



67

07/21

ISSN 1867-9471

Schutzgebühr 3 Euro,
für Mitglieder frei

DEN MOND AUFS KORN GENOMMEN
Moderne Fotografie am 27-Füßer

EINSTEINS BERÜHMTE FORMEL
Eine kurze Herleitung von $E = m \cdot c^2$

Die Himmelspolizey

Jahrgang 17, Nr. 67

Lilienthal, Juli 2021

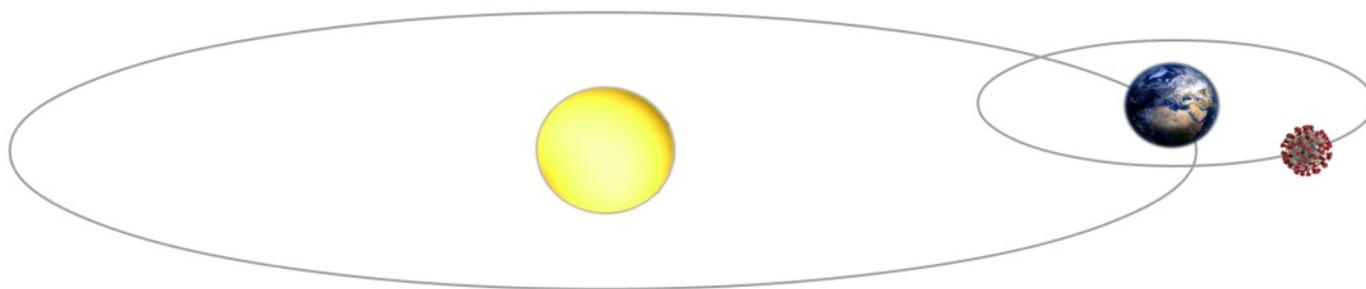
Inhalt

Die Sterne.....	3
44. Würzburger Frühjahrstagung der VdS	
<i>Zoom-Veranstaltung mit insgesamt 170 Teilnehmern.....</i>	4
Kollimation von Spiegelteleskopen	
<i>Sternverzerrungen auf den Grund gegangen.....</i>	11
Die Vixen SENSOR - eine klassische Montierung.....	20
Wie kam Albert Einstein auf die Formel $E = m \cdot c^2$?	
<i>Eine kurze Geschichte der Speziellen Relativitätstheorie.....</i>	24
Geschichten vom Telescopium Lilienthal	
<i>Beitrag 18: Parallaxen und Aberrationen.....</i>	29
Impressum.....	34
Geht doch... ..	35
Impressionen von der Sonnenfinsternis am 10. Juni 2021.....	40
Das Astro-Foto des Monats	
<i>Die Monate April, Mai und Juni.....</i>	41
Einladung zur Buchpremiere.....	43
Veranstaltungen im 3. und 4. Quartal 2021.....	44

Der Mond ist immer ein beliebtes Objekt am Himmel. Zuweilen stört er die Astronomen mit seinem hellen Licht, insbesondere zu Vollmondzeiten. Dennoch ist auch er im Fokus der Fotografen und liefert erstaunliches Bildmaterial. Am 27. April 2021 war der Mond während seiner Vollmondphase mal wieder in Erdnähe (Perigäum) und wurde von der (Trivial-)Presse zum Supermond ausgerufen. Unsere Mitglieder Hans-Joachim Leue und Frido Knoblauch nutzten die hellen Nächte, um eindrucksvolle Bilder der Mondoberfläche an Schroeters 27-Füßer in Lilienthal aufzunehmen.

Titelbild: *Der Mond-Apennin zusammen mit den Kratern Eratostenes (oben) und Archimedes (rechts).*

Bild: Hans-Joachim Leue, AVL & Frido Knoblauch, AVL. Aufgenommen am 26. April 2021, mit dem 27-Fuß-Spiegelteleskop, Brennweite ca. 8 Meter, Bel. 1/25 sec, ISO 320, Canon-EOS 60D. Norden ist rechts.



Die Sterne, liebe AVL-Mitglieder, scheinen ihr Licht ein wenig glänzender zu erzeugen. Warum? Nun, wie es zurzeit aussieht, scheinen wir dieser leidigen Pandemie allmählich entkommen zu können. Die Maßnahmen unserer Bundes- und Landesregierungen tragen endlich Früchte und die aktuellen Zahlen sprechen eine deutliche Sprache. Nach fast eineinhalb Jahren sehnen wir uns alle nach „normalen“ Verhältnissen und man weiß in manchen Fällen fast schon nicht mehr, wie das Normale eigentlich einmal war.

Die Arbeitsgruppen unserer AVL treffen sich inzwischen alle online. Dankenswerter Weise wurde uns eine Zoom-Lizenz gesponsert, so dass wir sehr komfortabel auf diese Weise zusammenkommen können. Natürlich ist das kein Ersatz für die persönlichen Treffen, es ist aber die Möglichkeit, auch mit Mitgliedern zusammen zu kommen, die den Weg nach Würden sonst scheuen. Man erkennt es deutlich an den öffentlichen Vorträgen. Denn auch dabei nutzen wir seit Beginn dieses Jahres das Zoom-Meeting. Wir hatten Online-Veranstaltungen, bei denen die Teilnehmerzahl das Fassungsvermögen unseres Raumes in Würden deutlich gesprengt hätte. Wir werden im Vorstand, und sicher auch in den Arbeitsgruppen, darüber beraten, ob wir diese Form künftig mit den Präsenzveranstaltungen kombinieren können. So würde eventuell sogar ein positiver Nutzen aus dieser belastenden Situation übrig bleiben. Aber das bleibt abzuwarten und muss natürlich besprochen werden. Nach wie vor warten wir darauf, unsere Jahreshauptversammlung von 2020 nach-

zuholen. Sollte sich die derzeitige Lage weiterhin positiv entwickeln, wäre es sicher für alle wünschenswert, noch in diesem Sommer diese Mitgliederversammlung durchzuführen. Ihr werdet in jedem Fall rechtzeitig informiert. Vermutlich werden wir uns, wie schon für 2020 geplant, in Beckers Restaurant einfinden. Mit eventuell über zwanzig Teilnehmern dürfte unser Raum in Würden wohl noch nicht geeignet sein. Das alles werden wir klären.

Und was gab es am Nacht- bzw. Taghimmel Besonderes?

Da war eine Mondfinsternis am 26. Mai, die allerdings von Mitteleuropa aus nicht beobachtbar war. Und es gibt bzw. gab eine Sonnenfinsternis. In aller Regel folgen beide Ereignisse im Abstand von zwei Wochen aufeinander. Am 10. Juni wurde die Sonne, zumindest in Regionen Nordeuropas, vom Mond verfinstert. Da sich der Mond zu dieser Zeit in Erdferne befindet, wird es eine ringförmige Sonnenfinsternis geben. Und in unseren Regionen wurde die Sonne als partielle Sonnenfinsternis immerhin zu 17 Prozent vom Mond bedeckt. Da die Wetterlage bei uns in der Regel unsicher ist, hatten wir dazu aufgerufen, sich an der Initiative der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) zu beteiligen und an einer Life-Schaltung teilzunehmen, in der auch Bilder der ringförmigen Verfinsternung in Nordeuropa zu sehen sein werden. Ansonsten gehen wir auf die so genannten weißen Nächte zu und werden des Nachts für ca. sechs Wochen keine maximal verdunkelten Nachthimmel erleben können. Anfang August beginnt dann wieder die Saison für Beobachtungen des

tiefen Himmels, bei denen die Dunkelheit eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Beobachtung ist.

Liebe AVL-Mitglieder, liebe Freunde, die Sommerpause steht vor der Tür und es besteht die Hoffnung, dass dieser Sommer wieder von einem gewissen Maß an Normalität geprägt sein wird. Ich wünsche uns allen, nach den Ferien wieder in eine Welt zu blicken, die uns das Zusammenkommen ermöglichen wird. Vielleicht ist sogar das gemeinsame Grillen zur Zeit der Perseiden, unsere Schnuppenparty, wieder möglich.

Mit dem Wunsch euch alle gesund zu wissen, wünsche ich erholsame Sommerferien und freue mich darauf, wenn wir wieder zusammenkommen werden.

Herzliche Grüße,

Gerald Willems, Vorsitzender

44. WÜRZBURGER FRÜHJAHRSTAGUNG DER VdS

Zoom-Veranstaltung mit insgesamt 170 Teilnehmern

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Die Würzburger Frühjahrstagung ist das süddeutsche Gegenstück zur Bochumer Herbsttagung (BoHeTa), die jedes Jahr interessante astronomische Vorträge aus den unterschiedlichen Fachgruppen der Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS) bietet. Sie fand in diesem Jahr bereits zum 44. Mal statt, wenn auch nur virtuell mittels Zoom-Videokonferenz. Nachdem im letzten Jahr die Tagung aufgrund der Corona-Pandemie abgesagt werden musste, hatte sich der Veranstalter zu diesem Schritt entschlossen. Der Tagungsleiter war Dr. Dominik Elsässer vom VdS-Vorstand, der zu Beginn die bis zu 170 Teilnehmer begrüßte und die Veranstaltung lebendig moderierte. Die AVL war mit einem Beitrag zur letzten Sonnenfinsternis in Argentinien vertreten, die vor der Corona-Pandemie noch vor Ort beobachtet werden konnte.



Abb. 1: Wissenschaftlicher Keynote-Vortrag von Prof. Dr. Eva Grebel [1].

Den Vortragsbeginn leitete Prof. Dr. Eva Grebel vom Astronomischen Recheninstitut der Universität Heidelberg [2] ein, die über das Thema galaktische Archäologie referierte (siehe Abbildung 1). Ihr wichtigstes Hilfsmittel ist dabei das Licht. Denn je länger das Licht unterwegs ist, desto weiter ist ein Objekt entfernt, wodurch man weiter in die Vergangenheit schauen kann. Wann die ersten Sterne entstanden sind, ist allerdings bis heute noch unklar. Seit Dezember 2013 ver-

sucht die Gaia-Satellitenmission der Europäischen Raumfahrtagentur ESA mehr darüber zu erfahren, indem die genaue Position und Entfernung sowie die räumliche Bewegung von Sternen untersucht werden. Auch die physikalischen Eigenschaften und chemische Zusammensetzung spielen dabei eine Rolle. Man geht aktuell von 1 Milliarden Sternen in unserer Milchstraße aus, weshalb das Projekt recht ambitioniert ist. Gaia entdeckte bereits eine große Anzahl von

Sternen, die sich entgegen der Bewegungsrichtung der meisten Sterne unserer Milchstraße bewegen, was so nicht vermutet wurde. Immerhin können wir heute ca. 13,4 Milliarden Lichtjahre zurückblicken, was das Hubble-Teleskop mit der Beobachtung der Galaxie GN-z11 bewiesen hat. Die früheste Epoche, die beobachtet werden kann, ist allerdings die kosmische Hintergrundstrahlung. Sterne sind daher quasi die Fossilien der galaktischen Archäologie.

Im Anschluss an diese Einleitung wurde über Galaxienentwicklung und Zwerggalaxien als Bausteine größerer Galaxien im Detail referiert. 70% aller uns bekannten Galaxien sind Spiralgalaxien, die bei großer Entfernung eine Rotverschiebung besitzen. Durch Filtertechnik kann man so gezielt in bestimmten Spektren Galaxien untersuchen, die visuell sonst nicht zu erkennen gewesen wären. Dabei wurde das Beispiel der sehr jungen Galaxie A1689-zD1 gezeigt, die 13. Milliarden Lichtjahre von uns entfernt und nur im Infraroten detektierbar ist. Sie sandte ihr Licht nur 800 Millionen Jahre nach dem

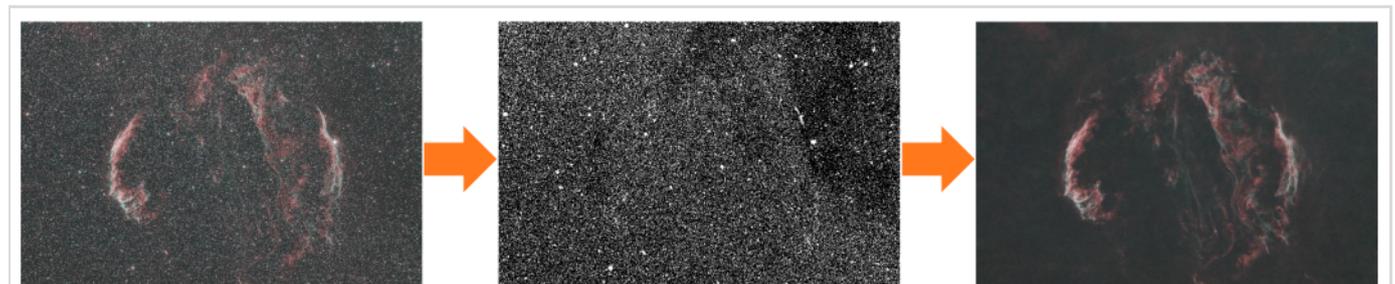


Abb. 2: Starnet-Sternmaskenerstellung und Transformationsergebnis anhand des Cirrus-Nebelkomplexes [4].

Urknall aus und besitzt eine starke Sternentstehung. In den ersten beiden Milliarden Jahren nach dem Urknall entwickelten sich solche Galaxien aus kleineren Objekten mit wenigen Sternen. Größere Galaxienstrukturen entstanden dann im Anschluss durch das Verschmelzen mit kleineren Galaxien. Inzwischen weiß man, dass unzählige kleine Zwerggalaxien zum Aufbau größerer Galaxien beigetragen haben. Ein sog. „Verschmelzungsbaum“ entstand. Gaia entdeckte in unserer Milchstraße fünf massereiche Verschmelzungsprozesse, die ca. 8-11 Milliarden Jahre zurückliegen. Sternströme zahlreicher weiterer solcher Prozesse kann man dabei im äußeren Halo unserer Milchstraße erkennen. Diese stammen fast alle von massearmen Zwerggalaxien. In Zukunft werden wahrscheinlich beide Magellanschen Wolken mit der Milchstraße verschmelzen. Ein sehr interessanter wissenschaftlich Vortrag, der gut verständlich gehalten wurde.

Über das Thema „Künstliche Intelligenz“ (KI) in der Bildbearbeitung referierte Florian Bleymann, der damit auf das Thema Astrofotografie überleitete. KI-Algorithmen findet man heute bereits in vielen Smartphones, aber auch in Bildverarbeitungsprogrammen wie Topaz DeNoise AI oder Starnet. Man benötigt diese, weil der Mensch ein sog. „unscharfes Wissen“ besitzt. Denn jeder Mensch empfindet beispielsweise Farben anders und würde diese deshalb unterschiedlich

beschreiben. Auch Gegenstände wie ein Auto würden unterschiedliche Resultate (SUV, Sportwagen etc.) nach sich ziehen. Daher wird ein geeignetes Modell zur Verarbeitung und Klassifizierung notwendig, wodurch künstliche Neuronale Netze (NN) ins Spiel kommen. KI ist dabei nur der Oberbegriff. Die eigentlichen Algorithmen bestehen aus Machine Learning (ML) Programmen, die zentraler Bestandteil einer KI sind. Der Begriff Deep Learning (DL) ist wiederum ein Unterbegriff von ML. Für beides werden Neuronale Netze benötigt, die große Datenmengen zum Trainieren (Lernen) brauchen. Sie verarbeiten die Daten zur Klassifizierung von Zahlen aus den zur Verfügung gestellten Bildern. Die Daten werden dabei gewichtet und immer weiter trainiert. Durch sog. Generative Adversarial Networks (GAN) wird sogar ein wechselseitiges Training zwischen zwei NN ermöglicht. Als Beispiel, wie so etwas funktionieren kann, wurde das Programm Starnet [3] ausgewählt, welches entweder eigenständig oder als PixInsight-Prozess verwendet werden kann. Starnet funktioniert dabei als Diskriminator und trainiert sich mit einem Datensatz von realen Bildern ohne Sterne, der vorher geladen werden muss. Ein wechselseitiges Training der beiden NN wird dabei so lange umgesetzt, bis alle Bilder ohne Sterne vom Diskriminator als real akzeptiert werden. Dadurch werden Sterne auf einem Bild automatisch erkannt

und entfernt, um Nebelregionen effektiver bearbeiten zu können. Dies funktioniert erstaunlich gut, wie anhand von Bildbeispielen dargestellt wurde.

Sternbedeckungen standen danach bei Dr. Eberhard Bredner auf dem Programm. Er ist süchtig danach, wie er selbst zugab, und leitet wohl auch deshalb die entsprechende VdS-Fachgruppe. Diese Ereignisse müssen im Vorfeld exakt berechnet werden, ähnlich einer Sonnenfinsternis. Denn man möchte die Zentrallinie finden, um die Sternbedeckung optimal beobachten zu können. Während er früher von seinem Dachboden aus beobachtete, fährt er heutzutage mit seinen Gerätschaften zur Zentrallinie. Dazu steht ihm ein Equipment zur Verfügung, welches von ihm ironisch „Max & Moritz“ genannt wird. Das Teleskop Moritz wird dabei vorbereitet und ausgerichtet, bevor der zweite Standort aufgesucht wird, um das Teleskop Max aufzustellen. Dadurch wird ein sog. Prepointing ermöglicht, dass die Ausrichtung eines Fernrohrs auf den Ort der Bedeckung meint. Dafür sucht man einen Stern, der genau an der Stelle steht, an der der Zielstern zur vorausberechneten Zeit vom Kleinplaneten bedeckt wird. Dafür muss mit einem Planetarium-Programm (z.B. Guide 9) ein passender Stern gefunden werden. Für gute Messungen sind verschiedene Beobachtungsstandorte wichtig, weshalb dies so umgesetzt wird. Die Auswertung der Lichtkurven stellt abschließend dann den Höhepunkt dar (siehe Abbildung 3).

Vor der virtuellen Mittagspause stellte Chefredakteur Dr. Stefan Deiters die Fachzeitschrift „astronomie – DAS MAGAZIN“ [6] vor, die sich in den letzten zwei Jahren zu einer festen Institution in der Astronomie-Szene entwickelt hat (siehe Abbildung 4). Denn man hat sich im Gegensatz zur Vorgängerzeitschrift „Abenteuer Astronomie“ auf drei Kernbereiche konzentriert: visuelle Astronomie, Astrofotografie und Nightscape.

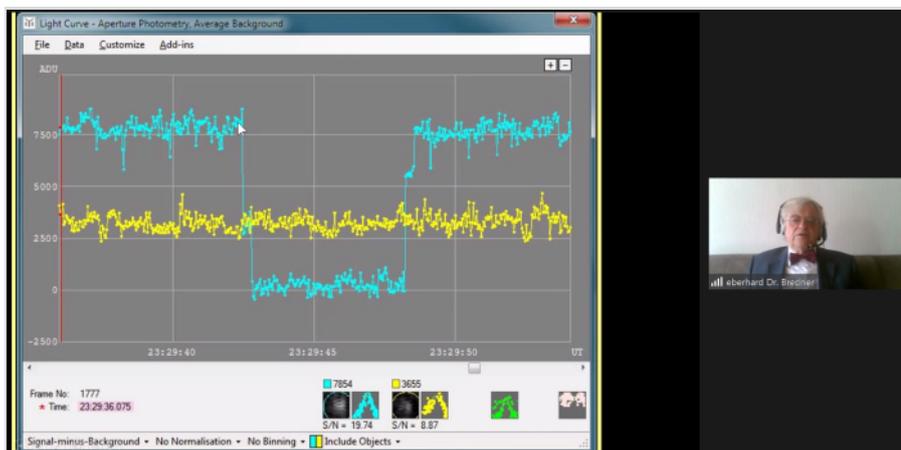


Abb. 3: Auswertung der Lichtkurve der Sternbedeckungsereignisse [5].



Abb. 4: Vorstellung eines astronomischen Fachmagazins [7].

Inzwischen sind 18 Ausgaben erschienen, die immer ein bestimmtes Schwerpunktthema ansprechen. Dafür werden die Theorie, Aufnahmen und Zeichnungen behandelt. Das Kernteam ist im Redaktionsbeirat vertreten und besteht aus sechs Mitgliedern. Man freut sich dabei auch auf externe Berichte aus der Szene. Nach der Mittagspause berichtete Dr. Uwe Pilz über Schwarze Löcher. Diese sind für uns nicht wahrnehmbar und damit auch nicht zugänglich. Die Entfernung zu ihnen kann daher auch nicht angegeben oder gemessen werden. Schwarze Löcher können aber einen Schatten verursachen, auch wenn sie für uns eigentlich unsichtbar sind. Denn sie sind von leuchtenden Gasscheiben umgeben und heben sich so von ihrem dunklen Hintergrund ab. Dieser Schatten wurde im Jahr 2017 zum ersten Mal bei der Galaxie Messier 87 aufgenommen, indem acht Observatorien auf der Erde ein virtuelles Teleskop bildeten, dessen Öffnung nahezu dem Erddurchmesser entsprach. Zum Verbund dieses sogenannten Event Horizon Telescope (EHT) gehörten u.a. der 30-Meter-Spiegel von IRAM in Spanien sowie das APEX-Teleskop in Chile. Die Technik dahinter nennt sich Very-Long-Baseline-Interferometrie (VLBI), wodurch die Signale der Einzelantennen miteinander überlagert werden. Dabei lässt sich eine extreme Winkelauflösung von weniger als 20 Mikro-Bogensekunden erreichen! Wenn man dieses Leistungsvermögen

auf unsere Augen projizieren würde, könnte man einzelne Moleküle in der eigenen Hand sehen. Abbildung 5 verdeutlicht wie das Ergebnis der Fotografie eines Schwarzen Lochs, dessen Datenauswertung von vier Petabytes ungefähr zwei Jahre dauerte, zustande kam. Zusätzlich lässt sich die Licht- und Raumkrümmung berechnen, was exemplarisch verdeutlicht wurde. Schwarze Löcher bleiben trotzdem ein Mysterium für uns, da sie eine Erscheinung ohne Schatten bzw. Schatten ohne Erscheinung darstellen. Ein relativ komplexer Vortrag, der aber durch auflockernde Skizzen einfacher dargestellt werden konnte. Anschließend nahm uns Rolf Hempel in die Planeten- und Mondfotografie mit, indem er sein selbst entwickeltes Programm PlanetarySystemStacker (PSS) [9] vorstellte. Es basiert auf Open Source und kann daher auch von anderen Programmierern weiterentwickelt werden, was ihm persönlich sehr wichtig ist.

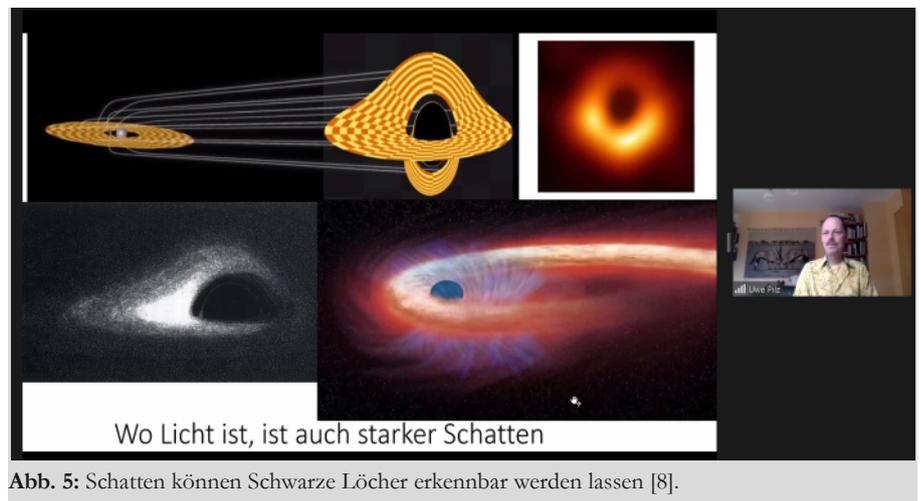


Abb. 5: Schatten können Schwarze Löcher erkennbar werden lassen [8].

Denn bisherige Planetenprogramme sind proprietärer Natur und daher auf den jeweiligen Entwickler angewiesen. Seit 2018 ist PSS nach Angaben des Autors so leistungsfähig wie das bekannte Programm AutoStakkert!3. Dazu verglich er zwei eigene Jupiteraufnahmen, die mit beiden Programmen bearbeitet wurden (siehe Abbildung 6). Seit dem Jahr 2020 ist auch das Wavelet-Schema identisch mit Registax 6, das seit geraumer Zeit nicht mehr weiterentwickelt, aber immer noch gerne verwendet wird. Zusätzlich wurden bilaterale Filter hinzugefügt, um Rand-Überschwinger zu vermeiden. Das RGB-Alignment ist zudem subpixelgenau. PSS ist inzwischen ausgereift und liegt eigentlich komplettiert vor. Trotzdem gibt es immer wieder kleinere Verbesserungen, die in einer Roadmap geplant werden. Ein Nachteil wurde inzwischen auch für Windows-Nutzer ausgeräumt: es gibt nun einen Installer [10], wodurch die Installation stark erleichtert wird. Eine umfangreiche deutsche Dokumentation rundet das Gesamtpaket ab. Eine Live-Vorführung zeigte zudem, was PSS bei der Bearbeitung leisten kann. Die Vielfalt der Spektrografie brachten Günter Gebhard, Ulrich Waldschläger und Siegfried Hold dem virtuellen Auditorium näher. Alle drei gehören der gleichnamigen VdS-Fachgruppe an. Günter Gebhard startete die Einführung, indem er auf die Fraunhofer-Linien hinwies, wie sie entstehen sowie dass eine

Beobachtung mittels eines Star-Analyser-Filters möglich ist. So können Himmelsobjekte auf ihre Elemente (z.B. ob Wasser vorhanden ist) untersucht werden. Auch der Dopplereffekt wurde am Beispiel des Planeten Jupiter gezeigt, um daraus seine Rotationsgeschwindigkeit errechnen zu können. So können auch Amateure Wissenschaft betreiben. Ulrich Waldschläger nahm diese Vorlage auf und ging auf die spektroskopische Analyse des Doppelsternsystems Mizar ein. Dieses System wurde bereits 1889 von Edward Charles Pickering mit der damaligen Fototechnik beobachtet und durch die Linienverschiebung ein Doppelsternsystem nachgewiesen. Das ist nun mit heutigen Amateurmitteln ebenfalls möglich. Mizar wurde ausgewählt, weil er das ganze Jahr über sichtbar ist und Langzeitdaten für einen Vergleich verfügbar sind. Siegfried Hold hatte hingegen den Stern Deneb untersucht und präsentierte seine Messungen zwischen den Jahren 2014 und 2021. Er hat großes Interesse an Langzeituntersuchungen, um die Veränderungen erkennbar zu machen, die auch bei sog. Fixsternen stattfinden. Dabei fand er heraus, dass Deneb eine starke Windvariation ohne Periodizität besitzt. Die VdS-Fachgruppe hat inzwischen sehr viel Wissen in dem Bau von Spektrographen und in der Software-Entwicklung angesammelt, so dass die Technik der zweiten Generation erheblich ausgeklügelter ist (siehe Abbildung 7).

