



Die Himmelspolizey

AVL Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V.



48

10/16

ISSN 1867-9471

Schutzgebühr 3 Euro,
für Mitglieder frei

PLANETENPHOTOGRAPHIE

Vergleich der CCD- mit einer CMOS-Kamera

AVL-MITGLIEDER UNTERWEGS

Astronomie im Indischen und Atlantischen Ozean

Die Himmelspolizey
 Jahrgang 12, Nr. 48
 Lilienthal, Oktober 2016

INHALT

Die Sterne	3
Aktuelles von der Planetenphotographie	
Vergleich von CCD- und CMOS-Kameras.....	4
32. ATT-Messe in Essen	
Besuch bei GEO600	12
Ringförmige SoFi auf La Réunion	
Unter dem Sternenhimmel im Indischen Ozean.....	15
Positionsbestimmung	
Eine Erzählung über die Reise des Planeten Erde vom Mittelpunkt des Weltalls zur Randerscheinung (Letzter Teil).....	22
Impressum	27
Einladung zur Weihnachtsfeier	27
Was machen die eigentlich?	
Der Lebenslauf der Sterne.....	28
Astronomie am Kraterrand	29

Der Sommer ist vorbei. Für die Astronomen an sich die schwierigste Zeit des Jahres, da bei uns die Sonne bis zu 17 Stunden des Tages über dem Horizont steht. Aber Sommer ist auch Urlaubszeit: unsere Mitglieder waren wieder unterwegs in Sachen Astronomie und haben dabei nicht nur interessante Einrichtungen im Umland oder am Rande Europas besucht sondern auch wieder spektakuläre Bilder schießen können. Diese Ausgabe der Himmelspolizey entführt den Leser zunächst mal nach Hannover, wo Gravitationswellen untersucht werden. Wem es am Meer gefällt, wird bestimmt La Palma mögen, und wer auch noch einen aktiven Vulkan unter seinen Füßen spüren möchte, während er die Tiefen des Weltalls erkundet, dem sei die französische Insel La Réunion ans Herz gelegt.

Titelbild: Die Große Magellansche Wolke, ein unregelmäßiger Begleiter der Milchstraße. Photographiert von Kai-Oliver Detken in Cilaos, La Réunion.



Die Sterne, so scheint es den Menschen, stehen seit Ewigkeiten am Himmel. Unveränderlich und fixiert. Die Babylonier sahen denselben Himmel wie wir heute. Es sind exakt die selben Sterne, keiner mehr, keiner weniger. Es mag kleine Abweichungen der Sternörter geben, doch die würde ein Zeitreisender kaum bemerken. Doch diese kleinen Abweichungen sind es, die unsere Theorie der Unveränderlichkeit durcheinanderbringen. Sterne entstehen und vergehen. Sie unterliegen physikalischen Gesetzen, die man auch als Alterungsprozesse beschreiben könnte.

Ganz am Anfang der Welt gab es keine Sterne. Es gab nur Energie. Die Spezielle Relativitätstheorie lehrt uns die Äquivalenz von Masse und Energie. Die Physik verwandelte also die Energie (zumindest einen Teil) in Masse, so wie wir sie kennen. Die Philosophie der Veränderung ist im Wechsel der Paradigmen durch die Geschichte der modernen Menschheit relativ neu. Für Aristoteles war das Universum ohne Beginn und ohne Ende. Es existierte einfach und funktionierte nach absoluten und vollkommenen Gesetzen. Auch er erlag aus Unkenntnis dem Glauben, Sterne können sich nicht verändern.

Die Philosophie hat den großen Vorteil, ihre Erkenntnisse nur aus dem Beobachteten speisen zu können. Ein Philosoph kann sich nicht auf das große Unbekannte im Hintergrund berufen, das ihm ein fehlendes Element seiner Gedankengänge quasi überbrückt. Insofern ist der Physiker auch ein Philosoph, ein Freund der Wahrheit. Er beobachtet und entwickelt hieraus ein Weltbild. Der Physiker geht allerdings einen Schritt weiter und baut sein Weltbild aus. Dennoch wird auch dieses Modell niemals ein Teilmodell beinhalten, dessen Zustandekommen er nicht als offensichtlich beschreiben kann. Seine Sprache ist dabei die Mathematik. Doch auch ein Freund der Wahrheit braucht den Mut zur Wahrheit. Er legt die Sätze, die ihm die Mathematik vorlegt, aus und sucht dann nach der dazugehörigen Beobachtung. Oder er schreibt sein beobachtetes Weltbild in die Sätze der Mathematik. Der große Vorteil der Sprache Mathematik ist ihre universelle Gültig- und Verstehbarkeit. Wahrscheinlich könnte sich die Menschheit im Universum einfach über das Aussenden mathematischer Muster zu erkennen geben.

