



69

01/22

ISSN 1867-9471

Schutzgebühr 3 Euro,
für Mitglieder frei

DIE ISS VOR DEM MOND

Über die Fotografie der ISS-Transite

ASTROFOTOGRAFIE UNTERWEGS

Ein Erfahrungsbericht über die AstroTrac

Die Himmelpolizey
Jahrgang 19, Nr. 69
Lilienthal, Januar 2022

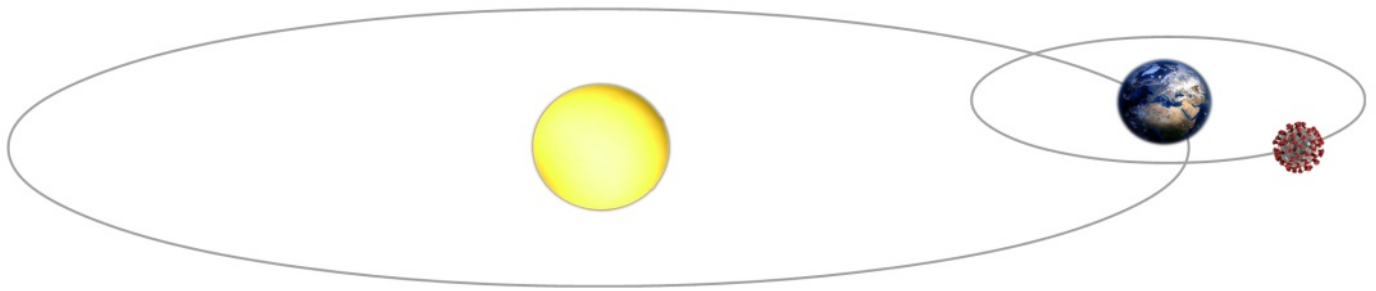
Inhalt

Die Sterne.....	3
Astrofotos auf Reisen	
<i>Reisemontierung mit astromodifizierter Kamera, Duofilter und Autoguiding im Einsatz.....</i>	<i>4</i>
Beobachtung und Fotografie des ISS-Mondtransits.....	11
Geschichten vom Telescopium Lilienthal	
<i>Beitrag 20: Die größten Spiegelteleskope auf der Erde Teil 2.....</i>	<i>15</i>
Impressum.....	22
Neues aus der AVL-Bibliotheksecke.....	23
Die AVL in den sozialen Netzwerken	
<i>Unsere Seite auf Facebook.....</i>	<i>24</i>
Der Weltraum: Er gehört mir... Er gehört mir nicht...	
<i>Teil 3: Der Mond unter Vertrag.....</i>	<i>25</i>
Das Astrofoto des Monats	
<i>Oktober bis Dezember 2021.....</i>	<i>26</i>
Veranstaltungen im 1. und 2. Quartal 2022.....	28

Der Elefantenrüsselnebel (IC 1396A) ist eine hell berandete Globule (Ansammlung von interstellarem Gas und Staub) im Sternbild Kepheus. Die Globule gehört zu IC 1396, einem H-II-Gebiet mit eingebettetem Sternhaufen. Der Nebel ist ein aktives Sternentstehungsgebiet und enthält eine Reihe von jungen Sternen und Protosternen, die zwischen 100.000 und einer Million Jahre alt sind. Das Bild entstand mit einem C11-Teleskop mit SCT-Corrector bei 1.764 mm Brennweite am 7. Oktober letzten Jahres im heimischen Garten in Grasberg. Die Gesamtblichtung betrug 3,5 Stunden.

Titelbild: *Der Elefantenrüsselnebel (IC 1396A).*

Bild: Dr. Kai-Oliver Detken, AVL.



Die Sterne, liebe AVL-Mitglieder verbergen sich seit einigen Wochen und Monaten hinter dichten Wolken. Als ob sie die missliche Lage, die so ein kleines Virus über die Erde gebracht hat, nicht sehen wollen.

Nun, auch das turbulente Jahr 2021 ist zuende gegangen – und es ging so turbulent zuende, wie es begonnen hatte. Da hatten wir im Spätsommer alle das Gefühl, dass wir, die sich den Regelungen und Aufrufen der Regierenden nicht verschlossen hatten, endlich aufatmen könnten, die Impfungen brachten uns voran und die selbst auferlegte Disziplin im Umgang miteinander sollte erfolgreich sein – und sie war ja auch erfolgreich. Ich denke, wir alle haben den Gedanken verdrängt, dass sich irgendwann eine neue Variante dieses böartigen Virus breit machen könnte. Ausgerechnet zum Jahresende müssen wir nun feststellen, dass genau das geschehen ist – auch wenn wir zurzeit noch nicht wissen, was das nun für uns bedeuten wird. Ich denke, es versteht sich von selbst, dass wieder erhöhte Wachsamkeit geboten ist.

Deshalb sollten Treffen im Rahmen der AVL zunächst wieder als Online-Veranstaltung durchgeführt werden. Im neuen Jahr werden wir erneut abschätzen, ob das aufrechterhalten werden muss. Die für den Dezember geplanten Treffen werden aber online als Zoom-Konferenz stattfinden. Seit Mitte des Jahres hatten wir unsere üblichen Aktivitäten wieder aufgenommen. Die Arbeitsgruppen trafen sich wieder in Präsenzform und bereits im Mai konnten wir die zweimal verschobene Jahreshauptversammlung nachholen. Bis in den Juni hinein führten wir unser Vortragsprogramm als Online-Veranstaltungen durch. Nach der Sommerpause im Juli konnte Mitte August sogar die „Schnuppenparty“ auf dem Vereinsgelände stattfinden – Danke für dei-

nen Einsatz Volker.

Die erste Veranstaltung in Präsenzform stand nun auch wieder auf dem Plan. Seit September hatten wir wieder Gäste begrüßt und unser Vortragsprogramm fast wie gewohnt aufgenommen. Im Oktober war es auch wieder möglich, den Astronomietag anzubieten und auch dazu waren Gäste erschienen, denen wir Informationen in Theorie und Praxis bieten konnten. Das Wetter war leider nicht auf unserer Seite, so dass eine Beobachtung der Planeten, wie es das Thema des Tages vorgab, nicht möglich war. Wir kennen das schon und so hatten wir einen Vortrag zum Thema angeboten, der auch von fast allen Besuchern wahrgenommen wurde. Bis in den November hinein war es so auch für die Arbeitsgruppen möglich, wieder direkt zusammen zu kommen.

Man konnte bereits im Spätsommer erkennen, dass sich die Lage nicht weiter verbesserte – nein, sie verschärfte sich mit jedem Tag. Im Oktober haben wir die 3G-Regel eingeführt und schließlich im November die 2G-Regel, in der nun nur noch Genesene und Geimpfte zusammenkommen dürfen. Aktuell sieht es nun noch etwas drastischer aus. Auch im Hinblick auf die noch weitgehend unbekannt Omikron-Variante, haben wir uns entschlossen die letzte Veranstaltung im Dezember als reinen Online-Vortrag anzubieten. Die eigentlich bereits eingeplante Weihnachtsfeier werden wir in dieser Lage natürlich auch nicht durchführen, leider. Zudem gilt in Niedersachsen bereits die 2G+-Regel. Danach müsste sich jeder Besucher zuvor auch noch testen lassen. In der letzten Vorstandssitzung blitzte die Idee auf, auch die Weihnachtsfeier online durchzuführen, was aber sehr schnell wieder verworfen wurde.

Es hilft nichts, wir müssen mit der Situation

leben. Gerne hätte ich in diesem Brief an euch von mehr erfreulichen Dingen geschrieben, wir sollten aber nicht aus den Augen verlieren, dass es uns trotz der misslichen Lage gelungen ist, ein nicht unerhebliches Maß an Vereinsleben aufrecht zu erhalten. Ob nun in Präsenzform oder online, unsere Arbeitsgruppen arbeiten, Vorträge werden auch für die Öffentlichkeit gehalten und auch der Kontakt untereinander besteht. Seit einem halben Jahr konnten dank unserer AG-Mitglieder verschiedene Führungen am Telescopium stattfinden und es gibt weitergehende Planungen, die das Telescopium für die Zukunft absichern sollen – was aber in allen Einzelheiten noch nicht spruchreif ist. Der Vereinsraum und die Sternwarten in Würhden werden soweit möglich genutzt und instand gehalten. Wobei auch der Arbeitseinsatz zum Aufräumen des Vereinsgeländes erwähnt werden soll. Allen, die sich dabei ganz unauffällig in den Dienst dieser Sache engagieren, möchte ich im Namen aller unseren Dank aussprechen. Auf unserer Homepage lassen sich viele Aktionen nachlesen. Kai-Oliver Detken sorgt regelmäßig dafür, dass Ereignisse im Rahmen der AVL allen zugänglich gemacht werden.

Wir sind nach wie vor ein lebendiger Verein, der sich besonders der Öffentlichkeit zuwendet. Was wir im Laufe der Jahre dabei erreicht haben, ist bemerkenswert. Es sollte unser aller Anliegen sein, das zu erhalten.

Liebe AVL-Mitglieder, liebe Freunde, ich wünsche euch und euren Familien schöne Festtage (falls sie noch vor uns liegen) und ein hoffnungsvolles Jahr 2022. Bleibt gesund und passt auf euch und aufeinander auf.

Gerald Willems, Vorsitzender

ASTROFOTOS AUF REISEN

Reisemontierung mit astromodifizierter Kamera, Duofilter und Autoguiding im Einsatz

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Die Reisemontierung AstroTrac besitzt in ihrer letzten hergestellten Version einen ST4-Anschluss, der zum Autoguiding verwendet werden kann, um die Nachführung noch genauer arbeiten zu lassen. Bislang wurde dieser Port nie verwendet, da bei Reisen normalerweise kein Laptop mitgeführt wird und die Befestigung eines zusätzlichen Guiding-Rohrs an einer Spiegelreflexkamera problematisch erschien. Der neue Standalone-Autoguider Lacerta M-GEN V3 bot nun aber Verbesserungen an, die den Einsatz von Autoguiding in Frage kommen ließen. Daher kam meine bewährte AstroTrac-Reisemontierung doch noch in den Genuss einer Nachführkontrolle. Zusätzlich wurden die astromodifizierte Kamera Canon 90Da und der Clipfilter Optolong L-eNhance im Sommerurlaub in Norditalien ausgiebig getestet.



Abb. 1: 360Grad-Panoramabild des Lago Maggiore aus der Luftperspektive.

Grundsätzlich sollte man bei der Astrofotografie nie verschiedene Komponenten gleichzeitig verändern, da immer die Gefahr von Fehlern besteht und dadurch die Suche nach der Ursache deutlich komplizierter geraten kann. Aber nachdem der Standalone-Autoguider M-GEN V3 von Lacerta [1] im Jahr 2020 angeschafft wurde, wuchs das Interesse, diese Handsteuerbox zur Fernsteuerung der Kamera auch an meiner Reisemontierung AstroTrac zum Einsatz zu bringen. Denn schließlich wird diese Reisemontierung bereits seit ca. 10 Jahren von mir betrieben, aber noch nie mit dem dazugehörigen ST4-Anschluss, der für das Autoguiding zuständig ist. Das Autoguiding besteht dabei aus einer Überwachungskamera, die den Lauf der Montierung kontinuierlich kontrolliert und korrigiert, um ein perfekt nachgeführtes Bild mit punktförmigen Sternen zu bekommen. Zusätzlich wurde meine zwei Jahre alte DSLR-Kamera Canon 90D endlich astromodifiziert und der Duofilter L-eNhance von Optolong war als Clipfilter für diese Kamera erhältlich.

Hinzu kam die Anschaffung eines neuen Zoomobjektivs EF 24-70mm F2.8L II USM von Canon, welches seine Qualität noch am Sternhimmel beweisen musste. Alles zusammen wollte ich daher im Sommerurlaub einsetzen, den wir an dem norditalienischen See Lago Maggiore (siehe Abbildung 1) im August 2021 geplant hatten.

Das Equipment Um zu verstehen, was im Einzelnen verwendet wurde, sollte aber erst einmal beschrieben werden, was man für eine reisetaugliche Astroausrüstung so alles braucht, wenn man Astrofotografie damit betreiben möchte. Zum einen wird als Basis eine Reisemontierung benötigt, die präzise den Sternhimmel nachführen kann bzw. die Erddrehung ausgleicht, damit bei längeren Belichtungen die Sterne nicht zu Strichen mutieren. Die AstroTrac TT320X-AG [2] (siehe Abbildung 2) war mit die erste ihrer Art, die dieses ermöglichte und kann aufgrund ihres Gewichts von 1,1 kg und Abmessungen auch bei Flugreisen leicht im Koffer transportiert

werden. Sie kann auch am Südsternhimmel eingesetzt werden, da der Polsucher für die Nord- und Südhimmelsphäre ausgerüstet ist. Sie arbeitet als Tangentialarm-Montierung mit einem Segmentantrieb, der durch einen Schrittmotor getaktet wird. Die Schrittweite der Antriebswelle beträgt dabei nur 0,3 Bogensekunden, weshalb sie bereits ohne Autoguiding bei ausreichender Polausrichtung sehr genau nachführen kann. Das heißt konkret, dass eine Genauigkeit von 5 Bogensekunden (Spitze-zu-Spitze-Wert) über einen Zeitraum von 5 Minuten erreicht werden kann. Länger als 5 Minuten zu belichten, macht daher bei der AstroTrac keinen Sinn. Dies ermöglicht den fotografischen Einsatz auch längerer Brennweiten für die Deep-Sky-Fotografie. Mittels Gegengewichts und stabilem Stativ könnte sie sogar bis zu 15 kg tragen – nach wie vor einmalig bei heutigen Reisemontierungen! So wie sie in der Abbildung 2 aufgebaut ist, reicht es aber nur aus, um eine DSLR-Kamera mit Objektiv bis zu 200 mm Brennweite optimal nachführen zu können, was für

mich auf Reisen absolut ausreichend ist. Aufgrund ihrer Spindelkonstruktion führt die AstroTrac ca. 2 Stunden ein Objekt nach, bevor man wieder auf den Startpunkt zurückfahren muss. Auch dies war für mich nie ein Handicap, da im Urlaub ein Objekt von mir meistens nur eine Stunde aufgenommen wird, um mehrere Objekte in einer Nacht erreichen zu können. Leider wird die AstroTrac in dieser Form nicht mehr hergestellt, denn sie ist immer noch eine der genauesten Reisemontierungen, die man aktuell erwerben kann. Ob der Einsatz von Autoguiding dies noch einmal verbessert, sollte der Einsatz der M-GEN V3 zeigen. Der Nachfolger AstroTrac 360 toppt im Übrigen die Nachführgenauigkeit noch auf < 5 Bogensekunden bei bis zu 15 min Belichtungszeit durch den Einsatz von optischen Encodern. Auch kann sie Instrumente bis zu 10 kg tragen und der Polsucher ist endlich aus Metall. Allerdings liegt der Preis auch eher bei hochpreisigen Normalmontierungen, weshalb eine Verbreitung wohl eher gering ausfallen dürfte. Der Nachfolger der zuverlässigen M-GEN V2 von Lacerta besitzt einige Verbesserungen gegenüber seinem Vorgänger, der auch als Standardequipment bei vielen Astrofarmen zum Einsatz kommt.

