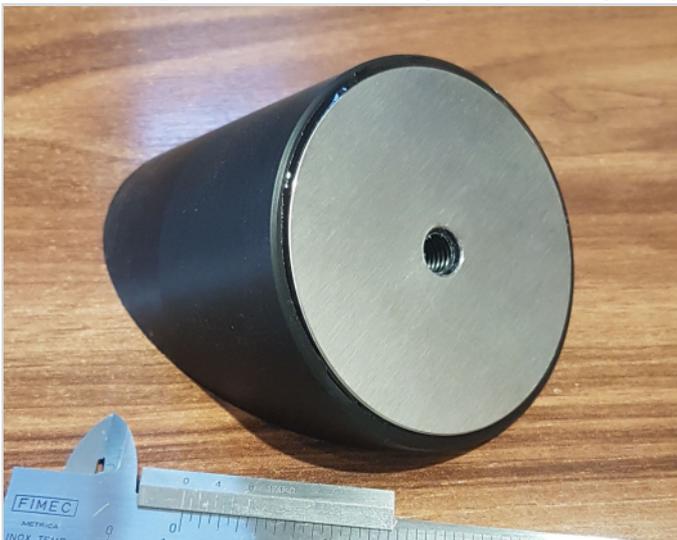


Abb. 8: Der Spiegelträger mit aufgeklebter V2A Platte.



Abb. 7: Die Fangspiegelspinne liegt hier auf Holzwerkzeugen, die für den Einbau der optischen Komponenten in den Tubus angefertigt wurden.

spiegels von den Spinnenstreben sollte minimiert sein. Nachdem die Abmessungen feststanden orderte ich dann eine entsprechende Spinne, die auch bald eintraf. Die gelieferter Spinne ist in Abbildung 7 abgebildet.

Nach kurzer Abstimmung entschied ich mich noch eine 1 mm Platte aus rostfreiem Stahl auf den Spiegelträger aufzukleben (Abbildung 8). Durch die Stahlscheibe soll vermieden werden, dass sich die Justageschrauben in den Spiegelträger einpressen. Da der Spiegelträger aus POM² gefertigt ist, ist das nicht sicher auszuschließen.

Dadurch wäre die Stabilität und vor allem die Reproduzierbarkeit der Justage eingeschränkt.

Im eingebauten Zustand trägt die Spinne den 470 g schweren Fangspiegel ohne erkennbare extreme Torsion-

steifigkeit der exzentrischen Drahtspinne meines Dobsons. Nach den ersten Probeaufnahmen scheint das in der Praxis jedoch keine Auswirkungen zu haben.

1.4.2.2 Hauptspiegelfassung

Hier findet eine Fassung Verwendung, wie sie bei Teleskop Service erhältlich ist. Hier hatte ich keine bessere Idee zum Selbstbau und für einen einfachen Nachbau hätte ich viel Zeit investieren müssen und am Ende eine Fassung gehabt, die bestenfalls genauso gut wie die kommerziell Erhältliche wäre.

1.4.2.3 Tubus

Der Tubus ist eine der mechanischen Komponenten, die gern unterschätzt wird. Gerade im Bereich des Okularauszuges müssen alle Verformungen so klein bleiben, dass die Änderungen in der Fokusebene unter der Größenordnung der Critical Focus Zone (CFZ) bleiben. Bei $f/2,8$ sind das etwa 17 μm !

Basis des meines Astrographen ist ein CfK-Tubus mit Hartschaumeinlage von Klaus Helmerichs Faserverbundteile (Klaus Helmerichs, 2020). Lt. Hrn. Helmerichs werden die Tuben im Hochvakuum verpresst. Die Enden sind als Vollaminat ausgeführt. Mein Tubus hat

² Polyoxymethylen; ein Konstruktionskunststoff



Abb. 9: Der Tubus.

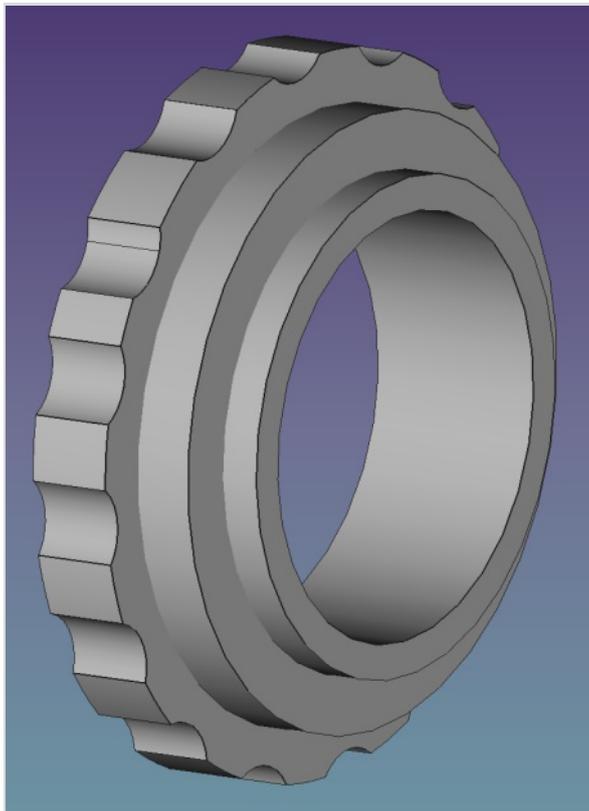


Abb. 10: Der Kameraadapter.

7 mm Wandstärke und damit einen Innen-/Außendurchmesser von 286/300 mm bei einer Länge von 1000 mm. Er wiegt 3500 g und ist scheinbar unendlich starr.

1.4.3 Kameraanschluss

Wesentliches Element für die Kameraadaption ist der Okularauszug. Dieser ist bei einem Newton häufig kritisch, da seine Höhe unmittelbar die Fangspiegelgröße beeinflusst. Hier wird die Situation noch verschärft, da bei $f/2,8$ eine absolut exakte und unveränderliche Positionierung des Korrektors und der Kamera gewährleistet sein muss.

1.4.3.1 Der Okularauszug

Da ich keine Kompromisse hinsichtlich Stabilität eingehen wollte, blieb eigentlich nur noch der Moonlite CRL 2.5. Ich hatte schon sehr gute Erfahrungen mit dem CR2 bei meinem Dobson gemacht. Ein Übriges tut der sensationell gute Support von Ron. Andere Auszüge vergleichbarer Stabilität bieten entweder nur eine fest angebaute Klemmung mit Klemmschrauben oder sie bauen höher auf.

Meiner Auffassung nach stellen Schraubverbindungen auf der Kameraseite immer noch die solideste Verbindung dar. Selbstzentrierende Klemmungen mögen eine Alternative darstellen, hier sollen für die optischen Komponenten aber nur Schraubverbindungen eingesetzt werden.

Der Moonlite hat 2,5" freien Durchlass und ein M68x1 Innengewinde. Damit sind

Schraubadaptionen möglich. Außerdem würde in der Vollformat-Option der Korrektor direkt in dieses Gewinde passen. Der CRL 2.5 hat einschließlich Basis 63,5 mm Bauhöhe im eingefahrenen Zustand. Mit 1500 g in der motorisierten Version ist er recht schwer. Diese Variante hat keinen Feintrieb mehr. Das ist aber kein Nachteil, da er dann ja auch nicht mehr benötigt wird. Die Ansteuerung des Schrittmotors ist ASCOM-kompatibel. Ein Schritt entspricht 0,00016" (4,1 μm). Das passt angesichts der CFZ eines $f/2,8$ Systems von 17 μm noch gut.

Im Nachhinein stelle ich fest, dass der CRL 2.5 angesichts seiner Stabilität die richtige Wahl war. Das Teil fühlt sich bereits beim Auspacken gut an. Wenn man am Fokusrad dreht, fühlt sich das ungefähr so an, als ob man das Auszugsrohr durch kalte Butter bewegen würde. Steckt man einen Laser in den Okularauszug (OAZ), bewegt sich der Laserpunkt auf dem Spiegel beim Durchfahren des Auszugs keinen Millimeter.

1.4.3.2 Adaption

Die eigentliche Kameraadaption an den Newton ist ein wichtiger Abschnitt in der Kette der Bildentstehung. Wenn hier etwas nicht korrekt sitzt, sind Eiersterne fast garantiert. Aus diesem Grund habe ich mich für eine Verschraubung entschieden. Eine Klemmung mit Kompressionsring habe ich nicht ausprobiert.

Der in Abbildung 10 dargestellte Schraubadapter bietet den Vorteil, dass der Korrektor der Basisversion vollständig im Okularauszug versenkt werden kann. Das ermöglicht es, den Fokus so wenig wie möglich nach außen zu legen und ist damit günstiger für die Ausleuchtung. Der Adapter wird auf das M48x0,75 Gewinde des Korrektors geschraubt und dann selber in das Innengewinde des Okularauszuges. Abbildung 11 zeigt den Kameraadapter mit dem Korrektor verschraubt.

Die Abstände sind so gewählt, dass die Referenzebene des Korrektors (M48 Anschlag) 10 mm tief im OAZ sitzt. Damit reduziert sich die Bauhöhe des CRL 2.5 auf effektiv 53,5 mm. Die wirksame Dicke mit 14,65 mm bewirkt das in Verbindung mit meinem Off-Axis-Ansatz, dem Filterrad und der Atik 490, der Backfokus des Korrektors von 66,85 mm knapp unterschritten wird (66,5 mm). Damit ist dann eine Feinabstimmung des Chipabstandes durch Unterlegen von 48 mm Passscheiben mit 0,2 mm Dicke möglich. Die Passscheiben werden dazu zwischen Korrektor und Adapterring gelegt. Das Gewinde des Korrektors wäre lang genug für 2 mm zusätzliche Distanz, sollte das erforderlich werden.

1.4.3.3 Off-Axis Guider

Der Astrograph soll per Off-Axis Guider (OAG) nachgeführt werden. Das hat zwei Vorteile:

1. Man benötigt kein Leitrohr mehr. Heutzutage bringt das keinen großen Gewichtsvorteil mehr, da aufgrund der verfügbaren Guidingkameras in der Regel ein guter Sucher ausreicht. Aber auch so spart man 1-2 kg.
2. Da der Hauptspiegel nur locker in seiner Fassung sitzen darf, kann es zu Spiegelbewegungen während der Aufnahme

kommen. Die resultierenden Bildverschiebungen kann man u.U. mit einem Off-Axis System kompensieren.

Dem steht der Nachteil gegenüber, dass man manchmal ein wenig justieren muss, bis ein Leitstern gefunden ist. Es zeichnet sich jedoch ab, das mit der Lodestar als Guiding Kamera immer sicher Leitsterne gefunden werden Vermutlich trägt hierzu die hohe Empfindlichkeit der Lodestar Kamera bei.

Der OAG selber musste an einigen Stellen modifiziert werden. Zum einen habe ich einen C-Mount Adapter aus Messing angefertigt. Das Originalteil verfügte nur über einen T2-Anschluss und war damit zu groß. Er kollidierte mit dem Okularauszug. Der erforderliche Adapter T2 auf C-Mount hat zusätzlich die optisch wirksame Länge weiter erhöht. Das ist auch unerwünscht. Zusätzlich habe ich lange Klemmschrauben – ebenfalls aus Messing – für die Ringschwalbenklemmung

des OAG angefertigt. Diese lassen sich jetzt auch bedienen, wenn ein Filterrad montiert ist. Abbildung 12 zeigt den Kameraanschluss mit M48x0,75 Gewinde des Off-Axis Guiders.

Abbildung 13 zeigt den vollständigen kameraseitigen Aufbau von der Seite, den sogenannten „Image Train“.



Abb. 11: Kameraadapter mit eingeschraubtem Korrektor.

1.5 Die Optik des Astrographen in der Praxis

Die Optik des Astrographen zeigt ihre Leistungsfähigkeit und ihre Fehler letztlich am Stern. Bis es aber soweit ist, muss man erst einmal lernen den Astrographen mit $f/2,8$ zu beherrschen. Besonders Augenmerk habe ich auf die Ausleuchtung gelegt.

1.5.1 Test des Systems am Stern

Den Offset habe ich mit Laser und eine Papierschablone justiert. Anders als bei einem visuell genutztem System, kommt es hier schon recht genau darauf an. Bei nicht optimaler Justage der Ausleuchtung liegt der hellste Bildbereich nicht in der Bildmitte. Das kann man zwar mit Flats kompensieren, man verschenkt damit aber erreichbare Grenzgröße. Bei der Kollimation des Hauptspiegels wende ich die Barlowed Laser Methode (Barlowed Laser, 2020) an. Übrigens empfiehlt auch ASA eine Variante dieses Verfahrens für seine „kleinen Astrographen“ (ASA Astrosysteme GmbH, 2011). Offenbar kann man damit das System wirklich bei Tag zu 100% justieren.

Abbildung 14 zeigt die Sternabbildung im Zentrum und in den Ecken der Atik 490.

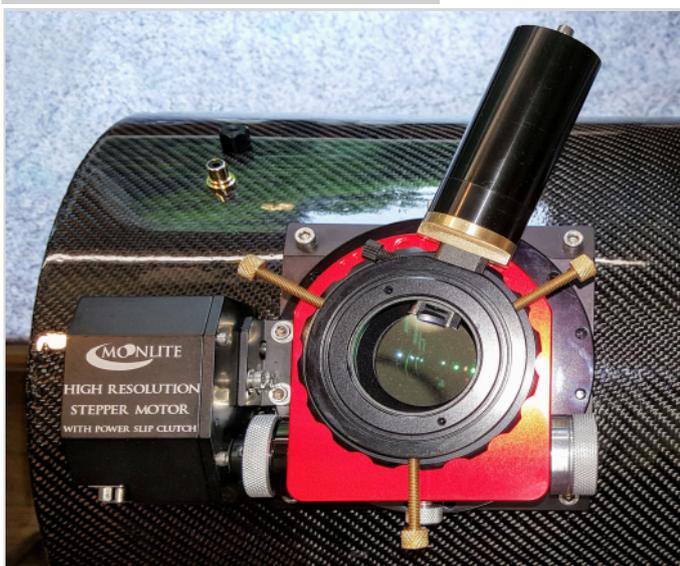


Abb. 12: Blick auf den Kameraanschluss des Off-Axis Guiders. Der Korrektor ist im Auszug versenkt. Der OAG ist in den Kameraadapter geschraubt.

1.5.2 Ausleuchtung

Als erstes „richtiges Objekt“ wurde eine Luminanzaufnahme von M 3 angefertigt. Eine Analyse der Hintergrundhelligkeit ist in Abbildung 15 dargestellt. Die ermittelte Hintergrundhelligkeit ist jeweils entlang der markierten Schnitte gemessen und auf das Maximum normiert.

Die relative Hintergrundhelligkeit entlang der drei Schnitte ist jeweils als Graphik eingefügt. Die Abszisse stellt den jeweiligen Pixelindex dar. Das M 3-Foto selbst ist 3379×2703 Pixel groß.

Selbst in den Ecken geht die Ausleuchtung nur auf 80% zurück. Das entspricht einem Verlust von 0,25 Größenklassen und liegt genau im Bereich der Erwartungen. Die ersten Aufnahmen weiter unten zeigen, dass sich das gut per Flat kompensieren lässt.

1.5.3 Ronchitest

Einen Ronchitest (Sacek, 2020) am Stern habe ich auch durchgeführt. Für mich als blutiger Ronchi-Anfänger sieht das gut aus. Sowohl mit als auch ohne Korrektor waren keine massiven Mängel zu entdecken. Die Unregelmäßigkeit auf der 8 Uhr Position kommt vermutlich aus dem Bereich Gitter und Kamera. Zumindest bewegt sie sich, wenn man die Anordnung Gitter und Kamera verändert. Deswegen und aufgrund der Tatsache, dass die ersten Aufnahme vielversprechend aussehen, habe ich hier keine weiteren Untersuchungen vorgenommen.

Bei dieser Gelegenheit habe ich auch noch die genaue Fokusslage gemessen. Das geht ja mit dem Ronchi-Gitter sehr exakt. Dabei ergab sich eine Lage des Fokus von 150,5 mm über dem Tubus.

1.5.4 First Lights

Am 26. Mai (Abbildung 17) stimmte Kollimation und Korrektorabstand noch nicht perfekt. Da die Tiefe der Aufnahme für 2 h Gesamtbelichtung recht ordentlich ist, ist sie hier trotzdem dargestellt. Bei der M 92 Aufnahme von 28. Mai



Abb. 13: Imagertrain des Newton Astrographen.

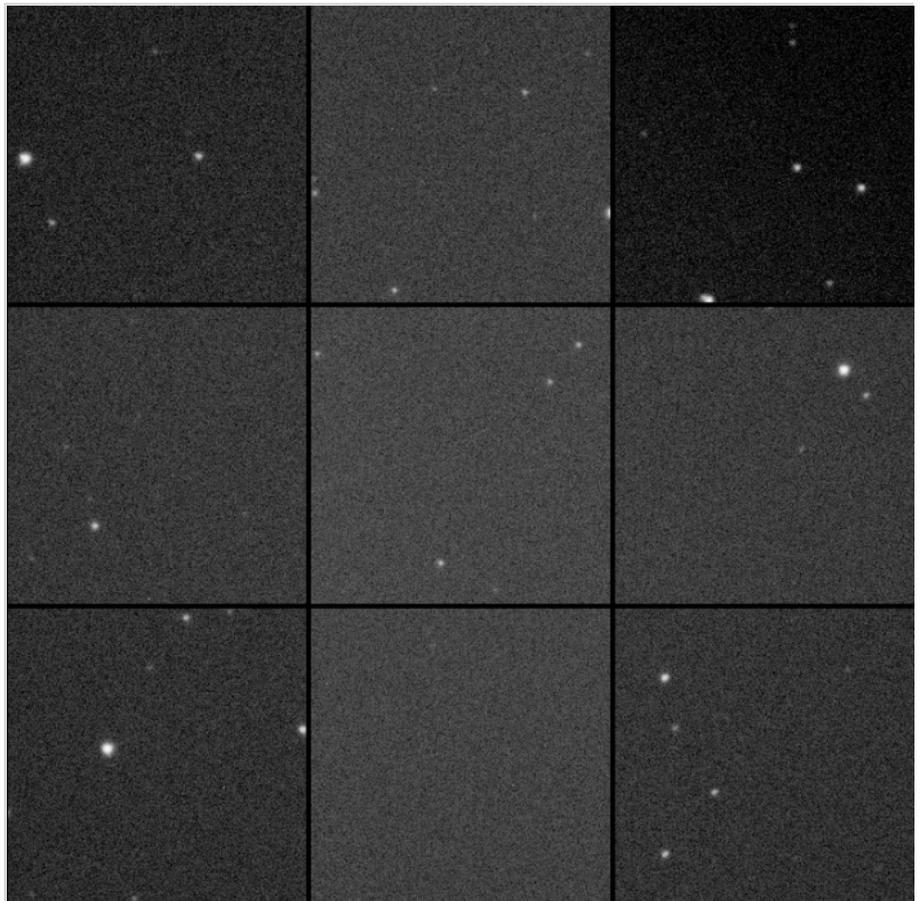


Abb. 14: HD49878 am 11. Mai 2020. 16 s Luminanz.