Im Gegensatz zu **Wissenschaften** sind **Glaubensangelegenheiten** sehr viel komplizierter konzipiert. Auf den ersten Blick erscheinen sie verführerisch einfach: Religionen sind im

Vorteil, sich nicht um naturwissenschaftliche Beschreibungen kümmern zu müssen. Ihr Weltbild unterscheidet sich vom physikalischen Weltbild durch die Anwesenheit von einem nicht näher beschreibbaren Etwas außerhalb von Raum und Zeit. Das Weltall entstand nicht durch Zusammenwirkung verschiedener Parameter als Notwendigkeit, sondern weil es willentlich so und nicht anders geschaffen wurde: „Im Anfang schuf Gott Himmel und Erde“. Es braucht keinen Grund und erspart dem Gläubigen die Frage nach dem „Warum?“. Gott ist da und bestimmt den Anfang. Interessanterweise haben so gut wie alle Kulturen ihre ganz eigene Erkenntnis zur Schöpfung der Welt und der Menschheit. Aber keine einzige spricht von sich entwickelnden Zellen und der Evolution gemäß Charles Darwin.

Im Gegensatz zur Religion braucht die Physik keinen Menschen. Gott erschuf den Menschen nach seinem Ebenbild, die Natur aber erschuf den Menschen als vergängliches Nebenprodukt. Gleich einer unbeschreiblich guten Regieanweisung steht das Leben auf der Erde unter dem Schutz unendlich unwahrscheinlicher Zufälle oder dem erstaunlich präzise geplanten Projekt eines Anderen! In der Religion ist der Mensch die Krone, in den Naturwissenschaften aber nur ein Zahnrad im Lauf der Dinge. Wenn dieses Zahnrädchen zerbricht, wird es eben durch ein anderes ersetzt. Diese Substituierung geschieht dabei langsam und fließend. Wenn die Lücke durch ein Zahnrad – in unserem Fall natürlich einer Lebensform in seiner biologischen Nische – gefüllt wird, das nicht optimal angepasst ist, wird es gnadenlos vernichtet.

Doch ist Religion und Naturwissenschaften eines gemein: beide Lager glauben an die Vollkommenheit ihres Glaubens. Wo die einen den Kreationismus und die Schöpfungsgeschichte, in den Abrahamitischen Religionen in der Genesis beschrieben, als einzig zulässige Erklärung für die Welt ansehen, kann für die anderen nur der Urknall und die Evolution die Ursache sein. Es gibt keine mögliche Schnittmenge. Sind so gesehen nicht beides Fanatiker?

Der an der vatikanischen Sternwarte in Castel Gandolfo forschende Bruder Guy Consolmagno – Astronom und Katholik – hat gesagt: Durch die exakte Erforschung der Welt ehrt der Mensch Gottes Werk am meisten.

Alexander Alin

AKTUELLES VON DER PLANETENPHOTOGRAPHIE -

Vergleich von CCD- und CMOS-Kameras

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, Grasberg

Die Planetenphotografie hat in den letzten zehn Jahren für Amateure große Fortschritte erzielt. Haben bereits Webcams die Aufnahmetechnik revolutioniert und CCD-Kameras die Möglichkeiten nochmals ausgebaut, stehen heute CMOS-Chips zur Verfügung, die nochmals eine höhere Auflösung und bessere Empfindlichkeit versprechen. Auch die Chipgrößen haben sich verändert, da sie kleiner wurden und dabei eine immer größere Pixelanzahl anbieten. Hatten sich vor einigen Jahren die DMK-Kameras des Bremer Herstellers „The Imaging Source“ (TIS) als Planetenkameras etabliert, stieß vor zwei Jahren der chinesische Hersteller ZWOptical dazu und brachte die Astroszene gehörig durcheinander. Statt eines CCD-Chips verwenden diese Kameras einen CMOS-Chip und bieten eine noch höhere Auflösung sowie größere Frameraten an. Grund genug also, die unterschiedlichen Chipeigenschaften einmal zu vergleichen und diese auch in der Praxis entsprechend zu testen.