Zum einen ist die mitgelieferte Autoguiding-Kamera wesentlich kleiner, leichter und empfindlicher, als ihr Vorgängermodell. Es handelt sich dabei um die monochrome CMOS-Kamera AR0130CS, die eine Pixelgröße von $3,75 \mu\text{m}$ ausweist und eine Auflösung von 1,2 Megapixeln besitzt. Die M-GEN-Handsteuerbox enthält nun eine Micro-SD-Karte, auf der zusätzlich ein Dunkelbild der Kamera abgelegt wird. Dadurch kann die Kamera mit einer Genauigkeit von $1/50$ Pixel und bis zu 13 mag helle Sterne nachführen. Ein großer Vorteil in sternarmen Regionen. Hinzu kommt, dass nicht mehr auf einen einzelnen Stern nachgeführt wird, sondern ein Multistar-Guiding zum Einsatz kommt, je nachdem wie viele Sterne gefunden werden. So können bis max. 100 Sterne verwendet werden, wodurch eine höhere Subpixelgenauigkeit erreicht werden kann und durchziehende Wolkenfelder nicht mehr unbedingt zum Abbruch der Aufnahme



Abb. 2: Reisemontierung AstroTrac mit ST4-Anschluss, Polsucher und astromodifizierter Kamera.

führen müssen. Des Weiteren ist eine Polausrichtung mit der M-GEN V3 umsetzbar, wenn der Polarstern auf der Nordhalbkugel nicht sichtbar ist, und verschiedene Dithering-Modi sind einstellbar. Am interessantesten ist aber, dass ein selbstlernendes adaptives Guiding implementiert wurde, wodurch mit einem einzelnen Knopfdruck die Kalibrierung, die Sternsuche und das Guiding automatisch gestartet werden kann. Ebenfalls neu ist, was aber unterwegs keine Rolle spielt, dass man die M-GEN V3 auch im Remote-Betrieb am Computer über ein virtuelles Interface verwenden kann. Das heißt, man bekommt am Computer ein exaktes Abbild der Handsteuerbox und kann sie auch von dort aus bedienen (siehe Abbildung 3). Das ist besonders für Remote-Sternwarten interessant. Betrieben wird sie über einen normalen USB-Anschluss, der nun auch die Kamera ansteuert.

Die M-GEN V3 soll zukünftig kontinuierlich weiterentwickelt werden und später Binning-Modi, Platesolving, WiFi,



Abb. 3: Handsteuerbox der M-GEN V3 in realer und virtueller Darstellung.



Abb. 4: AstroTrac mit Canon 90Da, Mini-Leitrohr, Polsucher, M-GEN V3 und Powerbank.

adaptive Optik, Analyse der Bildfeldrotation und Ansteuerung eines Derotators bei azimutalen Montierungen ermöglichen. Da ich vorher den Vorgänger jahrelang im Einsatz hatte, stand für mich fest, die neue Version ebenfalls anzuschaffen. Und ich war sofort begeistert, denn neben den neuen Funktionen macht auch das Farbdisplay einen wesentlich komfortableren Eindruck. Hier können nun auch Abweichungen der Montierungen in Bogensekunden nachgelesen werden. Ein großer Vorteil, um die Nachführgenauigkeit einschätzen zu können.

Durch den Stromanschluss per USB-Schnittstelle entfällt das frühere Versorgungskabel und man kann eine normale Powerbank nutzen. Für den Betrieb der AstroTrac wurde bereits eine solche angeschafft, die neben zwei USB-Anschlüssen auch einen 12V-Anschluss für die Reisemontierung vorsah. So konnte schon mal die Stromversorgung einfach sichergestellt werden. Abbildung 4 zeigt die Powerbank mit der Verkabelung, die

nun durch die Autoguider-Kamera und die M-GEN V3 zustande kam. Der Aufwand, der notwendig ist, um das gesamte Equipment mitzuschleppen, hatte sich nun doch etwas erhöht.

Neben dem Autoguider-Equipment wurde auch die bestehende Canon-Kamera 90D [3] astromodifiziert. Dieses machte ich allerdings nicht selber, sondern beauftrage dies bei einem Astrofachhändler, wodurch auch die Garantie erhalten blieb. Dafür wird der Infrarot-Sperrfilter vor dem Kamerachip ausgebaut, der den roten Spektralbereich für Tageslichtaufnahmen dämpft. Für die Astrofotografie ist gerade dieses optische Spektrum für Gasnebel (angeregter Wasserstoff, H α) relevant, weshalb dieser Sperrfilter nicht erwünscht ist. Allerdings wird die Kamera dadurch bei Tageslichtaufnahmen rotstichig, was man aber durch einen OWB-Clipfilter (Original White Balance) wieder kompensieren

kann. Dieser Weißabgleichfilter verschiebt den kompletten Spektralbereich der umgebauten DSLR-Kamera derart, dass sie ohne Einschränkungen oder manuellem Weißabgleich bei Tageslicht verwendet werden kann. Man kann daher die Kamera nun getrost für zwei verschiedene Anwendungsfälle (normal/astro) nutzen. Das kleine „a“ gibt nun an, dass die 90Da entsprechend astromodifiziert wurde. Mit ihren 32,5 Megapixeln besitzt sie zudem die bislang größte Auflösung eines APS-C-Formatchips. Sie erhielt daher im Jahr 2021 einen EISA-Award als bestes APS-C-Produkt, was aber auch der Bildqualität, der schnellen Spiegelauslösung und des relativ geringen Rauschverhaltens geschuldet war. So ließ sich bei meinen früher astromodifizierten Canon-Kameras 1000Da und 700Da jeweils 400 ASA und 800 ASA nachts optimal einsetzen, während die Canon 90Da bei 1.600 ASA sehr gute Ergebnisse erzielt, aber auch den Betrieb von 3.200 ASA möglich macht. Da der Clipfilter genau im Gehäuse vor dem Objektiv sitzt (siehe Abbildung 5), ist dieser auch als Staubschutz für den Sensor gut geeignet. Nicht umgebaute Kameras werden daher von mir mit einem Klarglas-Clipfilter verwendet. Außerdem kann der Clipfilter für beliebige Objektiv-



Abb. 5: Kamera Canon 90Da mit eingesetztem Weißabgleich-Clipfilter OWB Typ 2 von Astronomik

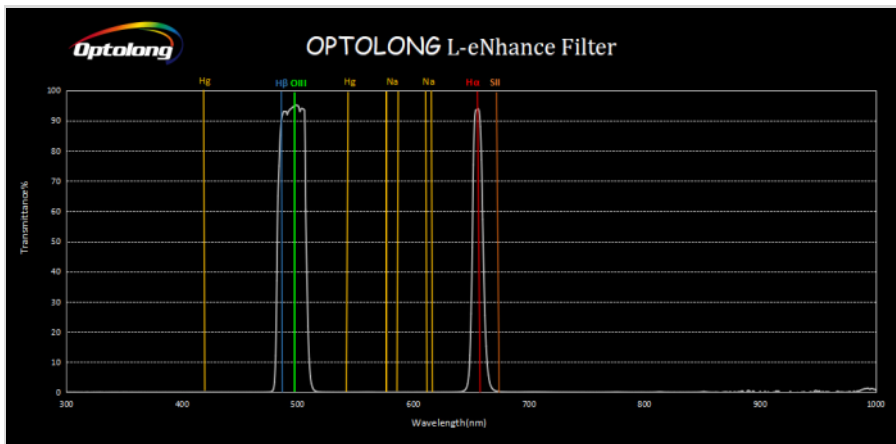


Abb. 6: Spektrum-Charakteristik des Schmalbandfilters L-eNChance von Optolong [4].

ve genutzt werden.

Als Astro-Clipfilter wurde zusätzlich der L-eNChance-Filter von Optolong [4] angeschafft, der sich immer größerer Beliebtheit erfreut. Das liegt zum einen daran, dass er gekonnt die Lichtverschmutzung herausfiltert und zum anderen, dass H α -Nebelbereiche kontrastreich vom Himmelshintergrund abgebildet werden können. Abbildung 6 zeigt, dass der Spektrum-Bereich 300-1.000 nm gefiltert wird, während die für die Astrofotografie wichtigen Bereiche H α , H β und [OIII] nahezu ungehindert durchgelassen werden. Wie bereits in dem Artikel „Vergleich zweier Duofilter: Optolong L-eNChance versus Optolong L-eXtreme“ aus der Himmelspolizey-Ausgabe Nr. 68 beschrieben wurde, vermittelt der L-eNChance-Filter dabei trotzdem noch einen natürlichen Eindruck, da die Sternfarben nicht verlorengehen und zumindest teilweise wieder zurückgewonnen werden können. Bei Überblicksaufnahmen von 24-200 mm, die normalerweise mit einer Reisemontierung aufgenommen werden, ist dies von Vorteil. Vielleicht ist dies auch der Grund, warum der Hersteller bisher nicht den L-eXtreme-Filter als Clipfilter herausgebracht hat.

Nun war noch offen, wie man die Guiding-Kamera befestigen sollte. Dabei erschien es mir am einfachsten einen Adapter für den bereits vorhandenen Blitzschuh der Kamera zu finden. Bei Geoptik [5] wurde ich fündig, der zum

einen leicht und stabil sowie auf der anderen Seite dank einer integrierten Mändenschraube mit Kunststoffspitze am Blitzerschuh gesichert wird. Dadurch sitzt der Adapter wirklich bombenfest. Danach kann ein Leitrohr nach Vixen-Standard dort befestigt und mit zwei Plastikschrauben gesichert werden. Dieses musste allerdings auch erst einmal gefunden werden. Fündig wurde ich beim Teleskop-Service durch ein Mini-Guider-Scope mit einer Öffnung von 32 mm, einer Brennweite von 121 mm und einem Gewicht von 500 g. Der Fokusabstand zur Guiding-Kamera ließ sich variabel von 10-20 mm einstellen, so dass die Guiding-Kamera des M-GEN V3 relativ einfach in den Fokus gebracht werden konnte. Das Gesamtkonstrukt zeigt die Abbildung 7. Nun konnte es also los-

gehen.

Die Bildergebnisse Die nächste Hürde, die nun noch genommen werden musste, war den richtigen Aufnahmeort im Urlaub zu finden. Die norditalienischen Seen stechen dabei nicht gerade als dunkle Orte heraus, wie man an einer Einzelaufnahme in Abbildung 8 erkennen kann. Neben den Ortschaften, die hell erleuchtet sind, durchstreifen Scheinwerfer zu Werbezwecken den Nachthimmel. Auch der Campingplatz, auf dem wir untergebracht waren, fiel nicht durch maßvolle Lichtnutzung auf. Allerdings besaß er Teilabschnitte, die Naturschutzgebiete waren und dementsprechend nicht beleuchtet werden durften. Hierhin verzog ich mich in den nächtlichen Sitzungen. Bis auf einen Bootsverleiher, der pünktlich an jedem Abend um 24 Uhr seine Boote mit einer Taschenlampe überprüfte und mich erst verwundert und später freundlich grüßte, wurde ich dort auch in Ruhe gelassen. Trotzdem ließ sich nur im Zenit gut beobachten bzw. fotografieren, weshalb ich mir die Sternzeichen Schwan und Cassiopeia abwechselnd vornahm.

Für die erste Beobachtungsnacht wurde vorher das Equipment noch einmal kontrolliert. So musste die Brennweite des Leitrohrs in der M-GEN V3 auf 121 mm eingestellt und das Guiding auf ein-



Abb. 7: Mini-Leitrohr mit Sucherhalter für Blitzschuh an der Canon 90Da.

achsigt umgestellt werden. Danach wurde der beschriebene Strandabschnitt des Lago Maggiore aufgesucht, der die wenigsten störenden Lichter hatte. Trotzdem war die Lichtverschmutzung auch hier durchaus sehr stark. Jupiter und Saturn standen beispielsweise schön über dem See, aber Sterne unterhalb der Planeten waren nicht mehr zu erkennen. Die AstroTrac-Reisemontierung wurde anschließend auf den Polarstern ausgerichtet und der Zenit im Bereich des Nordamerikanebels angefahren, da es dort einigermaßen gute Sicht versprach. Die M-GEN V3 wurde eingestellt und 100 Sterne konnten über den Sucher gefunden werden, da hier die Milchstraße allgegenwärtig ist. Die Nachführung sprang an und korrigierte wie eingestellt in einer Richtung. Dithering blieb ebenfalls aktiviert. Bei 70 mm Brennweite wurde mit dem neuen Canon-Zoomobjektiv EF 24-70mm F2.8L II USM die Region aufgesucht und eine erste Testaufnahme mit 1.600 ASA gemacht, die aber noch zu blass ausfiel. Daher wurde später 3.200 ASA eingestellt und eine Bildserie von 20 Bildern à 3 min geschossen (siehe Abbildung 9, die bei 1.600 ASA entstand). Um 1 Uhr nachts war dann das Sternbild Cassiopeia dran, da es sich langsam über die nahestehenden Bäume bewegt hatte. Testaufnahmen



Abb. 8: Nächtliche Lichtverhältnisse am Lago Maggiore.

für Herz- und Seelennebel blieben aber erfolglos, weil sie sich hinter einem Baum versteckten, weshalb auf das Sternbild an sich bei 70 mm geschwenkt wurde (siehe Astrofoto des Monats Oktober 2021). Auf den Bildern konnte auch der Pacman-Nebel und Sh2-185 gut erkannt werden. Trotz der Lichtverschmutzung schienen die Aufnahmen mit dem L-eN-hance-Filter von Optolong recht tief zu gehen. Einige Vorläufer der Perseiden waren an diesem Abend des 10. August ebenfalls auszumachen.