(Abbildung 18) war meiner Auffassung nach der Korrektorabstand richtig und die Kollimation perfekt.

Bereits nach der „norddeutschen Sommerpause“ wurde die Aufnahme der Abbildung 19 angefertigt. Sie wurde in zwei kurzen Juli Nächten mit 4 h Gesamtbe-

lichtung aufgenommen. Sie zeigt ein seltener fotografierten Reflexionsnebel im Schwan (IC 5076, vdB 137, LBN 394, V2140) ca. 2° nördlich des Nordamerikanebels.

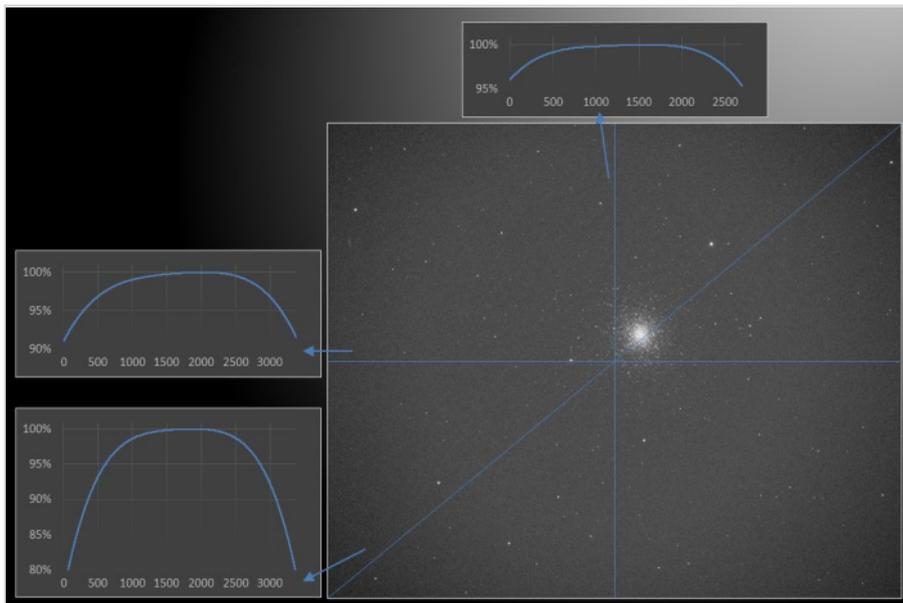


Abb. 15: Analyse der Hintergrundhelligkeit einer 60 s M 3 Aufnahme.

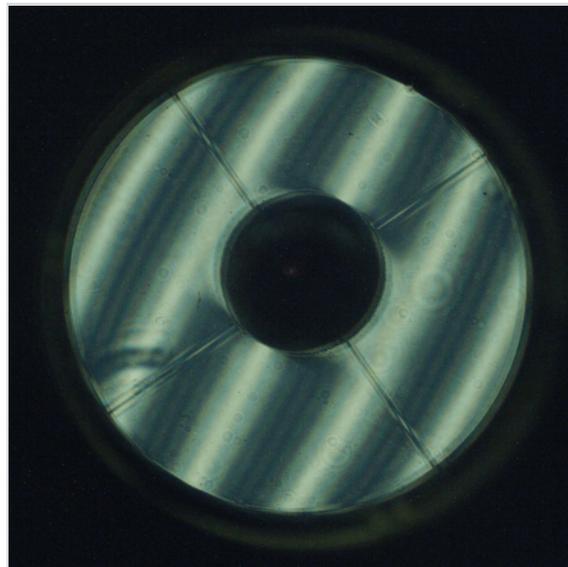


Abb. 16: Darstellung des Ronchi-Tests.



Abb. 17: Der Ringnebel M 57 am 26. Mai. L: 60 x 1 min, RGB: je 20 x 1 min. Dieser Ausschnitt zeigt etwa das zentrale Viertel des Bildfeldes.



Abb. 18: Der Kugelsternhaufen M 92 am 28. Mai. L: 100 x 30 s, RGB; je 40 x 30 s. Dargestellt ist das nahezu vollständige Bildfeld.



Abb. 19: Der Reflexionsnebel IC 5076 im Schwan. 16. und 20. Juli 2020, L: 29 x 4 min, RGB; je 10 x 4 min, Gesamtbelichtung: 4 h. Dargestellt ist das nahezu vollständige Bildfeld.

Literaturhinweise

- ASA Astrosysteme GmbH. (2011). Justieranleitung ASA Astrographen. Neumarkt i.M.: ASA Astrosysteme.
- Astronomischer Marktplatz. (2019). Von Astronomie.de: <https://www.astronomie.de/> abgerufen
- Barlowed Laser. (30. August 2020). Von pteng : http://www.pteng.de/astro/justage/blaser/frame_r.htm abgerufen
- Costache, H. (kein Datum). Mitglied. Von Astrotreff: <http://www.astrotreff.de/> abgerufen
- Horst Becker. (1. November 2019). Von Drehen und Mehr: <http://www.drehen-und-mehr.de/> abgerufen
- Klaus Helmerichs. (30. August 2020). Von klaushelmi: <http://www.klaushelmi.de/home.html> abgerufen
- Otterstedt, H. (1. August 2020). Hein Guck-In-Die-Luft. Von otterstedt.de: <http://www.otterstedt.de/atm/mynewton.html> abgerufen
- Ron Newman. (1. November 2019). CRL 2.5 inch Large Format Newtonian Focusers. Von Moonlite Telescope Accessories: <https://focuser.com/cgi-bin/whmexec.cgi?a=categoryproductsdisplay&e=h&category=5.00&e=h> abgerufen
- Sacek, V. (30. August 2020). Ronch Test. Von Telescope Optics: https://www.telescope-optics.net/ronchi_test.htm abgerufen
- Teleskop Austria. (1. August 2020). Teleskop Austria. Von <https://teleskop-austria.at/index.php> abgerufen
- Teleskop Service. (1. November 2019). TS-Optics NEWTON Koma Korrektor 0.95x Riccardi Design. Von Teleskop Express: https://www.teleskop-express.de/shop/product_info.php/info/p10692_TS-Optics-NEWTON-Koma-Korrektor-0-95x-Riccardi-Design---M68-Anschluss.html abgerufen
- Teleskop Service. (1. August 2020). TS-Optics NEWTON Koma Korrektor 0.73x. Von Teleskop Service: https://www.teleskop-express.de/shop/product_info.php/info/p9779_TS-Optics-NEWTON-Koma-Korrektor-0-73x-Reducer---2--Anschluss.html abgerufen
- Wicker, K. (1. August 2020). 10" Newton Astrograph. Von Photonenfangen: <http://photonenfangen.de/instruments/newton-astrograph/> abgerufen
- Wicker, K. (1. August 2020). Ausleuchtung. Von Photonenfangen: <http://photonenfangen.de/instruments/16-zoll-dobson/ausleuchtung/> abgerufen
- Wicker, K. (1. August 2020). Skywatcher Esprit 100ED. Von Photonenfangen: <http://photonenfangen.de/instruments/skywatcher-esprit-100-ed/> abgerufen

EIN LEBEN FÜR DIE ASTRONOMIE

Leben und Forschung der Herschel-Familie

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Amateurastronomen spielen in der Geschichte der Astronomie keine unbedeutende Rolle. Sie waren im 19. Jahrhundert Entdecker und betraten oft Neuland neben ihren herkömmlichen Berufen. So war beispielsweise Johann Hieronymus Schroeter in erster Linie Oberamtmann der Gemeinde Lilienthal, Friedrich Wilhelm Besser ein Bremer Kaufmann und Heinrich Wilhelm Olbers ein in Bremen praktizierender Arzt – um nur einige zu nennen, die sich in Bremen und Umgebung einen Namen gemacht haben. Sie alle mussten ihre Astronomie-Leidenschaft in ihrer Freizeit ausleben und hätten damals von der Astronomie alleine nicht leben können. Das war damals nur durch besondere königliche Ämter möglich, indem man z.B. in die Royal Society gewählt wurde oder das Königliche Observatorium leitete. Auch Friedrich Wilhelm Herschel war an erster Stelle Musiker und musste lange um Anerkennung kämpfen, bevor er sich ganz der Astronomie verschreiben konnte. Dies tat er allerdings mit „Haut und Haaren“, was im Grunde auf die gesamte Familie und zwei nachfolgende Generationen abfärben sollte.

Die astronomischen Ursprünge der Familie Herschel

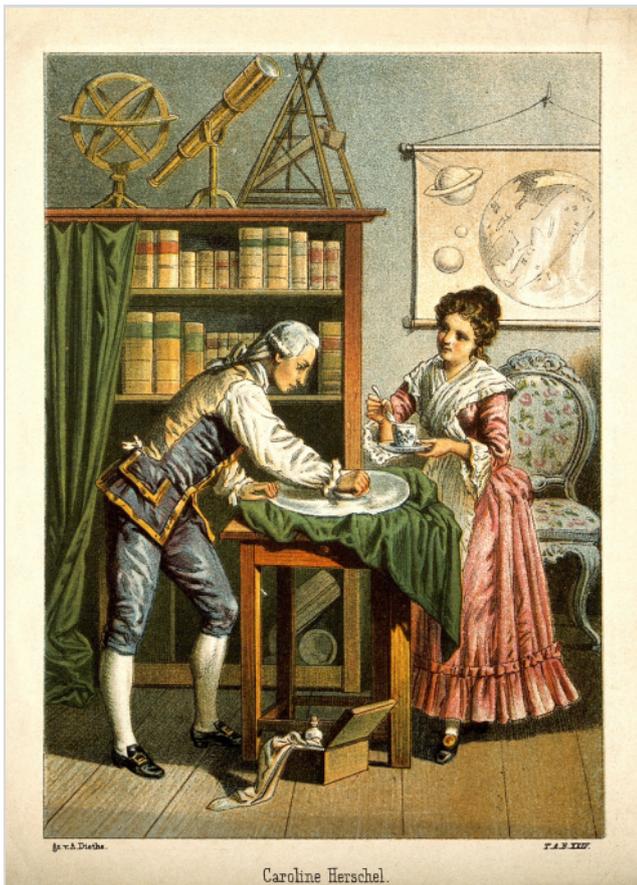
Der Vater Isaak Herschel sollte eigentlich ursprünglich Gärtner werden, was ihn aber nicht ausfüllte, weshalb er sich nebenbei das Oboen- und Geigenspiel beibrachte. Das gelang ihm so gut, dass er im Jahr 1731 eine Anstellung bei der Kapelle der Infanteriegarde von Hannover bekam, die ihm ein ausreichendes Auskommen bescherte. Daher heiratete er bereits ein Jahr später Anna Ilse Moritzen. Sie gebar im Laufe der Ehe stattliche zehn Kinder, von denen sechs das Erwachsenenalter erreichten. Einer von ihnen war Friedrich Wilhelm Herschel. Da Isaak Herschel selber keine Ausbildung als Musiker genossen hatte, wollte er das Versäumnis bei seinen Kindern nachholen und steckte sein Vermögen in deren Ausbildung. Neben Musik standen dabei auch die Fächer Mathematik und Astronomie auf dem Programm. Die Ausbildung blieb allerdings auf die Söhne der Familie beschränkt, da Anna Moritzen eine engstirnige Analphabetin war und sich daher strikt gegen eine höhere Töchterausbildung entschied. Das war zu der damaligen Zeit nichts Ungewöhnliches, denn Frauen waren zu dieser Zeit eigentlich nur für die Hausarbeit vorgesehen und für das Heiraten. Da Caroline Lucretia Herschel aber das einzig überle-



Abb. 1: Manuskript der Symphonie Nr. 15 von Wilhelm Herschel aus dem Jahr 1762 [1].

bende Mädchen in der Familie war, nahm sie ebenfalls mit den Brüdern an den internen Diskussionen und der Ausbildung des Vaters teil. Dadurch entdeckte sie ebenfalls ihren Hang zur Astronomie. Jakob und Wilhelm erhielten durch die frühe Ausbildung und ihr musikalisches Talent recht früh eine Anstellung in der Regimentskapelle des Vaters. Wilhelm war zu diesem Zeitpunkt erst 14 Jahre alt. Im Jahr 1756 wurde das Regiment nach England versetzt, da der siebenjährige Krieg ausbrach. Weil Hannover damals

mit Großbritannien von einem einzelnen Kurfürsten in Personalunion regiert wurde, war dies keine ungewöhnliche Maßnahme. Obwohl das Regime im selben Jahr wieder nach Hannover zurückkehrte, reisten Wilhelm und sein Bruder Jakob anschließend wieder zurück nach London und verließen die Armee damit endgültig. Den Lebensunterhalt verdiente sich Wilhelm damit, indem er Militärmusik komponierte (siehe Abbildung 1). Die englische Sprache brachte er sich durch das Werk „Essay on Human Understan-



Caroline Herschel.

Abb. 2: Wilhelm und Caroline Herschel beim Polieren eines Teleskop-Spiegels [2].

ding“ selbst bei. Aber damit nicht genug, es folgten weitere Sprachen wie Latein, Altgriechisch oder Italienisch. Die Familie Herschel besaß demnach ein großes autodidaktisches Talent, welches nicht nur bei Wilhelm vorhanden und von dem Vater weitervererbt worden war.

Ab 1762 hatte sich Wilhelm bereits als Musiker in England einen Namen gemacht und bekam die Stelle eines Konzertdirektors in Leeds. Ab 1766 ließ er sich kurz in Halifax nieder. Dort begann er sich mehr für den Sternhimmel zu interessieren, den er bereits als Kind im eigenen Garten mit dem Vater beobachtet hatte. Er konnte dort in dem Jahr den Planeten Venus studieren und eine Mondfinsternis miterleben. Er gewann allerdings auch den Wettbewerb einer Organisten-Stelle in Bath und wurde dorthin berufen. Dort kam er mit der höheren Gesellschaft in Berührung und sein Bekanntheitsgrad stieg weiter an. Ab 1770 verschrieb er sich allerdings auch immer mehr der Astronomie, so dass er

anfang ein Doppelleben zu führen. Tagsüber war er Musiker und nachts Astronom. Wann er geschlafen hat, blieb sein Geheimnis, insbesondere als er auch noch anfing sich mit der Teleskop-Herstellung zu beschäftigen (siehe Abbildung 2).

Wilhelm merkte aber, dass er gut Hilfe bei seinen ambitionierten astronomischen Vorhaben gebrauchen konnte und beschloss seine Schwester Caroline nach England nachzuholen. Da diese auch noch gut Violine spielte, sorgte er für ihre weitere Ausbildung, was in seiner Familie in Han-

nover nicht möglich war, und ließ sie auch Gesangsunterricht nehmen. Dies mündete im Jahr 1777 sogar in einen großen Erfolg mit dem Oratorium „Samson“ von Georg Friedrich Händel, für das sie ausgezeichnet wurde. In Hannover hielt man Caroline zuletzt nur noch als Magd und ihre Talente wurden rigoros unterdrückt. Aufgrund einer Pocken-Erkrankung mit vier Jahren besaß sie zudem Gesichtsnarben, weshalb ihre Mutter sie für unvermittelbar hielt. Caroline verdiente sich daher in England ebenfalls ihr Geld mit der Musik, während sie ihrem Bru-

der nachts bei den astronomischen Beobachtungen half. Hier entflammte auch immer mehr ihr eigener Ehrgeiz an der Astronomie.

Ab 1774 richtete sich Wilhelm eine eigene Werkstatt in Bath ein und fing an eigene Teleskope herzustellen, da er mit den lieferbaren Optiken nicht mehr zufrieden war. Sein Antrieb war es, Fernrohre zu schaffen, die zu sehen in der Lage sind, was vor ihm noch niemand gesehen hat. Auch die Linsen wurden daher selbst geschliffen und angefertigt. Caroline musste ihn dabei teilweise füttern, damit er die Zeit für das Essen einsparen konnte (siehe Abbildung 2), denn es kam oft genug vor, dass er 16 Stunden am Stück diese Arbeiten verrichtete.