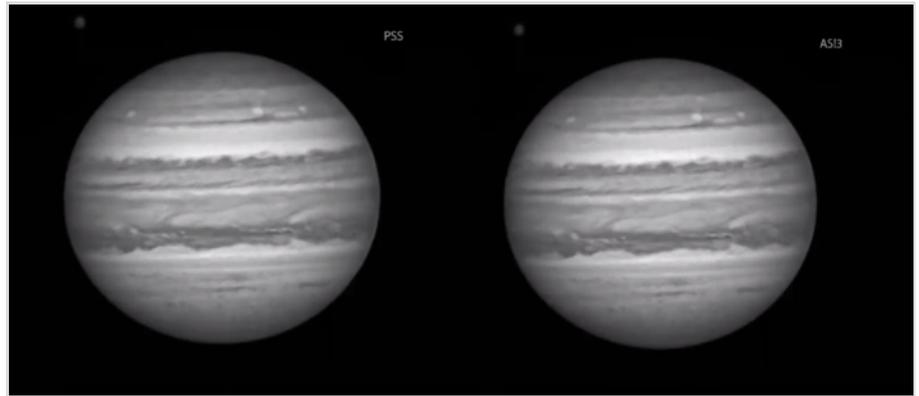


Abb. 6: Vergleich der Bildergebnisse von Rolf Hempel von Jupiter zwischen PSS und ASI3 [11].

Die geschichtsträchtige Bonner Durchmusterung stand hingegen bei Dr. Michael Geffert auf der Agenda, den die AVL auch schon persönlich bei ihrer Jahresfahrt im Jahr 2011 zur Bonner Sternwarte (siehe Abbildung 8) kennengelernt hatte. Er wies zuerst auf den berühmten Astronomen Friedrich Wilhelm August Argelander hin, mit dem die Astronomie in Bonn aufblühte und der die Bonner Durchmusterung vornahm, die in zwei Teilen umgesetzt wurde. Allerdings hatte der Referent sich hauptsächlich mit Eduard Schönfeld beschäftigt, der die Arbeiten von Argelander zu Ende führte und nach Meinung Gefferts mit ihm gleichzustellen ist. Argelander selbst bezeichnete die Astronomie damals als „brotlose Kunst“ und riet Schönfeld davon ab. Schönfeld ließ sich davon aber nicht abschrecken, studierte bei Argelander und arbeitete an der Bonner Durchmusterung maßgeblich mit. Nach dessen Tod wurde er 1875 sein Nachfolger und vollendete die Durchmusterung, die er

mit einem Schroeter-Refraktor vornahm. Veränderliche Sterne waren sein Steckenpferd, was er zwischen 1865 und 1875 stark vorantrieb. Sie stellten damals ein neues Arbeitsgebiet dar. Er schrieb in diesem Fachbereich acht große Veröffentlichungen, untersuchte 40 Sterne und nahm 10.000 Einzelmessungen vor. Insgesamt brachte es Schönfeld auf 120 Publikationen von kleinen Planeten über variable Sterne bis hin zu extragalaktischen Nebeln. Durch seine Kinder sind einige Anekdoten bekannt geworden, die auch heute noch historisch sehr interessant sind.

Ein Höhepunkt der Veranstaltung war dann die fotografische Kometenjagd von Gerald Rhemann und Michael Jäger, die die Teilnehmerzahl nach oben trieb. Seit über 30 Jahren sind beide Referenten ein bekanntes und erfolgreiches Gespann in der Kometenfotografie. Von der Anzahl der fotografierten Objekte ist Michael Jäger sogar die Nr. 2 im deutschsprachigen Raum. Angefangen hatte diese Leiden-

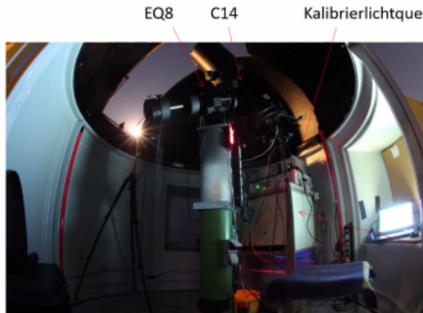
Technik 1. Generation (2013)

- 10" LX200 Meade
- F10 Czerny-Turner
- Fiber link
- Variabler Eintrittsspalt
- R: 8000 ... 18000



Technik 2. Generation

EQ8
C14
Kalibrierlichtquelle





Eigenbau Echelle-Spektrograph

Thermokammer



Abb. 7: Spektrographen-Technik der VdS-Arbeitsgruppe in der ersten und zweiten Generation [12].



Abb. 8: Vorstellung der Bonner Sternwarte im Schönfeld-Vortrag von Dr. Michael Geffert [13].

schaft bei ihm vor ca. 40 Jahren durch einen Zeitungsartikel über Kometenfotografie. Es wurden seitdem über 1.000 Kometen fotografiert und vor über 20 Jahren auch sogar neue entdeckt. Das war damals noch möglich, wie der Referent erwähnte. Heutige Überwachungsprogramme geben den Amateuren aber kaum noch eine Entdeckungschance. Früher waren insgesamt nur 50 Kometen bekannt – dies hat sich durch die permanente Himmelsdurchmusterung auf 10-20 neue Kometen pro Jahr geändert. Für die Bahnberechnung der Kometen wird von den beiden Amateurastronomen Astrometrie und Fotometrie betrieben. Anfang der 1980er Jahre ist dabei noch visuell beobachtet und dokumentiert worden. Fotografiert wird seit den späten 1980er Jahren ausschließlich mit licht-

starken Teleskopen. Dabei kamen damals Schmidt-Kameras und heute RASA-Teleskope von Celestron zum Einsatz (siehe Abbildung 9). Inzwischen ist sogar ein Kleinplanet nach Jäger benannt worden.

Michael Jäger fotografierte in all den Jahren immer im Feld, ohne eigene Sternwarte. Dies will er aber ändern, da eine Sternwarte am dunkelsten Ort Österreichs in Martinsberg gerade von ihm gebaut wird. Davon wurden ebenfalls einige Bilder gezeigt. Er machte aber auch rückblickend auf zwei Jahrhundertkometen aufmerksam in den 1990er Jahren: C/1996 B2 (Hyakutake) und C/1995 O1 (Hale-Bopp), die ich damals leider beide verpasst habe. Hale-Bopp war dabei drei Monate lang ein spektakuläres Objekt und erreichte eine Schweiflänge

von 20 Grad (150 Millionen Kilometer). Fotografisch besonders auffällig waren die vielen sich verändernden Strukturen im Gas- und Staubschweif, wie seine Aufnahmen in Abbildung 10 zeigen. Beide Kometen haben C/2020 F3 (NEOWISE) aus dem letzten Jahr um einiges an Lichtstärke und Sichtbarkeit übertroffen.

Zwischen den Jahren 2000 und 2010 bestand die größte Herausforderung darin, auf die neue Digitaltechnik (CCD) umzusteigen. Dies lag u.a. an der geringen Chipgröße dieser Kameras. Heute wird eher mit lichtempfindlichen CMOS-Kameras aufgenommen, die bis zum Vollformat wesentlich mehr Bildumfeld ermöglichen und somit die Kometenschweife besser einfangen können. Neuer Trend bei den Kameras sind spiegellose CMOS-Farbkameras. Abschließend gab es eine Videopräsentation von Gerald Rhemann, die man sich im Internet auch bei Interesse nachträglich ansehen kann [15] und einen Tipp: Ende des Jahres könnte sich der Komet C/2021 A1 (Leonard) gut entwickeln. Leider sind Kometen immer relativ launisch und unberechenbar.

Zurück zur Vielfalt der Spektroskopie ging es dann durch Siegfried Hold, der stellvertretend für die eigentlichen Refe-

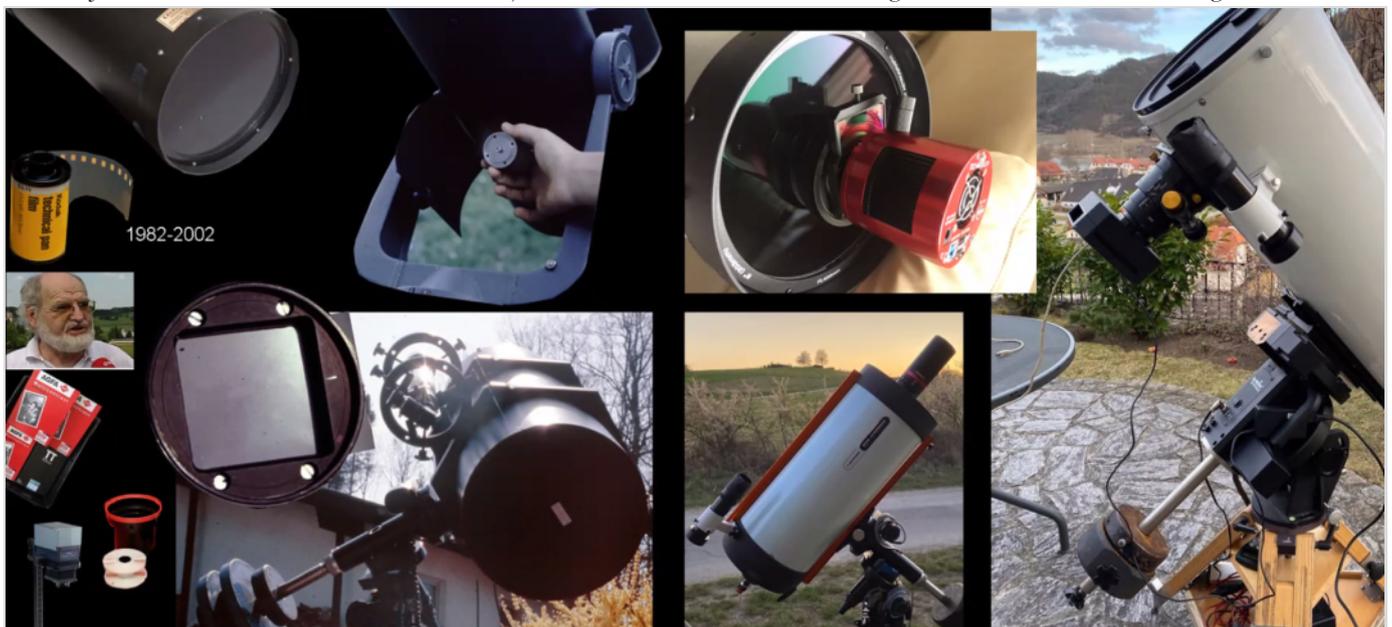


Abb. 9: Lichtstarke Teleskope von 1982 bis 2002 von Michael Jäger [14].



Abb. 10: Hale-Bopp – Komet der Superlative [14].

renten über den Bau von Spektrographen berichtete. Die VdS-Fachgruppe hat inzwischen in diesem Bereich ein enormes Wissen angehäuft, wozu auch eigene Software-Programme gehören, die selbst programmiert werden. Darüber wurde anhand des Beispiels eines Fiber-Linked Image-Sliced Echelle (FLISES) Spektrographen berichtet und dabei auch deutlich, dass eigentlich ähnliche Anforderungen vorhanden sind wie bei der Deep-Sky-Fotografie.

Abschließend wurde von Prof. Dr. Kai-Oliver Detken von der Astronomischen Vereinigung Lilienthal (AVL) über die letzte Sonnenfinsternis (SoFi) im Jahr 2019 berichtet, die vor der Corona-Pandemie in Südamerika mit dem Vereinskollegen Alexander Alin noch besucht werden konnte. Dieses Ereignis wurde mit einer Reise von Brasilien nach Argentinien verbunden. Gestartet ist man in Rio de Janeiro, wo man neben den üblichen Sehenswürdigkeiten wie u.a. Cristo Redentor und Zuckerhut auch eine Einstein-Ausstellung im Museu de Astronomia (MAST) bewundern konnte. Vor genau 100 Jahren konnte nämlich zum ersten Mal durch eine Expedition von Sir Arthur Eddington ein Teilbeweis der Allgemeinen Relativitätstheorie erbracht

werden. Dies gelang mit nur sieben erfolgreichen Aufnahmen, die in Sobral (Brasilien) geschossen wurden. Die Ergebnisse wurden 1979 sogar durch das Royal Greenwich Observatory noch einmal vermessen und konnten erneut bestätigt werden. Die Sonnenfinsternis von 2019 konnte dann in Argentinien in der Nähe des Orts Villa San Agustin bei bestem Wetter beobachtet werden. Um einen optimalen Beobachtungsstandort mit einer Finsternis-Dauer von über 2 Minuten zu erreichen, musste der Ort allerdings verlassen werden. Daher fand das Erlebnis an einer 100 km entfernten einsamen Landstraße mit Blick auf die Anden statt. Durch das hervorragende Wetter konnte man alle Phasen der SoFi

aufnehmen (siehe Abbildung 12), obwohl die fehlenden Sonnenflecken durch das derzeitige Minimum die Fokussierung erschwerten. Eine SoFi ist immer etwas Besonderes und läuft nie gleich ab, weshalb eine solche Reise meistens auch ein Abenteuer darstellt.

Die virtuelle Veranstaltung bot ein interessantes und abwechslungsreiches Programm [18], das bei allen Teilnehmern sehr gut ankam. Die Moderation und Vorträge wurden dabei so routiniert gehalten, als wenn man dieses Format schon länger nutzen würde. So waren auch die Veranstalter am Ende des Tages zufrieden, auch wenn man hofft, sich im nächsten Jahr wieder direkt vor Ort austauschen zu können.

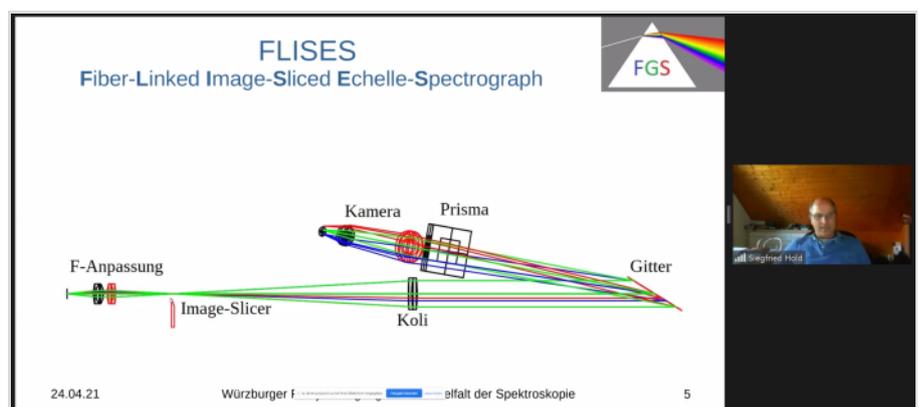


Abb. 11: Darstellung des FLISES-Spektrographen von Sigfried Hold [16].



Abb. 12: Phasen der totalen Sonnenfinsternis in Argentinien [17].

Literaturhinweise

- [1] Eva Grebel: Galaktische Archäologie. Astronomisches Recheninstitut der Universität Heidelberg, Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [2] Astronomischen Recheninstitut der Universität Heidelberg: <https://zah.uni-heidelberg.de/de/institute-des-zah/ari>
- [3] Quellcode des Programms Starnet: <https://sourceforge.net/projects/starnet/>
- [4] Florian Bleymann: Künstliche Intelligenz & Machine Learning in der Bildbearbeitung und Fotografie – wie funktioniert das? Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [5] Eberhard Bredner: Moritz beobachtet unbegleitet: Sternbedeckung durch 1048 Feodosia. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [6] Webseite von astronomie – DAS MAGAZIN: <https://www.astronomie-magazin.com>
- [7] Stefan Deiters: Eine neue Zeitschrift für die Amateurastronomie – Zwei Jahre astronomie–DAS MAGAZIN. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [8] Dr. Uwe Pilz: Schwarze Löcher: wo Licht ist, ist starker Schatten. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [9] Quellcode des Programms PSS: <https://github.com/Rolf-Hempel/PlanetarySystemStacker>
- [10] Windows-Installer: <https://github.com/Rolf-Hempel/PlanetarySystemStacker/releases>
- [11] Rolf Hempel: Das Open-Source-Softwareprojekt PlanetarySystemStacker. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [12] Siegfried Hold: Die Vielfalt der Spektroskopie I: Einführung und Alpha Cam, Spektroskopie an Mizar und an Deneb. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [13] Michael Geffert: Eduard Schönfeld, der Vollender der Bonner Durchmusterung. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [14] Michael Jäger: Fotografische Kometenjagd: 1000 Schweifsterne in 40 Jahren. Vortrag bei der 44. Würzburger Frühjahrstagung der Vereinigung der Sternfreunde e.V. (VdS)
- [15] Gerald Rhemann: Comet Photography. <https://www.flickr.com/photos/191494814@N02/50993938123/in/dateposted-public/lightbox/>
- [16] Siegfried Hold: Die Vielfalt der Spektroskopie II: Technik Echelle-Spektrograph und Datenreduktion. Vortrag bei der 44. Würzburger VdS-Frühjahrstagung
- [17] Aufnahmen des Autors Kai-Oliver Detken
- [18] <https://sternfreunde.de/2021/04/13/wuerzburger-fruehjahrstagung-virtuell-am-24-april-2021/>

KOLLIMATION VON SPIEGELTELESKOPEN

Sternverzerrungen auf den Grund gegangen

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Seit einigen Jahren bin ich begeisterter Nutzer einer C11-HyperStar-Optik. Sie verspricht eine hohe Lichtstärke bei einem Öffnungsverhältnis von 1:2 und ist mit einer Brennweite von 560 mm optimal für Nebelregionen sowie Kometen geeignet. Seitdem ich dieses Teleskop von Celestron besitze, habe ich mich allerdings nie mit der Kollimation auseinandergesetzt: weder für das kurzbrennweitige HyperStar-System, noch für die Primärbrennweite von 2.800 mm. Zu groß war mir die Gefahr die Optik komplett zu verstellen, wenn man nachts mit Hilfe eines de-fokussierten Sterns daran herumfummelt. Dies geht leider vielen Sternfreunden so, weshalb die meisten Spiegel-Teleskope auch nicht ihre eigentliche Leistung abrufen können. Da ich seit November 2020 auf einmal verzerrte Sterne in den Ecken bei meiner HyperStar-Optik feststellen musste, konnte ich einer Kollimation aber nun nicht mehr aus dem Wege gehen. Nachdem erste Versuche an realen Sternen nicht das gewünschte Ergebnis brachten, probierte ich einen Laser-Kollimator von Hotech aus, der speziell für HyperStar und Schmidt-Cassegrain-Teleskope entwickelt wurde. Diese Kollimationserkenntnisse, die ich hier vorstellen möchte, wurden anschließend auch für zwei Spiegelteleskope der AVL-Vereinsgeräte angewandt.



Abb. 1: C11-Teleskop mit HyperStar-Korrektor und Taukappe für Aufnahmesession im Winter vorbereitet.

Alle nicht anders gekennzeichneten Abbildungen vom Autor



Abb. 2: Bildecken-Beispiel einer HyperStar-Aufnahme mit verzogenen Sternen.

Ausgangssituation Wie eine HyperStar-Optik funktioniert wurde ausführlich in der HiPo-Ausgabe Nr. 50 [1] beschrieben und kann dort nachgelesen werden. Erwähnt werden sollte lediglich an dieser Stelle, dass die HyperStar-Optik von der Firma Starizona [2], die inzwischen in der vierten Version vorliegt, ein mehrlinsiges Korrektursystem darstellt, welche anstelle des Fangspiegels eingesetzt wird und die Fehler des Hauptspiegels komplett korrigiert. Das heißt, Koma und Bildfeldwölbung werden eliminiert, so dass ein großes und ebenes Bildfeld entsteht. Dadurch, dass der Fangspiegel ersetzt wird, verringert sich die Brennweite gegenüber der normalen Primäranordnung von 2.800 mm auf 560 mm. Da die Öffnung mit 280 mm erhalten bleibt, entsteht so ein sehr schnelles Öffnungsverhältnis von 1/2 (280 mm/560 mm), wenn man die Abschattung der HyperStar-Optik nicht mit einbezieht. Das bedeutet, dass die Belichtungszeit sich um den Faktor 25 reduziert! Das ist ein gewichtiger Grund, wenn man die relativ wenigen Beobachtungsnächte in Norddeutschland betrachtet, die pro Jahr möglich sind. Abbildung 1 zeigt das C11-HyperStar-Teleskop, wenn es für eine Aufnahmeserie startklar aufgestellt ist. Bisher war ich von der Lichtstärke und

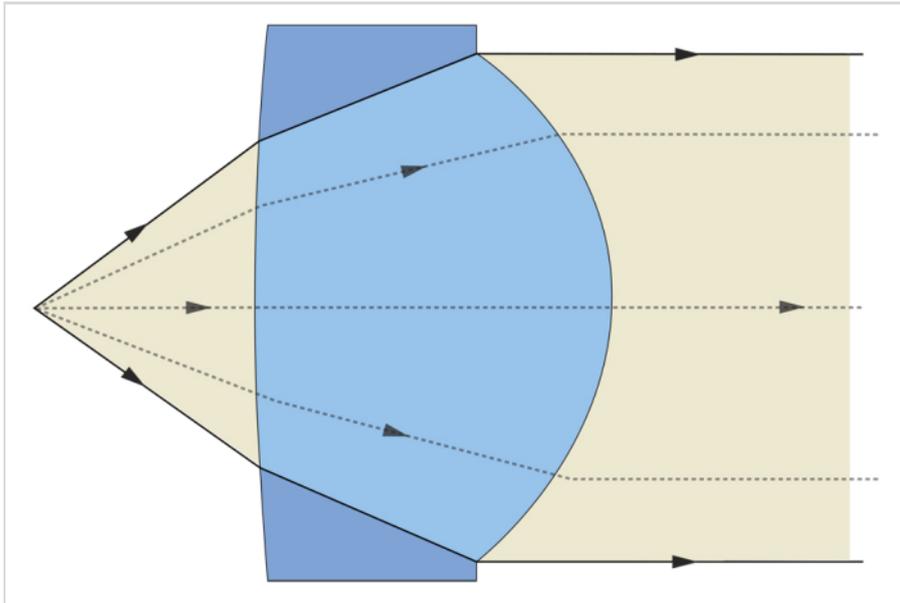


Abb. 3: Kollimation durch eine einfache Sammellinse [3].

Abbildungsleistung immer begeistert gewesen, bis mir Ende 2020 an den vier Ecken eines Bildergebnisses verzogene Sterne auffielen. Dies kann man gut in der Abbildung 2 erkennen, bei der die Sterne am rechten Rand immer mehr zu Pfeilen werden. Auch kommt es hier immer mehr zu Farbbrechungen an helleren Sternen. Obwohl ich die Anpress- und Gegendruckschrauben des HyperStar-Systems (siehe Abbildung 4) möglichst nie bewegt hatte, sondern nur ein leichtes Nachziehen durch Temperaturänderungen und Kabelführung notwendig wurde, schien dies bereits einen Einfluss zu haben. Ein Vergleich mit älteren Aufnahmen zeigte dann auch, dass diese Verzerrungen neu waren. Daraufhin kontaktierte ich über die VdS-Mailingliste der Fachgruppe Astrofotografie andere HyperStar-Besitzer, um herauszufinden, ob sie dieses Phänomen bereits an ihren Systemen beobachten konnten. Die Antworten fielen dabei sehr unterschiedlich aus, hatten aber eines gemeinsam: die Besitzer hatten bereits dasselbe Problem gehabt oder hatten es sogar noch. Bei der Ursache gab es auch unterschiedliche Meinungen: Verkippung der Kamera, falscher Abstand der Kamera zum HyperStar, Verkippung des Spiegels, Ver-spannung oder dejustiertes HyperStar. Es

gibt sogar ein YouTube-Video von Marcel Drechsler von der Sternwarte Bärenstein, in dem ein RASA-System von Celestron vorgestellt und behauptet wurde, dass man mit einem HyperStar-System immer mit verzerrten Sternen an den Ecken leben muss [7]. Da ich vorher ja ein gut eingestelltes HyperStar-System hatte und die Verzerrung der Sterne an allen Rändern gleichermaßen auftraten, tippte ich aber eher auf eine Dejustage. Es musste also leider eine neue Kollimation des HyperStar-Systems angegangen werden.

Manuelle Kollimation eines HyperStar-Systems

Doch zuallererst soll einmal der Begriff Kollimation erläutert werden, da dieser nicht unbedingt allgemein geläufig ist. Dieser bezeichnet die Parallelrichtung divergenter Lichtstrahlen einer Optik. Die entsprechende Linse heißt Kollimator oder Sammellinse.