Insgesamt verliefen die Aufnahmen mit dem neuen Objektiv sehr gut, da die Sterne über das gesamte Bildfeld rund blieben. Auch die M-GEN V3 korrigierte ständig die Nachführung und steuerte die Montierung einwandfrei. Es wurde aber

natürlich nur in einer Achse korrigiert und dabei ständig in einer bestimmten Richtung. Auswirkungen auf die Aufnahmequalität konnte man bei 70 mm später kaum ausmachen. Aber Nachteile ergaben sich dadurch natürlich auch nicht. Und die Aufnahmesteuerung erledigte die Handsteuerbox ebenfalls souverän.

Einen Abend später gab es erneut einen traumhaften Himmel. Dieses Mal sollte das Teleobjektiv von Canon EF 200mm f/2.8L II USM zum Einsatz kommen. Es wurde auf den Schmetterlingsnebel gerichtet, was aber zuerst einmal nicht gelang. Schließlich besitzt die AstroTrac-Montierung kein Goto-System, weshalb man sich durch den Sucher anhand der Sterne orientieren muss. Dies ist wiederum durch den Leitrohr-Aufsatz nicht so einfach, weshalb dieser erst einmal entfernt und anschließend wieder draufgesetzt werden musste. Trotzdem wurde bei den Testaufnahmen bereits klar, dass mit 1.600 ASA heute genug Licht bzw. Nebel eingefangen werden konnte, weshalb nicht erneut auf 3.200 ASA gestellt wurde. Endlich gelang es und eine erste Aufnahmeserie konnte erstellt werden. Dabei wurde erneut Autoguiding eingesetzt und 3 min pro Belichtung gewählt. Auf den Einzelbildern war dabei bereits zu erkennen, dass die Nebelregionen sehr schön herauskamen. Auch der Crescent-Nebel, rechts oben in der Aufnahme



Abb. 9: Nordamerika-, Pelikan- und Schmetterlingsnebel sowie Crescent-Nebel (NGC 6888).



Abb. 10: Schmetterlingsnebel (IC 1318) mit Crescent-Nebel (NGC 6888).



Abb. 11: Pacman-Nebel (NGC 281) im Sternbild Cassiopeia.

me, zeigte bereits seinen ganzen Körper und nicht nur eine Sichelform (siehe Abbildung 10). Das 200 mm Objektiv von Canon hat sich übrigens für Astroaufnahmen ebenfalls bewährt. An meiner APS-C-Kamera gab es auch hier keinerlei Verzeichnungen. Das Autoguiding klappte erneut ohne Probleme und ließ die Sterne weniger stark strichförmig werden. Durch die Lichtverschmutzung war die Polausrichtung schwieriger durchzu-

führen, denn der AstroTrac-Polsucher benötigt dafür neben Polaris zwei weitere schwache Sterne. Daher half das Autoguiding bei dieser Brennweite mit, die Bildqualität entsprechend hochzuhalten. Hier merkte man den Unterschied zu den vorherigen 70 mm deutlicher.

Um 24 Uhr wurde dann wieder auf Cassiopeia geschwenkt, um dort die Region des Pacman-Nebels aufzunehmen. Dies gelang dieses Mal auf Anhieb, weil ein

Stern des Himmels-W (Cassiopeia) als Verlängerung genommen werden konnte (siehe Abbildung 11). Daher wurde auch hier eine Serie mit den gleichen Parametern erstellt. Hier waren allerdings leichte Striche bei den Sternen zu erkennen, die durch das Autoguiding zwar weniger stark waren, aber nicht völlig verschwanden. Eine erneute Polausrichtung ergab keine Besserung, weshalb die Aufnahmen ohne weitere Änderungen durchgeführt wurden. Der Kamera-Akku hielt dabei die ganze Zeit und machte auch klaglos ab 2 Uhr morgens Dark-Frames. Das war deutlich länger, als bei meinen früheren Kameras, deren Akkus nach ca. 2 Stunden ausgewechselt werden mussten. Dieser Akku hielt hingegen über vier Stunden und war auch am nächsten Morgen noch zu gebrauchen. Von einer solchen Aufnahmelänge kann eine Systemkamera nur träumen! Während der Aufnahme-Session wurde parallel der Himmel mit einem Fernglas beobachtet, wobei hin und wieder 2-3 Sternschnuppen zu sehen waren. Dies ließ ebenfalls in der Nacht keine Langeweile aufkommen und ist immer wieder ein erhebendes Gefühl.

Bei der Bildauswertung zu Hause wurden dann auch noch bestehende Bearbeitungspfade verlassen und neue Software-Lösungen ausprobiert. Mit dem DeepSkyStacker (DSS) [6] arbeite ich bereits seit über 10 Jahren und das Programm ist auch nach wie vor zu empfehlen. Allerdings werden die Stacking-Algorithmen hier nicht mehr verbessert. Einzig für neue Kameras oder Formate werden Updates angeboten. So verarbeitet das Programm beispielsweise das neue Canon-Rohformat CR3 klaglos. Aufgrund von Stacking-Problemen der Abbildung 11 wurde allerdings das Programm Astro Pixel Processor (APP) [7] ausprobiert, welches alle Bilder klaglos verarbeitete. DSS weigerte sich hier immer wieder und wollte nur die Hälfte zusammenführen. So etwas passiert bei



Abb. 12: Panoramaaufnahme der hell erleuchteten Ortschaft Feriolo, Baveno am Lago Maggiore.

DSS allerdings in seltenen Fällen. Beim Stacking führt APP auf Wunsch auch einen Farbgleich durch und versucht die Vignettierung zu kompensieren. Daher wurde Abbildung 10 und Abbildung 11 mit diesem Programm bearbeitet, während in Abbildung 9 noch DSS zum Einsatz kam. APP nutzt den Adaptive Airy Disc (AAD) Algorithmus, der speziell bei Farbkameras verwendet werden sollte und bessere Auflösung, weniger Artefakte, weniger Rauschen und bessere Farben verspricht. Ebenfalls werden der Hintergrund und die Bildobjekte unabhängig voneinander farbkalibriert. Auch Mosaikbilder, eine große Stärke dieser Software, lassen sich damit einfacher erstellen. Aufgrund der besseren Ergebnisse habe ich daher inzwischen mein Stacking auf APP umgestellt.

Fazit Das Zusammenspiel aller neuen Komponenten verlief reibungslos, wie die Tests im Urlaub gezeigt haben. Eine astromodifizierte Kamera ist bei der Aufnahme von Nebelregionen ein Muss und der L-eNhnance-Filter von Optolong ist auch ein deutlicher Gewinn bei diesen Objekten. Bei der Fotografie von Offenen Sternhaufen oder Galaxien ist er hingegen nicht einsetzbar. Hier könnte man nach wie vor auf einen CLS-Filter zurückgreifen, der die Lichtverschmut-

zung (siehe neben Abbildung 8 auch Abbildung 12) ebenfalls wirkungsvoll unterdrückt und früher mein Standardfilter für alle Astroatnahmen war. Der L-eNhnance-Filter lässt hingegen besonders H α -Nebelgebiete erstrahlen, während H β oder O-III kaum auszumachen sind. Das ist bei Übersichtsaufnahmen aber zu verschmerzen. Das Autoguiding hat sich mit der M-GEN V3 im Zusammenspiel mit der AstroTrac ebenfalls bewährt. Besonders bei 200 mm Brennweite ist es von Vorteil, wenn eine Korrektur durch Autoguiding stattfindet. Wünschenswert wäre es natürlich zwei Achsen korrigieren zu können, aber das lässt sich bei einachsigen Reisemontierung nun einmal nicht durchführen. Dafür lässt sich die Kamera auch über die M-GEN steuern, wodurch ein zusätzlicher Timer mit Batterie entfällt. Die Powerbank kann über einige Nächte hinweg für die AstroTrac und das

Autoguiding genutzt werden, so dass nur die Akkus der Aufnahmekamera im Auge behalten werden müssen. Aber auch hier hat sich die Nutzungsdauer erhöht, weshalb noch nicht einmal der Akku innerhalb einer Nacht getauscht werden musste. Zudem ist die Canon 90Da nun in der Lage bei 1.600 ASA optimale langbelichtete Astrobilder zu schießen. Dadurch wird ebenfalls eine größere Bildtiefe erreicht. Zwar sind auch 3.200 ASA machbar, aber das Rauschen nimmt dann entsprechend zu und Schlieren in sternarmen Regionen bei der Bildentwicklung können ggf. auftauchen. Alles in allem kann man aber sehr zufrieden mit dem Test sein. Ob bei Flugreisen nicht doch die Reisemontierung alleine ausreicht, aufgrund der vielen Kabel und notwendigen Zusatzkomponenten, muss an anderer Stelle beantwortet werden.

Literaturhinweise

- [1] Autoguider M-GEN V3: https://lacerta-optics.com/MGEN-3_Lacerta-MGEN-3-Autoguider-A
- [2] AstroTrac-Herstellerseite: <https://www.astrotrac.com>
- [3] Hersteller-Seite von Canon zur 90D: <https://www.canon.de/cameras/eos-90d/>
- [4] Hersteller-Seite von Optolong zum L-eNhnance-Filter: <https://www.optolong.com/cms/document/detail/id/16.html>
- [5] Herstellerseite Geoptik: <https://www.geoptik.com>
- [6] Homepage von DeepSkyStacker: <http://deepskystacker.free.fr/german/>
- [7] Homepage von Astro Pixel Processor: <https://www.astropixelprocessor.com>

BEOBSCHTUNG UND FOTOGRAFIE DES ISS-MONDTRANSITS

von JÜRGEN RUDDEK, *Lilienthal*

Anfang März 2006 bin ich erstmals auf die Möglichkeit hingewiesen worden, die Internationale Raumstation (ISS) beobachten zu können. Bis dahin hatte ich die ISS noch nie live am Himmel gesehen. Sie sollte am 6. März in den frühen Abendstunden über Lilienthal zu beobachten sein. Ich plante die Raumstation bei dieser Gelegenheit mit einer kleinen Digitalkamera durch das Okular meines Spektivs zu fotografieren. Bei dieser Methode, genannt Digiscoping oder Digiskopie, erzielt man eine sehr hohe Brennweite, die sich wie folgt berechnet: Brennweite des Objektivs der Kamera (auf Kleinbild umgerechnet) x Vergrößerung des Okulars.

Damit die Kamera fest mit dem Okular verbunden werden konnte, ließ ich mir von einem befreundeten Feinmechaniker einen speziellen Adapter drehen. Mit dem 30-fach Okular und einer Tele-Einstellung von rund 70 mm wird eine Brennweite von ca. 2000 mm erreicht. Der Nachteil ist allerdings, dass das System sehr unhandlich zu bedienen ist. Man benötigt ein Stativ und einen Fernauslöser, weil die Fotos sonst verwackeln. Außerdem muss die Schärfe manuell eingestellt werden.

Die Wettervorhersage versprach für den 6. März einen klaren, wolkenlosen Himmel. Trotz des rechtzeitigen Aufbaus des Stativs im Garten schaffte ich es nicht, die ISS zu fotografieren. Sie zog so schnell am Himmel entlang, dass sie auf dem kleinen Display der Kamera nicht zu finden war.

Am 7. März 2006 zog die ISS-Raumstation erneut über den Südhimmel, diesmal aber relativ nah am zunehmenden Mond vorbei. Im Laufe des Tages kam mir die Idee, mir einen Ort zu suchen, von dem aus ich die ISS direkt über der Mondoberfläche vorbeifliegen sehen könnte (ISS-Mondtransit). Um den optimalen Standort zu ermitteln, wählte ich im Internet die Stadt Bremen sowie Koordinaten im Raum Lilienthal aus [1]. Ich recherchierte und fand heraus, dass auf einer Detailkarte mit hoher Auflösung erkennbar war, ob die ISS direkt vor dem Mond, darüber oder darunter vorbeifliegt. Nach vielen Versuchen mit ver-



Abb. 1: Die ISS im Vorbeiflug am Mond. Zusammenstellung von Einzelbildern aus einer Filmsequenz, fotografiert mit einer Sony DSC-W15 durch ein Leica Spektiv APO-Televid 30x77 am 07. März 2006 in Lilienthal.

Alle Bilder vom Autor.

Beobachtung

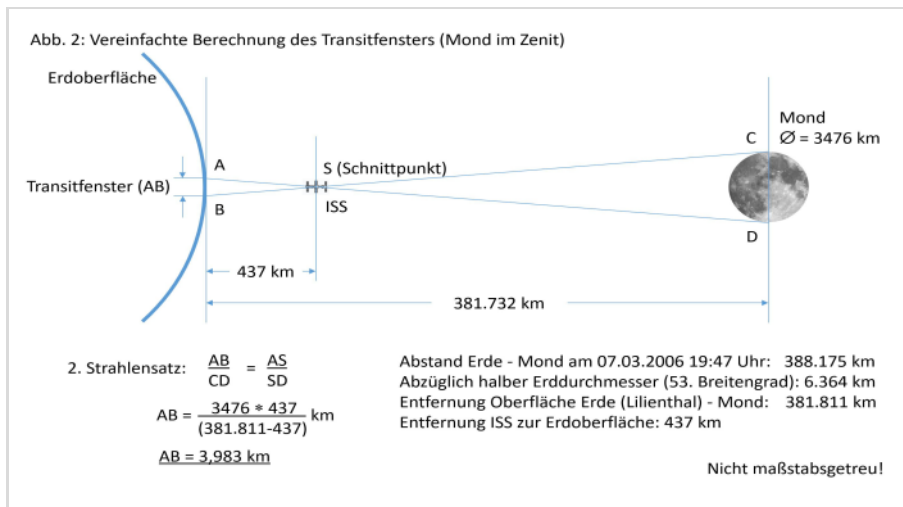


Abb. 2: Herleitung der Berechnung des Transitfensters.

schiedenen Standorten hoffte ich, den richtigen Ort am Lilienthaler Gehölz nahe der Hauptstraße gefunden zu haben. Im Laufe des Nachmittags informierte ich noch andere AVL-Mitglieder über den ISS-Mondtransit in Lilienthal-Mitte.

