

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

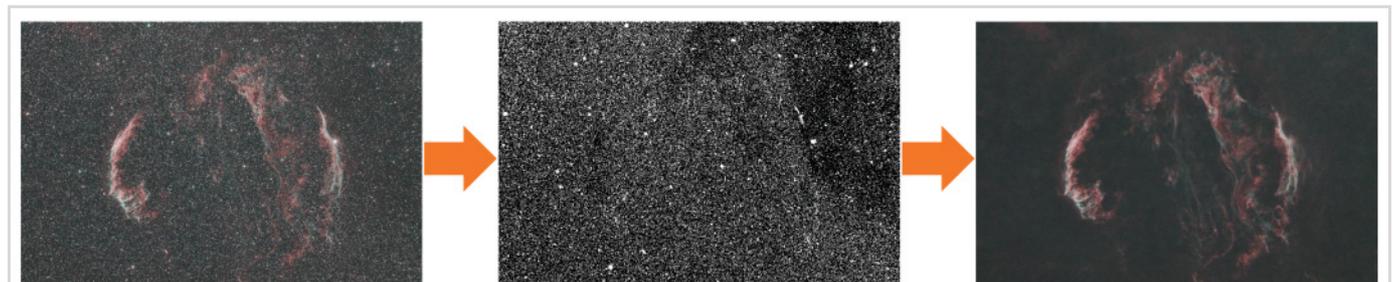


Abb. 2: Starnet-Sternmaskenerstellung und Transformationsergebnis anhand des Cirrus-Nebelkomplexes [4].

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.

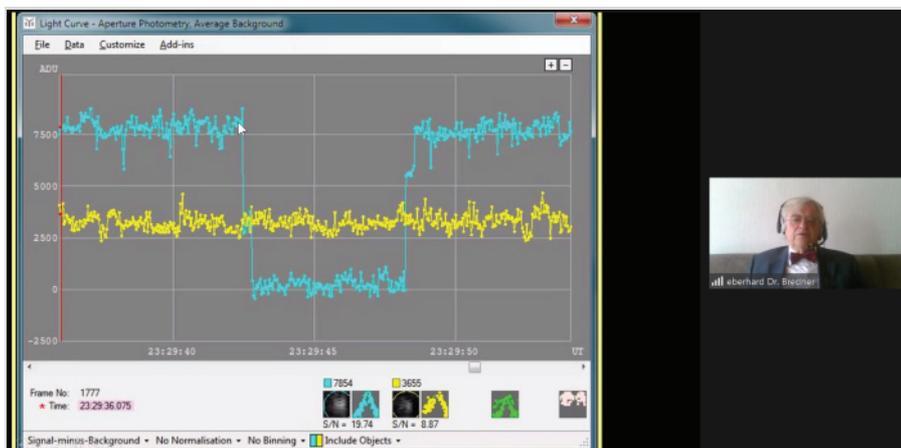


Abb. 3: Auswertung der Lichtkurve der Sternbedeckungsereignisse [5].



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.

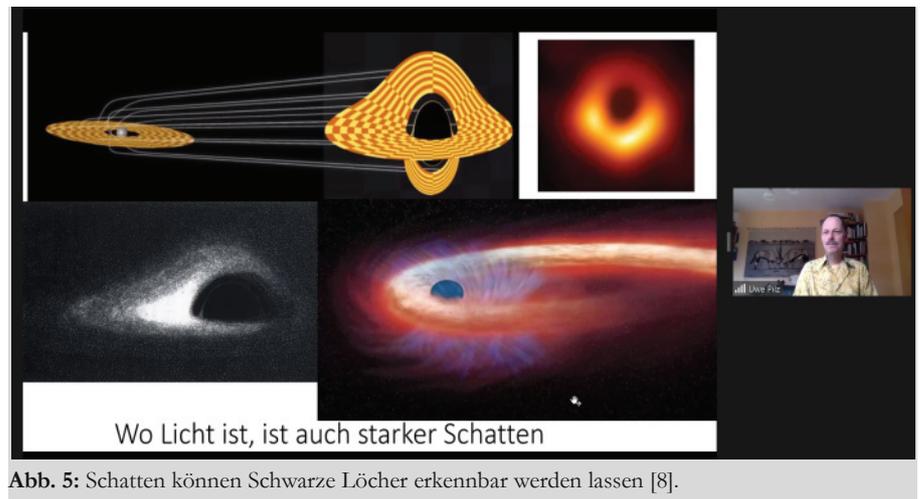


Abb. 5: Schatten können Schwarze Löcher erkennbar werden lassen [8].