Eine automatische Kollimation liegt dann vor, wenn sich hinter dem Kollimator ein Spiegel befindet und die Lichtstrahlen durch dieselbe Linse reflektiert werden. Das Bild bleibt daher auch dann scharf, wenn die Lage des Spiegels verschoben wird. Abbildung 3 zeigt die Kollimation durch eine einfache Sammellinse. Das Licht einer Punktquelle wird durch die Sammellinse in ein paralleles Strahlenbündel gewandelt. Bei einem Teleskop funktioniert dies genau anders herum: die große Öffnung rechts sammelt das Licht eines Sterns und vereint das Bild am Sammelpunkt. Bei korrekter Kollimation wird der Stern punktförmig angezeigt – bei schlechter Kollimation wird er verzerrt dargestellt. Es ist daher anzustreben eine perfekte Justierung bzw. Kollimation seines Teleskops zu erreichen.

Das HyperStar-System wird durch die erwähnten Anpress- und Gegendruckschrauben kollimiert. In Abbildung 4 kann dabei erkannt werden, dass neun Schrauben rund um das HyperStar-System angeordnet sind. Dabei sind die drei einzelstehenden Schrauben, die mit ROTATE beschrieben sind, für die Fixierung des Systems zuständig. Löst man

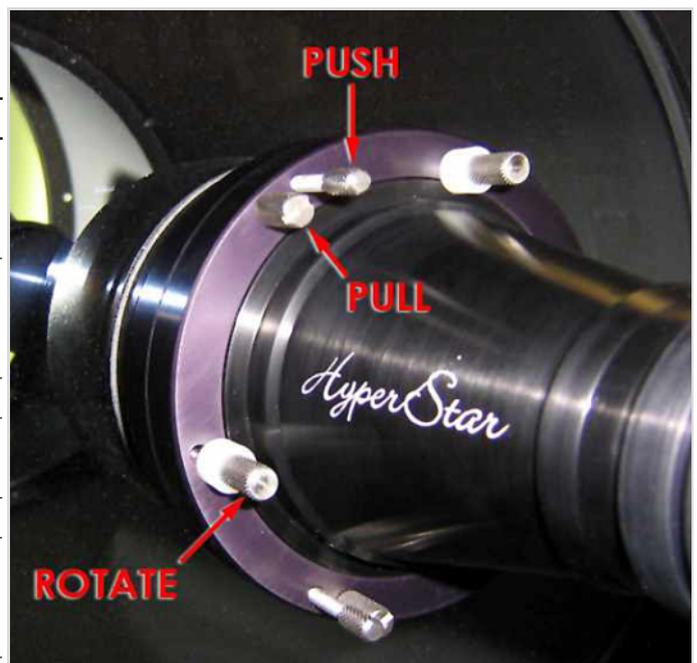


Abb. 4: Kollimation eines HyperStar-Systems mittels Anpress- und Gegendruckschrauben [4].

diese Schrauben kann das HyperStar mit- samt der Kamera rotiert werden, um die Ausrichtung am Himmel einzustellen. Dies habe ich bislang nie getan, da damit ja auch die Kabelanschlüsse mitrotieren würden. Es ist trotzdem nicht schlecht, dass diese Möglichkeit besteht. Die sechs, jeweils in drei Paaren angeordneten Schrauben, sind hingegen für die eigent- liche Kollimation zuständig. Jedes Paar besteht dabei aus einer Anpress- und Gegendruckschraube. Dabei ist zu be- achten, dass man die Anpress-Schrauben nicht zu sehr löst, da dann die HyperStar- Linse nicht mehr auf der Halterung be- festigt ist. Daher löst man anfangs die Gegendruckschrauben und zieht alle An- press-Schrauben an. Das HyperStar-Sys- tem befindet sich nun in der Grundstellung. Anschließend wird ein Stern angefahren, dieser im Teleskop zentriert und so fokussiert, dass die Ab- schattung des HyperStar klar zu erken- nen ist. Der Stern wird daher als große Scheibe angezeigt und sollte symmetrisch um die Achse abgebildet werden. Wenn dies nicht der Fall ist, kann durch das Lösen der Gegendruckschrauben und Gegenklemmen der Anpress-Schrauben die optische Lage zum Hauptspiegel ver- ändert werden.

Das hört sich erst einmal ganz einfach an – ist es aber nicht. Zum einen muss dies nachts im Dunkeln vor der Teleskopop- tik getan werden und zum anderen lässt sich eine Justage durch die Schrauben mehr oder weniger nur nach Gefühl ein- stellen. Um ein objektives Ergebnis zu erzielen, sollte man daher entsprechende

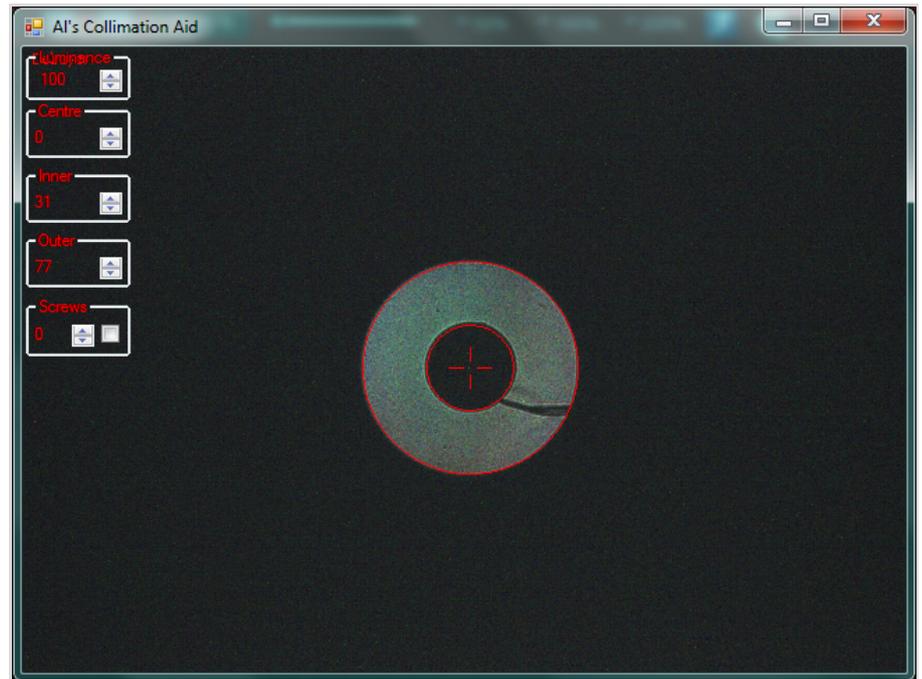


Abb. 5: „Al's Collimation Aid“ Programm an einem defokussierten Stern.

Tools zur Hilfe nehmen, die symmetri- sche Hilfskreise um die Sternabbildung ziehen, wie dies beispielsweise durch die kostenlose Software „Al's Collimation Aid“ ermöglicht wird (siehe Abbildung 5) [5]. Alternativ kann man auch die Funkti- on „Collimation Aid“ im Programm Astro Photography Tool (APT) nutzen. Der Vorteil bei „Al's Collimation Aid“ ist allerdings, dass nicht nur verschiedene Ringe als Overlay über den Stern gelegt werden können, sondern man auch die Schrauben am HyperStar abbilden kann, um die Effekte der Schraubendrehung besser einschätzen zu können. Abbildung 5 zeigt nun eine solche Sternabbildung und die herausgeführten Kabel der Kamera. Es wurde daher ein erster Versuch am Live-Stern gestartet, der aber leider nicht den gewünschten Effekt hatte. Die

Sternabbildung wurde zwar besser, war aber immer noch nicht perfekt. Daher wurde ein neuer Weg zur Kollimation ausprobiert.

Kollimation mittels Laser Als wei- tere Möglichkeit, um sein Teleskop opti- mal zu justieren, kann ein Laser herangezogen werden. Dies hat den Vor- teil, dass man die Kollimation bequem am Tage vornehmen und sich dann nachts voll und ganz auf das Aufnahme- objekt konzentrieren kann, ohne wert- volle Aufnahmezeit zu verschwenden. Zudem benötigt man keine guten Sicht- bedingungen ohne Luftunruhe und sollte die Justage ohne die Hilfe einer zweiten Person vornehmen können. Dabei fiel meine Wahl auf den patentierten Hyper- Star-Laser-Kollimator der Firma Hotech [6], der vom Magazin Sky & Telescope im Jahr 2019 als „Hot Product“ ausge- zeichnet wurde. Er ist mit dem Zubehör für Schmidt-Cassegrain-Teleskop und HyperStar-Korrektoren nutzbar, kann aber auch für Newton- und RC-Telesko- pe eingesetzt werden. Die Lösung be- steht aus einer Kollimator-Scheibe (siehe Abbildung 6, rechts), die vier Laser ent- hält, die man alle durch die Teleskop-

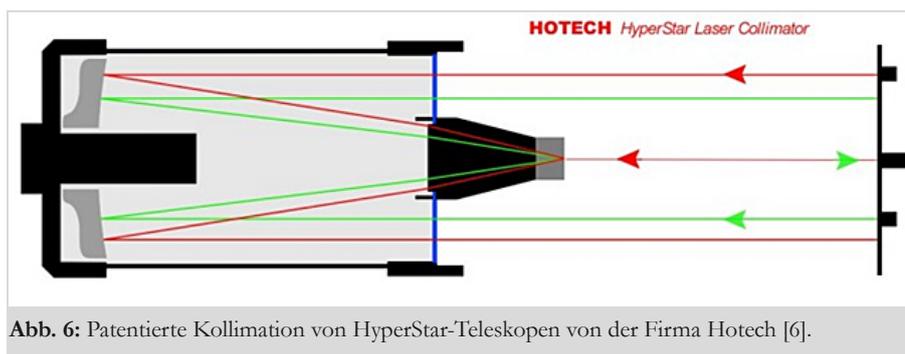


Abb. 6: Patentierte Kollimation von HyperStar-Teleskopen von der Firma Hotech [6].

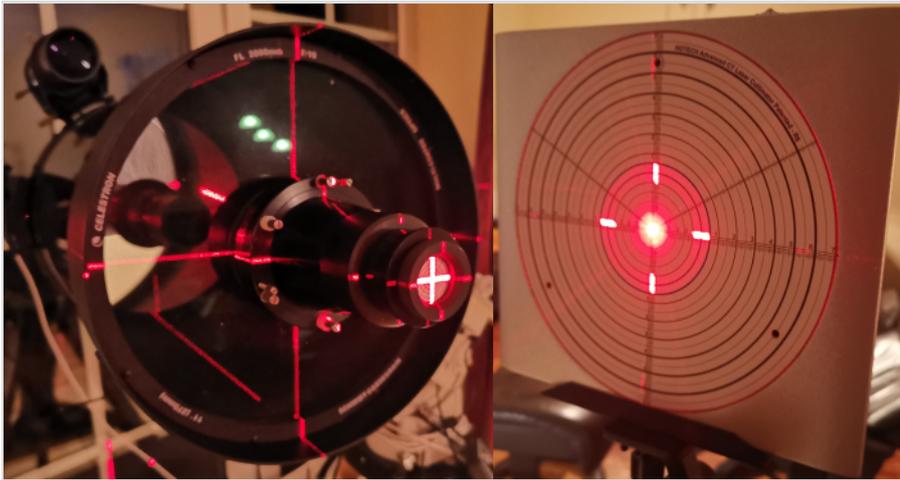


Abb. 7: Perfekte Ausrichtung des zentrierten Lasers zum C11-HyperStar-Teleskop.

Optik strahlen lässt, um von dem Hauptspiegel zurückreflektiert zu werden. Dabei ist es wichtig die Kollimator-Scheibe exakt auf das Teleskop auszurichten, wie es die Abbildung 6 zeigt, da sonst die anschließende Justierung nicht exakt umgesetzt werden kann. Dieser Schritt verlangt einem auch die größte Zeit ab.

Dabei ist es schon mal wichtig die Kollimator-Scheibe auf ein sehr stabiles Stativ zu setzen, welches einfach in der Höhe verstellt werden kann. Ansonsten kann die Ausrichtung zum langwierigen Geduldsspiel werden. Die Entfernung der Kollimator-Scheibe zum Teleskop beträgt dabei etwas mehr als eine Tubuslänge, wird also ziemlich direkt vor der Optik positioniert. Abbildung 7 zeigt wie eine perfekte Ausrichtung aussieht. Der Laser-Kollimator hat verschiedene Betriebsmodi zur Auswahl. Im Modus 1 wird nur der mittige Fadenkreuzlaser eingeschaltet, der durch die Reflektion des Hauptspiegels reflektierte Striche an der Kollimator-Scheibe erkennen lässt, die zum einen am gleichen inneren Ring der Scheibe ausgerichtet werden müssen und zum anderen einen eigenen roten breiten Ring erzeugen, der sich symmetrisch um den zentrierten Laser ausrichten muss. Dieser breite Ring ist am Tag nur bei einer gewissen Abdunkelung des Raumes zu erkennen, was ich zuerst nicht beachtet hatte, weshalb ich ihn anfangs verzweifelt suchte. Jetzt sollte auf der Gegenseite

auch das Fadenkreuz mittig auf dem HyperStar-Reflektor liegen, der mit zur Hotech-Lieferung gehört (siehe Abbildung 7, links).

Im Anschluss daran kann nun die eigentliche Kollimation beginnen. Dazu muss der Reflektor am HyperStar abgeschraubt werden, wodurch das reflektierte Fadenkreuz nun nicht mehr am Reflektor, sondern auf der Kollimator-Scheibe sichtbar wird (siehe Abbildung 8). Dieses Kreuz muss nun mit Hilfe der Anpress- und Gegendruckschrauben des HyperStar-Systems deckungsgleich zu dem reflektierten Fadenkreuz gebracht werden. Während die erste Ausrichtung der Kollimator-Scheibe zum Teleskop beim ersten Mal Stunden gedauert hatte, war die eigentliche Kollimation in ein paar Sekunden erledigt. Mit etwas mehr Erfahrung war aber auch die Ausrichtung später in ca. 30 Minuten geschafft. Es kann mit dieser Methode sogar die Zentrierung des HyperStar zur optischen Achse des Hauptspiegels überprüft und verändert werden. Liegt das Kreuz in Abbildung 7 nicht exakt mittig, kann man die Schmidt-Platte entsprechend verändern. Das musste aber in diesem Fall

nicht durchgeführt werden und hätte mir auch weitere Schweißperlen auf die Stirn treten lassen.

Überprüfung am Sternenhimmel

Anschließend folgte der Test am Sternenhimmel, wobei zuerst ein Stern mittels der Software „Al's Collimation Aid“ überprüft wurde. Der Sterntest sah dabei schon mal sehr gut aus (siehe Abbildung 5), weshalb ich anschließend die Nebelregion IC410 ansteuerte. Die ersten Einzelbilder wurden anschließend sofort am Laptop ausgewertet und ebenfalls für gut befunden. Das Gesamtergebnis zeigt die Abbildung 9. Alle Ecken der Bilder hatten wieder runde Sterne, wie die Eckenausschnitte in Abbildung 10 ebenfalls erkennen lassen. Eine Nachjustierung war ebenso nicht erforderlich! Die Kollimation war also erfolgreich und sollte nun auch auf die Primärbrennweite von 2.800 mm angewandt werden.

Kollimation der Primärbrennweite

Nachdem die Kollimation des HyperStar-Systems erfolgreich war, konnte auch die Primärbrennweite mit 2.800 mm Brennweite angegangen werden. Dazu musste der HyperStar-Flattner mit-



Abb. 8: Optimales Kollimationsergebnis am HyperStar-System.

samt dem Hotech-Aufsatz wieder abgeschraubt und der Fangspiegel eingesetzt werden. Die Hotech-Kappe mit der Zentrierscheibe wird nun hinten am Okularauszug angebracht und Betriebsmodus 2 am Hotech-Kollimator eingestellt. Dadurch werden drei weitere Laser aktiviert, die um 120 Grad auf einem konzentrischen Kreis auf dem Kollimator mit dem gleichen Radius versetzt sind und durch die Zentrierscheibe wieder zurückreflektiert werden (siehe Abbildung 11, linkes Bild). Auf der Zentrierscheibe im Okularauszug, mit dem halbdurchlässigen Spiegel, erscheinen diese Laserpunkte nun ebenfalls separat (siehe Abbildung 11, rechtes Bild), weil der Fokus noch auf die kurze HyperStar-Brennweite eingestellt war. Nun muss der Fokus am Hauptspiegel gesucht werden, bis die drei Laserpunkte zu einem einzelnen Punkt verschmelzen. Damit ist nun der Fokus gefunden und der künstliche Stern sollte auch hier zentrisch auf der Zentrierscheibe abgebildet werden. Wenn dies

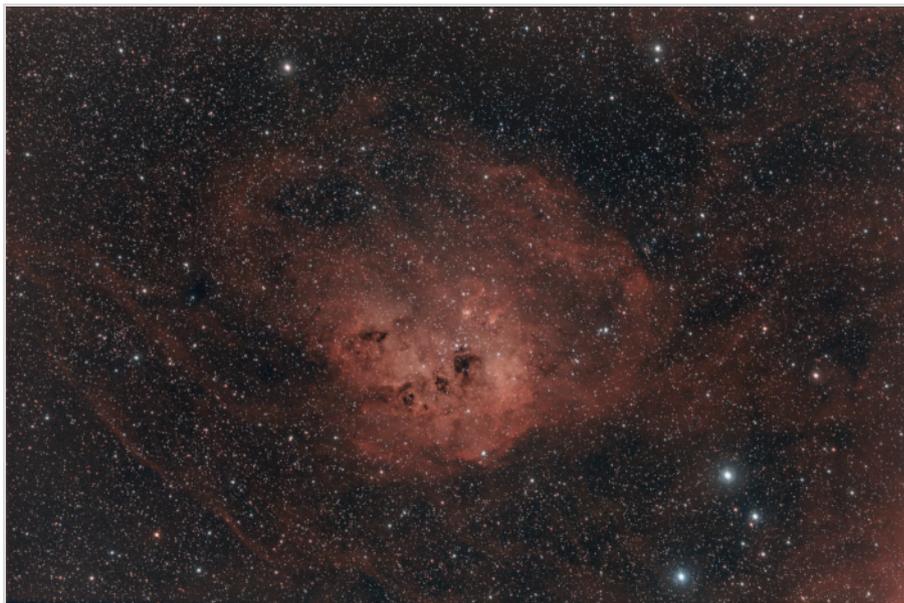


Abb. 9: Testaufnahme an IC410 mit C11-HyperStar mit 4,5 Stunden Gesamtbelichtung.

nicht der Fall ist kann auch hier durch den Crayford-Okularauszug, wenn dieser dazu in der Lage ist, das Zentrum nachjustiert werden. Nun kann die Justage des Fangspiegels erfolgen, anhand der drei versetzten Schrauben an ihm. Jede Schraubenverdrehung bewirkt dabei, dass die reflektierten Laserpunkte auf dem

Kollimator sich jeweils verschieben, so dass man hier kein blindes Herantasten hat, wie in der Nacht unterm Sternenhimmel. Ziel ist es die drei Schrauben des Fangspiegels so lange zu verdrehen, bis alle drei reflektieren Laser auf dem gleichen Radiuskreis zu erkennen sind (siehe Abbildung 11, links).

Erneute Überprüfung am Sternhimmel

Auch diese Justage wurde mit der Primärbrennweite am Sternenhimmel überprüft. Dazu wurde zuerst der Stern Arcturus angefahren und stark defokussiert. Mit dem Programm „Al's Collimation Aid“ konnte nun die Symmetrie erneut überprüft werden, die auf dem Live-Bild optimal zu sein schien (siehe Abbildung 12). Danach wurde die Mondoberfläche visuell und fotografisch beobachtet. Dabei war der Mond auch bei hoher Vergrößerung ein Genuss. Es ließen sich die Rillen und der Doppelzentralberg im Krater Gassendi beispielsweise perfekt beobachten (siehe Abbildung 18). Fotografisch wurden einige Testbilder aufgenommen und später ausgewertet. Auch hieran konnte man sehen, dass die Optik zumindest nicht verstellt wurde, sondern wohl auch höheren Ansprüchen genügen würde. Genauere Tests mit sehr großer Brennweite



Abb. 10: Alle Eckenbereiche der Testaufnahme mit optimaler Sternabbildung.



Abb. 11: Reflektierte Laser auf dem Kollimator und die drei Laser am Okularauszug auf der Zentrierscheibe.

(z.B. durch Verlängerung der Brennweite auf 5.600 mm mittels Barlow-Linse) an Planeten müssen aber noch folgen, um den Kollimator-Erfolg endgültig sichtbar zu machen. Auch macht es sicherlich Sinn die Kollimation nach dem Wechsel von HyperStar-Optik auf Fangspiegel immer wieder neu zu überprüfen. Theoretisch dürfte sich dabei keine Veränderung einstellen, weil der Fangspiegel durch eine Nut immer an der gleichen Stelle positioniert wird. Trotzdem ist es möglich, dass es mit der Zeit zu kleinen Veränderungen kommt, die dann durch den Hotech-Kollimator bequem am Tag ausgemerzt werden können. Und der Test hatte ebenfalls gezeigt, dass man dies ohne nächtliches Gefummel vor der Schmidtplatte erfolgreich durchgeführt kann.

Kollimation der AVL-Vereinsgerätschaften

Nachdem die Kollimation an meinem C11-Teleskop so gut geklappt hatte, wollten wir auch die Spiegelteleskope der AVL-Sternwarte auf ihre Justage überprüfen und sie ggf. verbessern. Dazu trafen sich Ernst-Jürgen Stracke, Jürgen Ruddek, Volker Kunz und meine Wenigkeit im Vereinsheim, um die Teleskope Meade 10" SC-Teleskop und Vixen VC200L an dem Hotech-Kollimator auszutesten. Insgesamt hätten fünf Teleskope (8" Meade SC-Teleskop, 8" Celestron C8, 6" Meade LX200 Newton) justiert werden können, aber das wäre im

ersten Schritt zu viel Aufwand gewesen. Schließlich wollten wir die Kollimation auch hier erst einmal testen. Zuerst wurde daher der Vixen VC200L ausprobiert, ein klassisches Cassegrain-Teleskop, also ohne Schmidtplatte. Die Besonderheit dieses Teleskops ist der asphärische Hauptspiegel mit einer freien Öffnung von 200 mm. In den zentralen Anti-Streulicht-Tubus vor dem Okularauszug ist ein dreiteiliges Linsenkorrektursystem eingebaut. Dieses Linsensystem korrigiert das gewölbte Bildfeld normaler Cassegrain-Teleskope. Das heißt, wenn man auf die Mitte des Bildfeldes scharf stellt, erscheinen die Sterne weiter außerhalb leicht de-fokussiert und umgekehrt. Das

ist zwar bei der visuellen Beobachtung und höheren Vergrößerungen unwesentlich, für den Astrofotografen allerdings hinderlich. Daher eliminiert der VC200L diesen Fehler und erzeugt ein planes Bildfeld von ca. 45 mm Durchmesser. Das Vixen-Teleskop war vor einigen Jahren bereits einmal perfekt eingestellt worden, weshalb es interessant war, ob sich die Kollimation inzwischen verändert hatte.

Zuerst musste aber der Hotech-Kollimator gegenüber dem VC200L wieder exakt ausgerichtet werden. Diese Arbeit übernahm Jürgen Ruddek mit dem Fotostativ der AVL sehr geflissentlich, wie man in der Abbildung 14 erkennen kann. Dies ist ja auch immer der Hauptaufwand und war durch die niedrigere Höhe der Vereinstische nicht so einfach zu bewerkstelligen. Aber es gelang nach einigem Herumprobieren doch relativ schnell. Nun stellte sich die Frage wo der Fangspiegel seine Justierschrauben hatte, denn dieser war durch ein rundes Vixen-Logo abgeklebt. Vorsichtig wurde die Abdeckung entfernt und in der Tat kamen darunter unsere gesuchten Schrauben zum Vorschein (siehe Abbildung 15, linkes Bild). Jetzt konnte anhand der drei

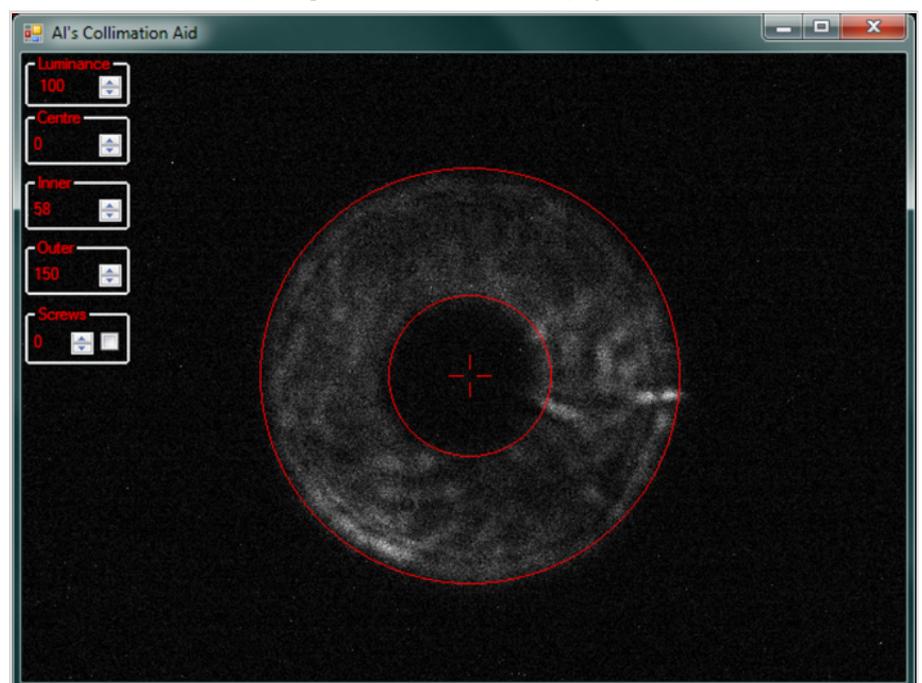


Abb. 12: Überprüfung der Kollimation am Stern Arcturus.