Instrumentenbauer und Entdecker

Die Astronomie-Leidenschaft von Wilhelm wuchs weiter an und so wurde das Haus in Bath immer mehr zu einer Werkstatt umgerüstet. Inzwischen half



Abb. 3: Caroline und Wilhelm Herschel entdecken am 13. März 1781 den Planeten Uranus [3].

auch Bruder Alexander mit, der sich für die Teleskope immer neue Steuermechanismen ausdachte. Es wurde ein konkaver Metallspiegel ausgewählt, der aus einer Kupfer-Zinn-Legierung bestand, da seit 1780 hohe Steuern auf Glasprodukte lastete. Nicht alle Gussversuche waren dabei erfolgreich, so dass auch mal flüssiges Metall aus dem Schmelztiigel austrat. Aber Wilhelm experimentierte weiter, um das Optimum zu finden. Nebenbei freundete er sich auch mit anderen Astronomen an, wie Thomas Hornsby, der das Radcliffe Observatorium in Oxford gründete, Nevil Maskelyne, seines Zeichens Mathematiker und der fünfte Königliche Astronom, sowie Dr. William Watson, der Bürgermeister von Bath war und gleichzeitig ein gewähltes Mitglied der Royal Society. Durch diese Bekanntschaften wurde er bald in astronomischen Kreisen als ernsthafter Kollege bekannt.

Diese Bekanntheit explodierte allerdings förmlich, als er am 13. März 1781 zufällig den Planeten Uranus entdeckte. Herschel wollte in jener Nacht eigentlich nur Sterne bis zur achten Größenklasse beobachten, mit dem Schwerpunkt auf Doppeltsternsysteme. Im Sternbild Zwillinge stieß er auf ein scheibenartiges Objekt, das er zunächst für einen Kometen hielt, weil dieses merklich seine Position veränderte. Daraufhin verständigte er Maskelyne und Hornsby, wobei ersterer ihm bestätigte, dass es sich bei seiner Entdeckung um einen Planeten handeln musste. Es stellte sich heraus, dass auch andere Königliche Astronomen dieses Objekt schon gesehen hatten, es aber wohl falsch einordneten. Daten zur Bahnberechnung wurden gesammelt und Pierre Laplace verfeinerte die Berechnungen. Noch im selben Jahr 1781 verlieh die Royal Society ihm die Copely Medaille und er wurde offiziell ihr Mitglied. Abbildung 3 stellt die Beobachtungsnacht mit seiner Schwester Caroline nach.

Nun war der Weg für ihn frei, um königlicher Astronom zu werden und sich ganz seiner Leidenschaft widmen zu können. Eine solche Stelle wurde Herschel nun in Windsor angeboten. Mit daran gebunden war die Aufgabe alle Instrumente zu pflegen und bereitzuhalten, falls der König einmal selbst himmelkundige Unterhaltung wünschte. Er hatte aber genug Freiheiten und Zeit, um seine eigenen Teleskope weiter zu bauen. Es stand also mal wieder ein Umzug an. Wilhelm fand ein abgewohntes Haus mit verwildertem Garten in Datchet, das zukünftig regelmäßig von der Königsfamilie Besuch erhielt. Ab 1782 begann auch Caroline nun selber systematisch den Himmel nach Kometen und Nebeln abzusuchen, da sie mit der reinen Assistentenstelle nicht mehr zufrieden war. Bis Ende 1783 hatte sie bereits 14 Nebel entdeckt und beabsichtigte einen eigenen Katalog anzufertigen. Am 1. August 1786 entdeckte sie auch ihren ersten Kometen, bei Abwesenheit ihres Bruders. Sie gab die Entdeckung daher unter ihrem Namen bekannt und der König bewilligte ihr ein jährliches Gehalt von 50 Pfund Sterling. Damit war sie die erste Frau, die für ihre astronomische Tätigkeit anerkannt und bezahlt wurde. Da im selben Jahr ihr Bruder Mary Pitt heiratete, war sie auch im Haushalt entlastet und konnte sich komplett der Astronomie widmen. Zwischen 1786 und 1797 entdeckte sie weitere acht Kometen.

Herschel-Teleskope

Wilhelm Herschel baute und verwendete eine Vielzahl von Telesko-

pen. Als wichtigste Geräte lassen sich dabei nennen:

- a. Spiegelteleskop von 6 Zoll (15,8 cm) Durchmesser und 7 Fuß (2,13 m) Brennweite: damit wurde der Planet Uranus entdeckt.
- b. Spiegelteleskop mit 18,7 Zoll (47,5 cm) Durchmesser und 20 Fuß (6,1 m) Brennweite: für seinen Nebel- und Doppelstern-Katalog benutzte er ab 1783 hauptsächlich dieses Gerät.
- c. Spiegelteleskop von 48 Zoll (122 cm) Durchmesser und 40 Fuß (12 m) Brennweite: dies war sein größtes Teleskop, welches 1789 unter seiner Anleitung gebaut wurde (siehe Abbildung 4). Das Öffnungsverhältnis lag bei ca. 1:10. Es kam aufgrund verschiedener technischer Probleme kaum zum Einsatz.

Dabei handelte es sich ausschließlich um Spiegelteleskope. Bei seinem 48-Zoll-Teleskop schaute man von vorne in das Teleskop hinein (siehe Abbildung 4), was aber aufgrund der Öffnungsgröße kaum

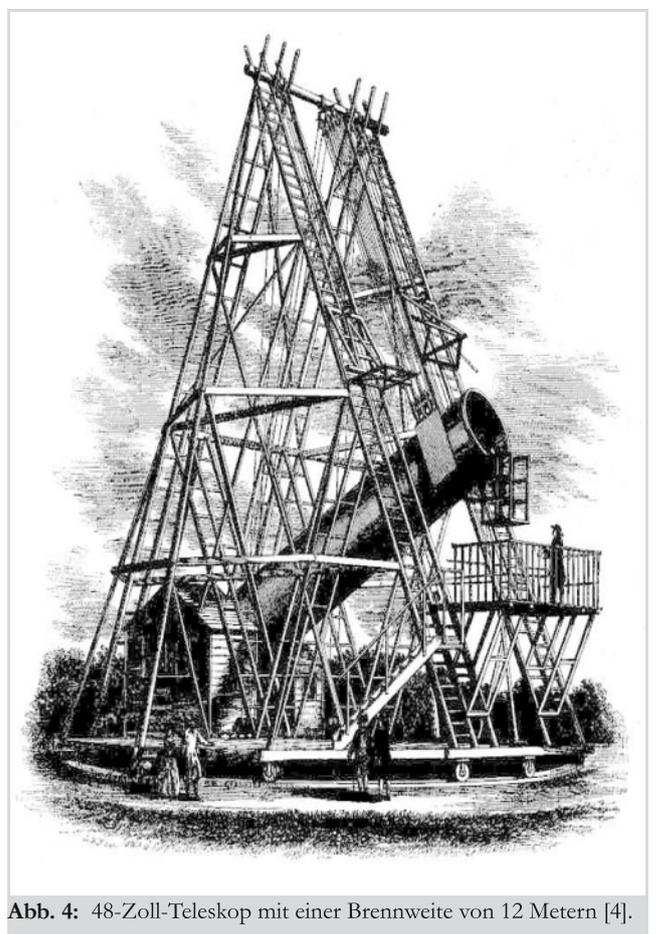


Abb. 4: 48-Zoll-Teleskop mit einer Brennweite von 12 Metern [4].



Abb. 5: Cirrus-Nebel-Komplex mit NGC 6960, 6974, 6979, 6992, 1790 kam er sogar zu dem Schluss, dass sich

Abschattungen hervorrief. Trotzdem blieb dieses größte Teleskop vor allem eine Fehlinvestition, da der sehr große Spiegel viel zu lange brauchte, um sich an die Umgebungstemperatur zu gewöhnen und das Holz schnell verrottete. Nur der sechste und siebte Mond Saturns wurden mit ihm damit entdeckt.

Systematische Himmelsdurchmusterung

Durch seine Fernrohre, die damals den Stand der Technik übertrafen, konnte Wilhelm erstmals bereits als Nebel bekannte Objekte in Einzelsterne auflösen. Charles Messier hatte gerade um 1780 einen Katalog von 103 nicht-punktförmigen nebligen Objekten veröffentlicht. Wilhelm vermutete daher, dass alle übrigen Nebelobjekte dieses Katalogs auch Sternhaufen sind und nur nicht aufgelöst werden können, da sie weiter weg seien. Prinzipiell hatte er mit der Annahme nicht unrecht, aber er wusste zu diesem Zeitpunkt noch nicht, dass es sich um unterschiedliche Objekte (Gasnebel, Sternhaufen, Galaxien) handelte.

Wilhelm führte aufgrund der Vielzahl seiner beobachteten Objekte als Erster eine Klassifikation ein. Er unterschied dabei die Objekte nach scheinbarer Helligkeit, Größe, Regelmäßigkeit der Form und Konzentration zur Mitte hin. Auch entwickelte er eine erste Theorie für die unterschiedlichen Sternhaufen, indem er annahm, dass die Schwerkraft sie mit der Zeit aus losen Haufen dichter gepackter Systeme entstehen ließ. Nach dem Jahr

die Sterne unter dem Einfluss der Schwerkraft aus einer Art Wolke oder Gas zusammengezogen hätten. Dadurch wurde das Konzept der Evolution in die Astronomie eingeführt und die Kosmologie begründet. Wilhelm kam durch sei-

ne Beobachtungen zu dem Schluss, dass der Sternhimmel nicht ewig und unveränderbar war. Das war in der damaligen Zeit ein ganz neuer Aspekt und stellte eine weitere These der Kirchen in Frage. Bei seinen Himmelsdurchmusterungen entdeckte Wilhelm viele Nebelgebiete, obwohl Filtertechniken ihm unbekannt waren. Herschel erkannte so beispielsweise am 05. September 1784 eine Ansammlung von Emissions- und Reflektionsnebeln im Sternbild Schwan: den Cirrus-Nebel-Komplex mit NGC 6960, 6974, 6979, 6992, 6995 (siehe Abbildung 5). Hierbei handelt es sich um die Überreste einer Supernova, die vor ca. 8.000 Jahren stattfand. Wilhelm beschrieb den Nebel dabei wie folgt: „ausgedehnte Region; übertritt 52 Cygni...nahe 2 Grad in der Länge“ sowie „Verästelte Nebeligkeit...die folgenden Teile werden in diverse Ströme unterteilt und vereinigen sich anschließend wieder zum Süden hin“. Er sah daher erstaunlich viel, denn diese Beobachtungen kann man heute nur noch in sehr dunklen Gegenden ohne Filter nachvollziehen. Der Himmel muss daher bei ihm keine Licht-



Abb. 6: Spiralgalaxie Messier 33 im Sternbild Dreieck mit H-II-Region NGC 604.

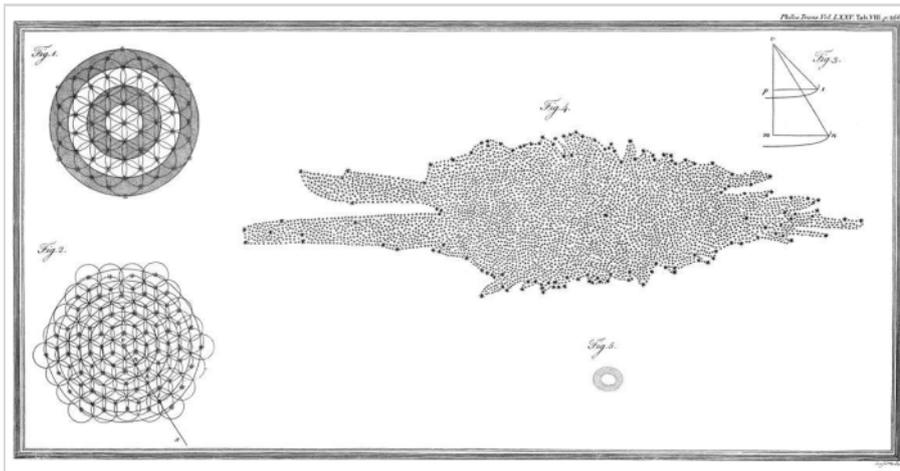


Abb. 7: Die Konstruktion unseres Himmels nach Wilhelm Herschel von 1785 [5].

verschmutzung gekannt haben. Alle gesichteten Objekte wurden von ihm katalogisiert, so dass er die Anzahl bekannter Nebel von 100 auf insgesamt 2.500 steigern konnte.

Bei seinen Beobachtungen fand Wilhelm auch immer wieder nebelartige Objekte, die sich später als Galaxien herausstellten. So nahm er 1784 auch die Dreiecks-galaxie Messier 33 wahr, die nach der Andromeda-Galaxie die zweithellste Spiralgalaxie am Nachthimmel und eine der uns nächstliegenden ist, mit einer Entfernung von 3 Mio. Lichtjahren. Im Gegensatz zu Messier entdeckte Herschel in der Galaxie aber bereits die H-II-Region NGC 604, nahm diese aber noch als separates Objekt wahr. H-II-Regionen sind interstellare Wolken aus leuchtendem Gas, in denen Sternentstehungen stattfinden. Junge, heiße blaue Sterne, die durch die lokale Verdichtung in dieser Gaswolke entstanden sind, senden große Mengen ultraviolettes Licht aus, wodurch der Nebel ionisiert wird. Abbildung 6 zeigt die Region NGC 604 (gekennzeichnet) sowie andere H-II-Gebiete in Messier 33. NGC 604 hat eine Ausdehnung von 1.300 Lichtjahren und enthält mehr als 200 junge Sterne.

Zwischen 1783 und 1802 beobachtete Wilhelm mit seinem 18,7“-Reflektor den Sternenhimmel und entdeckte nicht nur viele Nebel, Sternhaufen und Doppelterne, sondern führte auch systematische

Sternzählungen durch. Als Beobachtungsmethode wurde das sog. Sweeping angewandt: ein systematisches Durchforsten des Nachthimmels. In der Schildwolke im Sternbild Schild wurden so in einem engen Bereich 356 Sterne gezählt, was für damalige Verhältnisse eine enorme Leistung darstellte. 1784 wurden erstmals von ihm Sternzählungen veröffentlicht. Er untersuchte daher auch den Aufbau der Milchstraße, von der man damals schon wusste, dass sie den ganzen Himmel umschloss. Wilhelm führte insgesamt 1.091 Sternzählungen durch und erstellte die Zeichnung eines Milchstraßenschnittbilds (siehe Abbildung 7). Demnach bestand aus seiner Sicht die Milchstraße aus einem blockförmigen Gebilde aus Sternen, welches an einigen Stellen geteilt wurde.

Wilhelm Herschel führte auch die Statistik und Wahrscheinlichkeitsüberlegungen als erster Astronom mit in seine Überlegungen ein. So erkannte er, aufgrund der detaillierten Beobachtung eines Teilabschnitts der Milchstraße, dass dieser bereits mehr als 50.000 Sterne enthalten müsste. Aus der Verteilung der Fixsterne und ihrer Zahl in gleichgroßen Beobachtungsfeldern versuchte er die Gestalt der Milchstraße abzuleiten. Aber, je länger er zählte, desto mehr zweifelte er an seiner ursprünglichen Annahme einer konstanten Sterndichte. Auch gab es Sterne jenseits seiner Beobachtungsgrenze, was er

zuerst nicht für möglich gehalten hatte. Von daher waren seine Bemühungen einer kompletten Sternzählung zum Scheitern verurteilt, was von Johann Hieronymus Schroeter damals bereits vermutet wurde. Beide standen brieflich ab und zu in Kontakt. Auch die Sonne wurde von ihm beobachtet und Sonnenflecken entdeckt, die von ihm als Löcher in der heißen Oberfläche interpretiert wurden. Auch brachte er als Erster den Einfluss der Sonne auf das Erdklima ins Gespräch. So verglich Wilhelm historische Beobachtungen der Sonnenflecken und als Indikator für das Klima die Entwicklung der Weizenpreise. Dieser Zusammenhang ist allerdings bis heute umstritten, entbehrt aber auch nicht einer gewissen Logik.

Wilhelm Herschel entdeckte ebenfalls die Infrarotstrahlung im Jahre 1800, die mit dem Auge nicht gesehen werden kann. Er war daran interessiert, wie viel Wärme durch verschiedenfarbige Filter drang, die er zum Beobachten der Sonne benutzte. Dabei entdeckte er, dass verschiedene Farbfilter unterschiedliche Mengen von Wärmeenergie durchließen. Wilhelm vermutete daher, dass die Farben an sich verschiedene Wärmemengen enthalten könnten. Er ließ daher in einem Versuch Sonnenlicht durch ein Glasprisma scheinen, um ein Spektrum (Regenbogen) zu erhalten. Dabei maß er die Temperatur jeder Farbe mittels drei Thermometer in jedem Farb-Bereich und bemerkte, dass die Temperatur vom violetten zum roten Teil des Spektrums hin zunahm. Daher entschied Wilhelm die Temperatur direkt außerhalb des roten Spektralbereichs in einer Region zu messen, die scheinbar ganz ohne Sonnenlicht war. Zu seiner großen Überraschung sah er, dass diese Region die höchste Temperatur von allen besaß: die Infrarotstrahlung war entdeckt.

In der Teleskoptechnik ist uns der Begriff eines Herschelkeils vertraut, der die Wärmeenergie der Sonne zu 95% her-

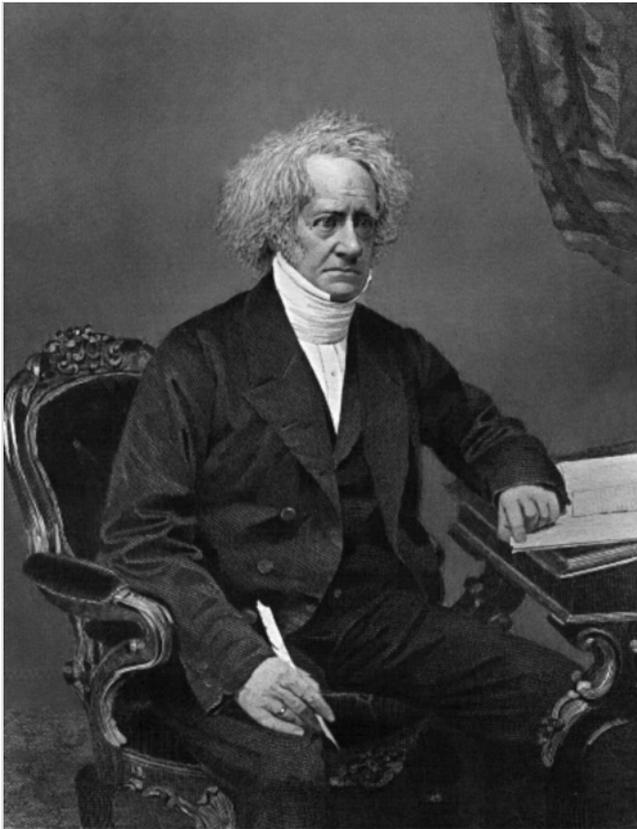


Abb. 8: Portrait im hohen Alter von Johann Friedrich Wilhelm Herschel [7].

ausfiltert, um mit den restlichen 5% die Sonnenoberfläche beobachten zu können (allerdings nicht, um ohne Sonnenfilter zu beobachten, denn selbst 5% ist für das menschliche Auge zu hell). Dieser wurde aufgrund der Wärmeenergieentdeckung von Wilhelm passenderweise so genannt.