Die Anforderungen an die Planetenphotografie unterscheiden sich grundsätzlich von denen, die bei Deep-Sky-Aufnahmen wichtig sind (siehe auch [3]). So sind Planeten sehr kleine Objekte und stehen relativ hell am Himmel (speziell zur Oppositionszeit), so dass man hier große Brennweiten (teilweise bis zu 6 m) und sehr kurze Aufnahmezeiten benötigt. Hinzu kommt, dass es sich bewährt hat ein Video von dem Aufnahmeobjekt zu drehen, aus dem dann später die einzelnen Bilder extrahiert werden. Dadurch erhält man in sehr kurzer Zeit viele Einzelbilder, was von der Leistungsfähigkeit der Kamera abhängt bzw. wie viele Frames/sec sie bei einer bestimmten Auflösung erreichen kann. Je größer diese Framerate ist, desto mehr Bilder können in einem definierten Zeitraum aufgezeichnet und desto besser kann das Seeing ausgetrickst werden. Auch eine kleinere Pixelgröße ist bei Planetenaufnahmen im Gegensatz zur Deep-Sky-Fotografie von Vorteil, um möglichst viele Details der kleinen Planetenscheibe herauszuholen zu können. Aufgrund der notwendigen großen Brennweite, wodurch das Öffnungsverhältnis schnell auf 1/20 oder gar 1/30 herabgesetzt wird, sollte auch die Lichtempfindlichkeit der Kamera eine wichtige Rolle spielen. Hinzu kommt, dass eine s/w-Kamera mit Filterrad verwendet werden sollte, um die

Nachteile einer Bayer-Matrix (geringere Empfindlichkeit und geringere Schärfe) kompensieren zu können. Allerdings lassen sich heute auch bereits mit Farbkameras überraschend gute Ergebnisse erzielen, so dass dies nicht mehr uneingeschränkt empfohlen werden kann.

Definition des Begriffs Seeing

An dieser Stelle möchte ich noch einmal auf die Definition des Wortes Seeing eingehen, da dieser Begriff oft sehr unterschiedlich verwendet wird. Er hat sich aus der visuellen Beobachtung abgeleitet, bei der der Blick durch das Okular eine

gewisse Luftunruhe oder Bildunschärfe erkennen ließ. Auch bei der Erstellung von Planetenfilmen kann man in der Aufnahme diese beide Parameter gut nachvollziehen. Das Bild wabert durch die atmosphärischen Störungen und wirkt unterschiedlich scharf. Auch bei der Beobachtung des Nachthimmels ohne optische Hilfsmittel kann man anhand der Sterne ein gutes bzw. schlechtes Seeing erkennen. Funkeln die Sterne stark, wird das ankommende Licht unregelmäßig abgelenkt (gebrochen), so dass die Luftschichten einigen Turbulenzen ausgesetzt sind. Meistens macht sich die-



Abb. 1: Saturn mit gut sichtbarem Hexagonal und ProPlanet 807 IR-Passfilter.

ser Effekt in Horizontnähe stärker bemerkbar, als im Zenit, weshalb bei Aufnahmen auch der Zenit bevorzugt wird, da er das beste Seeing bietet. Längere Belichtungszeiten führen bei einem nicht gutem Seeing dazu, dass der Lichtstrahl einer punktförmigen Quelle über einen größeren Bereich verschmiert. Dadurch wird das Bild unscharf. Daher kann in der Planetenfotografie das Seeing durch extrem kurze Belichtungszeiten und eine große Bildanzahl quasi ausgetrickst werden: es werden bei einer Aufnahme nur die scharfen Bilder herausgesucht und übereinandergelegt. Dadurch werden heute Planetenaufnahmen durch Hobbyastronomen ermöglicht, die vor gar nicht allzu langer Zeit nur den Profiastronomen vorbehalten waren.