Laser des Hotech-Kollimators die Optik überprüft werden und in der Tat kam eine leichte Dejustage zum Vorschein, wie in Abbildung 15 im rechten Bild zu erkennen ist. Das VC200L-Teleskop hatte sich also seit der letzten Kollimation verstellt, da die reflektierten Laserkreise nicht mehr exakt in einem Radiuskreis lagen. Trotzdem kann man hier nicht von einer kompletten Dejustage sprechen, denn die Ungenauigkeiten ließen sich durch ganz leichte Drehungen der Justierschrauben schnell wieder beheben, so dass alle Mistreiter zufrieden waren. Das Resultat wurde durch Ernst-Jürgen Stracke noch einmal visuell genau überprüft, wie die Abbildung 16 zeigt.

Da dieser Vorgang relativ schnell durchgeführt werden konnte, nahmen wir uns das nächste Teleskop vor und probierten die Kollimation auch am 10“ Meade SC-Teleskop, welches bisher noch nie überprüft wurde. Die Ausrichtung des Hotech-Kollimators gelang dieses Mal schon

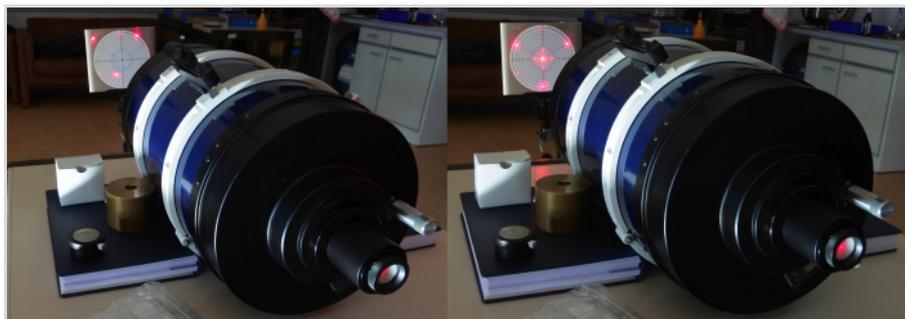


Abb. 13: 10“ Meade SC-Teleskop und die optische Prüfung vor und nach der Laser-Kollimation.

routinemäßig schnell, da nur die Höhe etwas verändert werden musste, denn das Teleskop hat eine größere Öffnung, als das Vixen-Derivat (siehe Abbildung 17). Auch hier saß der Fangspiegel zentriert in der Schmidtplatte, weshalb das Laserkreuz exakt mittig abgebildet werden konnte.

Danach wurden wieder die drei um 120 Grad versetzen Laser aktiviert und die Justage überprüft. Und hier konnte man eine klare Dejustage erkennen, wie die Abbildung 13 im linken Bild zeigt. Ein

reflektierter Laser war daher gar nicht mehr in einem der Kreisradien enthalten und der untere Laser viel zu nahe am Zentrum. Nach der Justage standen die Laser aber alle im gleichen Kreisradius und auch der fokussierte Stern am Okularauszug auf der Zentrierscheibe war fast mittig. Die Kollimation konnte daher mit vollem Erfolg abgeschlossen werden, so dass beide Teleskope sehnsüchtig auf ihren nächsten nächtlichen Einsatz warten.

Fazit

Schlechte Abbildungsqualität eines Teleskops wird meistens von Amateurastronomen auf eine dejustierte Optik zurückgeführt. Oftmals wird dies aber auch durch schlechte atmosphärische Konditionen (Seeing) hervorgerufen. Daher darf eine Sternabbildung bei starker Vergrößerung nicht flackern oder flimmern, um die Qualität des Himmels beurteilen zu können. Um atmosphärische Störungen auszuschließen sollte daher nahe dem Zenit ein Stern aufgesucht werden. Wenn man nun eine Defokussierung durchführt und das Programm „Al's Collimation Aid“ nutzt, kann die Optik auf ihre Qualität anhand eines Sterns kontrolliert werden. Die Kollimation in der Nacht verschwendet allerdings wertvolle Beobachtungszeit und kann ggf. auch zu einer kompletten Dejustage führen, weshalb die tagsüber durchführbare Laser-Kollimation eine interessante und exakte Alternative darstellt. Zudem ist man nicht vom Seeing abhängig. Jedes Spiegelteleskop sollte in Abständen auf eine Dejustage kontrolliert werden, da sich diese durch Transport oder Temperaturschwankungen mit der Zeit verstellen kann. Leider wagen sich viele Amateurastronomen eher selten an diese Arbeit, weshalb oftmals die Qualität der eingesetzten Optiken nicht ausgereizt werden kann. Der Hotech-Laser-Kollimator (oder andere Alternativen) schafft hier Abhilfe und ermöglicht eine relativ einfache Überprüfung oder Korrektur der eingesetzten Teleskope.



Abb. 14: Ausrichtung des Hotech-Kollimators mittels Justierlaser und stabilem Fotostativ [8].

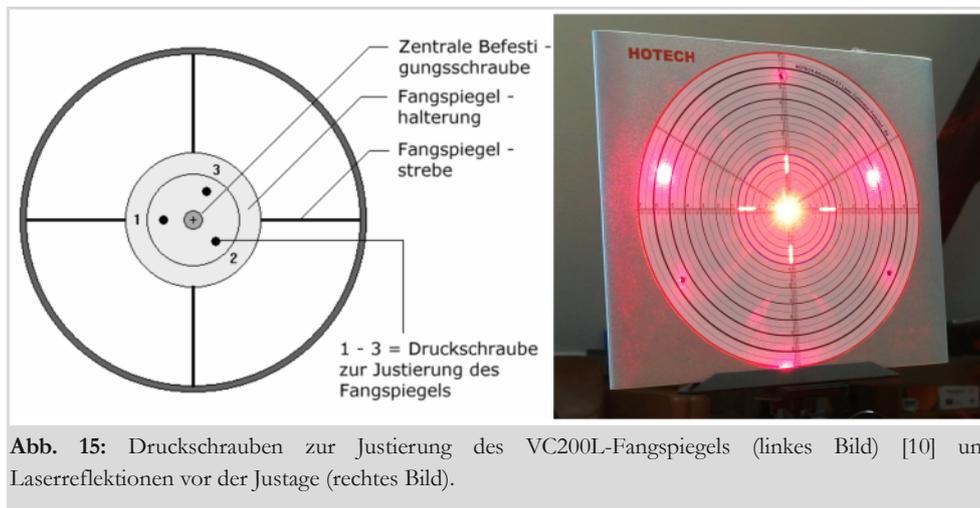


Abb. 15: Druckschrauben zur Justierung des VC200L-Fangspiegels (linkes Bild) [10] und Laserreflektionen vor der Justage (rechtes Bild).

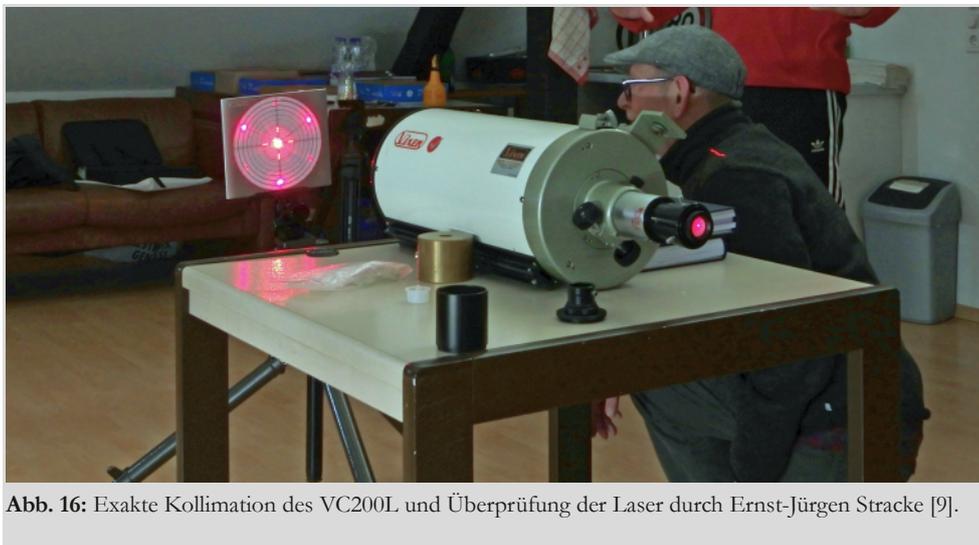


Abb. 16: Exakte Kollimation des VC200L und Überprüfung der Laser durch Ernst-Jürgen Stracke [9].



Abb. 17: Ausrichtung des 10⁶ Meade SC-Teleskops an dem Hotech-Kollimator mit vereinten Kräften [9].



Abb. 18: Testaufnahme des Kraters Gassendi und seiner Umgebung mit 2.800 mm Brennweite.

Literaturhinweise

- [1] Kai-Oliver Detken: Schmidt-Cassegrain-Teleskope werden zu Astrographen: Nutzung hoher Lichtstärke durch HyperStar. Die Himmelspolizey, Ausgabe 02/17, Heft-Nr. 50, Vereinszeitschrift der Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V., ISSN 1867-9471, Lilienthal 2017
- [2] HyperStar-Seite von Starizona: <https://starizona.com/products/hyperstar-c11-v4>
- [3] R. Carboni: Diagram of a simple collimating lens. In this example, uncollimated light diverging from a point source (i.e., a laser diode) enters the lens from the left and is focused into a beam of parallel, collimated light. Creative Commons Attribution 3.0 Unported license
- [4] HyperStar-Bedienungsanleitung von Baader Planetarium: <http://bapl.gmbh/celestron-hyperstar/download/anleitung.pdf>
- [5] Al's Collimation Aid, Version 1.1: <https://stargazerslounge.com/topic/136286-als-collaid-sct-collimating-assistant>
- [6] Hotech-HyperStar-Kollimator: <http://www.hotechusa.com/HyperStar-laser-collimator-s/71.htm>
- [7] Marcel Drechsler: Schnell, schneller, RASA – Astrofotografie auf der Überholspur: <https://www.youtube.com/watch?v=JfAl53EQatw>
- [8] Bild von Ernst-Jürgen Stracke
- [9] Bild von Jürgen Ruddek
- [10] Die Vixen Cassegrain-Teleskope VC200L/VMC200L/VMC260L/VMC330L: https://nimax-img.de/Produktdownloads/5737_1_Anleitung.pdf. Abbildung aus der Vixen-Anleitung zur Kollimation von Vixen Europe GmbH in Willich

DIE VIXEN SENSOR – EINE KLASSISCHE MONTIERUNG

von JÜRGEN RUDDEK, *Lilienthal*

Im Mai 2019 bekam die AVL eine parallaktische Montierung nebst Säule, Holzstativ, Steuerung und weiterem Zubehör mit einem Celestron C8-Teleskop geschenkt. Der Besitzer aus Lilienthal benötigte sie nicht mehr. Die Ausrüstung wurde von Gerald Willems und Ernst-Jürgen Stracke bei ihm zu Hause abgeholt und zur Vereinssternwarte nach Würden gebracht. Die Begutachtung der Teile und der Aufbau mit einem ersten Funktionstest erfolgten bereits einige Tage später von Ernst-Jürgen und mir (Abb. 1-3).

Auf der Montierung, für die keine Beschreibung oder Anleitung vorhanden war, befand sich weder ein Typenschild noch ein Symbol, das auf den Hersteller oder das Modell schließen ließ. Aufgrund der schwarzen Lackierung vermuteten wir erst, dass es sich vielleicht um eine ältere leichte Losmandy Montierung handelt, aber im Internet war anhand der Suchkriterien keine passende Abbildung zu finden. Erst die Recherche über eine Bildersuche führte über die Vixen SATURN Montierung, die der erworbenen recht ähnlich sieht, zum Ergebnis: Wir hatten eine Vixen SENSOR Montierung aus den 80er Jahren mit angeflanschten Motoren nebst Steuerbox erhalten (Abb. 5) [2].



Abb. 1: Die Vixen SENSOR Montierung auf dem Säulenstativ in Würden bei den AVL-Sternwarten.

Alle nicht anders gekennzeichneten Abbildungen vom Autor

Die SENSOR Montierung ist bereits ein Klassiker. In verschiedenen Verkaufsbroschüren wird sie auch unter der Bezeichnung Vixen POLARIS 3000 geführt (Abb. 6) [1] bzw. unter dem Label Tasco vertrieben [6]. In den Prospekten der Fa. Tasco entspricht die Vixen SENSOR der Nr. 7701 (Abb. 8 und 9) [3, 4]. Da die 7701 für Teleskope mit größeren Durchmessern gedacht ist, gehen wir davon aus, dass es sich bei unserer Montierung um die Tasco 7701 bzw. Polaris 3000 handelt. Die Nummern mit den dazugehörigen Abbildungen sind in den Broschüren nicht einheitlich; vermutlich wurde das Foto in Abb. 7 vertauscht. Ein eingraviertes „V“ an verschiedenen Stellen

soll auf den Hersteller Vixen hinweisen. Diese Gravur haben wir nicht gefunden. Der Fuß der Montierung ist in den Abbildungen nicht einheitlich, sodass dieses Merkmal nicht zur Klärung des Modells herangezogen werden kann. Möglicherweise wurde dieser zu einem späteren Zeitpunkt abgewandelt. Das Eigengewicht der Montierung beträgt – ohne Gegengewichte – aufgrund der soliden Bauweise stattliche 17 kg. Die Gegengewichte werden mit 3,7 kg angegeben (s. Abb. 5) [2]. Auffällig an der Montierung ist die 25 mm dicke Schraubachse, an der die Gegengewichte befestigt werden. Für die Befestigung eines 8-Zoll Teleskops wurde ein Ausbausatz angeboten, der aus einer Vorrichtung in Form eines Fotostativadapters besteht [1, S. 47]. Das Teleskop wird auf eine fest verschraubte Platte mit Langlöchern gesetzt und mit zwei Rändelschrauben von unten befestigt. Die Montierung lässt sich fotografisch nutzen, da sich beide Achsen motorisch nachführen lassen. Als Zubehör wurden verschiedene Steuerungen angeboten, mit der die Montierung elektrisch betrieben werden kann. Die Verbindung der Motoren zur Handsteuerbox erfolgte über seinerzeit übliche Diodenstecker. Unser Modell wird mit der DMD-I betrieben (Abb. 4). DMD steht für Dual



Abb. 2 und Abb 3: Detailansichten der Vixen SENSOR Montierung.

Motor Drive. Mit ihr ist es möglich, zwei Geschwindigkeiten auszuwählen, 2 mal und 8 mal. In Rektazension stoppt der Motor, sobald die linke Taste gedrückt wird. Der linke Schalter kann in 2 Stellungen gebracht werden: Vorwärts, also für die Verwendung auf der Nordhalbkugel und rückwärts für die südliche Hemisphäre.

Das mitgelieferte Netzteil liefert die gewünschte Spannung in Höhe von 9 V. Ein zusätzlich angebrachter Aufkleber weist darauf hin, dass die Montierung mit einer Spannung von 6-12 V betrieben werden kann. Entgegen den heutigen Niederspannungssteckern ist hier die Polarität umgekehrt verdrahtet: außen positiv und innen negativ.

Die mitgelieferte Stahlsäule ist für den Einsatz in Sternwarten gedacht. Sie ist besonders stabil und hat eine Höhe von 95 cm. Laut Herstellerangabe kann sie ein Gewicht von 40 kg tragen.

Zum praktischen Einsatz ist die Montierung bisher noch nicht gekommen. Für öffentliche Veranstaltungen, wie der Astronomietag, kann sie jederzeit aufgestellt und sofort in Betrieb genommen werden.



Abb. 4: Die Handsteuerbox DMD-I.

PRÄZISION + STABILITÄT =

Montierung/Technische Daten	Polaris	Superpolaris	Sensor	Saturn
Achsendurchmesser	20 mm	50 mm	25 mm	40 mm
- Rektaszension	24,5 mm	25 mm	35 mm	40 mm
- Deklination	ca. 150 mm	ca. 200 mm	ca. 250 mm	ca. 300 mm
Reflektor bis Ø	ca. 90 mm	ca. 100 mm	ca. 200 mm	ca. 200 mm
Gewicht Achsenkreuz	7 kg	8,5 kg	17 kg	22 kg
Gegengewicht	2,8 kg	3,7 kg	3,7 kg	4,2 kg
Feinbewegung in beiden Achsen	•	•	•	•
Nachführmotor	•	•	•	•
Rektaszension, 6-12 V	•	•	•	•
Nachführmotor	•	•	•	•
Rekt./Dekl., 6-12 V	•	•	•	•
Computersteuerung	•	•	•	•
Skysensor, 12 V	•	•	•	•
Polsucher	•	•	•	•
Polaris	•	•	•	•
Polhöhen- und Azimut-Feineinstellungen	•	•	•	•
Gravierte Teilkreise	•	•	•	•
Einstellkreis für die geographische Breite	•	•	•	•
Dosenribbelle	•	•	•	•

104000	Polarismontierung (inkl. Stativaufsatz, Wellen und Gegengewicht)	DM 590,00
104050	Super Polarismontierung (inkl. Wellen, Gegengewicht 3700 g, Polsucherfernrohr, Beleuchtung für Polsucher)	DM 940,00
104100	Sensormontierung (inkl. Stativaufsatz, Wellen, Gegengewicht 3700 g, Polsucherfernrohr, Beleuchtung für Polsucher)	DM 2.350,00
104200	Saturnmontierung (inkl. Skalenadapter, Wellen, Gegengewicht 4200 g, Polsucherfernrohr, Beleuchtung für Polsucher)	DM 2.950,00
103570	Polsucherfernrohr mit Beleuchtung	DM 166,00
103571	Beleuchtung für Polsucher einzeln	DM 39,00
103565	Nachführmotor MD-5 (bitte angeben, ob für Polaris-, Sensor- oder Saturnmontierung)	DM 350,00
103800	Nachführmotor SP Rektaszension (für Super Polaris)	DM 370,00
103820	Nachführmotor-Set SP Rektaszension und Deklination (für Super Polaris)	DM 680,00
103840	Skysensor (Computer inkl. Rektaszensions- und Deklinationsmotor für Super Polaris)	DM 1.600,00
103850	Netzteil für Skysensor 220 V/50 Hz, 3 A	DM 132,00
103566	Netzteil 220 V/50 Hz (für MD-5 und SP Motoren)	DM 45,00
103573	Autobatterieschluß über Zigarettenanzünder (für MD-5 und SP Motoren)	DM 29,00

Dr. Vehrenberg KG
4000 Düsseldorf 1
Schillerstraße 17
Postfach 140365
Telefon (02 11) 6720 89/67 20 80
Telex 8586693

Abb. 5: Vixen Montierungen der 80er Jahre im Vergleich [2, S. 1].

POLARIS 3000

DIE SCHWERE SYSTEM-MONTIERUNG POLARIS 3000 MIT POLSUCHER

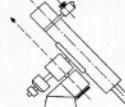
Mit einem Gesamtgewicht von 21,5 Kilogramm gehört die System-Montierung POLARIS 3000 zur Klasse der schweren Montierungen. Sie wurde aus dem kleineren Modell POLARIS 2000 entwickelt und weist deshalb alle Eigenschaften des Polarsensuchersystems auf, d.h. auch hier geschieht die parallaktisch exakte Aufstellung durch Peilung des Polarsterns durch die Polachse der Montierung.

Diese Einrichtung ist gerade für Montierungen dieser Größenordnung unumgänglich: denn mit größeren Optiken wächst die Vergrößerung bei visueller und besonders bei fotografischer Beobachtung stark an.

Die punktgenaue fotografisch nutzbare Nachführung wird bei diesen Vergrößerungsfaktoren ein immer schwerer zu erreichendes Ziel. Nicht so bei der POLARIS 3000: ein großzügig dimensioniertes Montierungskonzept mit Feinbewegung in 4 Achsen und Polachsenpeilung sowie einer elektrischen Nachführung mit Quartzsteuerung ermöglicht die

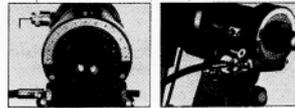
ASTROFOTOGRAFIE DURCH DAS HAUPTROHR, zumal langbrennweitige Leitrohre und Fadenkreuzsysteme zur exakten Korrelation zur Verfügung stehen.

DIE POLARE JUSTIERUNG



A. Bei herkömmlichen Montierungen ist die Polachse (Pfeil) geschlossen, es müssen also indirekte Methoden zur parallaktischen Aufstellung herangezogen werden.

B. Das POLARSENUCHERSYSTEM der POLARIS 3000 hingegen stellt eine direkte Methode für die exakte bogenskundengenaue parallaktische Justage des gesamten Instruments dar. Durch Einstellung von Beobachtungsdatum und Beobachtungsstunde auf den Kreisskalen (mit LED-Beleuchtungseinheit beleuchtbar) wird der Polarstern (im Gesichtsfeld des Polsucherokulars) zum Richtungsweiser zum wahren Himmelpol. Die anschließende präzise Justage übernimmt eine Fadenkreuz-Fadenkreis Kombination im Polspektiv (4,5x20cm)



ZUBEHÖR

Ein quartzgesteuerter elektrischer Impulsmotor sorgt für die automatische Nachführung des gesamten Instruments.

Eine LED-Beleuchtungseinheit erfüllt die Aufgabe, extern den Skalenteil und intern Fadensysteme hinreichend zu beleuchten.

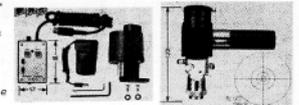


Abb. 6: Beschreibung der Vixen SENSOR unter der Bezeichnung Polaris 3000 [1, S. 45].

ZUBEHÖR FÜR TELESKOPE

Tasco bietet Ihnen einige interessante Neuigkeiten an, damit Sie einfacher und genauer beobachten können.

Nr. 7700

Neue systematische parallaktische Montierung zur schnellen Einstellung der Polachse

Die Montierung hat einen Datums- und Stundenkreis. Mit deren Hilfe und mit dem Polarsensucherfernrohr können Sie die Polaris-Einstellung einfach und ohne komplizierte Kalkulationen durchführen. Korrektur zur wahren Ortszeit wird mit spezieller Skala eingestellt. Mikro Höhen- und Azimutführung von äußerster Präzision erlauben es, die Polachse und Erdachse parallel einzustellen. Dies ist besonders für Astrofotografie wichtig.

Alle Antriebskupplungen sind gegen Schmutz und Feuchtigkeit geschützt. Höhen- und Seitenfeineinstellung werden mit handlichen Knöpfen äußerst präzise durchgeführt.

Die Einstellkreise ermöglichen das Auffinden kleinster Sterne, die mit bloßem Auge kaum zu erkennen sind. Die Montierung kann für Anfänger auch als Alt-Azimuth-Montierung benutzt werden.

Nachführmotor mit Batterie- und Netzantrieb ist auf Extra-Bestellung lieferbar. Gegengewichte auf Endlos-Gewinde ermöglichen ein einfaches Ausbalancieren des Teleskops.

Die Montierung ist in zwei Ausführungen lieferbar:

7700
Für Teleskoprohre von 63, 90, 125 oder 155 mm Durchmesser. Hier kann ein Polarsensucherfernrohr nachträglich eingebaut werden.

7701
Für Teleskoprohre von 112 und 200 mm Durchmesser. Hier ist das Polarsensucherfernrohr eingebaut.

Halterungen für die verschiedenen Rohre sind lieferbar und können mit der Auflageplatte verschraubt werden.

Zu den Montierungen gibt es stabile Stativbeine aus Aluminium oder Holz in verschiedener Höhe.

Nr. 7701

Abb. 7: Tasco-Broschüre mit den Montierungen Nr. 7700 und 7701. Hier wurden vermutlich die Abbildungen vertauscht [6, S. 1].

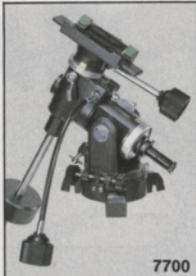
SONDERPOSTEN: MONTIERUNGEN, OPTIKEN, OKULARE UND ZUBEHÖR (Listenpreis in Klammern)	
Optik mit Tubus 125/1 000 mm.....	DM 580,- (DM 795,-)
Optik mit Tubus 160/900 mm.....	DM 960,- (DM 1 795,-)
POLARIS 2 000 (7 700)	
mit Polspektiv, Stativ (s. o.).....	DM 580,- (DM 950,-)
POLARIS 3 000 (7 701)	
mit Polspektiv, Stativ (s. o.).....	DM 1 480,- (DM 2 750,-)
OKULARE	
orthoskopisch 5 mm, 18 mm.....	DM 42,- (DM 69,-)
Kellner 25 mm.....	DM 32,- (DM 59,-)
Mittenzwey 12,5 mm.....	DM 29,- (DM 49,-)
Mond- oder Sonnenfilter (dazu).....	DM 8,50
Achromatische Barlow-2 x.....	DM 32,- (DM 59,-)
Kamera-Adapter f. a. Marken.....	DM 50,- (DM 78,-)




Abb. 8: Sonderposten-Preisliste mit Abbildungen der Tasco-Montierungen 7700 und 7701 [3].

tasco®

ZUBEHÖR



7700

**Parallaktische Systemmontierung, Zwei Einstellkreise.
Sonderzubehör: Rohrschellen, Gegengewichte.**

7700 Für Rohrdurchmesser
Reflektor: 63 mm, 90 mm
Reflektor: 140 mm, 155 mm

Sonderzubehör:
3270 Polachsensucherfernrohr
77001 Neiger f. nördliche Breiten



7701

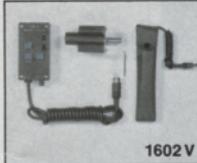
7701 mit Polachsensucherfernrohr für
Rohrdurchmesser
Reflektor: 114 mm
Reflektor: 200 mm



T2-Ring

7601/7602

7601 Kamera Teleskop Adapter für Refraktoren
7602 Kamera Teleskop Adapter für Refraktoren (ohne Abbildung)
Mit und ohne Okular benutzbar. Für Teleskope mit 24,5 mm Tubusdurchmesser.
Für alle Systemkameras mit Wechselobjektiven. Gewinde für T2-Ringe.
(T2-Ringe Sonderzubehör) Bei Bestellung Kameramodelle angeben.