Abb. 3: Berechnung des Transitfensters unter zusätzlicher Berücksichtigung des Betrachtungswinkels

$$b = 381.811 \text{ km}$$

$$\alpha = 90^\circ - 65^\circ = 25^\circ$$

$$\cos \alpha = b/c$$

$$c = b/\cos \alpha$$

$$\cos 25^\circ = 0,9063$$

$$c = 381.811 \text{ km}/0,9063$$

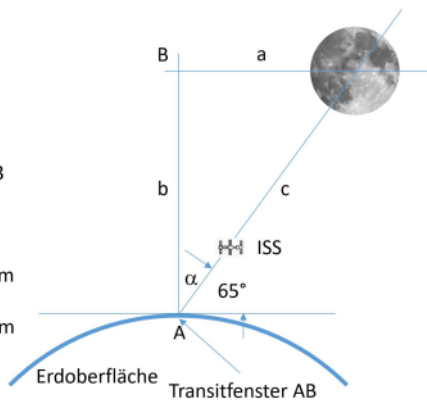
$$c = 421.285 \text{ km}$$

$$\text{ISS-Entfernung:}$$

$$437 \text{ km}/\cos 25^\circ = 482 \text{ km}$$

$$AB = \frac{3476 * 482}{(421.285 - 482)} \text{ km}$$

$$AB = 3.982 \text{ km}$$



Nicht maßstabsgetreu!

Abb. 3: Herleitung der Berechnung des Transitfensters AB unter Berücksichtigung des Betrachtungswinkels.

genden Stammtisch-Treffen zu reichlich Gesprächsstoff unter den AVL-Mitgliedern, da einige die ISS oberhalb und andere unterhalb des Mondes vorbeifliegen sahen. Alexander Alin regte daraufhin an, die Breite des Transitfensters zu berechnen. Dafür eignet sich der 2. Strahlensatz. Die Entfernungen für die Formel waren bekannt. Wilhelm Schrader wies noch darauf hin, dass auch der Winkel zum Mond eine nicht zu vernachlässigende Größe sei und beim Abstand Erde - Mond der Erdradius abzuziehen ist. Folgende Werte werden für die Berechnung verwendet:

Entfernung Erde - Mond: 388096 km [2]
 Erdradius (53,147 Grad): 6364 km [3]
 Monddurchmesser: 3476 km [4]
 Flughöhe der ISS: 437 km
 Winkel zum Mond: 65 Grad

In den Abbildungen 2 und 3 sind auch die einzelnen Parameter grafisch dargestellt. Nach dem Strahlensatz ergab sich zu diesem Zeitpunkt ein Transitfenster von 3,98 km, in dem man die ISS direkt vor dem Mond vorbeifliegen sehen kann.

Viele Jahre später, am 24. November 2020 wurde ich erneut auf den ISS-Mondtransit aufmerksam. Im VDS-Journal für Astronomie [5] erschien ein Bericht über einen ISS-Transit vor der Sonne. Dort wurde auf die Webseite transit-finder.com [6] hingewiesen. Mit dem „Finder“ lassen sich die ISS-Transite heutzutage viel einfacher auswählen und darstellen, als es noch 2006 der Fall gewesen war. Gibt man dort seinen Standort ein (Abb. 4), werden einem für die folgenden 4 Wochen sowohl die ISS-Sonnen- als auch die ISS-Mondtransite mit genauen Zeit- und Standortangaben in einem vorher festgelegten Radius angezeigt (Abb. 5).

Nach Eingabe meines Wohnortes wurden mir im November 2020 gleich zwei ISS-Mondtransite im Großraum Lilien-

können, auf dem die ISS über den Mond fliegt. Den Mond auf dem Display der kompakten Digitalkamera zu finden und scharf zu stellen, erwies sich zum Glück als nicht schwierig. Als die ISS angeflogen kam, drückte ich rechtzeitig auf den Auslöser. Parallel dazu versuchte ich den Mondtransit mit der Spiegelreflexkamera und einem Teleobjektiv zu fotografieren. Im Ergebnis war mein Beobachtungsstandort leider rund 800 Meter zu weit südlich gewählt. Die

Aufnahme mit der Spiegelreflexkamera war nicht zu gebrauchen. Meine Filmaufnahme zeigte aber die knapp oberhalb des Mondes vorbeifliegende ISS (Abb. 1). Dieses Ereignis führte an dem darauffol-

Abb. 4: Eingabefenster der Webseite www.transit-finder.com.

Als um 19:47 Uhr die ISS in Richtung Mond flog, war der Himmel sternenklar. Ich entschied mich, diesen Moment im Film festzuhalten, um später aus einer Sequenz das Transitfoto herausuchen zu

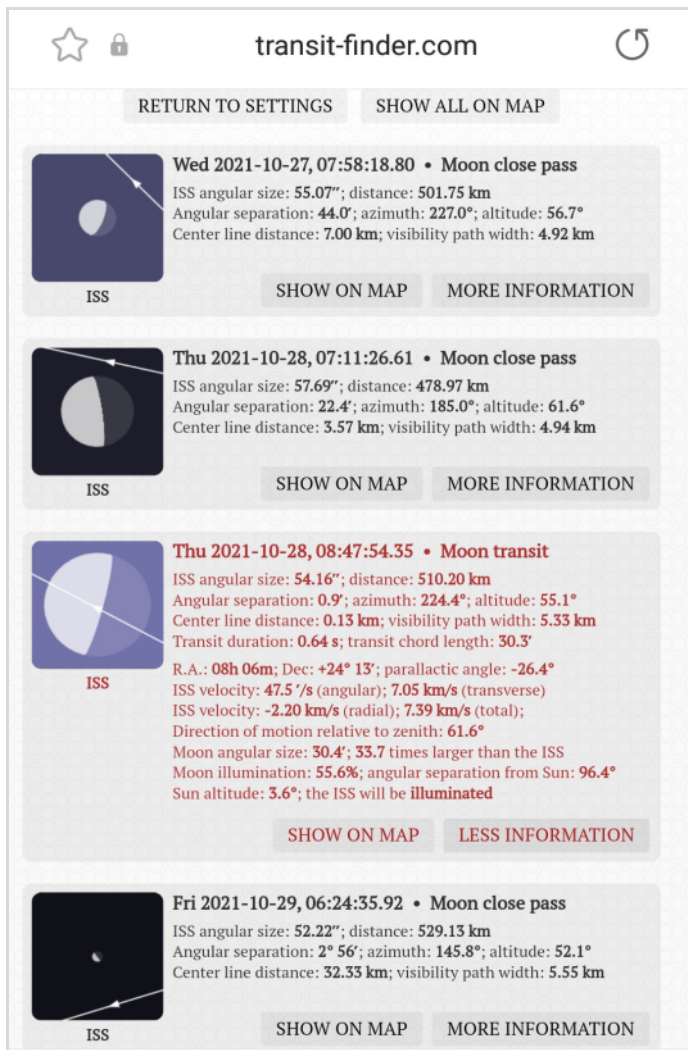


Abb. 5: Darstellung der Transite entsprechend der geografischen Auswahl für den 27.-29.10.2021.

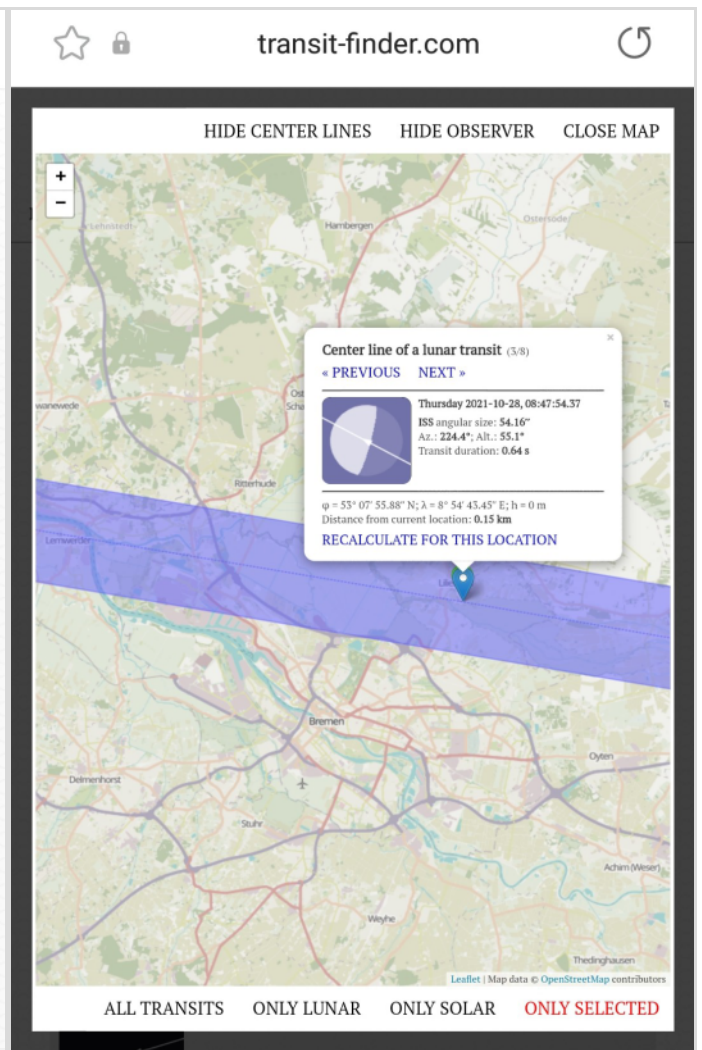


Abb. 6: Darstellung des ausgewählten Transitfensters am 28.10.2021 um 08:47 Uhr in der Landkarte.

Beobachtung



Abb. 7: Aufbau des Equipments für die Fotografie des ISS-Mondtransits.

thale angekündigt. Zudem hatten wir an diesen beiden Tagen fast Vollmond. Ich beabsichtigte, den Transit mit einem Teleobjektiv und einer digitalen Spiegelreflexkamera aufzunehmen. Diese Methode erweist sich hinsichtlich der Scharfeinstellung und dem Auslösen als sehr flexibel. Mit einer Brennweite von 600 mm sollte die ISS gut zu er-

kennen sein. Bei einem Blick auf die Wetterdaten musste ich die Hoffnung, dieses Ereignis fotografisch festhalten zu können, leider wieder verwerfen. Auch im ersten Halbjahr 2021 gab es in der Nähe meines Wohnortes immer wieder einen ISS-Mondtransit zu beobachten. Aber oft spielte das Wetter nicht mit, oder der Transit fand entweder tagsüber oder am frühen Morgen statt. Erst Ende Oktober, genauer gesagt am 28. Oktober 2021 wurde wieder ein Transit bei mir in der Nähe angekündigt, dieses Mal sogar direkt bei mir zu Hause in Lilienthal. Ich konnte den Transit praktisch direkt von meinem Garten aus fotografieren, nur knapp von der Zentrallinie entfernt. Für die technische Vorbereitung hatte ich genug Zeit und baute mein Equipment auf. Der Mond stand



Abb. 8: ISS-Mondtransit. Zusammenstellung von Einzelbildern mit der Canon EOS RP im Serienbildmodus (3 B/s) und dem Canon-Teleobjektiv EF 100-400mm (400mm) bei ISO 1600, f/8, 1/1600s

an diesem Morgen um 8:47 Uhr 55 Grad über dem Horizont. Seine beleuchtete Fläche betrug 56 Prozent, die Transiddauer wurde mit nur 0,64 Sekunden angegeben (Abb. 6). Die Sonne war schon aufgegangen, aber der Mond würde dennoch gut zu sehen sein.

Ich wollte den Transit auch wieder parallel filmen, aber nicht mehr mit einer digitalen Kompaktkamera, sondern mit meiner CCD-Kamera, der ZWO ASI224MC, die für die Mond- und Planetenfotografie besser geeignet ist. Sie kann deutlich mehr Bilder pro Sekunde belichten. Ich beabsichtigte statt eines Teleobjektivs den Skywatcher ED70 mit 420 mm Brennweite zu verwenden. Da die Diagonale des Sensors 6 mm und die Diagonale des Kleinbildformates (24 x 36 mm) nach Pythagoras 43,27 mm beträgt, ergibt sich daraus ein Crop-Faktor von 7,21. Multipliziert man diesen mit der tatsächlichen Brennweite des Teleskops, erhält man einen Ausschnitt, vergleichbar mit einem Teleobjektiv von 3029 mm. Dieser bewegt sich schon im Grenzbereich für die vollformatige Abbildung. Diese Annahme wollte ich mittels Berechnung des Bildwinkels bestätigt wissen. Im Internet fand ich dazu eine Seite, auf der man die Sensorgröße (kür-

zeste Seite) sowie die Brennweite eingeben und sich das Ergebnis direkt anzeigen lassen kann. [7]. Meine Vermu-



Abb. 9: ISS-Mondtransit. Zusammenstellung von Einzelbildern aus einer Filmsequenz mit der ASI 224 MC Pro am Canon-Teleobjektiv EF 100-400 II (290mm), f/5,6. Aufgenommen mit dem Programm Firecapture und in Einzelbilder zerlegt mit Autostakkert.