Der Herschel-Katalog

Nach 1800 bekam Wilhelm Herschel immer mehr gesundheitliche Probleme und war daher deutlich häufiger auf die Hilfe seiner Schwester angewiesen. Sie unterrichtete auch Johann Herschel, den einzigen Sohn von Wilhelm Herschel, in der Astronomie und katalogisierte ihre gemeinsamen Entdeckungen nach seinem Tod im Jahr 1822. Für diesen Herschel-Katalog, der hauptsächlich Doppelsterne und Nebel enthält, verlieh die königliche astronomische Gesellschaft Caroline Herschel die Goldmedaille. Dieser Katalog war die Basis für den New General Catalogue (NGC), der 1880 zusammengestellt und acht Jahre später veröffentlicht wurde. Der NGC-Katalog gilt noch

heute als Standardwerk, nachdem sich weltweit Profi- und Amateurastronomen richten. 1895 und 1908 wurde er um die Index-Kataloge IC-I und IC-II erweitert. Er enthält heute 7.840 Objekte und deckt anders als der Messier-Katalog auch den Südsternhimmel ab. Der Katalog enthält allerdings Fehler, da beispielsweise einige Objekte mehrfach unter verschiedenen Katalognummern enthalten sind. Es wurde seit dem Bestehen des Katalogs mehrfach versucht diese Fehler zu beseitigen. Die letzte vollständige Überarbeitung wurde

von Wolfgang Steinicke, Leiter der VdS-Fachgruppe Geschichte [6], im Jahr 2009 durchgeführt.

Die zweite Generation

Der einzige Sohn Johann Friedrich Wilhelm Herschel wuchs bereits in materiell gesicherten Verhältnissen auf. Er begleitete seine Eltern bereits früh bei deren Reisen und besuchte ab dem 17. Lebensjahr das St. John's College in Cambridge, wo auch seine wissenschaftliche Karriere ihren Anfang nahm. Bereits während seiner Studienzeit konnte er viele erste Preise erreichen. Nach dem Abschluss in Cambridge im Jahr 1814 wollte Johann zuerst Jurist werden, änderte dann aber ein Jahr später seine Meinung und bewarb sich als Chemie-Professor. Die Bewerbung wurde allerdings abgelehnt, so dass er Assistent seines Vaters wurde und dem akademischen Leben abschwor. Es blieb der einzige Rückschlag in seinem Leben.

Kurz nach dem Tod des Vaters erschienen Johanns erste astronomischen Arbei-

ten. So entwickelte er eine Berechnungsmethode der Sternbedeckungen durch den Mond und Tabellen, mit denen man die Positionen wichtiger Gestirne finden konnte. Zudem arbeitete er in den Jahren 1821 bis 1824 mit dem Amateurastronomen James South eng zusammen und katalogisierte so weitere 380 Objekte (Doppelsterne). Ein Jahr später überprüfte er noch einmal die Nebelbeobachtungen seines Vaters und fügte weitere 525 Nebel dem Katalog hinzu. Zwischen 1825 und 1833 gab er zwei weitere große Kataloge heraus: 2.300 Nebel und Gestirnsgruppen sowie einen sechsteiligen Doppelsternkatalog. Das machte eine Überarbeitung des Herschel-Katalogs notwendig, die von Caroline unterstützt und 1864 unter dem Namen „General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars“ veröffentlicht wurde.

Da Johann von England aus den Südsternhimmel nicht beobachten konnte, zog es ihn im Jahr 1834 mitsamt eines 20-Fuß-Refraktors nach Kapstadt. Dort fing er sofort mit seinen Beobachtungen an und katalogisierte in kürzester Zeit 1.707 Nebel und 2.102 binäre Sternpaare. Er führte damit die Arbeit seines Vaters auf der Südhalbkugel fort. Johann fertigte damals die beste handgezeichnete Karte der Großen Magellanschen Wolke (GMW) und von verschiedenen Nebelobjekten an. Er löste mit seinem Teleskop bereits die GMW und Kleine Magellansche Wolke (KMW) in Einzelsterne auf und konnte so zum ersten Mal beweisen, dass es sich nicht um Nebelobjekte handelte (siehe Abbildung 9). Auch eine Zeichnung vom Halleyschen Kometen konnte er erstellen. In Südafrika gab Johann auch kleinere Konzerte als Violinist und Flötist, da er das musikalische Talent seines Vaters geerbt hatte. Nach fünf Jahren reiste er wieder nach England zurück – seine produktivste astronomische Zeit war damit vorüber.

In England zurück nahmen seine Beob-

achtungszeiten drastisch ab. Das lag wohl zum einen an der wesentlich schlechteren Himmelsqualität gegenüber Südafrika und zum anderen an den diversen Ämtern, die er bekleiden musste. Manch einer, der den Sternhimmel in Südafrika genossen hat, meint ja auch heute noch, dass sich die Beobachtung oder Astrofotografie im lichtverschmutzten Norddeutschland nicht mehr lohnt. Ich selbst konnte erst einmal die Himmelsqualität anhand der Milchstraße hier nicht mehr einschätzen, nachdem diese in Namibia so hell war, dass sie sogar Schatten warf. Trotzdem beobachtete Johann ab und zu weiter und entdeckte im Jahr 1840 noch die Veränderlichkeit des Sterns Beteigeuze im Sternbild Orion, die uns ja auch in diesem Jahr beschäftigt hat. Seine südafrikanischen Arbeiten wertete er bis 1847 aus und publizierte seine Beobachtungen unter „Results of Astronomical Observation made at the Cape of Good Hope“ kurz vor dem Tod seiner Tante Caroline.

Johann Herschel tat sich aber auf einem anderen Gebiet noch entscheidend hervor: er entdeckte quasi die Fotografie. Er war ja auch Experte in der Chemie und erkannte den fotografischen Prozess zum Belichten von Papierbildern auf der Basis von kolloidalem Gold, den er Chrysotypie nannte. Er prägte auch die Begriffe „Positiv“ und „Negativ“ eines Fotos bzw. verwendete den Begriff Fotografie als Erster. Johann veröffentlichte im Jahr 1864 elf Kataloge von Doppelsternen und einen Katalog mit 5.079 Nebeln und bis dahin entdeckte Sternhaufen. Ein weiterer Katalog von 10.300 Doppel- und Mehrfachsystemen erschien nach seinem Tod im Jahr 1874.

Die dritte Generation

Johann Herschel heiratete im Jahr 1829 Margarete Stewart und hatte mit ihr 12 Kinder. Darunter befand sich auch Alexander Stewart Herschel – die dritte Generation von Astronomen. Dieser wurde

1836 in der Nähe von Kapstadt während seiner Südafrika-Zeit geboren. Recht früh nahm er den Faden seines Vaters zur Fotografie auf und führte bereits früh fotografische Experimente durch. Auch nach Cambridge folgte er seinem Vater, wenn auch nicht an die Universität, sondern an das Trinity College. Da sein Vater bereits alle erdenklichen akademischen Preise gewonnen hatte, war es für ihn schwer in seine Fußstapfen zu treten. Ab 1861 besuchte Alexander dann die Königliche Bergwerksschule, wo er seine Berufung fand: Meteore. Bereits ein Jahr später publizierte er seine Arbeit über die Meteorhöhen, mit besonderem Gewicht auf drei Feuerkugeln, die am 16. Juli 1861 über England erschienen waren. Auch hier war ein Herschel mal wieder als Pionier unterwegs: im neuen Feld der Meteor-Spektroskopie. 1865 erschienen weitere Veröffentlichungen über die Geschichte der Meteorastronomie. Er vertrat darin den Standpunkt der „statischen Ausstrahlungsorte“, der aber falsch war. Neben seinem Hauptgebiet Meteore beschäftigte sich Alexander aber auch noch mit anderen Themen, wie Farben und Verteilung der Bänder des Jupiters, Untersuchung von Fluoreszenz, Wärmeleitfähigkeit von Gesteinen, Speicherung von Elektrizität und Glühfäden von Glühlampen. Er machte einige Erfindun-

gen, meldete diese aber nie zum Patent an. Hätte er nur einen Bruchteil davon patentieren lassen, wäre er ein reicher Mann geworden. Im Jahr 1866 trat er als erstes Herschel-Familienmitglied eine Stelle als Professor an. Dies war die Professur für Mechanische und Experimentelle Physik am Anderson College der Universität Glasgow. Bereits 1871 wechselte er nach Newcastle upon Tyne als Professor für Physik am Durham University College und blieb dort bis zu seinem Ruhestand. Die dortigen Labore stattete er mit eigenen Gerätschaften aus, die oft von ihm selbst hergestellt wurden – nach bester Herschel-Tradition.

Er lebte sehr zurückgezogen und war sehr introvertiert, weshalb er auch wohl nie geheiratet hat. Auch Fotografien gibt es kaum von ihm. Nach seiner Pensionierung im Jahr 1888 zog es ihn zum Haus seines Großvaters nach Slough zurück, zu seinen Geschwistern, wo er freisichtige Astronomie betrieb. Er hinterließ keine Nachkommen. So schloss sich hier der familiäre Kreis, denn Isaak Herschel begann die freisichtige Astronomie in seinem Garten und gab dieses Interesse an seine Kinder weiter, was drei Generationen lang anhalten sollte.

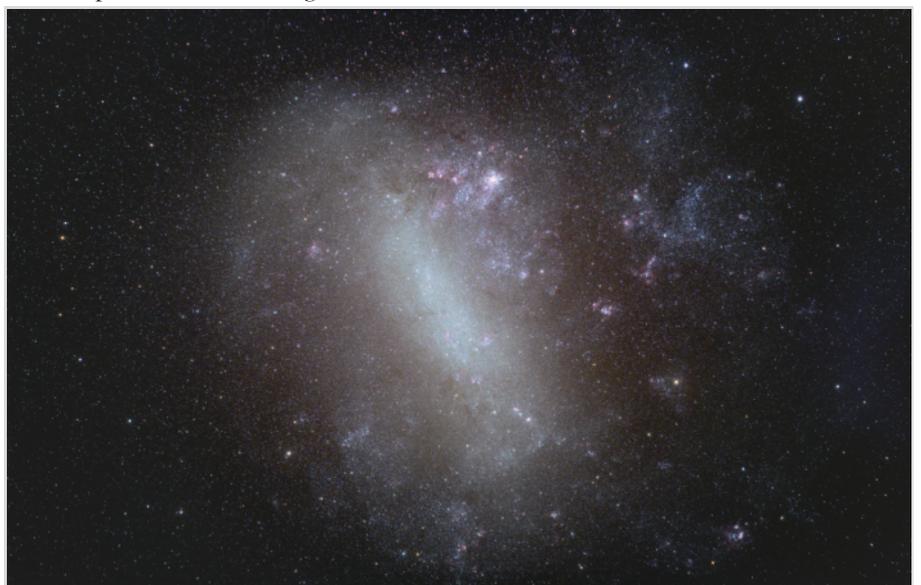


Abb. 9: Die GMW-Zwerggalaxie am Südsternhimmel.

Literaturhinweise

- [1] A handwritten page [folio 25r] from BL Add MS 49626, Symphony no. 15 in E flat major by William Herschel, in the composer's own hand. Held and digitised by the British Library. Jahr: 1762. Dieses Werk ist gemeinfrei, weil seine urheberrechtliche Schutzfrist abgelaufen ist.
- [2] R. Burgess, Portraits of doctors & scientists in the Wellcome Institute, London 1973, no. 1379.10, Quelle: Colour lithograph by A. Diethe, ca. 1896. William polishing a telescope element, probably a mirror and Caroline Herschel adds lubricant. Creative Commons Attribution 2.0 Generic license
- [3] Paul Fouché: Caroline Herschel Taking Notes as Her Brother William Observes on March 13, 1781, the Night William Discovered Uranus. Dieses Werk ist gemeinfrei, weil seine urheberrechtliche Schutzfrist abgelaufen ist.
- [4] Autor unbekannt: Wilhelm Herschels 40-Fuß-Spiegelteleskop, Public Domain (gemeinfrei).
- [5] William Herschel: Section of our sidereal system. On the Construction of the Heavens. By William Herschel, Esq. FRS. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 75 (1785). Dieses Werk ist gemeinfrei, weil seine urheberrechtliche Schutzfrist abgelaufen ist.
- [6] Webseite der Fachgruppe „Geschichte der Astronomie“ der Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS): <http://geschichte.fg-vds.de>, Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Wolfgang Steinicke
- [7] Autor unbekannt: Duyckinick, Evert A. Portrait Gallery of Eminent Men and Women in Europe and America. New York: Johnson, Wilson & Company, 1873. Dieses Werk ist gemeinfrei, weil seine urheberrechtliche Schutzfrist abgelaufen ist.

EINSTEINS REVOLUTIONÄRE HYPOTHESE

Die Erklärung des Photoeffekts durch Einführung der Energiequanten im Jahre 1905

von DR. MICHAEL LEMB, *Donnern (Loxstedt)*

Was ist Licht und woraus besteht es? Über diese Frage haben sich die Physiker jahrhundertlang die Köpfe zerbrochen. Der große Isaac Newton glaubte, Licht bestünde aus Korpuskeln. Diese breiteten sich mit der Lichtgeschwindigkeit c gradlinig aus und reflektierten hochelastisch. Auf diese Weise konnte er Strahlengang und Reflexion erklären. Was die Brechung betraf: Licht würde von Materie in senkrechter Richtung angezogen. In Materie würde sich Licht folglich schneller bewegen als in Luft (Brechung zum Lot hin). Also müsste die Lichtgeschwindigkeit in Materie größer als in Luft sein.

Nun war die Lichtgeschwindigkeit zur Zeit Newtons durchaus bereits bekannt (3). 1676 hatte der dänische Astronom Olaf Römer die Lichtgeschwindigkeit aus der Verfinsternung des Jupitermondes Io (I in Abb.1) bestimmt. Io ist der innerste der vier galileischen Jupitermonde und umrundet seinen Planeten (J) in 42h 28m 36s. Römer beobachtete die Verfinsternung von Io von der Stellung der Erde in nächster Nähe zum Jupiter (Erde in Konjunktion, EK) aus. Ein halbes Jahr später befand sich die Erde bei ihrer Drehung um die Sonne (S) in Opposition (EO). Jetzt sah Römer, daß die Verfinsternung von Io um 1000 sec später eintrat. Ein halbes Jahr später, wieder mit Erde in Konjunktion, war diese Verspätung verschwunden, um sich dann allmählich wieder langsam aufzubauen usw. Es war Römers geniale Idee, diese Verspätung aus der Zeit abzuleiten, die das Licht auf

seinem Weg längs des Erdbahndurchmessers benötigt. Dieser beträgt 300 Millionen km. Folglich beträgt die Lichtgeschwindigkeit $c = 300.000$ km/s. Da Römer den Erdbahndurchmesser noch nicht so genau kannte, erhielt er 214.450 km/s, aber immerhin, Respekt! Einen ähnlichen Wert erhielt Bradley 1727 aus astronomischen Aberrationsmessungen. Es kam aber nun darauf an, direkte (also irdische) Messverfahren zu gewinnen. Dies gelang erstmals 1849 Fizeau mittels einer Zahnradmethode. Dabei schickte er einen Lichtstrahl durch ein schnell drehendes Zahnrad auf einen 8,6 km entfernten Spiegel und beobachtete das von dort reflektierte Licht. Wenn der Lichtstrahl durch eine Lücke in dem Zahnradkranz auf den entfernten Spiegel fiel und das Zahnrad gerade die richtige (hohe) Umdrehungszahl hatte, dann prallte das reflektierte Licht auf einen

Zahn und das Gesichtsfeld wurde dunkel. Auf diese Weise ließ sich die Lichtgeschwindigkeit erstmals auf der Erde direkt messen (Fizeau kam auf $c = 313.290$ km/s).

Natürlich war eine Entfernung von 8,6 km innerhalb einer Messanordnung zu viel, um c in einem anderen Medium zu messen. Dies gelang aber Foucault 1869 mit einer Anordnung von Spiegeln kombiniert mit einem Drehspiegel. Die Messstrecke betrug dabei nur wenige Meter und er erhielt einen Wert von 300.900 km/s. In diesem System war es nun möglich eine Wasserröhre zwischenzuschalten. Die Messung damit ergab, dass die Lichtgeschwindigkeit in Wasser kleiner ist als die in Luft. Damit war die Newtonsche Korpuskulartheorie offenbar widerlegt!