1602 V

1602 V Nachführmotor: Oszillierend,
quartzesteuert mit Batteriean-
trieb, Genauigkeit $\pm 0,01$ sec.
1602 VNP für Montierung 7700,
1602 VSS für Montierung 7701,
1602 T Netzanschluß (VDE) hierfür
(ohne Abbildung)



3570

3570 Polachsensucherfernrohr
mit Beleuchtung.
3570 S Polachsensucherfernrohr
3570 L Beleuchtung für
Polachsensucherfernrohr

Abb. 9: Tasco-Zubehörliste mit Abbildungen der Montierungen Nr. 7700 und 7701 [6, S. 12].

Literaturhinweise

- [1] http://www.holgermerlitz.de/astro/astro_versand_83.pdf
- [2] http://www.holgermerlitz.de/astro/suw_03_85.pdf
- [3] http://www.holgermerlitz.de/astro/suw_11_84.pdf
- [4] http://www.holgermerlitz.de/astro/tasco_84.pdf
- [5] https://www.montidatenbank.de/Montierungen_Visuell_select.php
- [6] <https://www.yumpu.com/de/document/read/3223126/tasco-zubehon-run-teleskope>

Weitere Quellen zur Vixen Sensor

- http://www.amateurastronomie.com/klassiker/reflektoren_katadiopter/vixensensor2001000/index.htm
- http://www.astrotreff.de/topic.asp?TOPIC_ID=219764
- http://www.holgermerlitz.de/astro/astro_80er.html
- <http://yumarin7.sakura.ne.jp/Csiryu.html> https://www.montidatenbank.de/Montierungen_Visuell_select.php
- <https://cg-5.de/>
- <https://www.facebook.com/groups/1101191130018058/> (Klassische Teleskope, priv. Gruppe)

WIE KAM ALBERT EINSTEIN AUF DIE FORMEL $E=m \cdot c^2$?

Eine kurze Geschichte der Speziellen Relativitätstheorie

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

Das Weltbild der klassischen Physik, der Mechanik, war recht anschaulich. Durch einen absoluten Raum bewegen sich Massenpunkte, die auf vielfache Weise Wechselwirkungen untereinander ausüben. Der Raum und die Materie werden von einem feinen Stoff durchdrungen, dem Äther, der diese Wechselwirkungen (z. B. die Gravitation) vermittelt. Und überall herrschte dieselbe absolute Zeit.

Die Ätherhypothese stammte von Huygens und Descartes. Dem Äther kamen recht widersprüchliche Eigenschaften zu. Einerseits musste er flüchtig sein (er hätte ja sonst Planetenbewegungen gebremst), andererseits musste er zur Übertragung von Wechselwirkungen eine gewisse Steifigkeit besitzen. Dennoch beherrschte er das physikalische Denken bis Anfang des 20. Jahrhunderts.

Um nun Massenpunkte zueinander in Beziehung zu setzen bedurfte es eines Systems von Transformationsgleichungen zwischen den jeweiligen massenpunkteigenen Koordinatensystemen. Man kann sich deren Strukturen gut am Beispiel eines von links nach rechts vorbeifahrenden Zuges klarmachen. Unser eigenes Koordinatensystem wollen wir als das „ruhende“, das ungestrichene, bezeichnen, das System des Zuges als das des „bewegten“, gestrichenen Systems. x und x' -Achse sollen zusammenfallen. Fährt der Zug mit 120 km/h und fährt Punkt 12 Uhr am Beobachter vorbei, dann befindet er sich um 11 h 59 min 2 km links vom Beobachter (also bei $-x$) und um 12 h 1min 2 km rechts vom Beobachter bei $+x$. Diese Situation wird also korrekt beschrieben durch folgende Transformationsgleichungen (wenn v die Geschwindigkeit ist, mit der sich das gestrichene System bewegt) [3,4]:

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t = t'$$

und umgekehrt $x = x' + vt$

Diese Transformationgleichungen waren jahrzehntelang Konsens und tragen erst seit 1909 nach einem Vorschlag von Philipp Frank den Namen „Galilei-Transformation“.

Wie transformieren sich in diesem System elementare Größen? Hier einige wichtige Beispiele:

1. Transformation eines Maßstabes: Ein Maßstab der Länge $l' = \Delta x' = \Delta x = l$ ist in beiden Systemen gleichlang.
2. Transformation der Zeit: Zwei synchronisierte Uhren zeigen in beiden Systemen dieselbe Zeit. Ein Zeitintervall $\Delta t' = \Delta t$ ist in beiden Systemen identisch.
3. Transformation von Geschwindigkeit, Masse und Impuls:

$$p' = m \cdot \frac{dx'}{dt'} = m \cdot \frac{d}{dt'}(x - vt) = m \left(\frac{dx}{dt} - v \right)$$
 D.h. Geschwindigkeiten addieren sich, somit auch die Impulse und die Masse bleibt unverändert.
4. Transformation der Energie: Arbeit ist

Kraft mal Weg, Kraft ist Masse mal Beschleunigung. Eine Kraft im gestrichenen System transformiert sich wie folgt:

$$K' = m \cdot \frac{d^2 x'}{dt'^2} = m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = K$$

bleibt also unverändert, somit auch die Energie.

Eine typische Wechselwirkung innerhalb eines Systems von Massenpunkten ist die Welle. Man kann wesentliche Eigenschaften derselben studieren, wenn man sich auf einen Steg über einem ruhigen Weiher versetzt und dann von seinem Standpunkt A aus (z. B. über einen Stein-

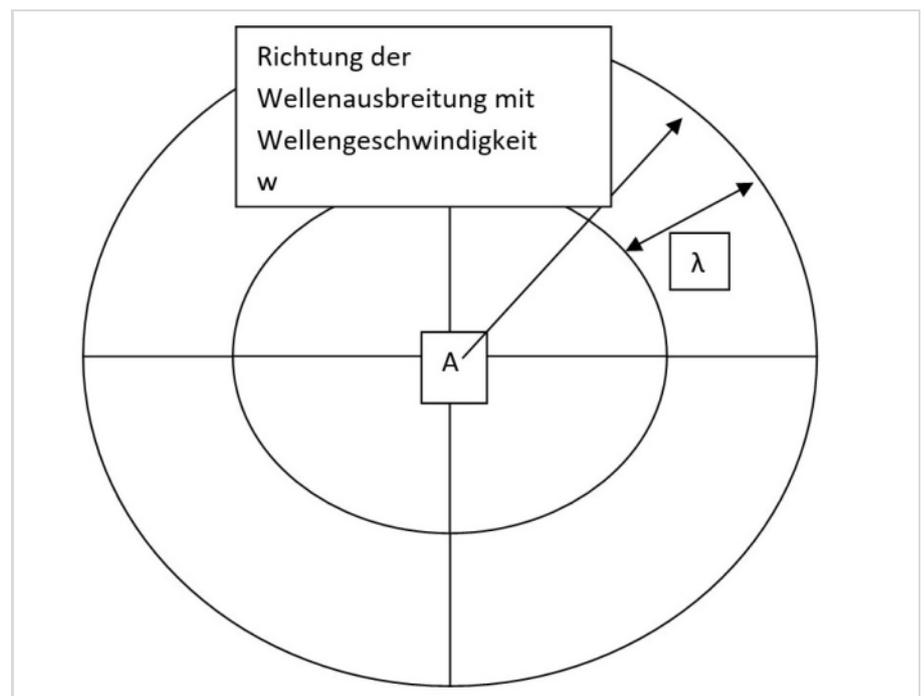


Abb. 1: Ausbreitung einer Welle in einem Weiher (ruhender Beobachter).
 Alle Abbildungen vom Autor.

wurf) eine Welle auslöst (siehe Abb. 1). Man sieht dann, dass sich eine Wellenfront kreisförmig über der Wasseroberfläche ausbreitet, gefolgt von konzentrischen schwächeren Wellenfronten (erzeugt durch Nachschwingungen an der Auslösestelle). Den Abstand zwischen zwei Wellenbergen nennt man Wellenlänge λ ; die Schwingungsfrequenz der Welle ν , bzw. $\omega = 2\pi\nu$. Schließlich ergibt sich aus Frequenz und Wellenlänge die Wellengeschwindigkeit $w = \lambda\nu$, die für den ruhenden Beobachter in jeder Richtung gleich ist. Eine mathematische Beschreibung der Welle muss eine Funktion von Zeit und Ort darstellen. Eine gute Annäherung ist eine Sinusfunktion der Gestalt:

$$y = y_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \omega \cdot t\right) \quad (2)$$

Das oben genannte Additionstheorem im Rahmen der Galileitransformation gilt auch für Wellen. Wir können uns das am Beispiel des bewegten Beobachters klar machen, der nicht auf einem Steg sitzt,

sondern die Welle in Position A von einem langsam in + x-Richtung mit der Geschwindigkeit v gleitenden Boot aus auslöst. Die jetzige Situation lässt sich aus Abb. 2 ersehen.

In der Zeit t gleitet das Boot von A nach B. In Position B misst der dahingleitende Beobachter mittels eines Maßstabs längs seiner (mittlerweile nach rechts verrückten) Achsen seines gestrichenen Koordinatensystems in $+x'$, in $-x'$ und in $+y'$ -Richtung die Entfernung der von A ausgehenden Wellenfront, teilt diese durch t und kann so die Wellengeschwindigkeit aus SEINER Position bestimmen. Sie beträgt in Fahrtrichtung $w+v$, gegen die Fahrtrichtung $w-v$ und senkrecht dazu (Satz des Pythagoras) $\sqrt{w^2-v^2}$

Aus Sicht dieses sich bewegenden Beobachters ist also die Wellengeschwindigkeit im Gegensatz zum o.g. ruhenden Beobachter richtungsabhängig. Oder anders ausgedrückt: die Wellengeschwindigkeit ist mediumbezogen und nicht Galilei-invariant.

Wie funktioniert der Mechanismus der Wellenerzeugung [5]? Dazu stellen wir uns eine beliebig lange, straff gespannte Saite vor, beschrieben durch die Funktion $y = f(x,t)$. Wird diese an der Stelle x um y ausgelenkt, so entsteht im Saitenverlauf an der Auslenkungsstelle eine Krümmung. Je stärker die Auslenkung, umso stärker ist die Saitenkrümmung und damit das rückstellende Moment. Die Krümmung wird beschrieben durch die zweite Ableitung von $f(x,t)$ nach x . Die rückstellende Kraft ist, wie alle Kräfte, proportional zur Beschleunigung zur Ruhelage hin, beschrieben durch die zweite Ableitung von $f(x,t)$ nach t . Lässt man nun die Saite (an einem gedachten Massenpunkt) los, so wird sie hin- und her schwingen und diese Schwingung an die benachbarten Massenpunkte übertragen, d.h.: es entsteht eine Welle. Somit gilt die Beziehung:

$$\frac{d^2 f(x,t)}{dt^2} \sim \frac{d^2 f(x,t)}{dx^2}$$

Vorsehen mit einer Proportionalitätskonstante a erhalten wir:

$$\frac{d^2 f(x,t)}{dt^2} = a \cdot \frac{d^2 f(x,t)}{dx^2} \quad (3)$$

Dies ist die nach d'Alambert benannte Wellenfunktion. a ist materialabhängig und im Beispiel gleich dem Verhältnis aus Seilspannung und Seildichte. Seine Dimension ist die einer Geschwindigkeit zum Quadrat. Welche Geschwindigkeit? Das finden wir durch Einsetzen von (2) in (3). Man erhält:

$$\frac{d^2 f(x,t)}{dt^2} = -y_0 \cdot \omega^2 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \omega \cdot t\right)$$

und genauso

$$\frac{d^2 f(x,t)}{dx^2} = -y_0 \cdot \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \omega \cdot t\right)$$

Somit:

$$\omega^2 = a \cdot \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

Also:

$$a = (\lambda \cdot \nu)^2 = w^2$$

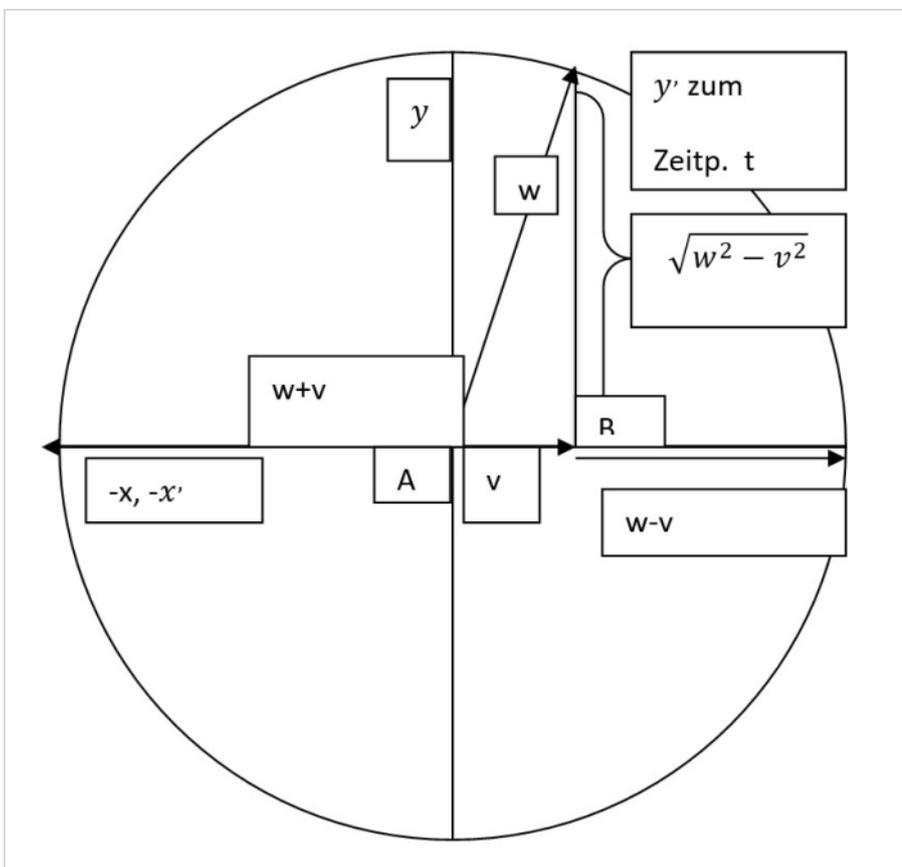


Abb. 2: Ausbreitung einer Welle in einem Weiler (sich bewegender Beobachter).

d.h. die Wellengeschwindigkeit zum Quadrat. Und diese Welle bewegt sich umso schneller, je straffer das Seil gespannt ist und je leichter es ist.

Das d'Alambertsche Prinzip gilt allgemein. Auf diese Weise lässt sich z.B. die Schallgeschwindigkeit berechnen (hier sind die bestimmenden Parameter Luftdichte und Kompressibilität). Die Physiker des 18. Jahrhunderts haben sich intensiv mit diesen Problemen beschäftigt.

Aber Ende des 18., Anfang des 19. Jahrhunderts wendeten die Physiker immer intensiver ihr Interesse den Problemen der Elektrodynamik zu. Von den vielen Einzelheiten, die hier entdeckt wurden, interessiert uns hier nur Folgendes: Es gibt elektrische Ladungen von positivem und negativem Vorzeichen, die ein ganzzahliges Vielfaches einer Elementarladung sind (was das allerdings ist, das weiß so recht niemand). Diese Ladungsansammlungen sind die Quellen elektrischer E-Felder (erkennbar an der Kraft, die auf eine im E-Feld befindliche elektrische Probeladung ausgeübt wird). Quellstärke und Feldstärke sind einander proportional, wobei bei der Umrechnung eine Naturkonstante, die elektrische Konstante $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ auftritt.

1820 entdeckte Oerstedt, dass in der Umgebung bewegter Ladungen, also rings um einen elektrischen Strom, ein Magnetfeld existiert, so dass sich letztlich mittels einer Spule dasselbe magnetische Feld erzeugen lässt, wie dies bei einem Stabmagneten der Fall ist. Zwischen der Quellstärke des Magnetismus und dem des magnetischen B-Feldes vermittelt ebenfalls eine Naturkonstante, die magnetische Konstante $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Eine weitere wichtige Entdeckung betraf die elektromagnetische Induktion. Ein zeitlich verändertes magnetisches B-Feld erzeugt rings um sich ein zeitlich verändertes elektrisches E-Feld und dieses

wiederum um sich ein B-Feld usw. Die Folgerung lag daher nahe, dass es auch elektromagnetische Wellen geben müsste. Man kann nun nach dem Verfahren von d'Alambert auch hier eine Wellengleichung aufstellen. Sie lautet letztendlich:

$$\frac{d^2 B(x,t)}{dt^2} = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} \cdot \frac{d^2 B(x,t)}{dx^2} \quad (4)$$

Nun kann jeder einen Taschenrechner zur Hand nehmen und die Wellengeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen aus den bekannten Naturkonstanten ausrechnen. Das Ergebnis lautet, wenn wir diese Geschwindigkeit c nennen: $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99 \dots \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, also die bekannte Lichtgeschwindigkeit. D.h.: Licht stellt eine Form elektromagnetischer Wellen dar, und die Lichtgeschwindigkeit ist eine Naturkonstante. Diese Erkenntnisse kamen für die Physiker Mitte des 19. Jahrhunderts reichlich überraschend.

Geprägt vom Denken der klassischen Mechanik konnten es sich die Physiker nicht anders vorstellen, dass auch für c ein Medium existiert. Dieses Medium sollte der im absoluten Raum verbreitete Äther sein. Aufgrund des hohen Wertes von c hätte er extrem steif sein müssen, ein Riesenwiderspruch zu seiner postulierten Flüchtigkeit. Doch wie auch immer: es galt jetzt eines experimentell nachzuweisen, nämlich die Bewegung der Erde relativ zum Äther. Diese Bewegung sollte mit einer der berühmtesten Experi-

mentieranordnungen der Physikgeschichte nachgewiesen werden, dem Interferometer von Michelson und Morley (erstmal 1881).

In diesem Interferometer tritt aus einer Lichtquelle ein gebündelter Lichtstrahl auf einen halbdurchlässigen Spiegel. Die so entstehenden beiden Lichtstrahlen werden senkrecht zueinander in gleichlangen Tuben der Länge l jeweils von einem Spiegel reflektiert und vereinen sich wieder auf dem halbdurchlässigen Spiegel. Dies führt zu einem Interferenzmuster, das sich auf einem Schirm beobachten lässt. Das Interferometer ist so ausgerichtet, dass in x-Richtung die größte Geschwindigkeit im Verhältnis zum vermeintlichen Äther herrscht (Rotation der Erde um die Sonne mit 30 km/s), ungefähr in Ost-West-Richtung.

Nun tritt genau die Situation auf, die wir in Abb. 2 skizziert haben: Wir sind die mit Geschwindigkeit v durch den Äther sich bewegenden Beobachter. In x-Richtung hat der Lichtstrahl die Geschwindigkeiten $c - v$ und $c + v$, in y-Richtung die Geschwindigkeit $\sqrt{c^2 - v^2}$.

Man kann nun leicht ausrechnen, dass es zwischen den beiden Lichtstrahlen eine von der Geschwindigkeit v der Erde durch den Äther abhängige Laufzeitdifferenz geben muss. Die Laufzeit in x-Richtung beträgt:

$$t_x = l \cdot \left(\frac{1}{c-v} + \frac{1}{c+v} \right) = \frac{2l}{c} \cdot \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx \frac{2l}{c} \cdot \left(1 + \frac{v^2}{c^2} \right)$$

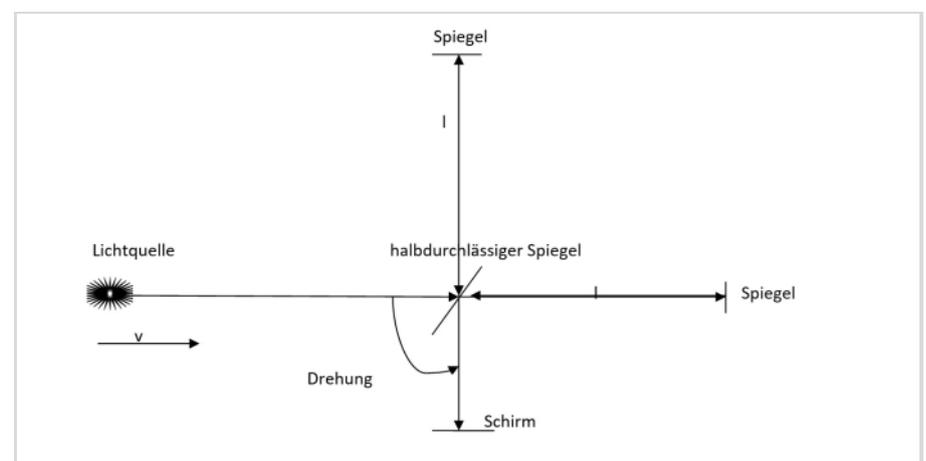


Abb. 3: Das Michelson-Morley-Experiment.

In der dazu senkrechten Richtung hat man:

$$\frac{2l}{\sqrt{c^2-v^2}} = \frac{2l'}{c} \cdot \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Die Laufzeit ist also längs der x-Achse länger als längs der y-Achse, natürlich immer vorausgesetzt, unsere Annahme über den Ätherwind ist richtig.

Dem Interferenzmuster auf dem Schirm kann man diese Laufzeitdifferenz nicht ansehen. Das müsste sich aber fundamental ändern, wenn man das Interferometer um 90° dreht. In diesem Fall vertauschen sich x- und y-Achse in Bezug auf den Ätherwind und somit auch die jeweiligen Laufzeiten. Bei einer l-Länge von 20 m (so der Stand 1887) und einem angenommenen Ätherwind von 30 km/sec hätte man eine Verschiebung des Interferenzmusters um eine Linienbreite beobachten müssen. Man sah nichts dergleichen, egal in welche Richtung man das Interferometer drehte. Offenbar gab es keinen Ätherwind.

Da hatte H.A. Lorentz 1891 folgende Idee: Er postulierte, dass der in Richtung des Ätherwinds gerichtete Arm sich durch den Einfluss dieses Windes so verkürzt, dass sich der Laufzeitunterschied aufhebt, d.h. dass gilt: $t_x = t_y$. Nennen wir die verkürzte Strecke l' , so folgt:

$$\frac{2l'}{\sqrt{c^2-v^2}} = \frac{2l}{c} \cdot \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

und daraus:

$$l' = l \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \quad (5)$$

Dies ist die berühmte Lorentz-Kontraktion, der wir gleich noch einmal begegnen werden.

Es lohnt sich innezuhalten und sich klarzumachen, dass es in diesem Bild (genauso, wie in unserem obigen Beispiel der Wellenerzeugung in einem Weiher) ein ausgezeichnetes Koordinatensystem gibt. Dies ist der absolute Raum mit dem ihn erfüllenden Äther. Nur hier hat die Lichtgeschwindigkeit den Wert c . Ein mit der Geschwindigkeit v vorbeigleitendes System (hier die Erde) ist nicht gleichbe-

rechtigt. Ein Stab der Länge l verkürzt sich je nach Geschwindigkeit v um den obigen Faktor. Dies gilt laut Lorentz auch für die Zeit. Und so falsch dies Gesamtbild aus unserer heutigen Sicht auch ist, so hat Lorentz mit seiner Kontraktion an das Tabu des starren Stabes (s.o.) gerührt und war für Einstein ein Wegbereiter.

Im Juni 1905 wurde den Annalen der Physik ein Artikel von einem Herrn Albert Einstein (damals Beamter III. Klasse am Patentamt in Bern, nichtpromoviert) zugesandt, der sich schon im März desselben Jahres mit seiner Lichtquantenhypothese bemerkbar gemacht hatte. Dieser trug den Titel: „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ [1] und zerstört mit einem Schlag das bisher gültige physikalische Weltbild. Schon durch die Tatsache, dass die Bewegung eines Magneten relativ zu einer Spule zum selben induzierten Stromstoß führt, wie umgekehrt die Bewegung einer Spule relativ zu einem Magneten, verwirft Einstein den absoluten Raum. Gleichzeitig verwirft er den Äther, da experimentell nicht nachweisbar. Die Lichtgeschwindigkeit c behandelt er als universelle Naturkonstante. Weiterhin kehrte er zu den Prinzipien der Galilei-Transformation zurück und erklärte alle relativ zueinander bewegten Systeme als gleichwertig. Und schließlich beendet er den Glauben an die „absolute Zeit“, indem er auf die Lichtlaufzeiten hinweist und diese bei der Zeitsynchronisation mitberücksichtigt. Eine z. B. auf dem Mond angebrachte Uhr (1 Lichtsekunde entfernt) ist synchronisiert, wenn ich auf meiner Uhr 12 Uhr und auf der Monduhr 11h, 59min, 59sec sehe.

Wer nun glaubt, dass Prinzip der absoluten Zeit käme durch diese Synchronisation durch die Hintertür zurück, der sieht sich getäuscht. Gleichzeitigkeit herrscht nur im Rahmen ein und desselben Koordinatensystems. Ein relativ dazu bewegtes System erkennt eben durch die Bewegung (Änderung der Lichtmessstre-

cken) diese Gleichzeitigkeit nicht mehr. Es bedarf einer Transformation auch der Zeit. Einsteins Arbeit und die damit einhergehende Begründung der Speziellen Relativitätstheorie (speziell, weil Systeme mit gleichförmiger Translationsgeschwindigkeit v behandelt werden (in dem Moment, wo Beschleunigungen ins Spiel kommen spricht man von Allgemeiner Relativitätstheorie)) war ein echter wissenschaftlicher Paukenschlag.