Literaturhinweise

- [1] <https://heavens-above.com>
- [2] <https://virtual-moon-atlas.de.malavida.com/download>
- [3] <https://rechneronline.de/erdradius/>
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Monddurchmesser>
- [5] VDS-Journal für Astronomie Nr. 75, Heft 4/2020
- [6] <https://transit-finder.com>
- [7] <https://elmar-baumann.de/fotografie/rechner/rechner-bildwinkel.html>

tung wurde bestätigt. Mit 0,49 Grad ist der Bildausschnitt zu klein. Der scheinbare Monddurchmesser variiert wegen des unterschiedlichen Erdbandes zwischen 0,49 Grad und 0,57 Grad [4].

Für das Gelingen der Aufnahmen setzte ich letztlich meine beiden Canon Telezoom-Objektive ein (Abb. 7). Die Zusammenstellung der Aufnahmen mit der ASI 224 sind in Abb. 8, die mit der DSLM in Abb. 9 dargestellt. Um die ISS detailtreuer abzubilden, wird mehr Brennweite benötigt: Dafür gibt es bestimmt ein nächstes Mal.

GESCHICHTEN VOM TELESCOPIUM LILIENTHAL

Beitrag 20: Die größten Spiegelteleskope auf der Erde - Teil 2

von HELMUT MINKUS, *Lilienthal*

Am 20. 9. 1800 wurde in Lilienthal eine Gesellschaft gegründet, zur Erfüllung großer astronomischer Aufgaben. Eine der ersten war die Bestimmung einer „Himmelspolizey“, bestehend aus 24 beobachtenden Astronomen, die den Himmel durchsuchen wollten, um einen Planeten zu finden, der sich nach dem Titius-Bode-Gesetz, zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter, im Bereich des Tierkreises um die Ekliptik herum befinden sollte. Diese „Astronomische Gesellschaft“ war schon damals europaweit „vernetzt“, doch bekanntlich wurde kein großer Planet entdeckt, dafür aber viele Asteroiden.

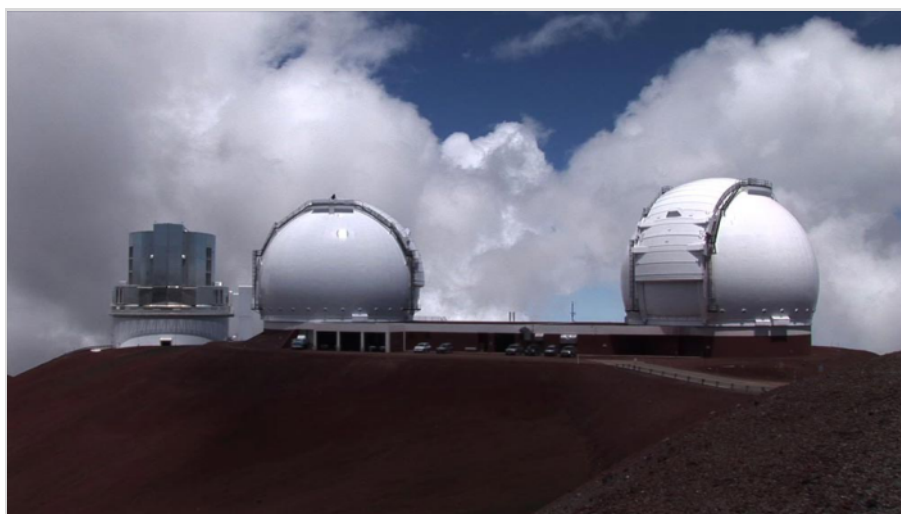


Abb. 1: Das Japanische Subaru-Teleskop liegt 6 m tiefer als das höchstgelegene der Erde, das Zwillingsteleskop „Keck“ auf 4145 m.
Bild: NASA/JPL.

Die vier größten wurden gefunden zwischen 1801 und 1807: Ceres mit Durchmesser 940 Kilometer (km), bereits 1801 von Piazzi in Palermo; Pallas mit 512 km, 1802 von Olbers in Bremen; Juno mit 270 km, 1804 von Harding in Lilienthal und Vesta mit 525 km, 1807 von Olbers in Bremen. Vesta hat eine scheinbare Helligkeit oder Größenklasse von 5,2 Magnituden (mag) und Juno von 7,5 mag, wenn sie von der Erde aus gesehen gegenüber (in Opposition) der Sonne stehen. Je größer die Zahl umso schwächer die Sichtbarkeit. Die Grenze für das menschliche Auge liegt bei 6 mag unter besten Sichtbedingungen. Die Lichtstärke oder das Lichtsammelvermögen der damaligen Teleskope reichte völlig aus, um die von der Sonne angestrahlten Gesteinsbrocken, als sich innerhalb von Monaten bewegende Lichtpünktchen se-

hen zu können. Sie wurden als Planeten eingestuft, bekamen diesen Status aber 1950 aberkannt und wurden den Asteroiden zugeordnet.

Gesucht werden heute, mehr als zuvor, lichtschwache Objekte aller Art, beispielsweise Exoplaneten im gesamten Universum. Darunter sogar ein schwacher Punkt in unserem Sonnensystem. Es ist ein „neuer“ neunter Planet, der weit außerhalb der Pluto-Bahn sein soll und früher Planet X genannt wurde, wobei das X auch für die römische Zahl 10 stand, als Pluto noch der neunte Planet war und bevor ihm dieser Status 2006 von der International Astronomical Union (IAU) aberkannt wurde. Pluto ist seitdem ein Zwergplanet oder Planetoid (mit 2 373 km Durchmesser der größte) mit der Nummer 134 340 und unsere Sonne hat heute nur noch 8 Planeten. Gesucht

wird noch immer ein Planet X, der sogar schon den Namen „Tyche“ (Griechisch für Glück) erhalten hat. Seine minimale Entfernung zur Sonne (Periheldistanz), wird geschätzt auf 400 Astronomische Einheiten (AE), die maximale Sonnenentfernung (Apheldistanz) auf 1000 AE (149 598 000 000 km) und die scheinbare Helligkeit auf maximal 22 mag. Zum Vergleich: Die hellsten Sterne am nördlichen Himmel sind Wega mit 0,14 mag und Arktur mit 0,24 mag scheinbarer Helligkeit.

Seit 2016 wurde die Suche erneut aufgenommen, bevorzugt im Sternbild Stier, weil es Anzeichen dafür gibt, dass sich ein mehrere Erdmassen schweres Trans Neptun Objekt (TNO) um unsere Sonne bewegt mit einer Sonnen-Umlaufdauer von vielen hundert Jahren. Für diese Suche mit den heute etwa 20 vorhandenen Großteleskopen (Freie Öffnung über 3 m) ist am besten geeignet das japanische 8,3-Meter Subaru-Teleskop, eröffnet 1999, in einer Höhe von 4139 m auf dem Mauna Kea, Hawaii. Es ist ein Weitwinkel-Spiegelteleskop, mit einem Gesichtsfeld von 4,5 Grad (9 Vollmond-durchmesser) und einer 870-Megapixel CCD-Kamera. Es hat einen monolithischen 8,3-m Spiegel mit einer Dicke von 20 cm (Abb. 1). Auch das 4-m Victor-M.-Blanco-Teleskop des Inter-American Observatory (IAO) auf dem Cerro Tololo in Chile wird dazu benutzt, obwohl es nur ein Viertel der Lichtstärke, dafür aber ein noch größeres Gesichtsfeld als das

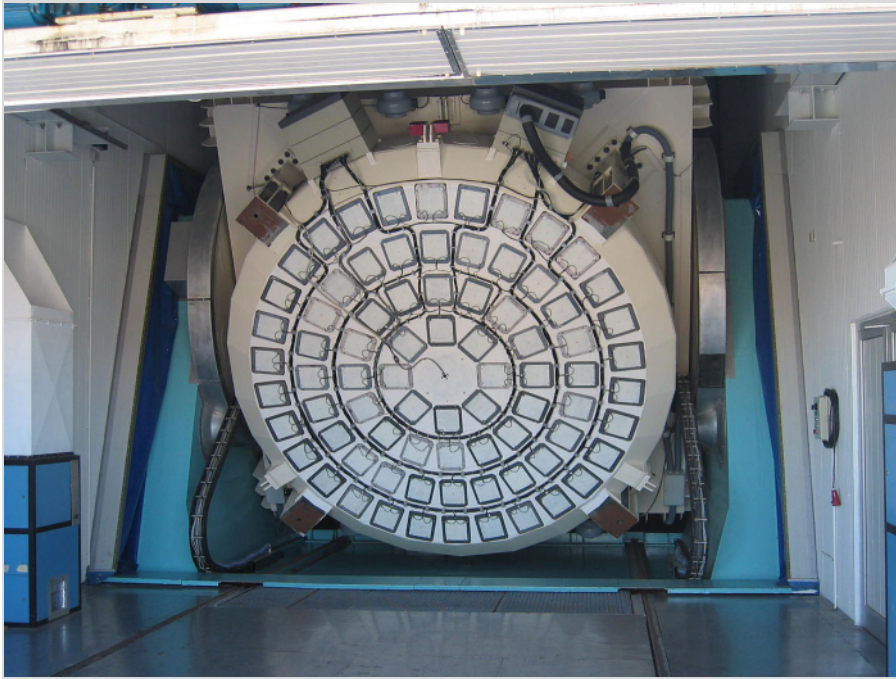


Abb. 2: Der 3,5-m Hauptspiegel des NTT liegt auf 78 elektrisch verstellbaren, computer-gesteuerten Aktuatoren (Die VLTs mit ihren 8,2-m Spiegeln haben je 150).
Bild: Denys / Wikipedia.

Subaru hat. Beide Instrumente werden hauptsächlich zur Erforschung der dunklen Energie eingesetzt.

Linsen, Spiegel, Licht und Luft Gestirne wurden beobachtet mit Linsenfernrohren (Refraktoren), wie sie Galileo Galilei (1564-1642) schon benutzte oder Spiegelfernrohren nach Bauarten von Isaac Newton (1643-1727) und Wilhelm Herschel (1738-1822). Beide Fernrohr-Typen mit ihren Vor- und Nachteilen sind immer weiter entwickelt bis an die Grenzen des technisch möglichen, der jeweiligen Zeitepochen. Beispiele: Als im Jahre 1609 Galilei mit seinen ersten Himmelsbeobachtungen begann, hatte er nur Fernrohre mit Linsen, die nicht größer waren als ein Brillenglas. Das Licht eines Objektes muss bekanntlich durch das Glas hindurch und erzeugt durch Beugung der Lichtstrahlen und den Schliff des Brillenglases oder der Linse ein vergrößertes Bild für die Augen. Dazu sollte das Glas möglichst hell, homogen und blasenfrei gegossen sein. Das allein war eine Kunst, die sich in 100 Jahren so weit entwickelt hatte, dass es zu Schroeters Zeit schon Linsenfernrohre gab mit etwa

10 Zentimeter (cm) Öffnung. Mit zunehmendem Durchmesser muss die Linse dicker werden, um stabil zu bleiben. Das bringt wiederum Lichtverlust und optische Fehler, also ein schlechtes Bild. Es wird umso schwieriger einen reinen Glasblock herzustellen, je größer sein Volumen sein soll.

Eine optische Vergrößerung von Objekten kann aber auch durch Reflexion an einer Spiegelfläche mit entsprechendem

Hohlschliff erreicht werden. Das hatte den Vorteil, dass es kein sauberer, kleiner Glaszylinder sein musste, um daraus eine Linse zu schleifen, sondern es auch ein wesentlich größerer Metallzylinder sein konnte, der viel mehr Licht sammelt und leichter hergestellt werden konnte, indem nur eine Fläche optisch geschliffen und spiegelglatt poliert zu werden brauchte.

Probleme gab es mit zunehmendem Durchmesser auch hier, denn die zylindrischen Rohlinge aus Metall sind spezifisch dreimal schwerer als die aus Glas. Beide Materialien sind spröde, sodass es bis heute eine Herausforderung ist, sie so abzukühlen, dass sie nicht zerspringen, was nicht nur Schroeter, Schrader und Earl of Rosse mehrfach erlebten. Letzterer hatte 1845 den letzten und größten Metallspiegel hergestellt.

Bis Ende des 19. Jahrhunderts hatte sich das Gießen von Glaskörpern und die Vakuumtechnik so weit entwickelt, dass sowohl für große Linsen wie für Spiegel nur noch Glas verwendet wird. Spiegel werden nach dem Schleifen und Polieren in einer Vakuumkammer mit Aluminium oder Silber bedampft, was eine bessere Reflexion bringt als nicht beschichtete Metallspiegel.

Die letzte und größte Glaslinse mit ei-



Abb. 3: Das „Bolchoi-Teleskop (BTA-6) im Kaukasus für spektroskopische Forschung. Die Kuppel ist 50 m hoch.
Bild: Public Domain / Wikipedia.

nem Durchmesser von 102 cm (40") und einer Brennweite von 18 m wurde hergestellt für den 1897 gebauten Refraktor des Yerkes Observatory in den USA. Stabile Linsen, größer 1 m herzustellen, ist nicht sinnvoll, weil sie nur am Rand gehalten werden können und sich durch ihr Eigengewicht durchbiegen, weshalb Großteleskope nur noch mit Spiegeln gebaut werden. Doch auch hier gibt es technische Grenzen ab einem Spiegeldurchmesser über 5 m.

Das wichtigste „Leistungsmerkmal“ für ein Teleskop jeder Bauart ist nicht die Vergrößerung (Objektivbrennweite geteilt durch Okularbrennweite) sondern das Lichtsammelvermögen. Es ist bestimmt durch die freie Öffnung oder Eintrittspupille oder Apertur des Fernrohrobjektives. Dieses Maß ist gleich dem Durchmesser des Hauptspiegels.

Der Linsen-Durchmesser muss aber um die Linsenfassung größer sein, auf der sie ringförmig gelagert ist. Das ist ein großer konstruktiver Nachteil gegenüber einem Spiegel, der auf der gesamten Fläche seiner Rückseite gelagert werden kann.