Inzwischen mehrten sich die Anzeichen für die Wellennatur des Lichts. Young konnte bereits 1802 Interferenzmuster mittels eines Doppelspalts erzeugen. Fresnel produzierte 1821 Interferenzmuster, indem er das Abbild ein und dieselbe Lichtquelle mit Spiegeln überlagerte. Auf diese Weise umging er die Inkohärenz zweier getrennter Quellen. Nach der Maxwellschen Theorie bestanden elektromagnetische Wellen aus gekoppelten Transversalwellen, die mit c propagierten. Heinrich Hertz schließlich konnte diese Wellen direkt nachweisen. Er formulierte 1889 wie folgt: „Die Wel-

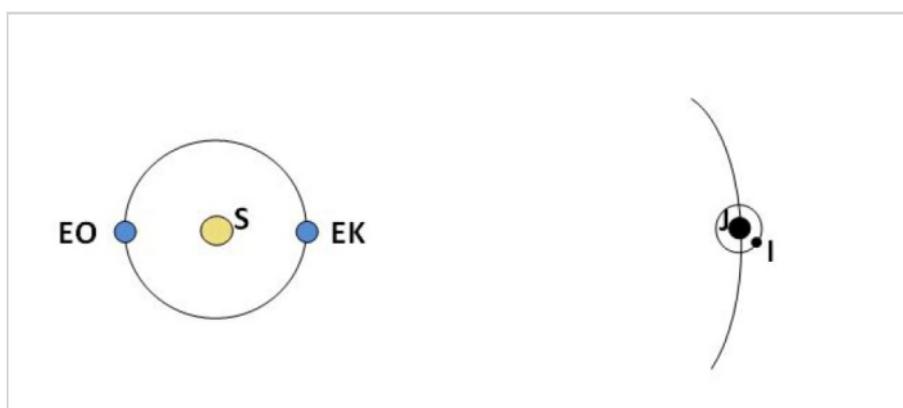


Abb. 1: Messung der Lichtgeschwindigkeit durch Olaf Römer.
Alle Zeichnungen vom Autor.

lentheorie des Lichts ist, menschlich gesprochen, Gewissheit; was aus derselben folgt, ist ebenfalls Gewissheit.“

Dieser „Gewissheit“ hat Hertz zwei Jahre zuvor durch die (von ihm nicht erklärbar) Beobachtung, dass eine elektrische Funkenstrecke unter UV-Bestrahlung länger wird (klar, weil UV-Licht die Luft ionisiert und damit die Leitfähigkeit erhöht), den ersten Zweifel entgegengesetzt. Auch andere Phänomene waren mittlerweile wellentheoretisch nicht erklärbar. 1852 entdeckte Stokes das Phänomen der Fluoreszenz. Bestrahlt man nämlich verschiedene Substanzen mit weißem Licht, so leuchten diese in einer charakteristischen Farbe auf (eine Lösung von Chininsulfat hellblau, eine solche von Fluorescein grün und eine Lösung von ätherischem Chlorophyll rot). Es handelt sich bei diesem Leuchten nicht um eine Reflexion sondern um eine Umwandlung von Licht im Inneren der Stoffe unter Veränderung der Frequenz ν . Beleuchtet man diese Stoffe mit monochromatischem Licht, so tritt das Leuchten ebenfalls auf, allerdings nur, wenn die einstrahlende Lichtfrequenz höher oder gleich der emittierten Lichtfrequenz ist, d.h.: $\nu_{\text{erregend}} \geq \nu_{\text{emittiert}}$. Dieser Zusammenhang zwischen den Frequenzen des erregenden und des emittierten Lichts heißt Stokessche Regel.

Eine weitere Beobachtung, die sich wellentheoretisch nicht erklären ließ, war die Entdeckung des „äußeren lichtelektrischen Effekts“ durch Hallwachs 1887. Er fand, daß eine isoliert aufgestellte Metallplatte bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht (linke Seite in Abb. 2) negative elektrische Ladung abgibt. War die Platte negativ geladen, so verliert sie bei dieser Bestrahlung die Ladung vollständig. Sie wird bei weiterer Bestrahlung sogar positiv geladen, allerdings nur bis zu einem ganz bestimmten positiven Potential, das man „Haltepotential“ V_m nennt.

Den Versuch von Hallwachs baute Lenard weiter aus, um eine Aussage zur

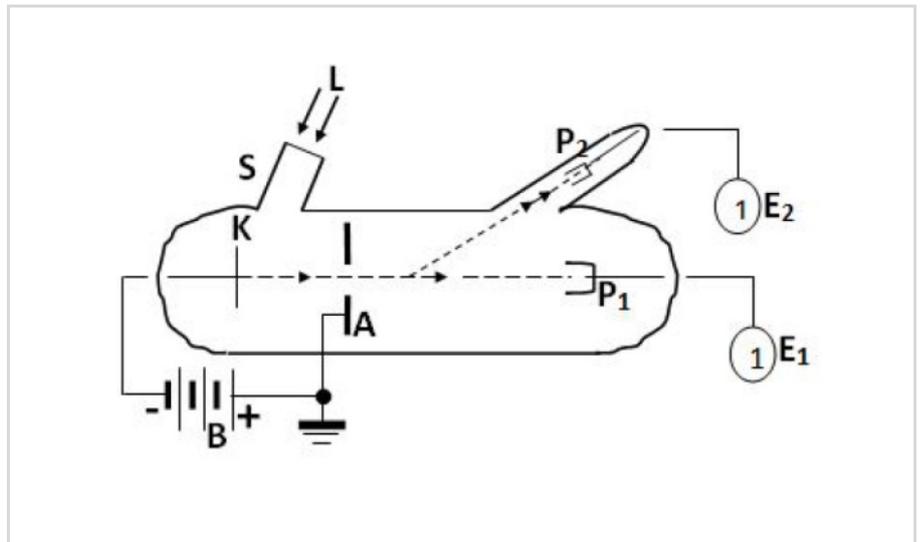


Abb. 2: Versuchsanordnungen von Hallwachs (links) und Lenard (gesamt) zum Nachweis des Lichtelektrischen Effekts.

Natur der lichtelektrisch erzeugten Ladungsträger machen zu können (gesamte Abb. 2). Er brachte Kathode K und Anode A in einem Hochvakuum an. K wurde durch ein Quarzglas S mit kurzwelligem Licht L bestrahlt. Die negativen Ladungsträger flogen zur Anode A. Diese war mittig mit einem Loch versehen, so dass ein Teil der Ladungsträger geradeaus weiter auf die Elektrode P_1 flogen. Diese Ladungen wurden durch einen Ausschlag des Elektrometers E_1 angezeigt. Schaltete man nun senkrecht zur Papierebene hinter A ein Magnetfeld ein, so erreichte man bei passender Stärke eine Ablenkung des Ladungsträgerstrahls zur Elektrode P_2 und damit zum Elektrometer E_2 . Aus den Daten ergab sich (was ja zunächst nicht bekannt war) dass es sich bei den Ladungsträgern um (natürlich negativ geladene) Elektronen (entdeckt von Thomson 1897) handelte. Von Lenard stammten auch folgende Beobachtungen: die Geschwindigkeit der vom Licht aus der Kathode K ausgelösten Elektronen hängt nur ab von der Frequenz des bei S einfallenden Lichts L. Je hochfrequenter oder kurzwelliger es ist, desto schneller sind die Elektronen. Die Intensität des einfallenden Lichtes bestimmt die Stärke des lichtelektrischen Stroms. Diese Effekte treten trägheitslos ein. All dies ist wellentheoretisch nicht

erklärbar. So müsste man wellentheoretisch annehmen, dass sich Lichtenergie sammelt und allmählich den Elektronen übertragen wird, mit entsprechender Verzögerung. Außerdem würde die Geschwindigkeit der Elektronen von der Lichtintensität abhängen. All dies widersprach fundamental den gemachten Beobachtungen. Offenbar versagte die Wellentheorie bei der Frage, wie Licht mit Materie wechselwirkt.

Aber zu diesem Zeitpunkt hatte man schon Erfahrung mit dem Versagen einer etablierten Theorie, in diesem Fall der Thermodynamik, bei der Frage nach der Erzeugung von Wärmestrahlung. Bekanntlich war es schließlich Max Planck, der mit seiner Strahlenformel die Erklärung herbeiführte, allerdings um den Preis, dass er Elementarquanten einführen mußte, was ihm keineswegs behagte. In einer Abhandlung in den Annalen (2) gab er nochmals die Strahlenformel als Funktion der Frequenz an. Multipliziert man die Anzahl der Freiheitsgrade (im Frequenzbild)

$$\frac{8\pi\nu^2}{c^3}$$

wieder mit der mittleren Energie pro Freiheitsgrad,

$$\frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

so erhält man für die Strahlungsdichte

$$u(\nu, T) = \frac{8\pi h}{c^3} \cdot \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Es war nun Albert Einstein, der im Jahre 1905 folgenden Artikel (1) veröffentlichte: „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“. Nun ist Heuristik die Kunst, wahre Aussagen zu finden (im Gegensatz zur Logik die lehrt, wahre Aussagen zu begründen). D.h.: Albert Einstein legte einen Artikel vor, in dem er eine Theorie vertrat, die mehr durch ihren Erfolg als durch ihre theoretische Grundlagen überzeugen sollte.

In der Einleitung dieses Artikels weist Einstein auf den Widerspruch hin, der im Energiebegriff des elektrischen Feldes (kontinuierlich) einerseits, und im Energiebegriff des festen Körpers (diskret) andererseits steckt. Diese Energiebegriffe sind nicht kompatibel. Man stößt auf Schwierigkeiten, wenn man die Einwirkung elektromagnetischer Strahlen auf Körper beschreiben will (siehe oben). Einstein kündigt an, diese Schwierigkeiten durch die Einführung von Energiequanten zu lösen.

Der zentrale Bezugspunkt in Einsteins Arbeit ist die obige Plancksche Formel für die Strahlungsdichte (in der die Energiequanten ja schon explizit enthalten sind). Diese Formel lässt sich für hohe und niedrige Frequenzen näherungsweise vereinfachen, was von Einstein ausführlich vorgeführt wird. Für kleine Frequenzen (langwelliges Licht) wird der Nenner zu $\frac{h\nu}{kT}$ und man erhält die Formel von Raleigh und Jeans

$$u(\nu, T)_{\text{Raleigh, Jeans}} = \frac{8\pi}{c^3} \cdot \nu^2 \cdot kT$$

(diese Namen werden von Einstein nicht genannt). Einstein zeigt noch einmal, dass diese (thermodynamisch korrekte) Formel zur Ultraviolett katastrophe führt und daher nicht brauchbar ist (wenngleich er zeigt, dass man aus dieser Formel bei Grenzwertbetrachtungen gut die Loschmidtsche Zahl L bestimmen kann).

Sodann beschränkt sich Einstein auf die Entwicklung der Planckschen Formel für hohe Frequenzen. Dies ist die Formel von Wien, die für kurzwelliges Licht recht genau ist. Sie lautet, wie man leicht ableitet (im Nenner kann man für hohe Exponenten von e die 1 vernachlässigen):

$$u(\nu, T)_{\text{Wien}} = \frac{8\pi h}{c^3} \cdot \nu^3 \cdot e^{-\frac{kT}{h\nu}}$$

Einstein benutzt nun die Wiensche Formel für seine entscheidenden Schlussfolgerungen. Es ist ja in der Geschichte der Schwarzen Strahlung sehr erfolgreich gewesen, ein eingeschlossenes Strahlenfeld wie ein eingeschlossenes Gas zu behandeln (5). So kamen Boltzmann und Wien auf ihre bekannten Strahlungsgesetze. Um nun zu beweisen, dass ein in ein Volumen V_0 eingeschlossenes Strahlenfeld sich genauso verhält wie ein entsprechend eingeschlossenes Gas, zeigte sich Einstein als versierter Thermodynamiker. Für das „Verhalten“ eines geschlossenen Systems ist ja ausschlaggebend die Entwicklung der Entropie (wir hatten dargestellt, dass Entropie die Wahrscheinlichkeit seines Zustands bedeutet). Einstein fragt nach der Entwicklung der Entropie eines geschlossenen monochromatischen Strahlenfeldes mit der Gesamtenergie E und der Frequenz ν bei Änderung des Volumens auf V . Er erhält aufgrund seiner Rechnung:

$$\Delta S = \frac{E}{h\nu} \cdot k \cdot \ln \frac{V}{V_0}$$

Führt er die gleiche Rechnung für ein Gas mit der eingeschlossenen Teilchenzahl n aus, so erhält er für die Entropieänderung bei Volumenänderung von V_0 auf V :

$$\Delta S = n \cdot k \cdot \ln \frac{V}{V_0}$$

Somit kann Einstein schließen, dass $n = E/(h\nu)$, somit $E = n \cdot h\nu$, d.h., dass sich ein abgeschlossenes Strahlungsfeld (in Wienscher Näherung) so verhält, als ob es aus n Energiequanten $h\nu$ bestehen würde.

Soweit bewegt sich Einstein noch im Rahmen dessen, was Max Planck auch erarbeitet hatte. Doch nun kommt seine revolutionäre These: Er postuliert (das ist der „heuristische Gesichtspunkt“), dass die Energieübertragung von Strahlung mit Materie nur über den Austausch von Energiequanten zustande kommt. Nehmen wir das Phänomen der Fluoreszenz. Bestrahlt man eine fluoreszierende Substanz mit Licht, so dringen Energiequanten in die Substanz und lösen dort substanz-eigene Energiequanten aus, die die Substanz verlassen, so dass diese leuchtet. Dies kann aber nur unter Einhaltung des Energiesatzes geschehen, d.h. die Energie der stimulierenden Quanten muss größer sein als die Energie der emittierten Quanten. Somit muss gelten: $\nu_{\text{erregend}} \geq \nu_{\text{emittiert}}$. Das aber ist die Stokessche Regel, die sich aus Einsteins Theorie somit zwanglos ergibt.

Was nun die Beobachtungen von Hallwachs und Lenard betraf, so postulierte Einstein, dass ein einfallendes Energiequantum (den Begriff „Photon“ führte erst Lewis 1926 ein) seine Energie komplett an ein Elektron abgeben würde. Das Elektron muss, um „davonfliegen“ zu können, erst eine Ablösearbeit W_0 aufbringen. Somit gilt aus energetischen Gründen für die kinetische Energie des Elektrons:

$$E_{\text{kin}} = h\nu - W_0$$

Dies ist die Einstein-Gleichung für den Photoeffekt, graphisch dargestellt in Abb. 3. Man sieht, dass die Energie der Elektronen nach dieser Gleichung nur von der Frequenz des einfallenden Lichts abhängt und die Intensität von der Zahl der einfallenden Quanten, also von der Lichtintensität. Dies entspricht alles den bekannten Experimenten. Man sieht weiterhin, dass zwischen der Energie des Elektrons und der Frequenz Linearität besteht, wobei die Steigung der Geraden gerade das Wirkungsquantum h ist. Diese Vermutung Einsteins wurde von verschiedenen Experimentatoren bestätigt,

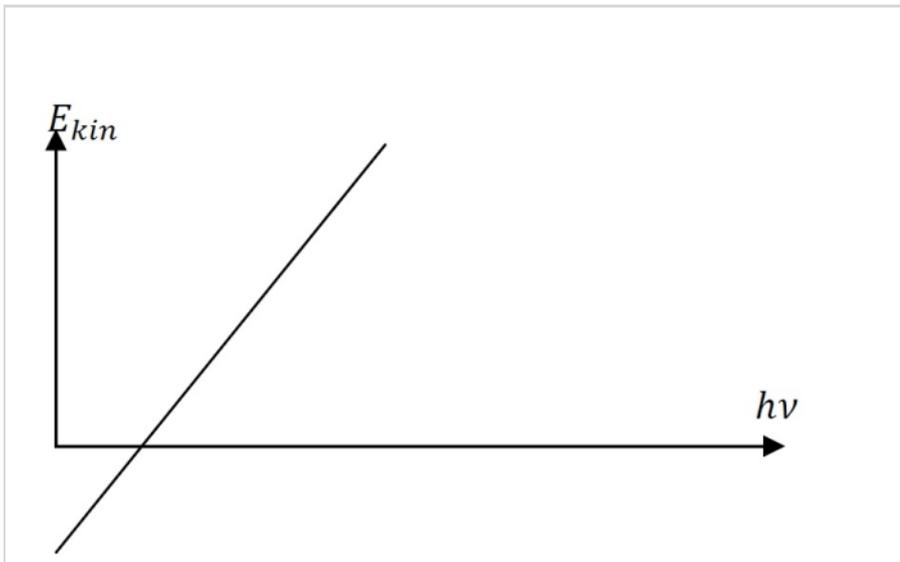


Abb. 3: Graphische Darstellung der Einstein-Gleichung für den Photoeffekt.

am genauesten von Millikan, der 1916 h mit einem Fehler von 0,5% angeben konnte. Man sieht aus Abb. 3 weiter, dass der Photoeffekt erst ab einer Mindestfrequenz, die genau der Ablösearbeit W_0 entspricht, stattfinden kann.

Einstein war sich durchaus bewusst, dass seine These der Energiequanten, so gut er sie auch begründete, bei vielen zeitgenössischen Physikern auf Ablehnung stoßen würde. Man findet, möglicherweise aus didaktischen Gründen, in seiner Veröffentlichung weder h noch k . Stattdessen verwendete er die zusammengesetzten Größen $\alpha = \frac{8\pi h}{c^3}$ und $\beta = \frac{h}{k}$

so dass sein Energiequantum lautet:

$$\varepsilon = \frac{R}{L} \beta \nu$$

Dabei ist R die Gaskonstante und L die Loschmidtsche Zahl. Natürlich ergibt sich daraus h . Solche Umständlichkeiten sehen Einstein gar nicht ähnlich. Vermutlich wollte er die Physiker nicht noch weiter provozieren. Sie hatten ja schon mit k ihre liebe Not. Einstein wurde wegen seiner Theorie angefeindet, was nicht verhindern konnte, daß er letztlich eine neue physikalische Disziplin, nämlich die Quantenmechanik begründete. 1921 bekam er für seine Arbeit zum Photoeffekt den Nobelpreis für Physik. Letztlich hatte Newton mit seiner Korpuskulartheorie des Lichts doch ein bisschen Recht gehabt.