Sucht man nun nach den Transformationsgleichungen unter den oben genannten Bedingungen, so muss man sich klar machen, dass im Grenzfall $v \approx 0$ die gesuchten Transformationsgleichungen in die Galileische übergehen. Es wird also ein Korrekturfaktor $\gamma(v)$ gesucht, der mit v gegen 0 gegen 1 geht und dessen Auswirkung umso deutlicher wird, je mehr sich v c annähert. Unter Berücksichtigung von (1) lauten also die neuen Transformationsgleichungen (bei Deckungsgleichheit der x-Achsen):

$$x' = \gamma(x - vt) \quad \text{und} \quad x = \gamma(x + vt) \quad (6)$$

Nun denke man sich, dass zum Zeitpunkt $t = t' = 0$ ein Lichtsignal vom Koordinatenursprung längs x ausgesendet wird und bei x einen Schirm zum Leuchten bringt. Der „ruhende“ Beobachter im ungestrichenen System beschreibt dieses Ereignis durch die Koordinaten x und t , der „bewegte“ Beobachter im gestrichenen System durch x' und t' . Wegen der Konstanz von c gilt: $x = c \cdot t$ und $x' = c \cdot t'$. In (6) eingesetzt:

$$c \cdot t' = \gamma(x - vt) = \gamma \cdot t(c - v) \quad \text{und}$$

$$c \cdot t = \gamma(x' + vt') = \gamma \cdot t'(c + v)$$

Beide Gleichungen miteinander multipliziert ergibt:

$$c \cdot t' \cdot c \cdot t = \gamma^2 \cdot t' \cdot t \cdot (c^2 - v^2), \text{ somit:}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Setzt man dies in (6) ein, so erhält man:

$$x' = \frac{(x-vt)}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

und

$$x = \frac{(x'+vt')}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \quad (7)$$

als neue Transformation für die Ortskoordinate x . In analoger Weise erhält man für die Transformation der Zeitkoordinaten:

$$t' = \frac{(t - \frac{v}{c^2}x)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{und} \quad t = \frac{(t' + \frac{v}{c^2}x')}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (8)$$

Welche Konsequenzen haben nun diese neuen Transformationsgleichungen, die, wie Einstein nachwies, die Maxwell'schen Gleichungen unverändert lassen?

1. Transformation eines Maßstabes: Sei $l' = \Delta x'$ ein Maßstab im bewegten System. Dann gilt nach (7):

$$\Delta x = \frac{\Delta x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

somit:

$$\Delta x' = \Delta x \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Da die Wurzel < 1 gilt $l' = \Delta x' < \Delta x = l$. Ein vorbeieilender Maßstab erscheint uns „ruhenden“ Beobachtern verkürzt. Dies ist übrigens die oben erwähnte Lorentz-Kontraktion, ein richtiges Ergebnis abgeleitet aus falschen Voraussetzungen. Dennoch heißen die Transformationsgleichungen nach einem Vorschlag Einsteins: Lorentz-Transformation.

2. Transformation der Zeit: In völlig analoger Rechnung sieht man, dass für die Transformation eines Zeitintervalls Dt gilt:

$$\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Auch hier gilt: $Dt' < Dt$. D.h.: eine an uns vorbeieilende Uhr geht scheinbar langsamer.

3. Transformation eines Impulses: Die Lorentz-Transformationen stimmen zur Welt der Elektrodynamik, die Galilei-

Transformationen zur Welt der Mechanik. Nun kann es nicht zwei verschiedene physikalische Welten geben. Offenbar müssen die Gesetze der Mechanik angepasst werden. Die Grundgleichung der Mechanik lautet: $K = dp/dt$, d.h. die Kraft ist gleich dem Betrag der zeitlichen Impulsänderung. Diese Gleichung kann man Lorentz-invariant gestalten, indem man den relativistischen Impuls einführt.

$$p_r = \gamma \cdot p = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Das hat nun zur Folge, dass die an uns vorbeieilende Masse geschwindigkeitsabhängig wird:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

4. Transformation der Energie: Die Zunahme der kinetischen Energie T hängt mit der Kraft K über die Beziehung

$$\frac{dT}{dt} = vK = v \cdot \frac{dp_r}{dt}$$

zusammen. Daraus folgt:

$$\frac{dT}{dt} = m_0 v \frac{d}{dt} \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0 v \frac{dv}{dt}}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{d}{dt} \left[\frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right]$$

wie man durch ausdifferenzieren verifizieren kann. Die zeitliche Zunahme der kinetischen Energie entspricht somit der zeitlichen Änderung der Größe

$$E = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Da dieser Ausdruck für $v = 0$ gegen $E = m_0 \cdot c^2$ geht heißt das, dass diese Größe die Energie charakterisiert, die in der Masse selber steckt. Dies ist eine der größten Entdeckungen der Physikgeschichte überhaupt. Die relativistische kinetische Energie ist somit gegeben

durch:

$$T = E - m_0 \cdot c^2 = m_0 c^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right\}$$

Diesen letzteren Ausdruck hatte Albert Einstein in seiner Juni-Arbeit von 1905 [1] anhand der von ihm abgeleiteten kinetischen Energie eines Elektrons bereits gefunden. Der Zusammenhang zwischen Masse und Energie war ihm da offenbar noch nicht bewusst. Erst in einer nachgereichten Arbeit [2] vom selben Jahr hat er sich die Frage gestellt, ob die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig ist. Einstein in dieser Arbeit: „Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei Körpern, deren Energiegehalt in hohem Maße veränderlich ist (z.B. bei den Radiumsalzen), eine Prüfung der Theorie gelingen wird.“ Er konnte ja nicht ahnen, dass 40 Jahre später seine Formel im Zusammenhang mit der 1938 entdeckten Kernspaltung Weltgeschichte schreiben würde.

Literaturhinweise

- [1] A. Einstein: „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“. Ann. D. Phys. 17, 891-921. 1905
- [2] A. Einstein: „Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?“. Ann. D. Phys. 18, 639-641. 1905
- [3] L. Bergmann, Cl. Schaefer, F. Matossi: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 3: Optik, Berlin 1966
- [4] R. Becker, F. Sauter: Theorie der Elektrizität. Stuttgart, 1968
- [5] D. Meschede: Physik, Berlin, Heidelberg, 2010

GESCHICHTEN VOM TELESCOPIUM LILIENTHAL

Beitrag 18: Parallaxen und Aberrationen

von HELMUT MINKUS, *Lilienthal*

Letztere gab es nicht nur beim Nachbau und im Betrieb des Telescopiums und bei manchen Führungen, sondern sie können überall, sogar in Politik und Wissenschaft, im geistigen Bereich und in der Realität, jederzeit auftreten und sollten genau beobachtet werden.

Sternparallaxen werden schon seit Mitte des 15. Jahrhunderts gesucht, woran auch der berühmte Lilienthaler Amtmann und Astronom Johann Hieronymus Schroeter (1745-1816) beteiligt war. Einige wenige wurden damals gefunden, doch es wird auch heute noch, sogar mit Satelliten, nach ihnen geforscht.

Wer heutzutage „schnell“ mal einen unbekanntem Begriff klären will, geht per Smartfon ins Internet und kann, abhängig davon wie lange die Stromversorgung (Akku) ausreicht, stundenlang darin herumstöbern (browsen). Ich habe zuerst einen Duden aufgeschlagen und auch hier sehr schnell und ohne Ballast folgende kurze Erklärungen für Parallaxe gefunden:

1. Winkel, der entsteht, wenn ein Objekt von zwei verschiedenen Standorten aus betrachtet wird und der als scheinbare Verschiebung des Objektes vor dem Hintergrund zu beobachten ist.
2. Entfernung eines Gestirns, die mit Hilfe der Parallaxe gemessen wird.
3. Unterschied zwischen dem Bildausschnitt im Sucher und auf dem Film einer Kamera, der durch die von Sucher und Objektiv gebildete Parallaxe entsteht.

Definition 3 ist bekannt von Sucherkameras, bei denen besonders im Nahbereich der Bildausschnitt im Sucher stark vom erzeugten Foto abweicht. Eine Spiegelreflexkamera hat keine Parallaxe. Bei schrägem Blick auf einen Meterstab oder ein anderes Messgerät entsteht eine Parallaxe und führt zu einer ungenauen oder falschen Ablesung.

Aus den ersten beiden Definitionen geht allgemeinverständlich hervor, dass es sich um geometrische Zusammenhänge handelt, die mit Dreiecksberechnungen (Trigonometrie) zu tun haben. Doch es ist

hier nicht eindeutig gesagt, ob es ein Winkel oder eine Länge (Entfernung) ist. Das ist hier besonders wichtig, weil es eigentlich nur um diese beiden Dinge geht, jedoch mit sehr unterschiedlichen Anwendungen.

Um eine Parallaxe oder ihre Effekte direkt zu beobachten, stellen Sie sich einfach in einem Abstand von etwa ein bis drei Metern an ein Fenster, am besten mit Fensterstab und schauen in die Landschaft. Es wäre günstig, Objekte in verschiedenen Entfernungen zu sehen und in der Nähe beispielsweise einen Baumstamm. Versuchen Sie nun, diesen mit dem Fensterstab in Deckung zu bringen. Das wird umso schwieriger, je näher Sie dem Fenster kommen. Da es nicht möglich ist, auf zwei unterschiedlichen Sichtlinien der beiden Augen, zwei hintereinander liegende Objekte in Deckung zu bringen, wird beim Peilen oder Visieren das andere Auge zu gekniffen. Schließen Sie also jetzt das rechte Auge und das Bild wird eindeutig (Abb. 1). Ohne den Kopf zu bewegen, schauen Sie jetzt nur mit dem rechten Auge hinaus und Ihr Bild zeigt den gleichen Effekt wie in Abb. 2. Diese scheinbare Verschiebung des Fensterstabes ist deutlich zu sehen. Sie entsteht dadurch, dass jedes Auge auf seiner eigenen Sichtlinie ein anderes optisches Bild sieht, das im Gehirn zu nur einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt wird.

Der Winkel den die Sichtlinien im Schnittpunkt P mit dem Augenabstand

(Basis) bildet, ist der Parallaxenwinkel oder kurz die Parallaxe. Oder: Der Winkel, unter dem vom Objektpunkt P aus die Basisstrecke erscheint, wird auch (trigonometrische) Parallaxe genannt. Er / Sie ist abhängig von der Entfernung und der Basislänge (Abb. 3). Der Augenabstand zwischen L und R beträgt beim erwachsenen Menschen 60 bis 70 Millimeter. Die gleichen geometrischen Bedingungen gelten für jede beliebige Basis, die frei gewählt werden kann. Soll beispielsweise bei der Landvermessung die Entfernung eines Punktes P vom Standort S aus ermittelt werden, wird in einem beliebigen Abstand rechtwinklig zur Visierlinie SP, von Punkt L aus, eine zweite Visierlinie LP zu Punkt P angepeilt. Das geschieht, wie auch in der Astronomie, mit „einäugigen“ (Mess-) Fernrohren. Die Abstände zwischen S und L oder S und R (Halbe Basis) sind dann bekannt, der Winkel zwischen beiden Visierlinien wird gemessen und die Entfernung (SP) berechnet mit der Formel $SP = SL / \tan \phi$ (Aus der Grundformel $\tan \phi = \text{Gegenkathete} / \text{Ankathete}$). Merksatz: Je näher das Objekt am Beobachter ist, umso größer ist die Parallaxe, umso größer scheint die Verschiebung. Und: Je größer die Basis, umso größer die Entfernungen, die ermittelt werden können.

Weitere Anwendungen von Parallaxen

Mit Abständen von Standorten auf der Erdoberfläche als Basis

Die Erfassung der Dimensionen des Universums ist auch heute noch eines der interessantesten Themen für viele Menschen. So wurde schon in der Antiken versucht, beispielsweise die Größen und Entfernungen von Sonne und Mond zu bestimmen oder nur den Erddurchmesser.

Hiermit beginne ich, denn seit 1737 ist er hinreichend genau vermessen durch Triangulation auf der Erde (terrestrisch) und mit Hilfe von Sternen (astronomisch). Zwei französische Expeditionen wurden nach Peru und Lappland geschickt, die von hier aus die Winkel zu Bezugsternen (P) vermaßen. Das entspricht der gleichen Geometrie wie in Abb. 3, wobei die Basispunkte L und R auch Lima und Rom sein könnten. Die Entfernung der Mess-Orte auf dem Radius der Erdoberfläche war genau bekannt, Winkel wurden gemessen, sodass hieraus Erdumfang und Durchmesser (12 753 km) bestimmt wurden. Der heutige Wert ist 12 742 km.

Bestimmung der Entfernung zum Mond

Auch hierbei werden möglichst weit voneinander entfernte Orte auf der Erde gewählt, um eine möglichst große Basis zu erhalten, unter der die Winkel gemessen werden um daraus wieder die Entfernung zu errechnen. Seit es die Fotografie gibt, können Parallaxen auf belichteten Fotoplatten und Filmen sichtbar gemacht und gespeichert werden. In der allerersten Vereinszeitschrift „Die Himmelspolizey“ (Hipo) vom Januar 2005, der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e. V. (AVL) ab Seite 8 wurde von einem globalen Projekt berichtet zur Ermittlung der Mondparallaxe, die dort auf einigen Fotos gezeigt wird. Je 2 Fotos von den verschiedenen Standorten wurden hier mit Hilfe der Bezugsterne



Abb. 1: Bild gesehen vom linken Auge. Die Fotos zeigen die natürliche 3D Tiefenwirkung wenn sie nebeneinander in einen Stereo-Betrachter gelegt werden. Mit ihm ist es möglich, jedem Auge das zugehörige Bild auf seiner Sichtlinie getrennt zu zeigen.

Alle Bilder vom Autor.



Abb. 2: Bild gesehen vom rechten Auge. Der Fensterstab (P) scheint nach links gesprungen zu sein. Diese Differenz zum 1. Bild ist die geometrische Parallaxe die in Winkelgraden gemessen wird. Es ist der Winkel den die Basis, hier der Augenabstand, mit dem Fluchtpunkt P bildet (Abb. 3).

übereinander kopiert, sodass die scheinbare Verschiebung des Mondes relativ zu den festen Hintergrundsternen gut sichtbar ist. Solche Fotos können nur bei einer Mondfinsternis gemacht werden, damit die lichtschwachen Hintergrundsterne wegen zu starker Kontraste nicht vom Mondlicht überstrahlt werden.

Bestimmung der Entfernung zwischen Erde und Sonne

Diese Entfernung wird Astronomischen Einheit (AE) genannt. Da es aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist, die trigonometrische Parallaxe der Sonne direkt zu messen, wurde versucht, sie auf „Umwe-

gen“ möglichst genau zu ermitteln. Beispielsweise war es durch das dritte Gesetz von Johannes Kepler (1571-1630) schon leichter möglich, zuerst die Entfernungen zwischen zwei Planeten zu bestimmen und daraus die AE zu berechnen (Hipo 31, Seite 5).

Bestimmung der Entfernung zwischen Erde und Mars

Gemeint ist die mittlere Bahndistanz zwischen Erde und Mars. Dazu müssen sie nebeneinander und in einer Linie mit der Sonne liegen, auf der gleichen Seite der Sonne (Konjunktion). Das trat wieder mal ein am 4.

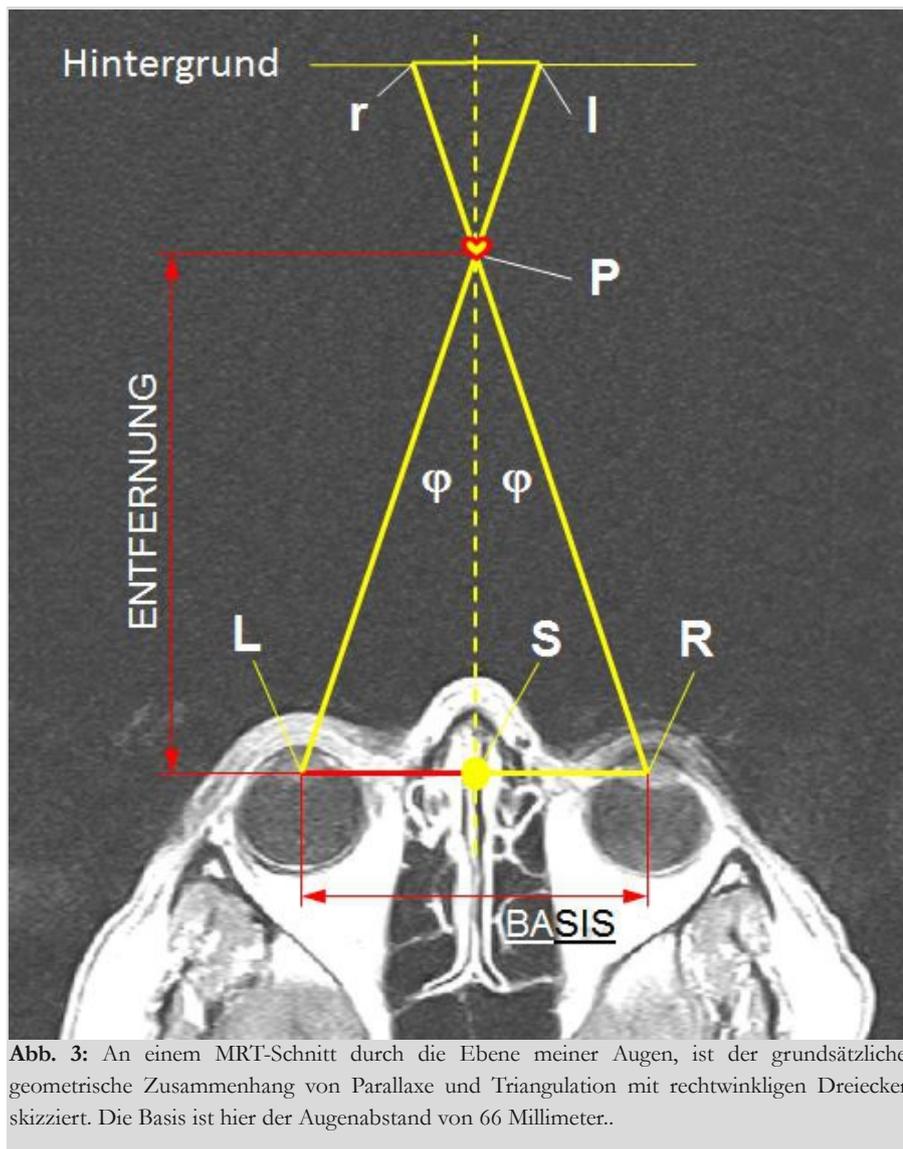


Abb. 3: An einem MRT-Schnitt durch die Ebene meiner Augen, ist der grundsätzliche, geometrische Zusammenhang von Parallaxe und Triangulation mit rechtwinkligen Dreiecken skizziert. Die Basis ist hier der Augenabstand von 66 Millimeter..

September 1672. Da plante der berühmte Direktor der Pariser Sternwarte, Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), die Marsparallaxe messen zu lassen. Dazu schickte er seinen Kollegen Jean Richter (1630-1669) ins 7300 Kilometer entfernte Cayenne in Französisch-Guyana. Die Mess-Orte auf dem Radius der Erdoberfläche sind weiter voneinander entfernt, als auf der 7300 km langen graden Basis, die hier als Sekante die Messpunkte L und R verbindet (Abb. 3). Mit dem gemessenen Parallaxenwinkel von 15“ (Winkelgradsekunden) wurde eine Entfernung zur Mars-Bahn von ~ 50 Millionen Kilometern errechnet. Wieder nach der Formel: Entfernung = Halbe Basis / $\tan(15/60 \times 60)^\circ$. In Zahlen: $3650 / \tan(15/3600)^\circ$. Hieraus folgt eine

AE zu etwa 144 Millionen Kilometer. Heute genau festgelegter Wert: 149 597 871 km (Rund 150 Millionen km).

Bestimmung der Entfernung zwischen Erde und Venus durch Abstandsmessung der Transitlinien

Dieses spezielle Verfahren wurde 1719 von Edmond Halley (1656-1741) entwickelt und vorgeschlagen, nachdem Kepler bereits 1627 die Daten von Planetendurchgängen im Voraus berechnet hatte. Es ist nur mit den beiden inneren Planeten (Merkur und Venus) möglich und nur wenn einer davon zwischen Sonne und Erde auf einer Geraden liegt (unterer Konjunktion). Dann kann es zu einer Bedeckung kommen, in welcher der Planet seine Bahn vor der

Sonne zieht (Hipo 61, Seite 29). Bei Merkur kommt das zwar öfter vor, doch die Bedeckung ist sehr klein. Ein Venusdurchgang (Transit) ist besser sichtbar, aber sehr selten. Die Durchgänge wurden wieder von weit entfernten Orten der Erde aus beobachtet und der Abstand der Transitlinien gemessen. Auch gab es früher keine Filter, um in die Sonne zu gucken. Deshalb wurde sie durch das Fernrohr auf einen weißen Hintergrund projiziert, und der Transit konnte stundenlang gefahrlos beobachtet werden. Die Ersten, die das am 4. 12. 1639 taten, waren an zwei verschiedenen Orten in England William Crabtree und Jeremiah Horrocks. Sie ermittelten eine AE, ziemlich ungenau, zu 95 Millionen Kilometer, was wohl hauptsächlich am kleinen Basisabstand lag. Zwei Gelegenheiten, nach Halleys Verfahren und mit großen Basisabständen ein genaueres Ergebnis zu erhalten, boten sich erst 100 Jahre später, als er nicht mehr lebte. Zu den Venusdurchgängen am 6. Juni 1761 und am 3. Juni 1769 wurden große Expeditionen in alle Welt geschickt, von denen auch James Cook eine leitete. Hiervon wird ausführlich in Hipo 31 ab Seite 4 berichtet, mit verständlichen Berechnungen.

Mit dem Umlauf der Erde um die Sonne als Basis

Dieser Basisabstand ist für einen irdischen Beobachter der größte, der ihm auf natürliche Art, ohne Satellit möglich ist. Befindet sich die Erde auf ihrer elliptischen Umlaufbahn auf einem Punkt der großen Halbachse (im Perihel oder Aphel), ist sie ein halbes Jahr später auf einem Basisabstand von rund 152,1 Millionen km, während ihr Basisabstand auf der kleinen Halbachse nur 149,1 Millionen km ist. Da diese 3 Millionen Kilometer Unterschied bei Messung der Parallaxe keine Bedeutung haben, wird zur Definition der AE der Mittelwert der beiden Achsen mit rund 149,6 Millionen km festgelegt.

Schon seit Nikolaus Kopernikus (1473-1543) die Idee hatte, dass sich die Erde und andere Planeten um die Sonne bewegen (Heliozentrisches Weltbild), wurde versucht, das nachzuweisen. Ohne zu wissen wie groß diese (Kreis)-Bahn ist, müssten irdische Beobachter, durch ihre sich ständig ändernde Position gegenüber dem Sternhimmel, eine scheinbare Verschiebung der Sterne sehen. Durch ihre veränderte Blickrichtung einmal von L über den Objektpunkt P (Stern) bis l und einmal von R über P nach r entsteht der Winkel 2ϕ . Die Strecke r bis l ist die „Spiegelung“ der Basis und eine Projektion an den Hintergrund, den Sternhimmel (Abb.3). Da sich bei einem jährlichen Erdumlauf die Sichtlinie auf die Sterne dauernd ändert, müsste die Umlaufbahn an der Himmelssphäre verkleinert und 180° gedreht abgebildet werden (Abb. 4). Die größte Ausdehnung hätte dann eine mittlere „Halbjahresparallaxe“. In Abb. 4 ist die Geometrie von Abb. 3 für den Sternort P1 dargestellt. Sternort P2 zeigt eine verzerrte Figur der elliptischen Erdbahn, weil sie schräg in den Himmel projiziert ist, am Ort P3 steht der Stern am Nordpol der Himmelkugel, wohin die genaue Erdumlaufbahn projiziert wird. Die Größen, die in Abb. 4 gezeigten „parallaktischen Figuren“ sind stark übertrieben und ihre wahre Größe ist abhängig von der Entfernung der Sterne. Sie ist nur messbar bei sehr wenigen, sehr nahen Sternen, die erst entdeckt werden mussten.

Diese Effekte waren zu Lebzeiten von Galileo Galilei, (1564-1642) der bekanntlich ebenfalls das Heliozentrische Weltbild vertrat, noch nicht nachweisbar, denn niemand hatte bisher eine Vorstellung von den Dimensionen des sichtbaren Sternhimmels. Sein Zeitgenosse Johannes Kepler (1571-1630) hatte zwar auch schon seine, heute noch gültigen drei Planeten-Umlaufgesetze formuliert, doch die nicht zu findenden trigonometrischen Parallaxen, waren ein Hauptar-

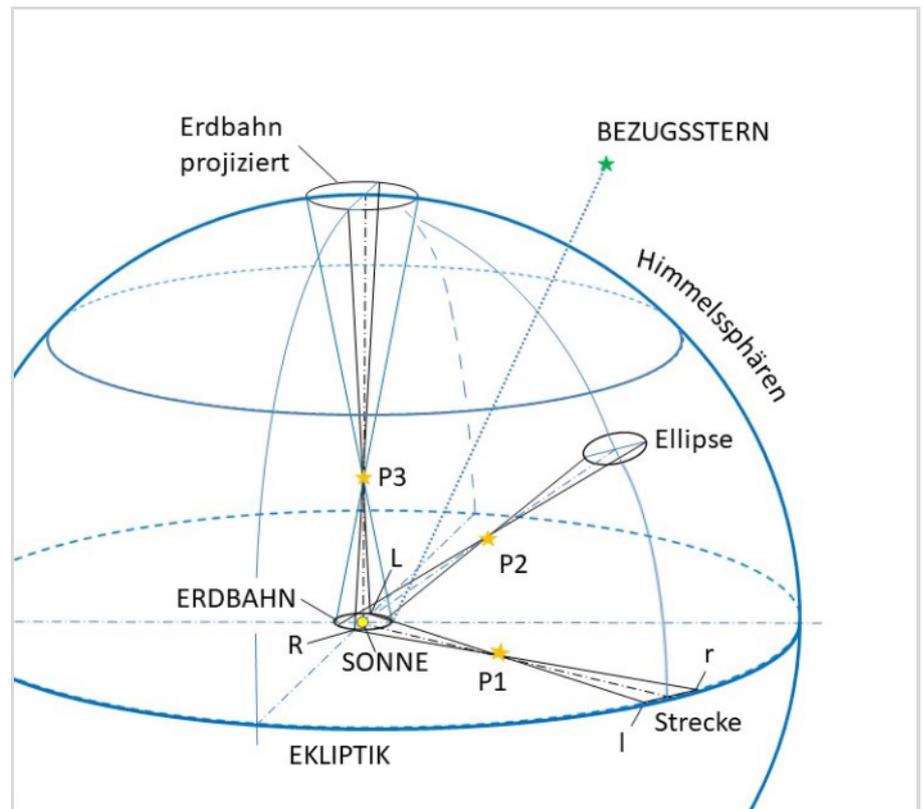


Abb. 4: Parallaktische Figuren der Bewegung naher Sterne.