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-Analyse-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).

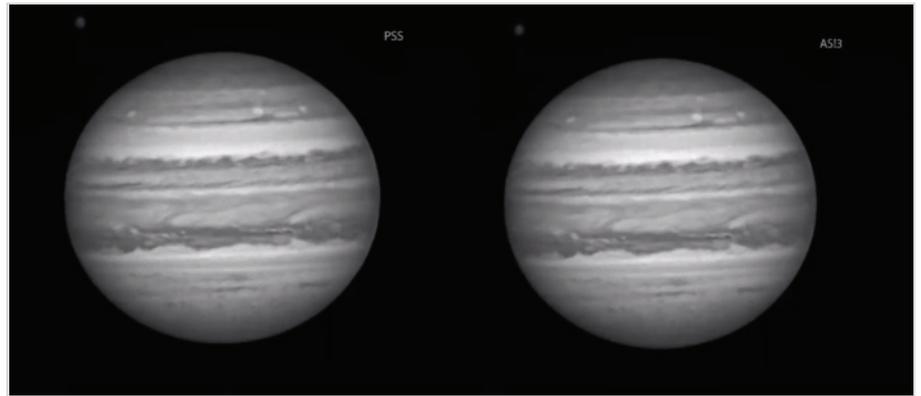


Abb. 6: Vergleich der Bildergebnisse von Rolf Hempel von Jupiter zwischen PSS und ASI3 [11].

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 Steckpferd, 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

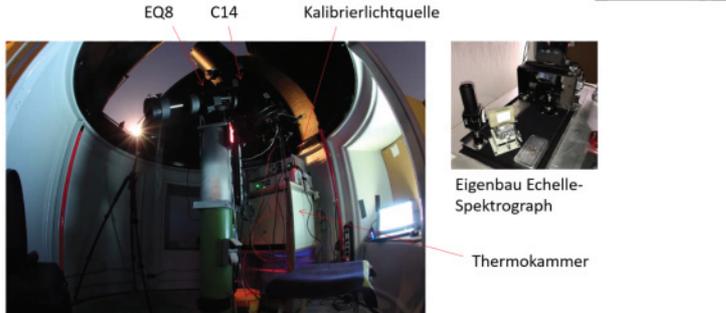


Abb. 7: Spektrographen-Technik der VdS-Arbeitsgruppe in der ersten und zweiten Generation [12].



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 Agustín 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.

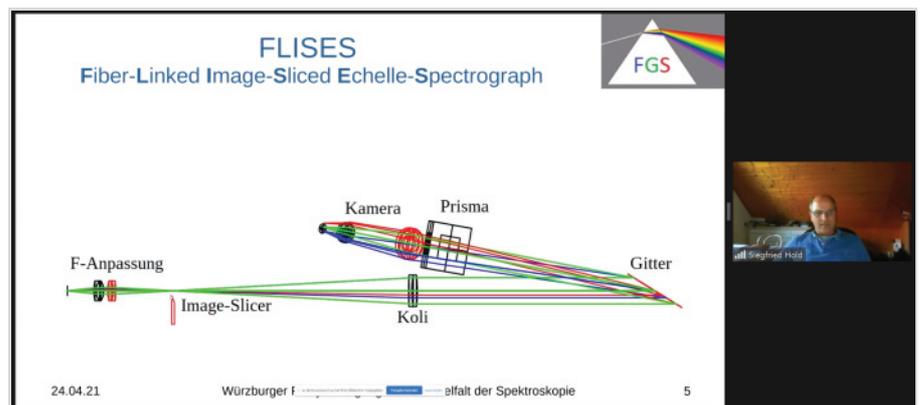


Abb. 11: Darstellung des FLISES-Spektrographen von Siegfried Hold [16].



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/>