Literaturhinweise

- (1) Einstein, A. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Annalen d Physik, 1905, Band 2, , 132- 148.
- (2) Planck, M. Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspektrum, Annalen d. Physik, 1901, Band 4, 553- 563.
- (3) Bergmann, L.; Schaefer, Cl.; Matossi, F. Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III, Optik. Berlin 1966.
- (4) Pais, A.: Subtle is the Lord. The Science and the Life of Albert Einstein. Oxford University Press. 1983.
- (5) Lemb, M.: Wie kam Planck auf h ? Himmelspolizey, Band 63, 2020, 11-14.

Danksagung: Ich bedanke mich bei meiner Tochter Rebekka für die Anfertigung der Abbildungen.

DER WELTRAUM: ER GEHÖRT MIR... ER GEHÖRT MIR NICHT...

Teil 1: Geschichtlicher Rahmen

von CHANTAL SADEK, Bremen

Seit Urzeiten beobachten die Menschen die Himmelskörper und zeichnen Karten vom Himmel. Die Himmelsscheibe von Nebra gilt als die älteste solche Abbildung. Sie soll erst vor 21 Jahren, im Juli 1999, von Grabräubern in der Nähe der Stadt Nebra in Sachsen-Anhalt entdeckt worden sein, womit sie rechtmäßig diesem Land gehört, seit deren Versteigerung in einer Auktion 2002 verhindert werden konnte. Diese 32 cm im Durchmesser breite Bronzeplatte mit Goldplattierung wird seitdem im Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle aufbewahrt.

Wenngleich einige Wissenschaftler, wie jüngst Rupert Gebhard (München) und Rüdiger Krause (Frankfurt am Main), das Alter der Scheibe als etwa 1000 Jahre jünger als die bisher angenommenen 3700 - 4100 Jahre schätzen und auch den Fundort und die Umstände dieser Entdeckung anzweifeln, bleibt sie ein archäologischer und astronomischer Fund von unschätzbarem Wert. Sie gehört zum UNESCO-Weltdokumentenerbe.



Abb. 1: Die Himmelsscheibe von Nebra.
Bild: GNU Free Documentation License; DBachmann.
(Wikipedia, 2010)

Jede Zivilisation gab den Himmelskörpern Namen. Dies war der erste menschliche Versuch, den Himmel zu begreifen, oft mythologisch zu deuten, und ihn, wenn auch außer Reichweite, doch in das natürliche und geistige Leben einzubinden.

Es wurden Kulte und Rituale entwickelt, das regelmäßige Treiben am Firmament für den Menschen zu nutzen. Trotz des dazu gedichteten mystischen Umhangs wurde die Karte des Himmels so weitgehend korrekt aufgezeichnet und verstan-

den, dass die moderne Astronomie noch immer darauf fußen kann. Beobachtet der Laie die Astronomie oberflächlich, scheint sie sich kaum merklich entwickelt zu haben: die Planeten tragen noch weitgehend ihre antiken Namen, der Reigen der Konstellationen prägt noch immer die Horoskope. Wenn wir am Himmel Jupiter beobachten, schauen wir uns weitgehend nicht mehr das Oberhaupt der Götter; wir beten nicht mehr Mars um Unterstützung zu einem Sieg an... Beide Planeten sind jedoch noch weitgehend unerreichbar... wie früher bei den alten Ägyptern, Griechen oder Maya. Die so gezeichneten Karten des Himmels lenkten das Schicksal der Seeleute, leiteten sie zur Entdeckung ferner Kontinente unseres eigenen Planeten Erde, den wir „Gaia“ oder „Ge“ nannten; alle mit unserem Erdreich zusammenhängenden Wissenschaften nennen wir daher Geo-

wissenschaften. Die Nautik, die Lehre der Meere und Schiffahrtkunde, orientierte sich vorwiegend an der Astronomie.

Die Gestirne, die „Asteres“, waren zunächst in einem einzigen Fach angesiedelt, das sich erst viel später in die Zweige der wissenschaftlichen Astronomie und der mystisch anmutenden Astrologie teilte. Beide Sparten sind uns noch geläufig, doch die Astronomie befand und befindet sich noch in Erforschung und wissenschaftlicher Entwicklung.

Es haben damals die Seeleute/„Nauten“ die Astronomie als Orientierungshilfe genutzt. Navigationsgeräte, wie beispielsweise der Sextant, wurden auf der Seefahrt unentbehrlich, und fremde Kontinente auf diesem unseren eigenen Planeten wurden entdeckt. Eroberungszüge fanden statt, Invasionen; Aneignungen und Kriege wurden geführt, bis sich in unserer Zeit der Aspekt der Erde, teils der natürlichen Art entsprechend, teils nach unserem Stand der Kenntnisse und der Technologie, ergibt, den wir noch nicht einmal umfassend kennen, fortwährend entdecken und mitgestalten. Die Erde ist der erste Planet, den wir erschlossen haben. Es war eine bewegte Erschließung.

Den Lauf der Himmelskörper vermoch-

ten wir nicht zu beeinflussen, doch auch die Entdeckungen in diesem unzugänglichen Bereich unseres Alltags und unserer von mir einfach „Allnacht“ genannten Zeitspanne hielten und halten mit dem sonstigen wissenschaftlichen Stand Schritt. Die Beobachtungen werden mit fortlaufender Zeit feiner, und neue Sichten und Entdeckungen am Himmel gehen mit der Modernisierung der Geräte einher.

Noch immer ist unser Wissensstand und somit unser Verständnis um das himmlische Geschehen etwas, was man „mystisch“ nennen könnte, durchaus von Theorien und Vermutungen durchwoben. Doch auch die Fantasie inspiriert bekanntlich den Menschen zur Höchstleistung, und wir wundern uns kaum, wenn unsere Gesellschaften wegen einer Krankheit weitgehend zum Stillstand gebracht werden, doch die Weltraumforschung und -erforschung in ihren vielfältigen Facetten weitergeführt werden. Im Gegenteil scheint sich der Bereich der im Weltraum selbst angesiedelten Astronomie derzeit noch intensiver und rasanter zu formen, wobei sich im Bereich der Weltraumfahrt so



Abb. 3: Valentina Tereschkova auf einer sowjetischen Briefmarke von 1963. (Wikipedia, 2007)

viele unterschiedliche Interessengruppen zu tummeln scheinen, dass sich viel darin mit den ehemaligen Eroberern und dem bekannten Goldfieber vergleichen lässt.

Wurde Jahrtausende lang der „Himmel“ als unbezwingbar betrachtet, so hat uns das zwanzigste

Jahrhundert unserer Zeitrechnung bewiesen, dass der Mensch mit unerschöpflichen Bemühungen und ausgeklügelten wissenschaftlichen Mitteln ins All gelangen kann. Die Utopie wurde Realität. Parallel zur astronomischen Forschung entwickelt(e) sich ein technisch orientierter wissenschaftlicher Bereich, der uns im Weltraum sogar „schwebende“ Teleskope, wie das Hubble-Weltraumteleskop, und Satelliten beschert, mit denen wir den Weltraum vom Weltraum aus beobachten.

Anfangs gehörten die Astronomen und weitere mit der Erforschung des Weltalls „vor Ort“ beauftragten Wissenschaftler und Ingenieure zur Raumfahrtbehörde eines der wenigen Länder, die über die Mittel dazu verfügten, und zwar in einem weitgehend von den „Supermächten“ vorangetriebenen Wettkampf/ Wettlauf, besonders im Kalten Krieg.

Die heutzutage Russische Föderation genannte Nation, wir erinnern uns, brachte am 12. April 1961 den ersten Mensch, den Kosmonauten Juri Gagarin (Юрий Гагарин) in einem Raumflug von 1 Stunde 48 Minuten ins All, dann die erste Frau, Kosmonautin Valentina Wladimirovna Tereschkova (Валентина Владимировна Терешкова) zu einem

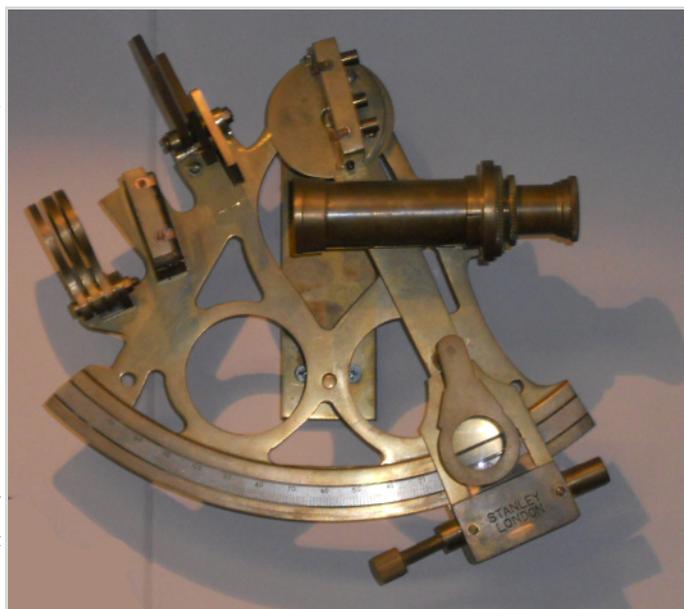


Abb. 2: Ein Sextant ist ein Navigationsinstrument, mit dessen Hilfe die Höhe der Gestirne über dem Horizont gemessen wird und so der Standort auf der Erdoberfläche bestimmt werden kann. Bild: GNU Free Documentation License; Fotokannan. (Wikipedia, 2011)

Weltraumeinsatz von 2 Tagen, 22 Stunden zwischen dem 16. und dem 19. Juni 1963.

Die Weltraumbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika, die ursprünglich militärisch erdachte NASA, brachte 1969 die ersten Menschen Edwin Aldrin, Neil Armstrong und Michael Collins nicht mehr „nur“ in die Mondumlaufbahn, sondern sogar auf den Mond selbst. Wer kennt nicht die atemberaubenden Bilder vom Astronauten Neil Armstrong, der die Flagge mit Sternen und Streifen in den Boden des Mondes rammt? Es war am 20. Juli 1969, bei einem „Spaziergang“ von 2 Stunden, 31 Minuten und 40 Sekunden am Meer der Ruhe, Mare Tranquillitatis, dem Landeplatz der Mission Apollo 11, bei der er und sein nautischer Kollege Edwin Aldrin 21 Stunden und 36 Minuten auf dem Mond verweilten und als erste Menschen dort in ihrer Kapsel schliefen, während Michael Collins im Orbit die „Wache“ und den Kurs hielt. Wer hat den Aufschrei der Bewunderung und die Besorgnis von den anderen Nationen überhört, die befürchteten, diese Flagge zeige einen Besitzanspruch oder gar eine Aneignung,



Abb. 4: Juri Gagarin auf einer sowjetischen Briefmarke zum Tag der Kosmonauten 1964. (Wikipedia, 2008)

wie wir sie allerorts in der irdischen Geschichte und Geographie, auch vom Wilden Westen, kennen.

Schon zu Beginn der Raumforschung, als die Astronomen ihre Kenntnisse von Zeit und Entfernungen verfeinerten und austauschten, als das Ersinnen einer Weltraumreise vom Traum zum Plan wurde, fürchteten sich viele Menschen laut davor, die auf der Erde ohnehin wirtschaftlich, wissenschaftlich und politisch vorpreschenden Nationen könnten durch das Erschließen des Weltraums ihre vorherrschende Position verstärken, den „Himmel“ strategisch nutzen, bestehende Ungleichheiten von der Erde aus ins grenzenlose All weitertragen.

Bis der Mensch in den Weltraum hinaus geschossen wurde, machten die Nationen ihre Ansprüche schon auf der Erde auf unterschiedlichen Wegen geltend: inländisches Rechtssystem, Pakte untereinander, Handelsverträge usw... minderten Konflikte, die auch kriegerisch ausgetragen werden können. Eroberer eigneten sich neues Land an und unterwarfen die heimische Bevölkerung. Machtkämpfe und Unabhängigkeitskriege wechselten sich in unserer Geschichte ab. Die Ausbeutung der natürlichen Ressourcen galt als Recht der „Sieger“...

Die Nutzung der Wasserwege, speziell der Meere, wurde gesondert rechtlich festgesetzt, Hoheitsgewässer wurden

festgelegt, und der Umgang auf freien Wogen in Frieden wie auch in Kriegen geregelt. Das Seerecht und die Seefahrt waren und sind heute noch eine Ausnahme in unserer Gesellschaft, in der sowohl aus der natürlichen Beschaffenheit z. B. Stürmen wie auch

von Menschen, z. B. Piraten, jederzeit Gefahr lauern kann. In Analogie zum gegenwärtigen Seerecht, und darauf basierend, entsteht eine gesonderte Rechtsform für die Erforschung und Erschließung des Weltraums.

Der erste gemeinsame Schritt von Nationen zur Schaffung eines für die Menschheit annehmbaren Weltraumrechts war die Vorlage durch die Vereinten Nationen im Jahr 1967 eines internationalen Weltraum-Vertrages, der bisher von über 100 Nationen ratifiziert wurde, einschließlich Deutschland.

Der offizielle und erklärende Name die-

ses Vertrages ist: Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper.

Es war der zweite internationale Vertrag mit der Entmilitarisierung gemeinsam nutzbarer Zonen im Sinn. Er entlieh dem ersten Vertrag, nämlich dem Antarktisvertrag, viele Ansatzpunkte und Regelungen.

Beide Verträge wollen eine neue Form des Kolonial-Wettbewerbs sowie Schäden durch eigennützige Ausbeutung unterbinden.

Dieser Vertrag lehnt sich daher an das Seerecht und erklärt alle astronomischen Entdeckungen und Errungenschaften jenseits jeglicher nationaler Grenze zum Gemeingut der Menschheit; dieser Vertrag setzt auch fest, dass die Entdecker keine Hoheitsrechte an Himmelskörper oder Weltraumzone geltend machen dürfen, dass der Weltraum der Menschheit unteilbar gehört. Jede Nation, jeder Mensch hat das Recht und ist befugt, den Weltraum zu erforschen, zu bereisen, zu besiedeln, ohne daraus einen nationalen Anspruch geltend zu machen. Damit soll



Abb. 5: Die Crew von Apollo 11: Neil Armstrong, Michael Collins und Edwin Aldrin Jr. (NASA, 1969)



Abb. 6: Die ISS, fotografiert aus dem Space Shuttle Discovery.
(NASA, 2011)

es jeder auch noch so bescheidenen Nation die Möglichkeit eingeräumt werden, sich wenn möglich an der Weltraumforschung anzuschließen und am Genuss des Weltraums teilzuhaben.

Im Jahre 1979 stellte der eigens für die Festlegung eines Weltraum-Rechts ins Leben gerufene Ausschuss der Vereinten Nationen einen Mondvertrag vor, der unseren Trabanten wie auch alle weiteren zu erschließenden Himmelskörper zum Erben der ganzen Menschheit erklärt. Die abwartende Haltung und Gier der Staaten angesichts der von Astronomen erwägten reichen Rohstoffvorkommen auf dem Nachbarplaneten bremste jedoch anscheinend den anfänglichen Enthusiasmus von 1967: es haben bisher noch nicht mal 20 Staaten diesen Vertrag unterschrieben.

Wie anfangs erörtert, sind wir in unserer Gesellschaft gewohnt, Lebensraum zu erobern, ihn uns anzueignen, die Ressourcen dieses Lebensraumes auszubeuten, uns dort anzusiedeln und diesen „Besitz“ zu kaufen und zu verkaufen, uns gelegentlich mehr oder weniger gewalttätig darum zu streiten. Die oben genannten Verträge besagen nun, dass der Weltraum und die sich darin befindlichen Himmelskörper allen Menschen gehören, keine Nation kann Besitz ergreifen....

An dieser Stelle merke ich folgendes an. Die Formulierung im Vertrag ist klar, doch ließe sich daraus herleiten, dass Privatpersonen durchaus ein Stückchen Himmel besitzen dürfen....

Zum einen sei hier festgestellt, dass Weltraumtouristen kaum einen derartigen Anspruch aus ihrer Reise erheben könnten: Die Definition des Weltraums ist zwar im Vertrag der Vereinten Nationen vage, doch haben sich die Astronomen weitgehend darauf geeinigt, von „Weltraum“ ab einer Höhe von 100km über der Erdoberfläche zu sprechen, nämlich an der ideellen Kármán-Linie, am Ende der Wirkung der Erdatmosphäre. Die Flüge der „Weltraumtouristen“ befinden sich weitgehend unterhalb dieser Flughöhe, die sie jeweils für einige wenige Minuten überschreiten werden; sie werden gerade dann höher als 100 km fliegen und während einiger Minuten die Schwerelosigkeit im Weltraum erleben, bevor sie den Rückflug abwärts antreten. Nicht einmal deutsche Touristen werden Gelegenheit bekommen, ihr Handtuch am Meer der Ruhe oder einem anderen Strand auszulegen...

Rein theoretisch greift für diese Sparte der Raumfahrt das Weltraumrecht jeweils nur in diesen wenigen Minuten.

Zum zweiten gibt es Privatpersonen, die

sich, unabhängig von irgendeiner Nationalität schon als Eigentümer von Teilen des Weltalls erklärt haben. Da kein Artikel in den bisherigen Verträgen diesen Fall aufgreift und kein Einwurf aus offizieller Seite erfolgte, verkaufen diese Privatpersonen Flächen vom Mond oder von anderen Himmelskörpern. Entsprechende Zertifikate kann man erwerben, und es gibt schon „stolze Besitzer“ von kleinen Teilen des Weltraums, erworben z. B. vom selbsternannten Eigentümer von Mond, Mars, Venus, Merkur und dem Jupitermond Io. Der Amerikaner Dennis M. Hope hat seinen Anspruch bei den Vereinten Nationen angemeldet, dieser wurde nicht abgelehnt. Falls

Ihr aber euren angehimmelten Liebsten zu Weihnachten andere, nicht hier aufgelistete Himmelskrumen schenken wollt, müssen andere Anbieter herhalten. Mitte September kam andererseits der Leiter der russischen Raumfahrtbehörde Roscosmos, Dmitry Rogozin, in die Schlagzeilen für seine Erläuterungen bezüglich Venus als „russischem Planeten“. Auf der Roscosmos Internetseite ist zu lesen, dass die Sowjetunion einen solchen Vorsprung in der Venusforschung aufweist, dass Venus von den Vereinten Staaten von Amerika als „den russischen Planeten“ bezeichnet wird und die Roscosmos State Corporation nächste Venera-Projekte im Alleingang durchzuführen plant.