In hier nicht dargestellten anderen Sphären (Entfernungen), befinden sich „echte Fixsterne“, deren Eigenbewegungen so klein sind, dass sie als Bezugssterne genutzt werden können. Hierauf bezogen werden die Winkel zur Erzeugung der Parallaxenellipsen gemessen. Die Länge ihrer großen Achse ist nicht direkt messbar, weil ihre Abstandspunkte $\frac{1}{2}$ Jahr zeitversetzt ermittelt werden.

gument gegen ein heliozentrisches Weltbild. Galilei bekam von den Kirchenvertretern Lehrverbot und Hausarrest.

Im Jahre 1742 wurde James Bradley (1692-1762) zum königlichen Astronomen und Direktor der Sternwarte Greenwich bei London berufen und entwickelte die Beobachtungstechniken weiter auf Winkelsekunden genau. Er entdeckte an einem Zenit nahen Stern, der frei von Refraktion (atmosphärische Strahlenbrechung) ist, eine Parallaxenellipse mit einem großen Durchmesser von 40 Winkelsekunden.

Doch er selbst erklärte, dass es nicht die gesuchte trigonometrische Parallaxe ist, sondern zwei unterschiedliche Aberrationsparallaxen, die sich überlagern: Die Jährlich Aberration, ist eine Abirrung des Sternenlichtes um den Aberrationswinkel α , der entsteht durch die vektorielle (gerichtete) Addition der Erdgeschwindig-

keit auf ihrer Bahn um die Sonne (~ 30 Kilometer pro Sekunde) mit der Lichtgeschwindigkeit ($\sim 300\,000$ km/s). Ihr Winkel $\alpha = \arctan(30/300\,000)$, also etwa $0,00573^\circ$ (Winkelgrad) oder $20,6''$ (Winkelsekunden). Tägliche Aberration ist das gleiche Prinzip mit der Geschwindigkeit der Erdrotation am Äquator ($\sim 0,465$ km/s). Ergebnis: $0,32$ Winkelsekunden.

Der Unterschied konnte dadurch festgestellt werden, dass die Ausrichtung der Aberrationsellipsen um 90° gegenüber den erwarteten trigonometrischen Parallaxenellipsen gedreht sind. Bradley stellte außerdem fest, dass alle anderen Sterne eine gleichgroße Ellipse hatten. Das konnten keine trigonometrischen Parallaxen sein, denn es würde bedeuten, dass alle Sterne gleich weit entfernt sind. Was Bradley nicht wusste war, dass die Parallaxe, selbst der erdnächsten Sternes, nie größer als eine Winkelsekunde ist. Hinzu



Abb. 5: Die Bewegung der Sterne 61A und 61B Cygni über 8 Jahre (2012 - 2020). Deutlich ist die Eigenwegung des Doppelsternsystems vor den Hintergrundsternen erkennbar. Ein solches Foto hatte Piazzi zu seiner Zeit nicht
Bilder: *IndividusObservantis, Wikipedia.*

kommen Präzession und Nutation, also das Taumeln und Zittern der Erdoberfläche, die den Sichtwinkel auf die Himmelsobjekte verändern und die Suche nach einer reinen trigonometrischen Parallaxe zusätzlich erschweren.

Die Entdeckung der Aberrationen war zwar ein physikalischer Beweis dafür, dass die Erde sich bewegt, also für das Kopernikanische (heliocentrische) Weltbild und Galilei wurde rehabilitiert, doch eine trigonometrische „Fixsternparallaxe“ war damit immer noch nicht gefunden. Dieser in der Literatur oft benutzte Begriff ist irreführend, denn er kann im Deutschen verstanden werden als die Parallaxe eines Fixsternes. Das ist ein Widerspruch in sich, denn ein Stern ist entweder fix oder er hat eine (messbare) Parallaxe gegenüber einem „echten“ Fixstern. Streng genommen gibt es auch keine Fixsterne, denn bekanntlich fliegt das gesamte Universum mit großer Geschwindigkeit und in alle Richtungen auseinander, sodass alle Sterne sich rela-

tiv zueinander bewegen. Das trigonometrisch zu messen oder gar mit unseren eigenen Augen zu unseren Lebzeiten beobachten zu können ist wegen der unvorstellbaren Dimensionen unmöglich.

Endlich, im Jahr 1838, hatte es der ehemalige kaufmännische Angestellte aus Bremen, Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) geschafft, die Parallaxe eines irdnahen Sternes zu ermitteln. Bessel wurde 1810 zum Direktor der Sternwarte in Königsberg, heute Kaliningrad, bestellt, nachdem er vorher seit 1806 hier am Lilienthaler Telescopium als „Observator“ von Oberamtmann Schroeter viel gelernt hatte. Schroeter selbst interessierte sich schon Jahre vorher für dieses Thema, denn in seinem ersten, bereits 1788 veröffentlichten Werk „Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen“, hatte er Abschnitt VIII „Über die Parallaxe der Fixsterne“ von Herrn Doctor Herschel, aus dem Englischen übersetzt. Das 288-seitige und 8 Zeichnungen starke Werk Schroeters, ist

als Originaldruck im Heimatmuseum von Lilienthal vorhanden oder sofort zu lesen unter:

<https://www.e-rara.ch/zut/content/zoom/426728>

Schroeter begann mit seinen Messungen erst 1791 (1891 ist ein Fehler in Hipo 66, Seite 27), wie aus seinem Brief vom 3. November 1791 nach Göttingen an Georg Christian Lichtenberg hervorgeht: „Jetzt beschäftige ich mich mit genaueren Messungen einiger in Rücksicht der Parallaxe schicklicher Doppelsterne, als wozu ich mir ein neues Projections-Mikrometer verfertigt habe, das durch Lichtpunkte, die auf mancherley Art modifiziert werden können, unter 400mal. Vergrößerung halbe Raumsecunden unmittelbar angibt, und die Schätzung kleinerer Theile gewährt. Zu bedauern ist es, daß kein Stern der ersten Größe einen sehr kleinen, aber sehr deutlichen Stern sehr nahe bey sich hat. Indeß glaube ich doch, daß ich wenigstens über das Negative mehr Ueberzeugung in Rücksicht der jährlichen Parallaxe erhalte als ich bis jetzt habe.“ In einer Anmerkung in seinem Buch „Die Lilienthaler Sternwarte von 1781 bis 1818“ schreibt Dieter Gerdes auf Seite 98: „Mit dem Herschelschen Lampenmikrometer und den von ihm angebrachten Verbesserungen, stellte Schroeter seine berühmten Versuche die Parallaxe der Fixsterne zu bestimmen an. Er ermittelte, dass keiner der von ihm untersuchten Doppelsterne eine Parallaxe aufwies, die größer als $0^{\circ},75$ Bogensekunden sein könne. Bei Mesarthim = γ Aries im Widder) und bei Rigel = β Orionis fand Schroeter jedoch, dass diese eine wirkliche Parallaxe von annähernd $0^{\circ},50$ Bogensekunden aufwies. Das waren die besten zu der Zeit ermittelten Werte, ein Beweis für die hohe Genauigkeit, mit der Schroeter seine Beobachtungen vornahm.“

Diese Genauigkeit konnte Bessel mit seinen Instrumenten noch weiter steigern.

Er hatte den Stern im Schwan, 61 Cygni gewählt, weil Giuseppe Piazzi (1746-1826) in Palermo entdeckt hatte, dass er eine große Eigenbewegung von 5,2 Winkelsekunden pro Jahr hat (Abb. 5), also der Erde relativ nahe sein muss. Nach 4 Jahre dauernden Messungen ermittelte Bessel eine trigonometrische Parallaxe von 0,32 Winkelsekunden. Mit der gleichen Formel wie oben ($SP = SL / \tan \phi$) kann jetzt die Entfernung in Kilometer (km) ausgerechnet werden, wenn für $SL = 149\,597\,871$ km (1AE) eingesetzt wird und für $\phi = 0,000\,088\,888^\circ$ ($0,32 / 3600$). Also: $149\,597\,871 / \tan(0,000\,088\,888) = 96\,427\,000\,000\,000$ km. Das ist eine astronomische Zahl, die sich selbst ein „Vielfahrer“ nicht vorstellen kann. Da aber auch Astronomen lieber mit kompakteren Zahlen und Formeln umgehen, definieren sie andere Maßeinheiten für eine Entfernung, wie beispielsweise Parallaxensekunde (pc). Eine pc ist die Entfernung in der die halbe Basis, eine AE beträgt und von P aus gesehen unter dem Winkel von einer Gradsekunde erscheint. (Abb. 3) Um die Entfernung der gemessenen Parallaxe in pc auszurechnen, lautet die Formel einfach nur: Entfernung = $1pc / \phi$. Also $1 / 0,32 = 3,125pc$. Nur bei dieser Formel, wird die in Bruchteilen einer Winkelsekunde gemessene Parallaxe, ohne Umrechnung direkt eingesetzt. (Hier ihr Kehrwert gebildet) Sollen diese pc in Lichtjahre (lyr) umgerechnet werden, sind das: $3,125pc \times 3,262 \text{ lyr/pc} = 10,2 \text{ lyr}$.

Seit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Fotografie aufkam, wurde sie auch in der Astronomie eingesetzt und der Sternhimmel in Abständen von vielen Jahren auf Fotoplatten gespeichert. So können beispielsweise die sehr langsamen Verschiebungen von Sternen (Eigenbewegung) über Jahrzehnte hinweg festgestellt und verfolgt werden. In Hipo 3, auf Seite 10 wird vom Doppelstern 61 Cygni, je ein Foto von 1916 und von 1951 gezeigt. Hier ist gut sichtbar, dass sich der Doppelstern gegenüber seinen Umgebungsternen in diesen 35 Jahren deutlich verschoben hatte. Dieser Eigenbewegung überlagert, sind die gesuchten, viel kleineren, jährlichen Parallaxenellipsen. Doch wenn Jahrzehnte auf eine solche Auswertung gewartet werden muss, ist das keine bessere Parallaxen-Suchstrategie, als die der Astronomen von damals. Heute im Zeitalter der Raumfahrt, werden solche Untersuchungen mit „extraterrestrischen Messgeräten“ (Astrometrie-Satelliten) durchgeführt, auf Jahre dauernden Missionen. Beispielsweise wurden zwischen August 1989 und Juni 1993 mit dem High Precision PARallax Collecting Satellite, HIPPARCOS, die Parallaxen von einer Million Sternen mit der Winkelgenauigkeit 0,02" und von 118 000 Sternen mit der Genauigkeit 0,001" bestimmt.



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 **31. August 2021**. 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 Wührden

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

GEHT DOCH

von HANS-JOACHIM LEUE, *Hambergen*

Es dauerte noch fast ein Jahrhundert nach der Inbetriebnahme des Lilienthaler 27-Fuß Spiegelteleskops, bevor die Fotografie in der Astronomie ihren Einzug hielt. Der derzeitige Wunsch, mit dem monströsen Instrument auch einmal Fotos zumindest von den Planeten oder dem Mond machen zu können, ist zwar aus Tauglichkeitsgründen eine kleine Herausforderung, von den mit der großen Brennweite verbundenen guten bis idealen atmosphärischen Bedingungen ganz zu schweigen. Das es möglich sein kann, ist Inhalt dieses Berichtes. Desgleichen soll aufgezeigt werden, ob eine bereits beim Bau angedachte, teilweise Motorisierung des Instrumentes möglich und sinnvoll ist.

Vergegenwärtigt man sich der Bauart des Gerätes, ist für den Insider unverkennbar, dass sich Schroeter als der Konstrukteur an die von Wilhelm Herschel konzipierte und in den kleineren Teleskopen durchgehend angewandte alt-azimutalen Montierung angelehnt hat. Will heißen, der Tubus wird mit Hilfe von Seilzügen und der Drehmöglichkeiten in Azimut über das Fahrgestell mit seinen Rädern erst einmal grob in die Richtung des zu beobachtenden Objektes gebracht; mit den Feinbewegungen über ein Getriebe zur Höhenverstellung und einem Spindeltrieb (Schnecke) für die Kompensation der Erddrehung in Azimut schließlich in das Gesichtsfeld des Spiegelteleskops – meist unter der Zuhilfenahme des Sucherteleskops in der Nähe des Okulareinblickes. Die ehemals vom Gärtner Harm Gefken ausgeführte händische Azimutbewegung um die Mittelachse des Turms durch den Eingriff in eines der Räder wurde im Nachbau durch den Antrieb mit E-Motor, Kettenrad und Kette ersetzt, an Stelle eines kostenintensiven kraftschlüssigen Drehkranzes um die Turmmittelachse.

Ein weiteres Zugeständnis war die Einrichtung eines Seilzugs zur „Rückholung“ des Tubus‘ zur Auflage auf der Rolle des Schlittens, mit dem über den Flaschenzug – bewegt mit der Seilwinde auf der Beobachterplattform – derselbe in der Höhe bewegt werden kann. Der damalige Metallspiegel hatte nämlich ein weitaus höheres Gewicht als der derzeitige Glasspiegel, so dass diese Einrichtung



Abb. 1: Astrolumina-CCD- Kamera am Refraktor.
Alle Bilder vom Autor.

ehemals nicht nötig war. Diese Bewegungseinrichtungen werden unverändert bleiben; lediglich an den Feinbewegungen in Höhe und Azimut werden mit Hilfe von Schrittmotoren adaptiv Unterstützungen möglich sein, die auch den fotografischen Einsatz im Minutenbe-

reich zulassen werden. Für den originalen händischen Betrieb sind diese natürlich abschaltbar.

Durch die endliche Spindel ist die Nachführung in Azimut zeitlich auf max. 20 Minuten begrenzt. Danach muss der Gleitstein, der den Tubus im Spindelge-



Abb. 2: Laptop zur Bildkontrolle.

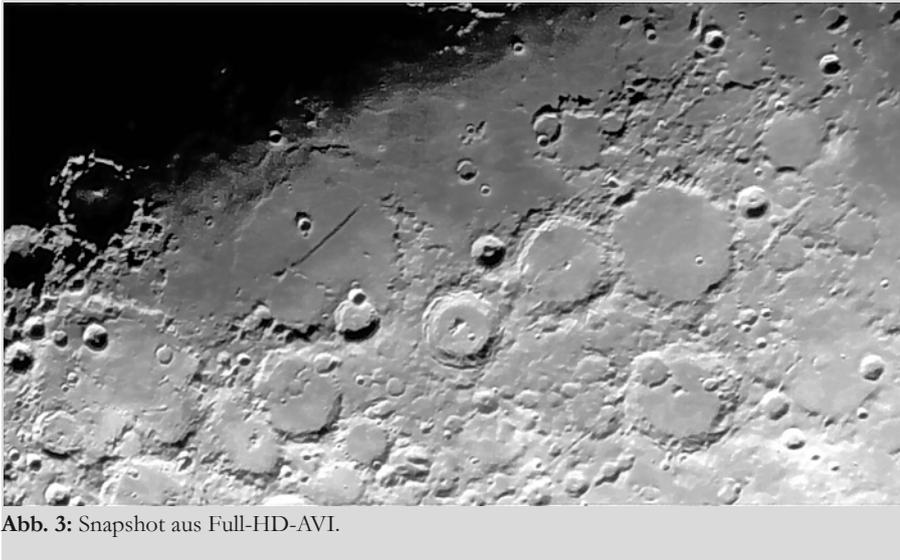


Abb. 3: Snapshot aus Full-HD-AVI.

häuse trägt, zurück gefahren und das Instrument mit der Grobjustage über das Fahrgestell mit dem Kettenantrieb „nachgeholt“ werden. Diese Prozedur bedingt immer wieder eine Neupositionierung, die es gilt anwenderfreundlich zu machen. Auch beim Besucherwechsel während einer Beobachtungssession läuft das Objekt oft aus dem Gesichtsfeld und muss nachgefahren werden. Das führt in nicht wenigen Fällen zur zeitintensiven Neupositionierung, weil versehentlich in die falsche Richtung gekurbelt wurde.

Mit einer kleinen Nachführ-CCD-Kamera, z.B. am seitlichen Refraktor adaptiert, kann über einen Laptop-Monitor das schnellere Positionieren überwacht und gesteuert werden. (Abb. 1 und Abb. 2) Sie ist auch gedacht, um die Möglichkeit von Videoaufnahmen oder Langzeitbelichtungen mit dem 27-Fuß Teleskop mit Hilfe der zu adaptierenden motorischen Nachführungen in Azimut und Höhe zu ermöglichen und zu überwachen. Denn im höheren Sekundenbereich der Belichtungszeit muss der Tubus auch in der Höhe korrigiert werden; je nach Stand der Objekthöhe über dem Horizont. Die Steuerung der Motore für die Feinbewegung wird über Handdrucktaster in beiden Richtungen erfolgen, deren Geschwindigkeiten über Potentiometer einstellbar sein sollten.

Für den Nachführbetrieb in Azimut zur

Kompensation der Erddrehung während der Beobachtung oder einer Aufnahme ist die Nominalgeschwindigkeit unterlegt – selbstredend mit Endabschaltungen etc.

Diese Möglichkeiten wurden vom Autor bereits bei der Konzeption des Gerätes berücksichtigt. So ist die Azimutalspindel mit einem Wellenansatz zur Aufnahme eines Getriebes nebst Schrittmotor angefertigt worden. Ein zusätzliches Getriebe für die Motorisierung der Höhenverstellung über die Zahnstangen ist auch möglich.

Um die angedachten Möglichkeiten zu konkretisieren, wurde am 20. April 2021 zusammen mit unserem Mitglied Friedo Knoblauch das System Teleskop/Nachführung hinsichtlich seiner Stabilität ge-

testet. Dazu waren erst einmal die optischen Achsen von Refraktor und 27fuß-Teleskop aufeinander abzustimmen. Das gelang nicht 100%, da die Justierbarkeit nicht für eine pixelgenaue Abstimmung ausreicht und auch nicht konzipiert war. Ist aber nur eine Frage des Aufwands!

Um zu testen, ob die Spindel den Anforderungen für einen fotografischen Einsatz gerecht wird, wurde mit einer Canon EOS 60D DSLR Kamera am 27-Fuß Teleskop ein Full-HD-Video aufgenommen, mit der Kontrolle am Kamera-Monitor und der händischen Nachführung mit dem Kurbelantrieb der Azimutalspindel. Es ergab sich, dass die Snapshot-Bilder selbst als JPG auch für eine dokumentarische Weiterverwendung (Abb. 3) finden können. Die Rundlaufgenauigkeit der Spindel liegt innerhalb der durch das Seeing verursachten Bildschwankung und ist deshalb für die motorische Nachführung tauglich. Außerhalb einer gewählten Toleranz liegende Bilder werden bei der Bildbearbeitung von AVI-Files ohnehin vernachlässigt. Hinsichtlich der Spezifikation der industriell gefertigten Spindel war das auch zu erwarten.

Die vorgeschlagene Automatisierung ist eine Teilautomatisierung, bei der die Handbedienung systembedingt nicht überflüssig wird: Die Rückholprozedur über den Kettenantrieb des Wagens ist



Abb. 4: Friedo Knoblauch am 27fuß-Teleskop.

störend, zumal wegen der „Weichheit“ der Gesamtkonstruktion und des nicht kraftschlüssigen Antriebes in Azimut ein Einschwingprozess initiiert wird. Das kann durch ein langsames Verfahren gemildert werden (Einstellung über Potentiometer am Taster); aber kaum verhindert. Desgleichen ist ein „Nachfahren“ der Höhenverstellung von Hand nach Ausschöpfen der Zahnstangenlänge für die Höhenverstellung nötig. (tritt jedoch bei vorausschauender Planung weniger auf).

Diese systembedingten Einschränkungen sind m.E. bei einem sensiblen Umgang mit dem Instrument hinnehmbar und beherrschbar, wie ja auch - Unkenrufen zum Trotz - erste Single-Shots Fotos vom Mond zeigen, die zudem nicht unter Idealbedingungen entstanden und durchaus verbesserungsfähig sind. Die Möglichkeiten, ein Instrument, das ursprünglich für den visuellen Gebrauch gedacht und gebaut worden ist, nachträglich z.B. für die Fotografie tauglich zu machen, sollte man den Leuten überlassen, die den Nachbau geplant und in die Tat umgesetzt und einschlägige Erfahrungen haben! Hier ist jegliche spekulative Vorhersage über die Machbarkeit fehl am Platze.

Es wird auch möglich sein, Bilder von hellen Objekten online in den Besucherraum zu übertragen, und der interessierte Beobachter wird mit dem Instrument auch ein selbst gemachtes digitales Foto machen können.

In einer späteren Ausbauphase kann der Suchprozess für Himmelsobjekte geringerer Helligkeit, wie helle Emissionsnebel oder Sternhaufen, unterstützt werden, indem die ins Horizontsystem transformierten Koordinaten mit den augenblicklichen Positionsdaten des Fernrohrs abgeglichen und das Gerät in die entsprechende Region gefahren werden kann. Die Geber für diese Daten wären natürlich noch zu installieren. Das würde den Suchprozess wesentlich beschleunigen

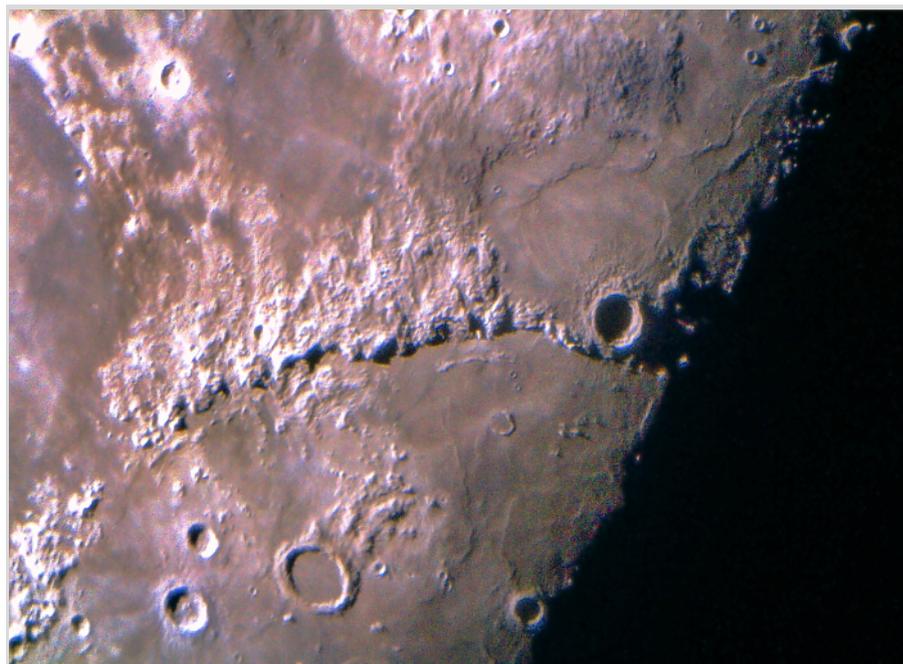


Abb. 5: Mond-Apennin, Krater Eratostenes, Archimedes als RGB-Bild.

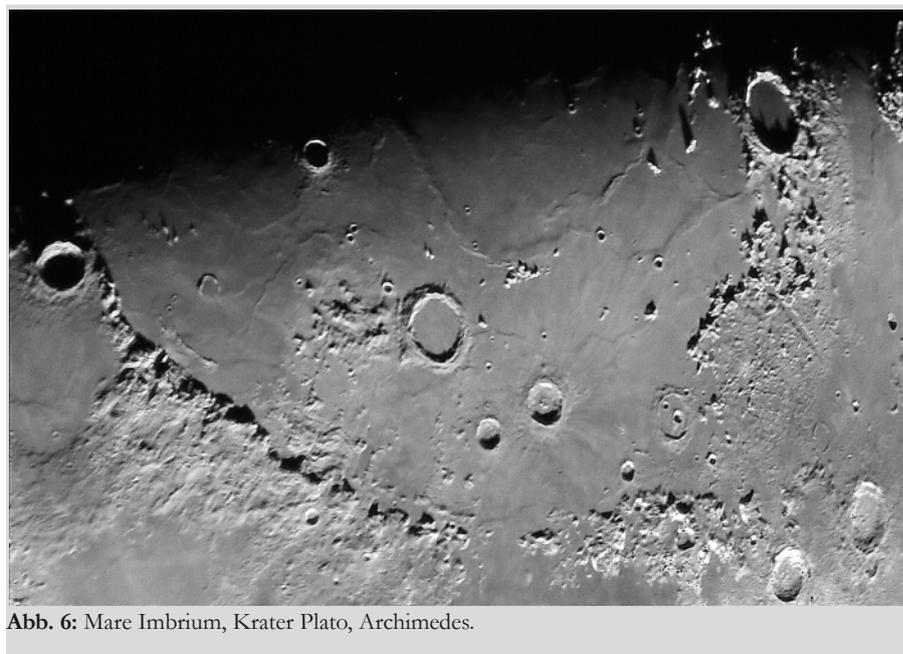


Abb. 6: Mare Imbrium, Krater Plato, Archimedes.

und das Beobachtungsspektrum erweitern, zumal heutige, an GoTo-Systeme gewohnte Beobachter, kaum noch im Stande sind, Objekte ohne Computerunterstützung zu finden.