Je größer und damit schwerer ein Spiegel wird, umso stärker verändert sich die ideale Form seiner geschliffenen Fläche durch sein Eigengewicht. Die Fläche verformt sich in Abhängigkeit von der Stellung des Fernrohres und es gibt unbrauchbare Bilder. Die Standard-Lösung heute ist, einen dünneren Spiegel herzustellen, der elastischer ist und sich noch mehr verformt, wenn er in seiner Zelle nur passiv gelagert wäre. Er wird deshalb auf bewegliche Stellglieder oder Aktuatoren montiert, die per Computersteuerung bei jeder Stellung des Fernrohres die Spiegelfläche in ihre ideale Form drücken oder ziehen. Da das in Abständen von wenigen Sekunden geschieht, ist es ein „niederfrequentes Korrektursystem“, das eine „aktive Optik“ steuert. (Abb. 2)

Um solche technischen Entwicklungen überhaupt nutzen zu können, müssen



Abb. 4: Das Hale Teleskop hat eine äquatoriale Montierung. Das Fernrohr hängt hier senkrecht mit seiner waagerechten Deklinationsachse im gabelförmigen Teil der Stundenachse. Diese verläuft parallel zur Erdachse und ist rechts unter dem „Hufeisen“ und links unten gelagert. Das Fernrohr wird so um die Stundenachse dem am Himmel zu beobachtenden Objekt nachgedreht.

Bild: Palomar/Caltech.

weitere grundsätzliche Bedingungen erfüllt sein, auf die der Mensch nur wenig bis gar keinen Einfluss hat, oder an anderer Stelle schon zu viel beeinflusst hat. Gegen Regenwetter konnten auch die früheren Beobachter nichts ausrichten, aber dunklere Nächte hatten sie mit Sicherheit überall. Vielleicht war auch die Luft besser, obwohl „natürlich“ geheizt wurde. Derartigen Problemen können heutige Beobachter buchstäblich aus dem Weg gehen, indem sie zu geeigneten Standorten reisen, im In- und Ausland. Mit der technischen Entwicklung von Instrumenten, auch für Amateur-Astronomen und Fotografen, gibt es außerdem einen „Astrotourismus“ zu Astro-Farmen und Hotels, mit Leihgeräten und Vollpension, Reisen zu Sonnenfinsternissen und zu zertifizierten, dunklen Orten. Um beste Bedingungen mit größten Geräten, fast täglich und ohne Regen, Air- und Light-Pollution zu haben, werden Teleskope und ganze Observatorien auf möglichst hohe Berge gebaut. (Abb. 3) Die in großen Höhen dünnere, klarere, ruhigere Luft, verursacht so wenige atmosphärische Turbulenzen, dass diese

mit Methoden von schneller Mess- und Regeltechnik fast beseitigt werden können. (Adaptive Optik).

Bleibt noch eine geometrische Bedingung, die für jeden Standort der Erde gilt: Der Weg des Lichtes vom beobachteten Objekt durch die Erdatmosphäre zum Fernrohr muss möglichst kurz sein. Der kürzeste Lichtweg durch die störende Atmosphäre ist die Blickrichtung senkrecht nach oben in den Zenit. Beispiel: Bei angenommener Dicke der störenden Luftschicht über dem Beobachtungsort von 10 km beträgt der Weg durch die Luftschicht in Blickrichtung Horizont 350 km. Auch deshalb ist die Sonne rot. Fazit: Nur Objekte in Zenit-Nähe beobachten / fotografieren oder Sternwarten unter die Sterne bauen, die beobachtet werden sollen. Beispielsweise gibt es zwei baugleiche Großteleskope „Gemini Nord“ auf Mauna Kea, Hawaii und „Gemini Süd“ auf Cerro Pachon in Chile. Der Mensch muss unter eine Sonnenfinsternis reisen, weil sie von der Seite nicht gesehen werden kann.



Abb. 5: Das 3,5-m New Technology Telescope (NTT) der ESO in seinem Schutzbauwerk..
Bild: ESO/C. Madsen.

Technische Entwicklungen Früher konnten sich nur sehr reiche Leute private Teleskope leisten oder interessierte Feudal-Herren und Könige finanzierten ihren „Forschern“ große Beobachtungsinstrumente. Herschels und Schroeters Teleskope wurden vom englischen König Georg III. bezahlt. Anfang des 20. Jahrhunderts waren es reiche Privatunternehmer, Industrielle und andere Millionäre, die ganze Universitäten und große Teleskope stifteten, die dann deren Namen erhielten. Beispiele: Charles D. Yerkes, der seinen Reichtum mit dem Bau von öffentlichen Verkehrssystemen verdiente, finanzierte das nach ihm benannte Observatorium bei Chicago (HiPo 42, Seite 22). Nachdem der berühmte Professor für Astrophysik, George Ellery Hale, (1869-1938) das heute noch größte Linsenfernrohr der Welt 1895 für das Yerkes-Observatorium in Williamsbay (Wisconsin) fertig gestellt hatte und am 8.12.1908 ein 60“ (inch) (1,52 m) Spie-

gelteleskop auf dem Mount Wilson (1740 m) bei Pasadena (Kalifornien), stellte er am 2.11.1917 ebenfalls dort sein drittes Teleskop, ein 100“-Spiegelteleskop fertig. Es wurde nach seinem Sponsor, dem Stahlproduzenten John D. Hooker „Hooker-Teleskop“ genannt. Bis zu diesem Datum war der Metallspiegel des historischen Fernrohres „Leviathan of Parsonstown“ des

dritten Earl of Rosse aus Irland, mit einem Durchmesser von 1,83 m der größte (HiPo 68, Seite 30).

Das von Professor Hale entwickelte und vom Millionär Hooker finanzierte Teleskop hat einen Glasspiegel aus Paris mit dem Durchmesser von 2,54 m (100“). Er wiegt 4,5 Tonnen, hat einen sehr genauen parabolischen Schliff und blieb bis 1948 der größte Spiegel. Er wurde dreimal gegossen. Zwei Rohlinge zersprangen, der erste blieb erhalten und wurde geschliffen, hat aber bis heute sichtbare Blasen, die Alexander A. aus B. selbst gesehen hat (Abb. 9), (HiPo 30, Seite 20). Doch da das für einen Spiegel wenig störend ist, konnten mit ihm große Entdeckungen gemacht werden: Walter Baade (1893-1960) fand heraus, dass es zwei verschiedene Sternpopulationen gibt. Die Scheiben- und die Halo-Population. 1923 entdeckte Edwin P. Hubble (1889-1953) in wochenlangen Beobachtungen in der Andromeda-Galaxie (M31) einzelne Ce-

pheiden-Sterne, deren Leuchtkraft regelmäßig zu- und abnimmt, berechnete aus dieser Helligkeits-Schwankung ihre Entfernung zu einer Million Lichtjahre und bewies damit, dass Andromeda nicht zu unserer Milchstraße gehört. Das war bis dahin kaum vorstellbar, denn es wurde angenommen, dass alle Messier-Objekte innerhalb unserer Galaxie liegen, mit ihrer Ausdehnung von „nur“ etwa 100 000 Lichtjahren. Hubble stellte weiterhin fest, dass alle Galaxien sich mit größer werdender Entfernung schneller, und fast alle von uns weg bewegen. Das mit der Hubble-Konstante expandierende Universum und die Idee eines daraus folgenden, möglichen Urknalls wurde angenommen. Das alles konnte bereits mit diesem „kleinen“ Teleskop erforscht werden (Foto auf der Titelseite der HiPo 30). Doch die Entwicklung noch größerer Instrumente begann erst richtig.

Am 3. Juni 1948 wurde ein Spiegelteleskop der 5-Meter-Klasse auf dem 1872 m hohen Mount Palomar zwischen Los Angeles und San Diego (Kalifornien) fertig gestellt. First Light war am 26.1.1949. Das wurde zu Ehren des berühmten Professors für Astrophysik George Ellery Hale, der auch dieses Teleskop noch mit entwickelte, „Hale-Teleskop“ benannt. Es hat einen Spiegeldurchmesser von 5,08 m (200“), der 14 Tonnen wiegt und auf 36 Stellen passiv in seiner Zelle gelagert ist. Der Spiegel wurde in den USA gegossen, wobei der erste Versuch misslang. Der zweite Glasrohling erhielt in Pasadena einen parabolischen Schliff, was von 1936 bis 1947 dauerte, weil in dieser Zeit der 2. Weltkrieg tobte.

Der um die Rektaszensionsachse (Stundenachse) drehbare Teil mit dem Fernrohr wiegt 500 Tonnen, ist gelagert auf Schmieröl-Filmen und kann mit einem nur 1,2 PS Motor gedreht werden (Abb. 4). Höhe und Durchmesser der Kuppel sind je 41 m. Es blieb bis 1976 das größte Teleskop der Erde. Im Juni 1976 wur-

de ein 6-Meter-Teleskop auf dem 2070 m hohen Berg Pastukow im Kaukasus bei Selentschukskaja in Russland an der Grenze zu Georgien in Betrieb genommen. Es heißt Bolchoi-Teleskop, und hat eine „Large Azimut“ Montierung mit einem Gesamtgewicht von 650 Tonnen und blieb bis 1993 das größte Spiegelteleskop (Abb. 3).

Im Mai 1993 wurde das erste vom Zwilling-Teleskop des Keck Observatoriums fertig gestellt. Das zweite im Oktober 1996, gestiftet vom amerikanischen Ölmilliardär Howard B. Keck. Es ist ein **Multi Mirror Telescope (MMT)**. Jeder der beiden Mehrfach-Spiegel setzt sich wabenförmig zusammen aus 36 sechseckigen (hexagonalen) Einzelspiegeln, ausgerichtet auf eine gemeinsame Brennebene. Die beiden Spiegel sind nicht rund, doch ihre lichtsammelnde Wirkung entspricht einem Spiegeldurchmesser von 9,82 m, und gehört damit zur 10-m-Klasse. Ein einzelner hexagonaler Spiegel hat eine Wabenbreite von 1,8 m, ist aber nur

7,5 cm dünn und wird von 5 Aktuatoren in eine ideale optische Form und Lage gebracht. Die aktive Optik eines Spiegels hat also 180 Stellglieder. Die beiden Teleskope stehen in einem Abstand von 80 m auf einer Höhe von 4145 m, wenig unterhalb des 4200 m hohen Vulkangipfels Mauna Kea auf Hawaii und sind damit die höchst gelegenen der Erde (Abb. 1.) Im Vergleich hierzu liegt die Betonplatte des Lilienthaler „Telescopium“ fast genau auf 3 m Normalhöhe (NH) und ist wohl eines der am tiefsten gelegenen Teleskope der Erde.

Sternwarten und Teleskope der ESO

Heute gibt es nationale, kontinentale oder internationale Zusammenschlüsse und Organisationen für Planung, Bau und Finanzierung von Forschungseinrichtungen, zu denen auch Observatorien zur Erkundung des Universums gehören, mit verschiedensten Methoden und immer gigantischeren und teureren Instrumenten. Beispiele: Das **European**

Southern Observatory (ESO), Deutsch: europäische Südsternwarte, gegründet 1962, ist ein astronomisches Forschungsinstitut mit Hauptquartier in Garching bei München, finanziert von heute 17 europäischen Mitgliedsstaaten. So wie es bereits von der 1800 in Lilienthal gegründeten Astronomischen Gesellschaft erfolgreich umgesetzt wurde, fördert auch die ESO eine multinationale Zusammenarbeit von Wissenschaftlern der Astronomie, Astrophysik, Kosmologie (Himmelskundler) und vielen anderen Menschen, zum Gewinn von Erkenntnissen.

La Silla Observatorium Zur Untersuchung des bis dahin verhältnismäßig wenig erforschten südlichen Sternhimmels erstellte die ESO eine Großsternwarte auf dem La Silla Gebirge am Südrand der Atacama-Steinwüste, 600 km nördlich von Santiago de Chile. Auf dem 20 mal 40 Quadratkilometer großen Gelände stehen heute 16 Teleskope, fast alle



Abb. 6: Lilienthaler Marienkirche, Scheunen und Amtsgarten mit Schroeters Sternwarte, im Vergleich zu den Schutzbauwerken der 4 VLTs und des VST, auf dem Cerro Paranal. Auf dem Berg im Hintergrund das Visible & Infrared Survey Telescope for Astronomy (VISTA), mit 4 m Hauptspiegel.

Bild: J.L. Dauvergne & G. Hüdepohl (atacamaphoto.com)/ESO. Ergänzt durch den Autor.

zur Beobachtung im optischen Spektralbereich. Acht davon haben einen Spiegeldurchmesser von über einem Meter. Die ersten beiden von 1968, das **Grand Prism Objectif GPO** und **Bochum Teleskop (BT)** sind außer Betrieb. Letzteres hatte einen Spiegeldurchmesser von 61 Zentimetern (cm), also nur 10 cm größer als der heutige Lilienthaler Telescopium-Spiegel. Im Jahr 1976 wurde auf dem ESO Gelände in einer Höhe von 2400 m das größte Teleskop seiner Zeit eröffnet. Mit einem Durchmesser seines Hauptspiegels von 3,6 m, gegossen noch als unflexibler Glasblock mit einer Dicke von 60 cm. Die Kuppel seines Schutzbauwerkes hat einen Durchmesser von 30 m und seine Höhe von 35 m, ist etwa die gleiche wie der Turm der Lilienthaler Klosterkirche. Es war so stark genutzt, dass 1982 beschlossen wurde ein, zweites Teleskop gleicher Leistungsklasse mit Spiegeldurchmesser von 3,58 m zu bauen, jedoch mit neuen Technologien, das **New Technology Telescope (NTT)** genannt wird (Abb. 5). Es war 1989 bei seiner Eröffnung der Prototyp einer neuen Teleskop-Generation. Das neue daran: Es ist in Leichtbauweise, was bedeutet es ist azimuthal, montiert. Auf einer horizontalen Plattform steht eine senkrechte Achse, um die das Fernrohr gedreht wird (Azimut). Senkrecht dazu die waagerechte Achse, um die das Fernrohr auf und ab bewegt wird (Elevation). Es ist das gleiche Prinzip wie beim Lilienthaler Telescopium, sieht nur anders aus. Die riesigen Lager für die Rektaszensionsachse entfallen. Der Spiegel ist um mehr als die Hälfte leichter als der 60 cm dicke 3,6-m-Spiegel. Weil er nur 24 cm dick und deshalb elastisch ist, liegt er auf 78 Stellgliedern der damals neu entwickelten aktiven Optik (Abb. 2).