Als eine Weltraumgrenze im Weltraumvertrag dürften übrigens nicht die unendlichen Weiten sondern der Rand unseres Sonnensystem verstanden sein, da genau dieses Limit im Geltungsbereich des Vertrags erwähnt wird. Es wird von den „Weltraumnauten“ erwartet, dass sie an der Fortentwicklung der Erforschung und Kartografie des Himmels aktiv teilnehmen.

Von diesen geplanten Fällen abgesehen, gibt es ohnehin bisher kaum Menschen im Weltall:

Die ISS ist ein Paradebeispiel dafür, wie



Abb. 7: Das Hubble Space Telescope.
(NASA, 1997)

die internationale Gemeinschaft friedliche Projekte im Weltraum durchführen kann. Es soll die Vorbildfunktion dieses Projektes nicht schmälern, wenn ich hier erwähne, dass sie von folgenden Faktoren eingeschränkt wird:

1. Die Zusammenarbeit an der ISS ist zur Zeit auf fünf Vertragspartner beschränkt, die Raumfahrtbehörden CSA für Kanada, ESA für die Europäische Union, JAXA für Japan, NASA für die Vereinigten Staaten von Amerika, und Roskosmos für die russische Föderation, die alle an der Erstellung und Wartung der ISS beteiligt sind und die Besatzungen stellen dürfen; es sind darunter nur folgende europäischen Länder: Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien, die Niederlande, Norwegen, Schweden, die Schweiz, Spanien, Großbritannien.

2. Weitere teilnehmende Nationen sind bei diesem Projekt nicht vorgesehen. Brasilien als Ausnahme ist durch ein besonderes Abkommen mit den USA genehmigter ISS Nutznießer.

3. Im Laufe der Zeit ist ein kleines Ungleichgewicht dadurch entstanden, dass nur die russischen Werke bis zur jüngsten Zeit imstande waren, Module herzustellen, um die Besatzungen sicher zum und vom Bord der ISS zu bringen, das Sojus-

Raumschiff, das zur bemannten Sojus-Raumfähre wurde.

4. Die Regierung der USA lehnt andererseits durch Veto den Antrag der Volksrepublik China ab, sich an der ISS zu beteiligen.

Daher plant die chinesische Nationale Raumfahrtbehörde, China National Space Administration (CNSA; Guójiā Hángtiānjú 国家航天局), die Inbetriebnahme einer eigenen Raumstation im Jahre 2022.

5. Das Privatrecht. Es gab bereits innerhalb der Weltraum-Projekte Vorkommnisse, die zu Rechtsstreitigkeiten hätten führen können, vielleicht sollen, die jedoch einvernehmlich unter vernünftigen Erwachsenen geregelt wurden. Der Zwischenfall einer Astronautin aber, die von der ISS aus ohne vorherige Absprache das Bankkonto der Lebensgefährtin virtuell „besuchte“, wurde von dieser den Media zugespielt, die es durchsprachen, bevor es juristisch nach geltendem Recht im Aufenthaltsland der „Angeklagten“ geprüft wurde. Nach neuen Bestimmungen müsste wohl ein Ehepartner jedes Mal um möglichst schriftliche Erlaubnis bitten, das Bankkonto des Partners auch nur anzusehen, auch wenn zuvor die Zugangsdaten mit Erlaubnis anvertraut wurden.

An diesem, an sich eher anekdotischen doch hochgespielten Beispiel, entfachte sich die Diskussion um ein im Weltraum geltendes Recht, menschliche Interaktionen zu maßregeln. War dieses Beispiel ein Rechtsbruch, wie es sich nicht erwies, aber wenn doch, hätte er den Weltraum betroffen, da es sich auf der ISS zutrug? Wäre es offiziell in dem Land geschehen, das für gerade den „Tatort“ zuständig ist? Was wäre geschehen, wenn die Mission so weit entfernt und so zeitaufwendig gewesen wäre, dass die „Angeklagte“ zu keinem Gerichts- oder Scheidungstermin hätte auf die Erde kommen können? Was, wenn Menschen irgendwann für immer auf einer Raumstation oder einem Planeten siedeln? Die Rechtslage ist und bleibt heikel.

Wir werden im weiteren Verlauf diese und weitere knifflige Fragen des Weltraumrechtes noch untersuchen. Vielleicht lässt sich jedoch am noch unperfekten Beispiel der ISS ahnen, wie eine internationale Erforschung und Nutzung des Weltraums friedlich vonstatten geht.

An diesen extrem gegensätzlichen Beispielen sowie an spezifischen, vergleichbaren Forschungsgebieten auf der Erde und deren juristischen Rahmen werden wir im nächsten Teil meines Artikels näher betrachten, woraus das Weltraumrecht besteht. Es greift nicht einfach nur die Fragen auf, die uns auf der Erde Kopfzerbrechen bereiten, es trägt sie mitunter in die weiten Fernen des Weltalls einfach mit uns weiter.

(Fortsetzung folgt)

NEUES AUS DER AVL-BIBLIOTHEKSECKE

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

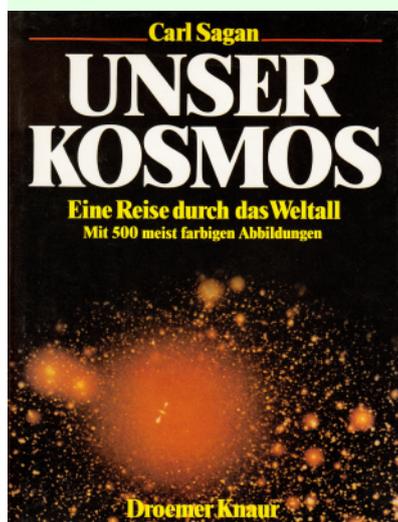
Die Bibliothek der AVL will sich auf dieser Seite den Mitgliedern vorstellen. Hier sollen in jeder Ausgabe ein oder zwei Bücher präsentiert und beschrieben werden, um einen Überblick über die vorhandenen AVL-Schätze zu gewinnen und das Interesse an einer Ausleihe zu wecken. Die komplette Bücherliste befindet sich auf den AVL-Webseiten, unter „AVL-Intern“. Anfragen werden gerne unter k.detken@avl-lilienthal.de entgegengenommen.

Dr. Steffen Brückner: Praxisbuch der Astronomie mit dem PC. Data Becker Verlag, 2005.



Dieser PC-Führer ist zwar bereits 15 Jahre alt, hat aber an Aktualität fast nichts verloren, da bekannte Freeware-Tools wie Cartes du Ciel, Registax, Iris, Giotto, DSLRfocus und Abberator behandelt werden, die teilweise auch heute noch verwendet werden. Natürlich haben diese Tools sich seitdem weiterentwickelt, aber der Leser erhält trotzdem einen verständlichen Einblick in die Konfiguration bis hin zur optimalen Nutzung, den er auch auf die heutigen Versionen übertragen kann. Im PC-Führer kann man zudem nachlesen, wie man die Mondphasen selbst berechnen kann, wie man mittels Webcam Planetenbilder aufnimmt oder wie sich Einzelaufnahmen zu einem eindrucksvollen Gesamtbild zusammensetzen lassen. Weiterhin wird das gezielte Suchen von Himmelsobjekten über das Erstellen von Aufsuchkarten bis hin zur Bildbearbeitung mit Photoshop Elements erläutert. So kann das Gelesene direkt am Teleskop und Rechner ausprobiert werden. Der Autor Dr. Steffen Brückner war bei der Erstellung des Buchs wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen der Universität Stuttgart. Er beschäftigte sich zu diesem Zeitpunkt bereits seit Jahren mit Astronomie und Astrofotografie und kannte durch seine Arbeit bei der Sternwarte Welzheim nicht nur die Fragen der astronomischen Einsteiger sehr gut, sondern konnte auch die dortigen Optiken optimal nutzen. Als Übersetzer der Astronomie-Software Registax ins Deutsche kennt er zudem die Funktionsweise dieses und anderer Astrotools im Detail.

Carl Sagan: Unser Kosmos – Eine Reise durch das Weltall. Droemer Knaur Verlag, 1982.



Dieses Buch ist die Grundlage der 13teiligen Fernsehserie von Carl Sagan, die in den 1980er Jahren ausgestrahlt wurde. Die Serie wurde erstmals im Jahr 1980 vom US-amerikanischen Fernsehsender PBS dem Publikum präsentiert und gewann einen Emmy und einen Peabody Award. Wegen ihres Erfolgs in den USA wurde sie in 60 Ländern ausgestrahlt und, nach Angaben der NASA Office of Space Science, von mehr als 500 Millionen Menschen gesehen. In Deutschland wurde sie erstmals am 14. Juni 1983 vom ZDF gezeigt sowie letztmals zwischen Januar und Mai 1988 im dortigen Nachmittagsprogramm wiederholt. Im Jahr 2000 wurde die Serie von den COSMOS Studios digital überarbeitet, mit Ergänzungen versehen, die zum Zeitpunkt der Produktion 1979 noch nicht bekannt waren, und als DVD-Kollektion neu veröffentlicht.

Das Buch bildet die Inhalte der Serie ab und nimmt den Leser auf eine Reise durch Raum und Zeit mit, die ihn zu den Geheimnissen des Kosmos führen sollen. Es wird der Urknall und der Beginn des Universums, die Bildung von Galaxien, die Lebensgeschichte von Sternen, die Existenz Schwarzer Löcher, der Aufbau des Sonnensystems, das Vorhandensein organischer Materie im All und die Frage nach dem Leben auf den zahllosen Planeten im Universum behandelt, obwohl zu diesem Zeitpunkt noch kein Exoplanet nachgewiesen werden konnte. Es wird also ein weit gefächertes Spektrum wissenschaftlicher Themen behandelt und versucht auch Laien die komplexen Zusammenhänge einfach darzustellen. Viele Inhalte sind dabei noch heute aktuell. Das Verstehen der Themen wird durch viele Bilder untermauert, so dass es auch für jüngere Leser durchaus geeignet ist.

GESCHICHTEN VOM TELESCOPIUM LILIENTHAL

Beitrag 15: Der erste Wechsel des großen Hohlspiegels

von HELMUT MINKUS, *Lilienthal*

Es ist sicher ein Zufall, dass der Redaktionsschluss dieser Ausgabe der „Himmelspolizey“ (Hipo) am 31. August, sehr genau mit dem 275. Geburtstag des berühmten, königlichen, Lilienthaler Oberamtmannes und Astronomen Johann Hieronymus Schroeter, geboren am 30. August 1745 zusammenfällt. Wenige Stunden vor seinem 71. Geburtstag, also am 29. August 1816, ist sein Todestag. Aus diesen Anlässen gab es zum Gedenken am 30. 8. 2020 um 14:30 Uhr eine Hörfunksendung von Radio Bremen Zwei. Hierzu wurden am Donnerstag, dem 13. 8. 2020 ab 14 Uhr im Amtsgarten, dem Original-Standort des Telescopiums und am heutigen Standort beim Borgfelder Landhaus, Interviews aufgezeichnet, von drei führenden Mitgliedern der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e. V. (AVL) und der Telescopium-GmbH.

Am selben Tag vor 15 Uhr kam ich per Fahrrad am Telescopium an, wo mit den gleichen AVL-Kollegen ein weiterer Arbeitsschritt zur Wiederinbetriebnahme des Fernrohres getan werden sollte. Ich hatte es gerade mit dem Flaschenzug und dem stählernen Zugseil, der groben Elevation-Verstellung so weit nach unten gestellt, dass bequem an seiner Rückseite gearbeitet werden konnte, als Hans-Joachim und Gerald mit dem Reporter ankamen. Doch ich war nicht wegen der Radio-Geschichte hier, sondern um die Abenteuer des neuen Lilienthaler Tele-

skospiegels mitzuerleben und aufzuschreiben. Die Geschichte des ersten Spiegels begann mit einem Angebot seines Herstellers vom 15. Dezember 2014 und wurde schon bestellt als von einer Telescopium-Baustelle noch keine Spur zu sehen war. Er sollte einen Durchmesser von 508 Millimeter und eine Brennweite zwischen 7700 und 8100 Millimetern erhalten, mit einer Lieferzeit von 7 Monaten. Als der Spiegel im heißen Sommer 2015 geschliffen wurde, kam es zu starken Luftunruhen auf der Strecke zur Vermessung des Spiegelradi-

us. Er ist doppelt so lang wie die gewünschte Brennweite. Unter diesen Bedingungen konnten die empfindlichen optischen Messungen und Tests nicht im Sommer gemacht werden. Das geschah erst am 22. November 2015, sodass der Spiegel endlich am 24. November, bei eisiger Kälte, vier Tage vor der Eröffnungsfeier, eingebaut werden konnte (Abb. 12, Seite 7, HiPo 45).

Am Dienstag, dem 15. März 2016 um 19 Uhr gab es ein erstes internes Treffen, bei dem die Fernrohre des Telescopiums ihr erstes Licht (First Light) sahen. Hier von gibt es in Hipo 46 auf Seite 24 eine erste Beurteilung, in der ein deutlicher Astigmatismus beim Spiegel festgestellt wurde. Ein symmetrischer Fehler deutete auf eine Verspannung des Hauptspiegels hin. Doch nach Überprüfung der Spiegellagerung stellte sich heraus, dass es ein weiterer bei der Herstellung des Spiegels verursachter Abbildungsfehler war. Auch war die Politur der Spiegeloberfläche noch nicht beendet, was „Zonenfehler“ heißt, woraus aber nur ein unmerklicher Lichtverlust folgte. Der offizielle First-Light-Termin mit einem Fernsehteam von Buten & Binnen und Presse fand am 22. 3. 2016 statt, wovon am 24. 3. Berichte in Hamme-Wümme-Report und Weserkurier erschienen.

Astigmatismus: Nur „unendlich“ weit entfernte Objekte (Sterne) sind selbst mit den größten Teleskopen der Welt nicht



Abb. 1: Der Teleskopspiegel „Martini II“ lag 328 Tage lang in einer Verpackungskiste oder startete Löcher in die Holzdecke seines Zwischenlagers, bis er am 11. 8. 2020 eingebaut wurde. Bild: Hans-Joachim Leue.

so stark zu vergrößern, dass sie als Flächen abgebildet werden, wie das bei Planeten der Fall ist. Sterne müssen bei guten Fernrohren als scharfe Punkte dargestellt werden und Planeten als scharfe runde Scheibchen. Werden die Sterne strichförmig und die Planeten als Ovale gesehen, ist das ein optischer Abbildungsfehler der Astigmatismus genannt wird. Hier ist die geometrische Form der Spiegelfläche ungenau. Das ist auch für Nicht-Fachleute auffällig, weil es Gewohnheit ist, mit den bloßen Augen, am natürlichen Sternhimmel immer nur exakte scharfe Punkte zu sehen. Ein Mensch, der ohne Optik strichförmige Sterne sieht, dessen Augen haben einen Sehfehler, der ebenfalls Astigmatismus genannt wird. Hier ist eine Brille wichtig weil sie / er alle Objekte verzerrt sieht. Da auf einem Punkt ohnehin nichts beobachtet werden kann, wäre das für ein Beobachter-Fernrohr eigentlich nichts Tragisches. Aber ein gelungenes Deep-Sky-Foto wirkt unschön, wenn die Sterne, die dort zu sehen sind, wie kurze Striche abgebildet werden. Dieser Effekt wird zum Bildrand hin immer stärker und störender, weshalb Astro-Fotografen viel mehr Aufwand treiben, Abbildungsfehler zu beheben als Beobachter. Bei mittlerer Vergrößerung an flächigen Objekten wie Sonne, Mond, Planeten und Messier-Objekten¹ zeigte der Spiegel den Besuchern ein gutes Bild, doch der Hersteller hatte zugesichert, einen neuen, fehlerfreien Spiegel zu liefern (Abb. 1), nach dem Angebot von 2014. Dieser jüngste Teleskopspiegel Lilienthal wurde am 8. August 2019 nach Hambergen geliefert und wartete auf seine Vermessung und Prüfung. Es wurde nach Möglichkeiten gesucht, wenigstens eine Radiusmessung zu machen und ein Ronchitestbild, wozu mehr als eine mindestens 18 Meter lange, temperierte, strömungsarme Halle erforderlich war.