Für Friedo und den Autor war es übrigens das „First Light“ mit dem neuen Spiegel, der im Herbst des letzten Jahres durch den mit eingeschliffenem Astigmatismus ersten Spiegel ersetzt worden war (Abb. 4). Seeingbedingt konnte nur bis max. 400fach vergrößert werden. Zudem war bei der zweiten Session am 24. April der Spiegel beschlagen: Ein Phänomen,

das mutmaßlich in den Jahren seit der Inbetriebnahme nur einmal aufgetreten ist. Die Ursache könnte mit dem Umbau der spiegelseitigen Tubusabdeckung im letzten Jahr, bedingt durch die Neupositionierung der Spiegelzelle, zu tun haben. Doch allein schon mit der geringsten Vergrößerung von ca. 100fach ist das Bild vom teilbeleuchteten Mond fantastisch und würde mit einem Binokularansatz alle bisherigen Vorstellungen einer teleskopischen monokularen Beobachtung in den Schatten stellen. Das Instrument hat – nicht überraschend – noch

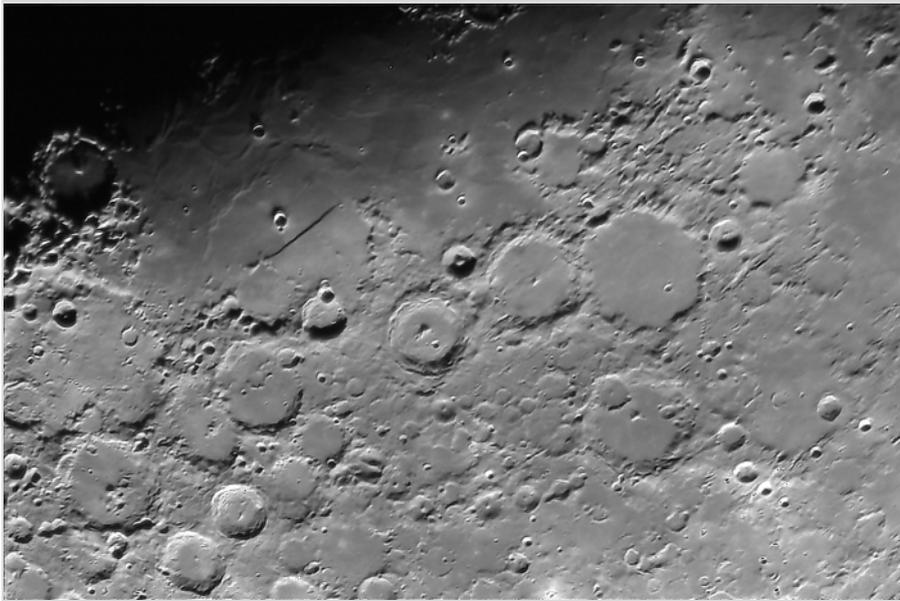


Abb. 7: Krater Ptolemäus, Alphonsus, Arzachel, Tebit mit „Langer Wand“.

schlummernde Kapazitäten, die man auszunutzen kann! Und wer hat schon die Möglichkeit, mit einem 8-Meter-Instrument beobachten zu können, auch wenn nicht alles automatisiert ist?

Die fokalen Mondbilder wurden aufgenommen mit einer Canon EOS 60D mit Belichtungen zwischen 1/25 und 1/250 sec bei ISO-Zahlen zwischen 320 und 640.

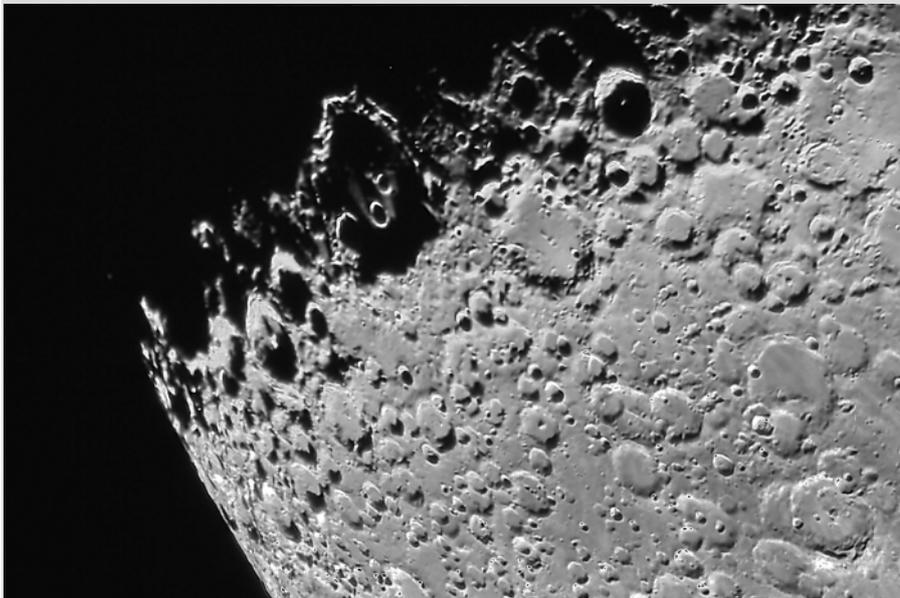


Abb. 8: Randgebirge, Krater Clavius.



Abb. 9: Randgebirge und Mare Humorum.



Abb. 10: Sinus Iridum.



Abb. 11: Krater Tycho.

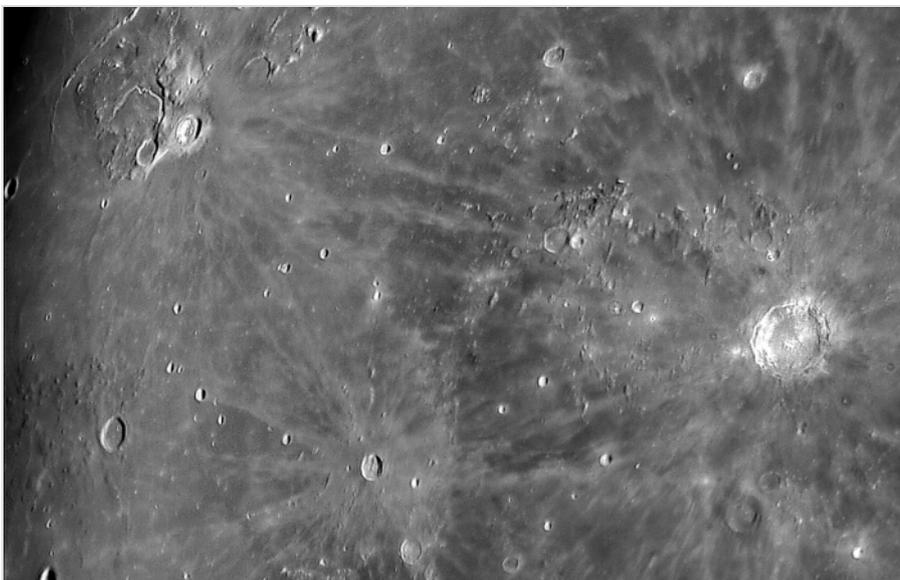


Abb. 12: Krater Kopernikus, Kepler, Schroeter-Tal, Krater Aristarch.

IMPRESSIONEN VON DER SONNENFINSTERNIS AM 10. JUNI 2021

Am 10. Juni dieses Jahres fand eine ringförmige Sonnenfinsternis statt. Die ringförmige Phase war fast ausschließlich im nördlichen Polargebiet der Erde sichtbar. Von einem Ort nördlich der US-amerikanisch-kanadischen Grenze, die hier durch den 49sten Breitengrad markiert wird, zog sich das Sichtbarkeitsgebiet über die Hudsonbay in den Westen Grönlands und weiter in den Fernen Osten Russlands. In Europa konnten wir die partielle Phase erkennen, und so sind auch in der AVL einige Aufnahmen entstanden. In Lilienthal betrug der Bedeckungsgrad 17 %. Sonnenfinsternisreisen in die genannten Gebiete waren in Zeiten von Corona immer noch nicht ohne weiteres möglich.

Partielle Sonnenfinsternis
am 10. Juni 2021

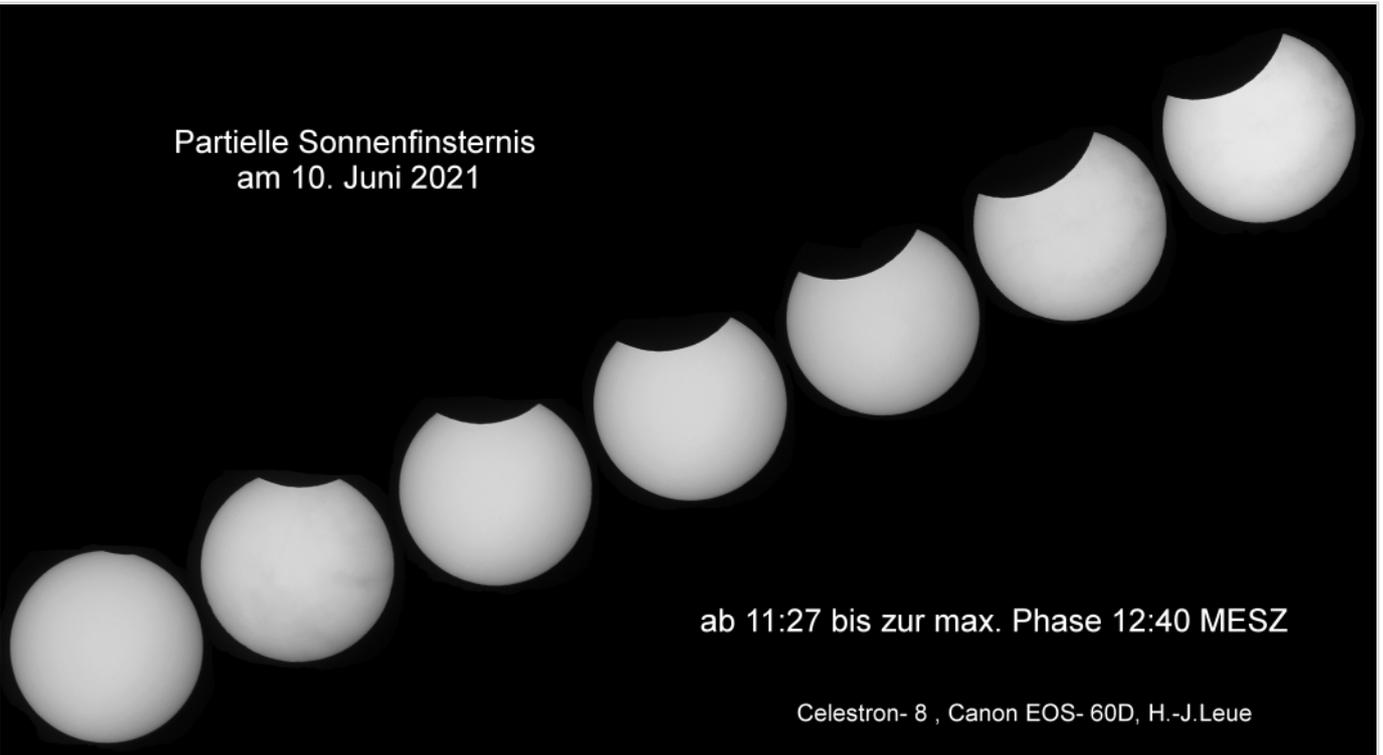


Abb. 1: Collage der partiellen Phase der Sonnenfinsternis.

Bild: Hans-Joachim Leue, AVL

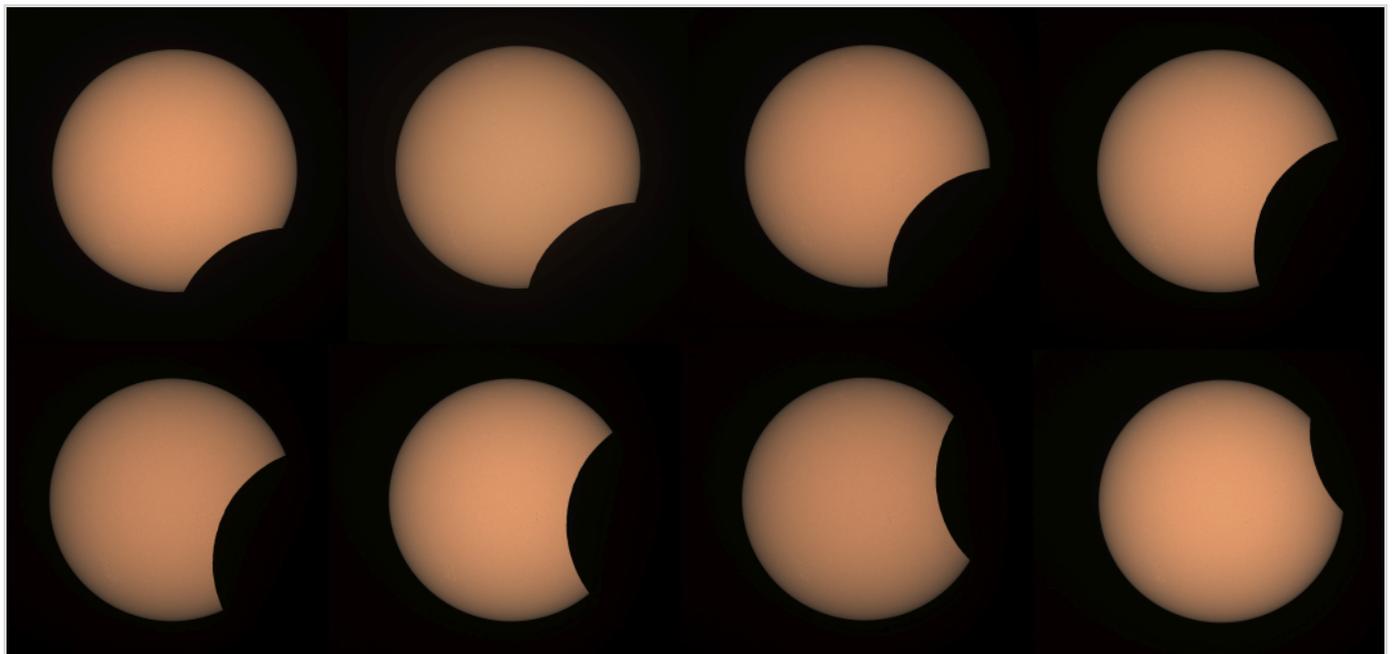


Abb. 2: Collage der partiellen Phase der Sonnenfinsternis.

Bild: Dr. Kai-Oliver Detken, AVL



Abb. 3: Die maximale Phase der partiellen Sonnenfinsternis um 12:33 MESZ.

Abb. 3 & 4: Alexander Alin, AVL



Abb. 4: Zur Mittagszeit bildeten sich erste Quellwolken, die die Sonne immer wieder verdeckten. Zum Ende der Sonnenfinsternis bedeckten sie die Sonne völlig

Die ringförmige Sonnenfinsternis vom 10. Juni sollte die letzte mit herkömmlichen Verkehrsmitteln erreichbare ringförmige oder totale Sonnenfinsternis bis zum April 2023 werden. Die Planung, an diesem Tag am Nordufer des Long Lake in der kanadischen Provinz Ontario zu stehen und den Feuerring aufgehen zu

sehen, war schon in Gange, als Corona zuschlug. Man blieb also brav zu Hause bzw. ging arbeiten.

Am 10. Juni führte mich meine Arbeit in das Harzvorland südlich von Braunschweig, wo trotz aufziehender Quellwolken einige Bilder der partiellen Phase entstanden.

Langsam kann man sich hoffnungsfroh an die Planung zur nächsten Sonnenfinsternisreise machen - am 20. April 2023 in Osttimor!

Alexander Alin



Beobachtung

DAS ASTROFOTO DES MONATS

April, Mai und Juni 2021



Abb. 1, Astrofoto April 2021:

Im Sternbild Zwillinge befindet sich ein wenig Planetarischer Nebel, der sogenannte Medusanebel.

Aufgenommen in Lilienthal-Seebergen mit einem Spiegelteleskop von 200 mm Öffnung und einem Öffnungsverhältnis von 1:4,4. Als Kamera wurde eine gekühlte CMOS-Astrokamera verwendet. Die Gesamtbelichtungszeit der Aufnahmen, die am 12. und 13.02.2021 gewonnen wurden, beträgt 4,8 Stunden.

Foto und Text: Dr. Jürgen Beisser (AVL)

Abb. 2, Astrofoto Mai 2021: Südlich des Sternbildes Großer Bär trifft man auf ein weniger bekanntes Sternbild, die Jagdhunde. Zu den interessantesten Galaxien hier zählt das Paar NGC 4485 und 4490. Die Einzelaufnahmen für das Foto, das hier als Ausschnittvergrößerung gezeigt wird, entstanden in Lilienthal-Seebergen mit einem Spiegelteleskop von 200 mm Öffnung und einem Öffnungsverhältnis von 1:4,4 (Brennweite 880 mm). Die Gesamtbelichtungszeit der Aufnahmen, die am 12. Februar 2021 im LRGB-Verfahren gewonnen wurden, beträgt 4,8 Stunden.

Foto: Dr. Jürgen Beisser (AVL).



Abb. 3, Astrofoto Juni 2021:

Am 19. April stand der Mond fast genau im ersten Viertel (zunehmender Halbmond). Da können wir einen Bereich mit sehr interessanten Formationen in der Nähe der Licht-Schattengrenze - des Terminators - beobachten:

Da fallen zunächst einmal drei Gebirgsmassive ins Auge, Überreste der Ränder riesiger Einschlagbecken:

- die Alpen im Norden mit dem markanten „Alpentäl“, einem 180 km langen und bis zu 20 km breiten Graben,
- der Kaukasus, hier in der Bildmitte, der nach Nordosten hin bis zum Krater Eudoxus reicht,
- der Apennin, das größte von der Erde aus sichtbare Mondgebirge mit Höhen von mehr als 5000 m. An seiner Nordwest-Flanke, nahe der Hadley-Rille landete 1971 Apollo 15.

Jede Formation auf dem Mond hat ihren idealen Sonnenstand. Auf diesem Foto ermöglichte die noch sehr tief stehende Sonne, dass Gebirge und die Vorgebirge mit ihren unauffälligen Erhebungen geradezu reliefartig zu Tage treten.

Details zur Aufnahme:

Datum und Ort: 19.04.2021, Worpsswede

Optik: VIXEN VC200L, 1800 mm Brennweite, f/9

Kamera: ZWO ASI 120

mit FireCapture 1000 Einzelbilder als AVI-file aufgenommen, davon 30% mit AutoStakkert und Photoshop bearbeitet.

Foto und Text: Ernst-Jürgen Stracke (AVL)

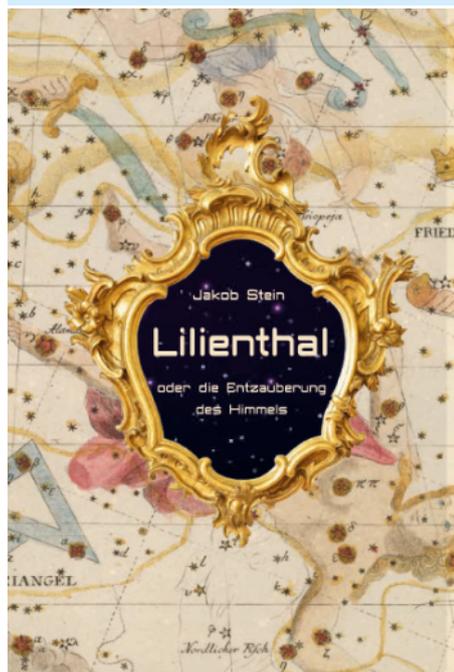
EINLADUNG ZUR BUCHPREMIERE

von HANS-JOACHIM LEUE, *Hambergen*

Jakob Stein

Lilienthal oder die Entzauberung des Himmels

B3 Verlags und Vertriebs GmbH, Frankfurt a. M.



Aktuell Wie kein anderes Gestirn fasziniert und beeinflusst der Mond den Menschen seit Jahrtausenden. Seine Oberfläche war den Astronomen einst besser bekannt, als die der Erde. Heute ist der Mond wieder in das Zentrum der internationalen Raumfahrt gerückt.

Historischer Hintergründe Ende des 18. Jh. war das kleine Moordorf Lilienthal nicht nur Zentrum der sich entwickelnden modernen Astronomie. Die dort gefertigten Teleskope waren mit die leistungsfähigsten ihrer Zeit und eine technische Pionier- und Meisterleistung. Bessel, Goethe, Gauß, Humboldt, Lichtenberg, Olbers u.v.m. standen in regen Kontakt mit der Sternwarte des Amtmannes Schroeter, dessen Beobachtungen weit über die Landesgrenzen hinaus Beachtung fanden. Berühmte Autoren wie Jules Vernes und Edgar Allen Poe zitieren in ihren Werken aus Schroeters Arbeiten. Die von Schroeter mitbegründete „Himmelspolizey“ kann als die erste internationale Astronomen-Vereinigung angesehen werden.

Der Roman Jakob Stein verbindet in seinem Roman „Lilienthal oder die Entzauberung des Himmels“ historische und aktuelle Astronomie miteinander. Basierend auf tatsächlichen Ereignissen baut er die jeweiligen Wissenswelten auf. Durch viel Zeitkolorit entsteht eine authentische Atmosphäre. Das fiktive Aufeinandertreffen diverser Charaktere und Persönlichkeiten beleuchtet die gegensätzlichen Standpunkte in der Astronomie. Stein zeichnet auch das gesellschaftliche und private Leben seiner Protagonisten nach. So entsteht ein farbiges Bild der Zeit, in dem sich Wissenschaft und Mythologie voneinander trennten.

Die Handlung

Steins Roman spielt auf zwei Zeitebenen

1813 In Lilienthal möchten sich die Mitglieder der Vereinigten Astronomischen Gesellschaft im Hause des Amtmannes Schroeters treffen. Es sind sehr unruhige Zeiten. Die französische Besatzung geht zu Ende. Preußische und Russische Truppen stehen in unmittelbarer Nähe. Die geladenen Teilnehmer, berühmte Astronomen, befassen sich in Gedanken und Gesprächen mit unterschiedlichen Theorien über Mond, Venus, Sonne und Kometen. Man steht am Scheidepunkt zwischen wissenschaftlichem Forschen und der noch immer vorhandenen Verklärung des Himmels.

Heute In Rehbach, einem Ortsteil von Michelstadt, lädt ein wohlhabender Geschäftsmann einige Freunde zu seiner alljährlichen Osterfeier ein. Unter den Gästen befindet sich auch Hans Nodel. Er ist ein eigenwilliger, etwas verschrobener Kauz. Hauptberuflich arbeitet er bei der ESOC (Europäischen Raumflugkontrollzentrum für Satelliten) in Darmstadt. In Erinnerung an seinen Großvater, der ihn als Kind in die Astronomie einführte, möchte er für sich den ehemaligen Zauber der Sterne zurückgewinnen. Er beginnt ein Buch zu schreiben. Es soll zu einer Zeit spielen, als der Kosmos noch nicht bis in seine tiefsten Tiefen bekannt war. Das Schreiben isoliert ihn mehr und mehr von seiner Umwelt. Auf der Osterfeier begegnet Hans der Modedesignerin Hethe, die der Gastgeber gerne mit ihm verhandeln möchte. Unbeholfen und unerfahren stolpert „Charly“ in eine Romanze, die nach und nach wieder die Sterne erhellt.

Der Autor Jakob Stein lebt seit mehr als dreißig Jahren in Frankfurt am Main. Er ist Autor, Herausgeber, Verleger, Moderator und Stadtführer. Lilienthal ist sein achttes Buch. Mehr zu Jakob Stein unter www.jakob-stein.de

Das Buch

Jakob Stein

Lilienthal oder die Entzauberung des Himmels

HC mit Schutzumschlag, 392 Seiten, ISBN 978-3-943758-94-8

Preis: 24,90 EUR

Die Buchpremiere findet am 20. Juli 2021 in Lilienthal, im Schroeter-Saal, Murkens Hof statt.

Bestellen Der Titel ist überall im Buchhandel erhältlich.



B3 Verlags und Vertriebs GmbH,

Markgrafenstraße 12, 60487 Frankfurt am Main

Tel: 069 707 76 49, Fax: 069 707 76 49, info@bedrei.de

www.bedrei.de



VERANSTALTUNGEN IM 3. UND 4. QUARTAL 2021

Alle Vorträge werden im Vereinsheim der AVL 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.

Aus der AVL



Bild: Museu de Astronomia (MAST)

Eddingtons Messung der Lichtablenkung am Sonnenrand: ein Triumph für Einsteins Relativitätstheorie

Referent: Dr. David Walker, Förderverein Hamburger Sternwarte

Freitag, 17. September, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



Bild: NASA / Cassini

VdS-Astronomietag: Lange Nacht der Planeten

Juwelen am Himmelszelt – Eine Reise zu den Riesenplaneten

Referent: Gerald Willems, AVL

Sonnabend, 16. Oktober, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



Bild: A. Alin, AVL

Argentiniens Sonnenfinsternisse – auf SoFi-Tour(en) in Südamerika

Referenten: Alexander Alin, AVL und Dr. Kai-Oliver Detken, AVL

Dienstag, den 23. November, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal



Bild: HST / NASA

Wie ein Stern entsteht

Referent: Dr. Manfred Zier, AVL

Dienstag, den 14. Dezember, 19:30 Uhr

Ort: Vereinsheim, Würden 17, 28865 Lilienthal