Paranal Observatorium Eine weitere Beobachtungsstation der ESO gibt es in der Atacamawüste, im Norden Chiles, etwa 120 km südlich der Hafenstadt Anto-



Abb. 7: Orionnebel. Foto vom 1.1.1883 mit 36" Silberspiegel von Andrew A. Common in Ealing bei London.

Bild: Andrew A. Common.

fagasta und 12 km von der Pazifikküste entfernt, das Paranal-Gebiet. Hier wurde 1990 der 2260 m hohe Berggipfel des Cerro Paranal weggesprengt und auf ein 2235 m hohes Plateau abgeflacht. Hier auf wurden die beiden Teleskop-Gruppen **Very Large Telescope (VLT)**; das **VLT Interferometer (VLTI)** und das einzelne **VL Survey Teleskop (VST)** gebaut. Letzteres wurde erst im Juni 2011 fertig, weil auf dem Transport sein 2,6 m großer Hauptspiegel zerbrach. Das VST hat eine spezielle Cassegrain-Optik (Ritchey-Chretien) mit zwei hyperbolisch geschliffenen Spiegeln und einem Loch im Hauptspiegel (Hipo 60, Seite 26). Das Teleskop hat ein großes Gesichtsfeld von 1° mal 1° und wird zur Himmelsdurchmusterung, also zum Suchen von Himmelsobjekten benutzt, die elektromagnetische Wellen ausstrahlen, mit Wellenlängen zwischen 0,33 und 1 Mikrometer, fast schon sichtbares rot (Infrarot).

Abb. 6 zeigt eine Luftaufnahme des Cerro Paranal Plateaus mit der Lilienthaler Klosterkirche, Scheunen, dem Amtsgarten mit Schroeters Teleskopen und allen VLTs. Von vorne nach hinten: Das Kontrollgebäude unterhalb des Plateaus; die

vier kleinen Kuppeln der 1,8-m Hilfsteleskope, **Auxillary-Teleskope (AT)**; die vier Hallen der 8,2-m Hauptteleskope, **Unit-Teleskope (UT)** mit den Namen Antu (UT1), Kueyen (UT2), Melipal (UT3) und Yepun (UT4) und die kleinere Halle des VST. In der Bildmitte, im kaum erkennbaren, flachen Laborgebäude, ist das Reflektor- und Leitungssystem für das VLTI. Hiermit müssen die AT verbunden werden, nachdem sie über das rechtwinklige Schienensystem positioniert sind. Die Hilfsteleskope (AT) werden dann zu einem gigantischen Interferometer-Teleskop zusammenschaltet, dem VLTI. Mit ihm können von Himmelsobjekten 25 mal feinere Details aufgelöst werden als mit jedem einzelnen der Hauptteleskope. Dazu muss das Licht der Teleskope allerdings über ein komplexes unterirdisches Spiegelsystem so zusammengeführt werden, dass sich die Weglängen der einzelnen Lichtanteile über 100 Meter um nicht mehr als ein Tausendstel Millimeter unterscheiden. Durch diese Präzision lassen sich mit dem VLTI Aufnahmen mit einer Winkelauflösung von Tausendstel Bogensekunden erstellen. Das entspricht der Trenn-



Abb. 8: Das neueste und größte Weltraumteleskop „James Webb“ mit gefaltetem Spiegel, vorbereitet zum Start aus Kourou mit einer „Ariane 5“ Rakete
Bild: ESO/C. Madsen.

schärfe von zwei Scheinwerfern eines Autos auf dem Mond.

Auch die vier Hauptteleskope (UT) können optisch gekoppelt werden, die dann einem Einzelinstrument mit einer Öffnung von 16 m entspricht. Das UT1 bekam am 25. Mai 1998 First Light. Es hat eine Trennschärfe von $0,27''$. Mit der Lichtempfindlichkeit kann es Sterne der Helligkeit 29 mag gerade noch sehen (Grenzgröße). Bei einer Belichtungszeit von einer Stunde kann es Bilder von Himmelsobjekten dreißigster Größe (30 mag) aufnehmen. Das sind Objekte, die vier Milliarden Mal schwächer leuchten als solche, die das menschliche Auge noch ohne Hilfsmittel wahrnehmen kann. UT2 wurde am 1. März 1999 in Betrieb genommen, UT 3 am 3.9.2000 und UT4 2001. Jeder der 8,2-m Hauptspiegel der UTs ist in einem Stück (monolithisch) aus Pyrex gegossen, mit einer Dicke von nur 17,8 cm und ist deshalb

zu portablen Amateur-Montierungen grundsätzlich weder einen Mechanismus zur PolhöhenEinstellung, noch einen zur azimutalen Nordausrichtung. Bei weiter wachsenden Dimensionen ist der konstruktive Aufwand, eine Pol-Achse parallel zur Erdachse einzubauen, groß und eine stabile Statik nicht realisierbar. Das Fernrohr wird mit wachsenden Dimensionen immer störend vibrieren. Deshalb wird bei allen großen Teleskopen heute die Pol-Achse weggelassen und so ist die Montierung grundsätzlich stabiler und kompakter. Dadurch können die Schutzbauwerke kleiner und windstabiler bleiben. Der Vorteil einer einfachen Nachführung des Fernrohres um die parallel zur Erdachse verlaufenden Rektaszensionsachse fällt zwar dadurch weg, doch eine genaue, gleichzeitige Steuerung beider Antriebsmotoren der azimutalen Nachführungsrichtungen ist seit den 1960er Jahren mit Computern leicht

elastisch verformbar. Es wiegt aber 23 Tonnen. Gelagert auf 150 Computer gesteuerten Stellgliedern, welche die Form des Spiegels in jeder Teleskoplage genau einstellen, sodass die Fokalebene, in der das Bild liegt, immer exakt bleibt (Hipo 3. Seite 4).

Halterungen und Nachführungen von Teleskopen

Da solche Teleskope immer ortsfest sind, brauchen sie im Gegensatz

möglich. Hiermit wird außerdem die unbrauchbare geometrische Bildfeldrehung ausgeglichen, die es bei Parallaktischer (Äquatorialer) Nachführungen gar nicht gibt. Alle Montierungen der Teleskope des Paranal Observatoriums sind Azimutal. Die großen Fernrohre von Schroeter, Schrader, Herschel, usw. hatten wegen der grundsätzlich einfacheren Bauart ebenfalls nur azimutale Konstruktionen. Längere präzise Nachführung brauchten sie nicht, weil es noch keine Fotografie gab, die das erforderlich macht.

Historische Astro-Fotografie Als in der Mitte des 19. Jahrhunderts die Entwicklung der Fotografie begann, wurde sie auch für die Astronomie entdeckt und angewendet. Es war ein Übergang von der beobachtenden zur abbildenden Astronomie. So hatte bereits 1883 Andrew A. Common (1841-1903) ein beeindruckendes Foto vom Orionnebel gemacht (Abb. 7). Mit dem Auge und Okularen wird heute kaum noch durch ein Großteleskop geguckt, das übernehmen Bildschirme. Mit Millionen Euro Spezialkameras und Computern werden Bilder gewonnen in allen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums (Hipo 65, Seite 24). Seit 1904 wird der Sternhimmel mit Linsenfernrohren und langen Brennweiten durchgemustert und auf Fotoplatten abgelichtet. In Abständen von vielen Jahren werden sie verglichen um möglichst viele und genaue Sternparallaxen zu finden. Mit dieser Methode werden heute keine Parallaxen mehr gesucht. Dazu wurden schon zwei Satelliten eingesetzt (Hipo 67, Seite 27).

Weltraum-Teleskope und die Zukunft

Beobachtungen, seit 1990 mit dem Weltraum-Teleskop Hubble (freie Öffnung nur 2,4 m), haben zwar den Vorteil, dass sie unabhängig sind vom Wetter, atmosphärischen Störungen oder gar unnatürlicher Luftverschmutzung



Abb. 9: Die Blasen im Glas des 100“ Spiegels. Zu sehen durch einen Einlass von oben ist der aus grünem Glas gegossene Spiegel.

Bild: Alexander Alin, AVL

und Lichtverschmutzung, doch sie sind viel teurer, nicht zu warten und ihre Baugröße ist auf wenige Meter begrenzt, abhängig vom Laderaum des Weltraum-Transporters.

Laut einer Mitteilung der National Aeronautics and Space Administration (NASA), sollte am 18.12.2021 ein weiteres Teleskop, das „James Webb Space Telescope“ (JWST) gestartet werden, vom Europäischen Weltraumbahnhof in Kourou in Franz. Guyana, Südamerika. Das JWST ist ein Gemeinschaftsprojekt im Auftrag der Europäischen, Amerikanischen und Kanadischen Raumfahrtagenturen, eines der teuersten „Messgeräte“, das von Menschen je hergestellt wurden. Als MMT hat es außerdem faltbare Spiegel mit denen es Infrarot-Signale aus den entferntesten Winkeln des Universums empfangen kann, um seine Frühzeit zu erforschen (Abb. 8).

Laut „Buten & Binnen“ wurde am genannten Datum vom Bremer Raumfahrtstandort am Flughafen ein Spezialtransport gestartet, um die hier gefertigte Oberstufe der Trägerrakete, Ariane 5, in den Neustädter Hafen zu fahren. Von hier wird sie per Schiff nach

Cayenne, Französisch Guayana geliefert und in Kourou mit der unteren Raketenstufe und einer Nutzlast zusammenmontiert.

Der NASA Starttermin für das JWST wurde zwar auf den 24.12.2021 verschoben und in der B & B Sendung gesagt, dass es von der gelieferten Stufe in den Weltraum gebracht werden soll. Aber es ist nicht die vom 18.12.2021 gemeint, denn die Stufe für das JWST wurde bereits im August nach Kourou transportiert und die Montage begonnen.

Fast nur begrenzt durch das technologisch Machbare sind heute weitere, noch gigantischere Spiegelteleskope auf der Erde geplant oder im Bau: LSST, ELT, GMT, OWL, 30M. Ich kann nur hoffen, dass damit gewonnene Erkenntnisse, mehr als bisher, einen ehrlich verteilten Nutzen für die gesamte Menschheit bringen und nicht nur einen immer höheren Lebensstandard für viele vorgaukeln, mit immer mehr vermeintlicher Bequemlichkeit oder gar sinnlose Bereicherung von Wenigen, weiterhin dulden.

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 **28. Februar 2022**. Später eingeschickte Artikel und Bilder können erst für spätere Ausgaben verwendet werden. Die Redaktion behält sich vor, Artikel abzulehnen und ggf. zu kürzen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht zwangsläufig die Meinung der Redaktion wider. Durch Einsendung von Zeichnungen und Photographien stellt der Absender die AVL von Ansprüchen Dritter frei.

Verantwortlich im Sinne des Presserechts ist

Alexander Alin, Hemelinger Werder 24a, 28309 Bremen.

ISSN 1867-9471

Nur für Mitglieder

Erster Vorsitzender

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

Stellv. Vorsitzender

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

Schatzmeister

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

Schriftführung

Jürgen Ruddek.....(04298) 20 10

Sternwarte Würdhen

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



NEUES AUS DER AVL-BIBLIOTHEKSECKE

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

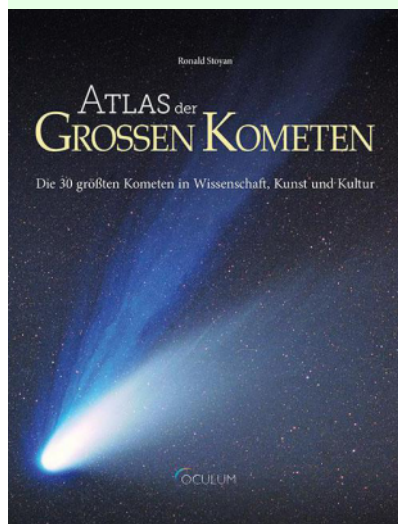
Die Bibliothek der AVL will sich auf dieser Seite den Mitgliedern vorstellen. Hier sollen in jeder Ausgabe ein oder zwei Bücher präsentiert und beschrieben werden, um einen Überblick über die vorhandenen AVL-Schätze zu gewinnen und das Interesse an einer Ausleihe zu wecken. Die komplette Bücherliste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

Daniel Fischer und Hilmar Duerbeck:
Das Hubble-Universum – neue Bilder und Erkenntnisse. Birkhäuser-Verlag,
1. Auflage, 1998



Das Weltraumteleskop Hubble (oder HST für Hubble Space Telescope) wurde von der NASA und der ESA gemeinsam entwickelt und 1990 mit dem Space-Shuttle Discovery in ca. 550 km Höhe in die Umlaufbahn der Erde ausgesetzt. Zwar stellte sich damals heraus, dass man einen Fehler im Hauptspiegel besaß, wodurch das HST erst einmal nicht in Betrieb gehen konnte. Aber dieses Problem löste man drei Jahre später durch ein Korrektursystem namens COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement). Seitdem hat das HST eine Vielzahl von spektakulären Bildern geschossen und das Empfinden für unser Universum entscheidend verändert. Für die Wissenschaft hat sich das HST daher als unverzichtbar herausgestellt, während es für viele Laien das sprichwörtliche Fenster zum All wurde. Daniel Fischer und Hilmar Duerbeck haben diesem Interesse Rechnung getragen und ein Hubble-Buch geschrieben, nachdem sie bereits die Hubble-Story bis 1995 in ihrem Buch „Hubble. Ein neues Fenster zum All“ erzählt haben. Dieser Nachfolgebildband besteht aus klar verständlich geschriebenen Erklärungen und Beobachtungen des HST und zeigt eine Auswahl der schönsten Bilder des Teleskops bis 1998. In Bild und Wort wird in diesem Buch das Weltall in seiner ganzen, unendlichen Pracht und Vielfalt präsentiert. Dies wurde erst durch die eindrucksvollen Bilder des HST ermöglicht. Auch von diesem Buch ist eine weitere Auflage erschienen. Es bleibt zu hoffen, dass das HST uns noch eine Weile erhalten bleibt, denn die Betriebsdauer wurde schon mehrfach verlängert und soll wahrscheinlich 2026 endgültig enden.