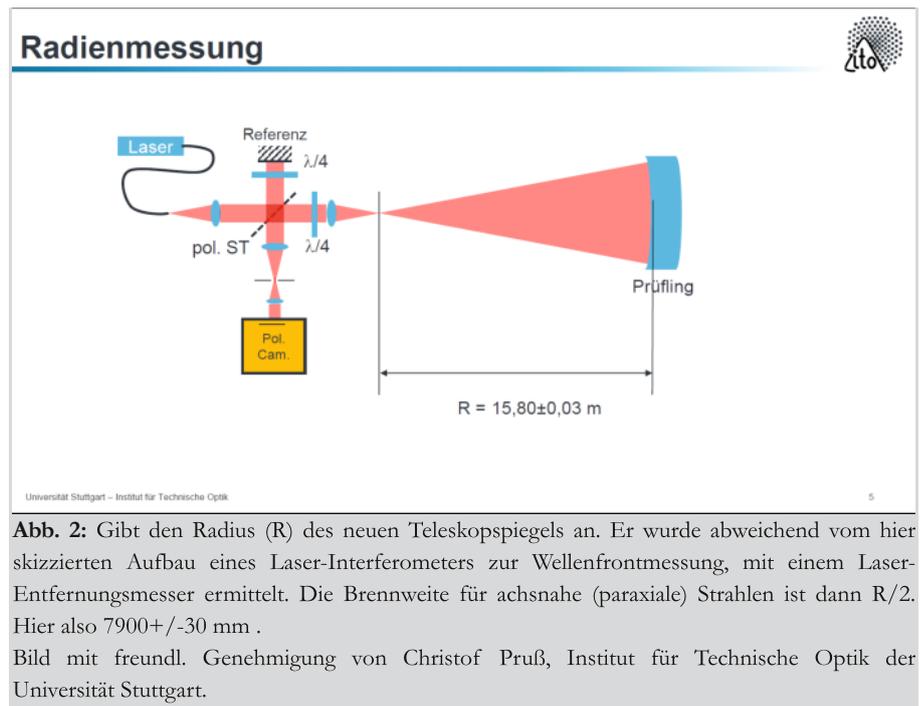


Abb. 2: Gibt den Radius (R) des neuen Teleskopspiegels an. Er wurde abweichend vom hier skizzierten Aufbau eines Laser-Interferometers zur Wellenfrontmessung, mit einem Laser-Entfernungsmesser ermittelt. Die Brennweite für achsnahe (paraxiale) Strahlen ist dann $R/2$. Hier also $7900 \pm 30 \text{ mm}$.

Bild mit freundl. Genehmigung von Christof Pruß, Institut für Technische Optik der Universität Stuttgart.

Durch einen persönlichen Kontakt zur Universität Stuttgart wurde der Spiegel in der dritten Kalenderwoche im Januar 2020 dorthin zum Institut für technische Optik geschickt. Er kam zurück am 29. Mai mit einem achtseitigen Protokoll „Messung Teleskopspiegel“ vom 5. Mai 2020. Hier werden Oberflächengüte und die Form des Spiegels beschrieben und die Messergebnisse grafisch dargestellt. Das wichtigste Blatt hieraus zeigt Abb. 2, auf dem der Spiegelradius mit 15800 ± 30 Millimeter angegeben wird. Die Hälfte davon sind 7900 mm und wird Brennweite genannt. Für sie gilt die gleiche Toleranz, sodass die tatsächliche Brennweite zwischen 7870 und 7930 Millimetern liegt und damit das Angebot erfüllt. Doch hat sich die auf der Hinweistafel am Zaun angegebene Brennweite von 7750 mm auf 7900 mm geändert. Mit dieser neuen Brennweite und den Brennweiten, der am Telescopium vorhandenen Okulare von 60 mm, 40 mm, 19 mm und 10 mm, können die theoretischen Gesamtvergrößerungen errechnet werden zu: 130x, 195x, 410x und 780x. Ein Zoom-Okular, mit stufenlos einstellbaren

Brennweiten zwischen 24 mm und 8 mm ergibt Gesamtvergrößerungen zwischen 325x und 975x. Das ist verglichen mit den alten Werten (HiPo 62, Seite 19) sehr wenig und hat keine praktische Bedeutung.

Die letzte Telescopium Führung „vor Corona“ fand statt am 11. März 2020. Seit dem ist auch hier der Besuch nur unter Auflagen möglich. Eine spezielle Auflage ist, dass nicht durch die Okulare der Fernrohre beobachtet werden darf, weil eine Infektion durch die Berührung mit dem Auge nicht ausgeschlossen werden kann. Es wäre zwar möglich aber konsequent schwer durchführbar, nach jedem Blick eines Besuchers die Augenschmelze der Okulare zu desinfizieren. Auch wollte bisher niemand testen, wie resistent die Okulare gegen die Reinigung sind. Das Teleskop selbst und sein Infocenter haben jedoch wesentlich mehr zu bieten als den Blick durch ein Okular, der ohnehin nur bei passendem Wetter sinnvoll ist. Kein Interessent sollte daher auf das Zeitalter A. C. (After Corona) warten. Ein Telescopium-Besuch war bisher immer etwas Besonderes, aber noch nie

¹ Charles Messier (1730 - 1817): ein Zeitgenosse Schroeters, der einen Katalog erstellte, in dem 110 solche Himmelsobjekte beschrieben wurden.



Abb. 3: Drei nicht nur in der AVL bekannte „Ärzte“ (F. Knoblauch, H.-J. Leue, G. Willems) beim Ausbau der Spiegelzelle mit Fassung und Hauptspiegel aus dem Fernrohr-Tubus. Die Masken sind bei solch enger Teamarbeit erforderlich seit März des Jahres 2020, dem Jahr „Eins“ des Zeitalters der globalen Verbreitung vom „Covid-19-Virus und der Corona-Pandemie.“ Bild vom Autor.

eine Massenveranstaltung.

Auch diese Situation trug dazu bei, dass am Donnerstag, dem 18. Juni 2020 ab 14 Uhr der wenig spektakuläre, reibungslose Ausbau des Spiegels erfolgte (Abb. 3). Er hatte bei jedem Wetter, 1668 Tage lang, treu seinen Dienst getan, ohne dass die Besucher seine „Krankheiten“ wirklich bemerkten. Wenige Tage nach dem Ausbau wurde der Spiegel wieder an seinen Hersteller zurückgeschickt, wo er zu einem parabolischen Hohlspiegel mit einer Brennweite von 2150 mm umgearbeitet wurde. Es ergab sich so ein neues Öffnungsverhältnis von 508:2150, etwas kleiner als 1:4 ($\sim 0,24$) (Abb. 4).

Endlich am Mittwoch, dem 1. 7. 2020 wurde vom gleichen Team der neue Spiegel eingebaut, war aber noch nicht zu gebrauchen, denn er musste noch zu den anderen optischen Bauteilen, dem Fangspiegel und der Okularfassung in geometrisch exakte Beziehungen gebracht (justiert) und die Lage des Brennpunktes bestimmt werden.

Am 11. Juli 2020 ab 14 Uhr wurde damit begonnen. Doch der neue Hauptspiegel lag so genau in seiner Fassung und diese wiederum so exakt in der gleichen Position wie vor dem Wechsel, sodass der Hauptspiegel nicht verstellt werden

brauchte. Das wurde festgestellt, nachdem der Laser mit den Zug-Druckschrauben an der Fangspiegelhalterung genau in die Mitte des Hauptspiegels gesteuert und von dort wieder direkt in sich zurück ins Okular reflektierte. Es war keine weitere Justierung mehr nötig und es brauchte „nur noch“ die exakte Lage des Brennpunktes des neuen Spiegels gefunden werden. Dieser muss so gelegt werden, dass die Ebenen, in denen mit

den verschiedenen Okularen scharfe Bilder gesehen werden, im einstellbaren Bereich des Okularschlittens liegen: hier 224 Millimeter. Dazu ist mindestens ein wolkenarmer Himmel erforderlich, um Himmelsobjekte sehen zu können. Das war in der Nacht vom 16. auf den 17. Juli 2020 möglich und so wurde bestätigt, was das Messprotokoll vermuten ließ: Die tatsächliche Brennweite des neuen Spiegels ist länger als die des ausgebauten und somit liegt die Fokusebene weiter zur Beobachterkabine hin. Genauer: Bei komplett nach Außen (nach links) gestelltem Okularschlitten befindet sich die Fokusebene des 60-Millimeter Okulares 175 Millimeter außerhalb des Okularflansches. Das bedeutete: Ein Okular kann jetzt nicht mehr direkt hier hinein gesteckt werden, um ein scharfes Bild der Himmelsobjekten zu sehen, sondern über eine mindestens 175 mm lange, neu herzustellende Steckhülse. Da eine so lange Steckhülse unpraktisch ist, wurde beschlossen den Hauptspiegel, der am unteren Ende im Tubus montiert ist, um 140 mm weiter nach Hinten heraus zu versetzen, sodass die neue Steckhülse nur noch nominal 35 mm lang sein muss.



Abb. 4: Der ausgebaute Lilienthaler Teleskopspiegel am 27. 8. 2020 an einer Prüfwand seines Herstellers. Der Spiegel wurde auf eine Brennweite von 2150 mm geätzt und auspoliert. Foto: D. Martini

Diese Arbeit war zwar keine Routine, doch auch sie konnten am oben genannten 13. 8. 2020 nach den Interviews begonnen werden: Von drei aktiven AVL-Mitgliedern wurden bei 34 Celsius-graden Sommerhitze vier möglichst exakt positionierte 6,5 Millimeter Bohrungen in je zwei gegenüberliegende Seitenwände des achteckigen Tubus im Abstand von 140 Millimetern zu den ursprünglichen Bohrungen gebracht. Es war nicht nötig den Spiegel samt Fassung ganz aus dem Tubus herauszunehmen, sondern „nur“ um 140 Millimeter zu verschieben und durch die neuen Bohrungen wieder zu verschrauben mit neuen, längeren Schlossschrauben M6x80.

Bekanntlich kann die Beobachterplattform mit seinem mächtigen Fahrwerk um 360 Winkelgrade gedreht werden. Das Fernrohr wurde damit in Richtung Sonne gestellt. Aber nicht, um diese zu beobachten, sondern um wenigstens im gegenüberliegenden Turmschatten arbeiten zu können. Eine sehr selten genutzte Möglichkeit der groben „Azimutal-Verstellung“. Glücklicherweise gab es noch einige Drinks im Kühlschrank des Informationszentrums, und die ganze Arbeit war „schon“ in 3 Stunden erledigt, einschließlich des weißen Anstriches der Schraubenköpfe. Die Positionen der Bohrungen fielen aber nicht so präzise aus wie gewünscht, sodass der Hohlspiegel jetzt nicht mehr richtig zum Fangspiegel ausgerichtet war. Dieser Versatz war von der Beobachterplattform aus durch die Okularöffnung leicht zu erkennen: Die weiße Fernrohr-Öffnung war nicht mehr so schön kreisförmig wie in Abb. 3, Seite 31, HiPo 59. Das wurde zwar grob ausgeglichen, indem die drei Stellräder an der Hauptspiegelzelle verdreht wurden, doch es musste noch einmal das komplette Optische System des Newton-Spiegelfernrohres durchjustiert werden.

Das lernte ich am Freitag, dem 21. 8. 2020 in einer weiteren Aktion: Im ersten

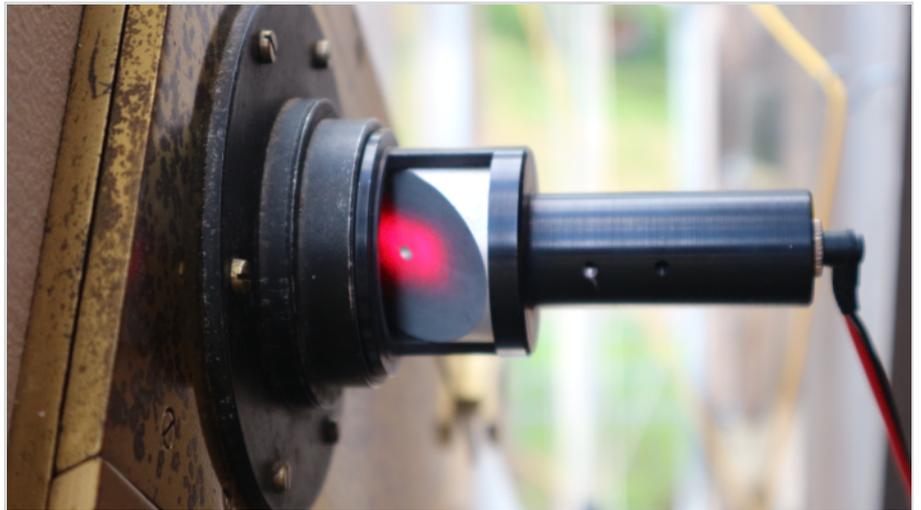


Abb. 5: Justierlaser in der Okularfassung des Spiegelteleskops. Der unsichtbare dünne Laserstrahl geht vom rechten Gehäuseteil nach links, durch die graue Bohrung, über den Fangspiegel zum Hauptspiegel, von dem er in sich selbst reflektiert wird und vergrößert auf der um 45° geneigten Fläche als Ellipse dargestellt wird. Steht die graue Bohrung in der Mitte der roten Ellipse, ist das System justiert.

Bild vom Autor.

Schritt wird der Fangspiegel (Umlenkspiegel) zur Okularfassung justiert. Hierzu wird ein Concenter-Okular in der Fassung fixiert. Die Neigungen des Fangspiegels werden mit der Mechanik seiner Halterung so eingestellt, dass der elliptische Spiegel genau in den konzentrischen Kreisen des Okulares gesehen wird. Dieser Schritt war hier nicht nötig, da die Einstellung sich seit der ersten Montage in der mechanisch stabilen Einheit (Okularschlitten) von Okularfassung und Fangspiegelhalterung nicht verändert hatte (Abb. 3, Seite 5, HiPo 45).

Wir begannen also mit dem zweiten Schritt, bei dem Fang- und Hauptspiegel zueinander justiert werden. Hierzu wird ein Justierlaser in der Okularfassung fixiert. Sein Strahl wird vom Fangspiegel um 90 Grad in den Hauptspiegel umgelenkt und in ihm gespiegelt, sodass der Laser als Punkt durch die Fernrohröffnung gesehen wird. Der Punkt muss mit Hilfe der Zug- und Druckschrauben des Fangspiegelhalters genau in die Mitte des Hauptspiegels gelenkt werden. Um die Mitte auf der großen Spiegelfläche zu sehen, muss sie markiert sein. Dazu wird sie mit einem weißen Kartonring konzentrisch abgedeckt, dessen Innendurchmesser etwa 40 Millimeter beträgt. Der

durch die Fernrohröffnung gesehene Punkt wird gleichzeitig vom Fangspiegel in den Halter des Lasers zurück reflektiert, wo er als elliptischer Fleck zu sehen ist. Im dritten Schritt wird der Fleck in den Mittelpunkt des Laserhalters geschoben, indem die Stellräder an der Hauptspiegelzelle verdreht werden (Abb. 4, Seite 18, HiPo 58). Nur bei diesem Schritt wurde ich wirklich gebraucht. Auf Zuruf drehte ich ein wenig unten an einem der drei Rädchen, während Gerald oben auf der Beobachterplattform den wandernden Laserfleck beobachtete. Das war schon in wenigen Minuten erledigt und ich ging hinauf, um das Endergebnis zu sehen (Abb. 5).

Die Justierung wird empfindlicher und damit schwieriger, je größer das Öffnungsverhältnis (Objektivöffnung zu Brennweite) des Fernrohres ist. Beispielsweise ist ein Verhältnis von 1:4 (=0,25) schwer justierbar, was beim Telescopium-Fernrohr mit 508:7900, etwa 1:16 (~0,06) sehr einfach war, wie ich selbst feststellen konnte. Das Fernrohr mit dem neuen Spiegel ist nun wieder bereit für seine zweite „First Light-Beobachtung“. Die hätte ich gerne auch mit der Sonne probiert aber dazu waren mir dann doch zu viele Wolken am Himmel

und außerdem ist die Qualität von astronomischen Fernrohren am Sternenhimmel besser zu beurteilen. Es wird mit Spannung auf die Diagnose des neuen Spiegels gewartet.

Das war die bis heute noch sehr junge, aber etwas ausführlichere Geschichte der beiden großen „Martini-Spiegel“ des Telescopium-Nachbaues. In Hipo 60, Seite 26 habe ich die rund 230-jährige Geschichte der beiden original „Schroeter-Schrader-Spiegel“ des historischen Telescopiums beschrieben und war erstaunt, wie viele Informationsquellen darüber zu

finden sind. Dieser bis heute einmalige Wechsel der neuen Spiegel ist auch deshalb etwas Besonderes, weil das zu Schroeters Zeiten wegen Wartungsarbeiten öfter geschah. Deshalb war damals noch ein zusätzliches Hiss-Geschirr am Trimbalken angebracht, das es heute gar nicht mehr gibt.

Ich frage mich ob / wer sich in 200 oder 300 Jahren immer noch so detailliert für die Geschichte(n) um das Lilienthaler Telescopium interessiert. Wer wird dann beispielsweise noch fragen, was aus den alten und den ganz alten Spiegel gewor-

den ist oder sich für die historische Entwicklung des Telescopium-Nachbaues und seiner Nachbauer interessieren? Einen kleinen Teil der „aktuellen Historie“ habe ich schon jetzt, wo es noch leichter ist etwa herauszufinden hier aufgeschrieben, bevor sie vielleicht für immer verloren geht, weil manchmal nur einzelne Leute die wirklichen Zusammenhänge kennen.



VENUS-PLEJADEN-KONJUNKTION

von HANS-JOACHIM LEUE, *Hambergen*

Am 3./4. Mai 2020 fand wieder einmal die Konjunktion des Planeten Venus mit dem Sternhaufen der Plejaden statt. Die scheinbaren Annäherungen treten im Abstand von 8 Jahren ein und sind deshalb ein seltenes Schauspiel. Am 3. Mai waren noch Wolkenfetzen am Himmel, am 4. Mai war die Venus schon fast wieder aus der Konstellation ausgewandert. Die Bilder 1 - 3 sind vom Stativ ohne Nachführung entstanden. Aufnahmedaten: Canon-Tele-Zoom 70 und 300mm,f/7, Belichtung 3 bis 5 sec bei ISO 2000 bis 4000, Canon-EOS-60D. Bild 4 zum Vergleich ist am 12. April 2007 entstanden. Maksutov-Cassegrain-Spiegel, 1000mm, f/10, Belichtung 30 Sec bei ISO 800, Canon 350-Da.

Auf den nächsten zwei Seiten folgen vier Bilder der Venus-Plejaden-Konjunktion.



Abb. 1: Konjunktion am 03. Mai 2020, 300mm
Alle Bilder vom Autor.



Abb. 2: Konjunktion am 04. Mai 2020, 300mm.



Abb. 3: Konjunktion am 04. Mai 2020, 70 mm.



Abb. 4: Konjunktion am 12. April 2007, 1000mm.