Ronald Stoyan: Atlas der großen Kometen – die 30 größten Kometen in Wissenschaft, Kunst und Kultur. Oculum-Verlag, 2013



Kometen haben seit jeher die Menschheit fasziniert, besonders jene Schweifsterne, die unübersehbar wie helle Fackeln am Himmel standen. Der Bevölkerung galten sie als Unheilverkünder und Todesanzeiger, Zornruten und Bußzeichen. Die Kunst nahm dieses Motiv wiederholt auf und stellte sie auf vielfältige Weise dar. Die Wissenschaft schließlich entschleierte Kometen als besonders aktive Kleinkörper unseres Sonnensystems. Dieser Bildband von Ronald Stoyan zeigt eine Fülle historischer Zeichnungen, Grafiken, Flugblätter und Fotografien der 30 größten Kometen unserer Neuzeit. Alleine sieben Mal wird dabei der Komet Halley behandelt, der alle 76 Jahre die Erde besucht. Weitere Höhepunkte sind die Kometen West, Hyakutake und natürlich Hale-Bopp. Über einen Zeitraum von mehr als 500 Jahren (1471 bis 2007) wird hier aufgezeigt, wie in unterschiedlichen Epochen auf eine solche Erscheinung am Himmel reagiert wurde. Das gezeigte Bildmaterial wird dabei von informativen Texten begleitet. Zu jedem Schweifstern wird daher über Bahn und Sichtbarkeit, Entdeckung und Beobachtungen sowie die Aufnahme in der Öffentlichkeit und den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn berichtet. Insgesamt entsteht so ein vollständiges Bild dieser spektakulären Himmelschauspiele. Das Buch ist dabei sowohl für Laien, als auch für erfahrene Astronomen lesenswert.

Der Autor Ronald Stoyan gründete im Jahr 2000 den Oculum-Verlag, dessen erster Titel sein Buch Deep-Sky-Reiseführer wurde. Ronald leitet die Redaktion der Zeitschrift *interstellarium*, die er 1994 mitbegründete, und war auch an dessen Nachfolger *Abenteuer Astronomie* beteiligt, die allerdings inzwischen eingestellt wurde. Er ist seit über 20 Jahren aktiver Deep-Sky-Beobachter.

DIE AVL IN DEN SOZIALEN NETZWERKEN

Unsere Seite auf Facebook

von ALEXANDER ALIN, *Bremen*

Soziale Netzwerke sind heutzutage das A und O, wenn man Informationen in die weite Welt verteilen will. Anders als bei „klassischen“ Websites muss man diese nicht extra besuchen, um neue Informationen zu bekommen, sondern bekommt alle Neuigkeiten auf sein Konto im Netzwerk. Der Vorstand der AVL hat sich deshalb entschlossen, auf Facebook ein Konto für die AVL einzurichten. Auf diese Weise können - gerade in Corona-Zeiten - Änderungen bei Vorträgen, aber auch die Einladungen selber schneller transportiert werden. Darüber hinaus sollen (und wurden bereits) aktuelle Fotografien des Nachthimmels hochgeladen. Außerdem können wir so auf Ereignisse am Nachthimmel hinweisen.



Abb. 1: Willkommensseite der Facebook-Präsentation der AVL.

Die eigentliche Idee, die AVL in den sozialen Netzwerken zu präsentieren, war ein Vorschlag unseres jüngsten Mitglieds Mats van der Hoogen. Nachdem der Vorschlag im Vorstand beraten und als sinnvoll erkoren wurde, ging der erste Entwurf des Facebook-Accounts online. Am 13. Oktober 2021 wurde von Kai-Oliver Detken der Zugang erstellt. Seitdem sind auf der Seite neben aktuellen Fotografien sowie Vortrags-ankündigungen erschienen.

Leider ist es erforderlich, ein eigenes Konto bei Facebook zu haben, um einen Zugang zur AVL im eigenen Netzwerk einrichten zu können. Dann allerdings können die veröffentlichten Bild bzw. Nachrichten mit Kommentaren versehen werden und Fragen dazu gestellt werden.

Ebenfalls ist es möglich, Nachrichten an die AVL zu schicken, die dann von den Verantwortlichen unseres Facebook-Zugangs schnellstmöglich beantwortet werden können. Auf diese Weise können Interessierte, die nicht Mitglieder der AVL sind, mit uns in Verbindung treten. Selbstverständlich wird das Facebook-Konto die von den Mitgliedern gewohnten Wege der Einladungen (E-Mails und lokale Tageszeitungen) und Veröffentlichungen (wie etwa diese hervorragende Zeitschrift) nicht ersetzen sondern nur ergänzen. Um die AVL nun direkt bei Facebook zu besuchen, folgen sie am besten dem nebenstehenden QR-Code.



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

Teil 3: Der Mond unter Vertrag

von CHANTAL SADEK, Bremen

Über die Natur des Mondes oder seine manchmal erwähnte Künstlichkeit machen sich weltweit noch immer die Wissenschaftler aller Lager Theorien. Wir finden uralte astronomische Texte, die den Mond gar nicht erwähnen, nur die Sonne und die umkreisenden Planeten, was manche Phantasie wecken darf.

Mancher heutiger Astronom macht sich eher Sorge um die Einschränkung der Sicht auf den Weltraum durch die Licht- und Trümmerverschmutzung um die Erde. Beobachter machen sich Sorge um die Sicherheit nach zwei Beinahekollisionen, und dass vor Monaten ein Satellit in freiem Fall zur Erde abstürzte. Science Fiction Autoren folgen ihrer Inspiration.

Derweil entfaltet ein riesiges Teleskop „vor Ort“ im Weltall seine Fühler, und eine kleine Sonde marschiert tapfer zu einem unbekanntem Objekt, das unerwartet am Horizont der uns abgeneigten Seite des Mondes erschien. Mit der harten Realität der rivalisierenden Nationen in ihrem Wettstreit im Weltraum sorgte sich die Organisation der Vereinten Nationen sehr früh, speziell schon als der Wettlauf zwischen den Großmächten während des sogenannten Kalten Krieges stattfand. Das *Übereinkommen zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten auf dem Mond* etc... war als Zusatz zum Weltraumvertrag gedacht, von dem wir im vorigen Teil (HiPo 68, Okt. 2021) eine kurze Beschreibung lesen konnten.

Obwohl der vorläufig letzte menschliche Besuch auf dem Mond 1972 stattfand, geht die wissenschaftliche Erforschung des Mondes weiter und erbringt fast täglich den Nachweis für erstrebenswerte und möglicherweise lukrative Ressourcen. Der Profitgier der Nationen, aber im Mondvertrag zusätzlich der Unternehmen und sogar der Privatpersonen, wird jeglicher Anspruch weggenommen. Der Mond als erdnahe Himmelsobjekt dürfte auf längerer Sicht dasjenige sein, das am ehesten geplündert wird. Wie befürchtet und beinahe erwartet, fand der Vertrag keinen großen Einklang, besonders unter den ambitionierten und technisch starken Staaten. Viele Staaten bejubelten ihn, einige Volksvertreter unterzeichneten ihn als Zeichen des guten



Abb. 1: Die uns zugewandte Seite des Mondes.

Bild: NASA/Goddard Space Flight Center/Arizona State University



Abb. 2: Die uns abgewandte Seite des Mondes.

Bild: NASA/Goddard Space Flight Center/Arizona State University

Willens, nur 15 Staaten weltweit ratifizierten ihn, die allerdings (noch) keine eigenen Weltraumprojekte hatten.

1979 erstellt, trat er in Kraft 1982. Australien, Belgien, Chile, Kasachstan, Libanon, Marokko, Niederlande, Österreich,

Pakistan, Peru, Philippinen, Saudi-Arabien, Türkei und Uruguay haben sich dazu verpflichtet. Daher ist er nicht weltweit maßgeblich und gilt zur Zeit als gescheitert.



DAS ASTROFOTO DES MONATS

Oktober bis Dezember 2021

Beobachtung



Abb. 1, Astrofoto Oktober 2021: Diese Aufnahme für das Foto des Monats (FdM) enthält nach längerer Zeit mal wieder eine Weitwinkel- und keine Detailaufnahme. Sie wurde in Norditalien während eines Urlaubs im August 2021 angefertigt und zeigt das Sternbild Cassiopeia. Auf der Aufnahme selbst sind nun die fünf Hauptsterne Segin, Ruchbah, Tsih, Schedir, Caph des Sternbilds Cassiopeia gut zu erkennen. Diese Region ist sehr sternreich, da sich die Milchstraße durch das Sternbild zieht. Als erstes fällt der Pacman-Nebel (Sh2-184) auf, der unterhalb der Hauptsterne ins Auge sticht. Es handelt sich bei ihm um einen Emissionsnebel. Mit Sh2-185 hat es auch ein Reflektionsnebel auf das Bild geschafft. Er ist auf der Aufnahme beim Hauptstern Tsih zu erkennen.

Foto: Dr. Kai-Oliver Detken (AVL). Canon Zoomobjektiv EF 24-70mm F2.8L II USM, Brennweite: 70 mm, Öffnungsverhältnis: 1/4, Kamera: Canon 90Da (modifiziert), ISO: 3.200 ASA, Filter: Optolong Clip-Filter L-eNbnance Schmalband Nebelfilter, Aufnahmezeiten: 18 x 3 min (15 Darkframes). Aufnahmeort: Feriolo, Baveno (Italien).

Abb. 2, Astrofoto November 2021: Im Zentrum von Fuerteventura stehen am Ortsrand von Tefía zwei aufwändig restaurierte Windmühlen. Beide sind ein Magnet für Touristen und ein beliebtes Fotomotiv. Da die Mühle nachts beleuchtet wird, musste für die Bildkomposition ein kleiner Trick angewendet werden: Die Mühle selbst besteht aus nur einem kurz belichteten Bild und die Sterne aus 90 länger belichteten Einzelaufnahmen, die mit dem Programm „Startrails“ zu einem weiteren Einzelbild zusammengesetzt worden sind.



Foto: Jürgen Ruddek (AVL), Mühle: Canon EOS RP, ISO 1600, Canon EF 24-105mm (24mm), f/7,1, Bel. Zeit 4s.
Sterne: Canon ESO RP, ISO 1600, Walimex: 14mm, f/4, Bel. Zeit 90 × 60s.



Abb. 3, Astrofoto Dezember 2021:

Im Sternbild Schwan befinden sich der Nordamerikanebel (NGC 7000) und der Pelikanebel (IC 5070). Visuell getrennt sind die beiden HII-Regionen durch eine Molekülwolke, die Licht blockiert. Sie befinden sich in einer Entfernung von 2000 bis 3000 Lichtjahren. Beide Nebel sind Sternentstehungsgebiete und bestehen hauptsächlich aus Wasserstoff (H_2) und kleineren Sauerstoffanteilen (O). Dazu kommt Staub, der für die Licht-Absorption in den Bereichen der Dunkelwolken ursächlich ist.

Foto: Mats van den Hoogen (AVL). Nikon D3500, astromodifiziert, ISO 3200; 23× 5-Minuten Belichtungen; Optolong L-eXtreme Filter; Skymatcher Evostar 72ED mit 420mm Brennweite, f/5,8.

VERANSTALTUNGEN IM 1. UND 2. QUARTAL 2022

Alle Vorträge sollen nach Möglichkeit im Vereinsheim der AVL (mit Ausnahme des Juni-Vortrags) stattfinden – entweder als Präsenz-, Hybrid- oder reine Online-Veranstaltung. Ob dann Besucher wie zu besseren Zeiten (und unter welchen Bedingungen) dabei sein dürfen, hängt vom weiteren Verlauf der Corona-Pandemie ab. Wir halten sie auf der Webseite der AVL (www.avl-lilienthal.de) auf dem Laufenden. Aktuelle Nachrichten finden Sie auf <https://www.avl-lilienthal.de/termine.html#veranstaltungen> oder auf unserer Facebook-Seite.



Eine astronomische Reise nach Fuerteventura

Referenten: Jürgen Ruddek (AVL) und Ernst-Jürgen Stracke (AVL)

Dienstag, 18. Januar 2022, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal Findet nur online statt!



Der Himmel im Kasten VI: Sternwarten. Gemeinschaftsvortrag der AVL-Foto-AG

Referenten: Jürgen Ruddek, Ernst-Jürgen Stracke, Gerald Willems und Torsten Lietz (alle AVL)

Dienstag, 22. Februar 2022, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



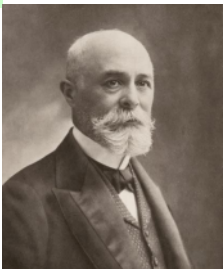
Bild: Deutsches SOFIA Institut (DSI)

SOFIA – das fliegende Infrarot-Teleskop (ich durfte mitfliegen)

Referentin: Andrea Sittig-Kramer

Dienstag, 15. März 2022, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



Natürliche Radioaktivität

Referent: Dr. Wilhelm Schrader, AVL

Dienstag, 12. April 2022, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



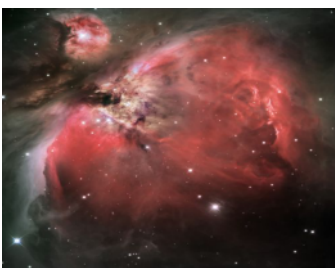
Bild: NASA/JPL-Caltech, 02.11.2017

Eine kurze Geschichte der Schwarzen Löcher

Referent: Carsten Busch, Zentrum für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik (GNT), Hamburg

Donnerstag, 12. Mai 2022, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



Der große Orionnebel – ein Gemeinschaftsvortrag der AVL-Arbeitsgruppen

Referenten: Hans-Joachim Leue, Dr. Manfred Zier, Gerald Willems (alle AVL)

Dienstag, 14. Juni 2022, 19:30 Uhr

Ort: Murkens Hof, Klosterstraße 25, 28865 Lilienthal