Da die Planeten im Jahr 2016 alle sehr niedrig stehen, speziell Saturn und Mars, konnten Aufnahmen nur bei relativ schlechtem Seeing angefertigt werden. Daher muss man neben einer hohen Framerate zu einem weiteren Trick greifen: sogenannte IR-Passfilter lassen das Licht nur ab einem bestimmten Bereich passieren. Man filtert quasi das Lichtspektrum heraus, welches besonders für schlechte Seeing-Werte verantwortlich ist. Der Filter ProPlanet IR 807 ist ein solcher Filter von Astronomik, der Wellenlängen ab 807 nm bei einer Transmission von >97% passieren lässt. Das Licht wird von 350 bis 790 nm blockiert. Auch in der Dämmerung oder am Tag lässt sich der Filter gut einsetzen, da er den Himmelshintergrund dunkel hält. Als ich ihn das erste Mal verwendet hatte, war ich erstaunt, was man auf dem Live-Videobild für neue Einzelheiten auf der Marsoberfläche erkennen konnte. Es ließen sich richtig Strukturen ausmachen. Auch der Saturn ließ sich trotz der geringen Horizonthöhe einwandfrei ablichten (siehe Abbildung 1), inkl. der Cassini-Teilung der Ringe und dem Hexagonal am Nordpol, einem Sturm mit 32.000 km Durchmesser und einer Sechseck-Struk-

tur. So machte die Planetenfotografie auch bei dieser geringen Horizonthöhe noch Spaß.

CCD-Kameras vs. CMOS-Kameras

Die ersten erschwinglichen CCD-Kameras für Hobbyastronomen kamen als Webcams auf den Markt und hatten eine relativ geringe Auflösung (640x480 Pixel). Der bekannteste Vertreter war die Philips ToUCam, die gerade in der Astrofotografie eine große Verbreitung ab 2002 fand. Damit konnte man endlich auf die Technik der Profis zurückgreifen, die bereits seit den 1980er Jahren CCD-Bildsensoren für die Astronomie und Satellitenfernerkundung nutzten. Allerdings hatten diese ersten erschwinglichen CCD-Kameras auch neben der geringen Auflösung weitere Nachteile. So gab es ausschließlich Farbsensoren, die durch die Bayer-Matrix das zur Verfügung stehende Licht schlechter ausnutzen und bei gleicher Chipgröße Bilder mit einem schlechteren Signal-Rausch-Verhältnis lieferten, als die entsprechenden s/w-Vertreter. Zudem war standardmäßig ein Infrarot-Sperrfilter verbaut, der ein vollständiges Blockieren der Wellenlänge ab 700 nm vornahm. Da der interessante Wellenlängenbereich sich aber von ca. 400-1000 nm erstreckt, ging dadurch auch ein Großteil der Lichtempfindlichkeit verloren. Immerhin waren nun aber Videos aufnehmbar, aus denen Einzelbilder gewonnen werden konnten, wodurch wesentlich bessere Ergebnisse entstanden, als bei früheren Einzelaufnahmen mit Spiegelreflex-Kameras. Der Auftakt zu weiteren Entwicklungen und neuen CCD-Chips war gemacht.

Grundsätzlich bestehen CCD-Bildsensoren aus einer Matrix lichtempfindlicher Fotodioden, die oftmals rechteckig ausgeführt werden. Je größer die Fläche eines einzelnen Pixels ist, desto größer sind die Lichtempfindlichkeit und der Dynamikumfang des CCD-Sensors. Allerdings ist die Bildauflösung bei gleicher Sensor-

größe auch kleiner. Das einfallende Licht überträgt durch den photoelektrischen Effekt seine Energie auf die Elektronen eines Halbleiters. Die Ladungen fließen dabei in die Speicherzelle, die wie ein Kondensator Ladungen speichert. Bei Überbelichtungen können Ladungen aus der Speicherzelle in eine benachbarte übertreten. Dieser Effekt wird als Blooming bezeichnet und meint das „Ausblühen einer Blüte“, d.h. die Entstehung eines hellen Flecks um eine lokale Überbelichtung. Als Gegenmaßnahme kann man zwischen den Speicherzellen sog. Anti-Blooming Gates (ABG) anbringen, wodurch überschüssige Ladungen abgegeben werden können. Dies verringert aber auch wiederum die Empfindlichkeit und die Pixelgröße, weshalb dies bei Planetenkameras nicht zum Einsatz kommt. Nach der Belichtung werden die Ladungen schrittweise in den Ausleseverstärker verschoben, wodurch eine von der Ladung und somit der Lichtmenge abhängige elektrische Spannung ausgegeben wird. Das Ausgangssignal des Sensor liegt somit seriell vor.

Der CCD-Chip hat durch seine Bauweise bei längeren Belichtungszeiten ein geringes Rauschen und einen kleinen Dunkelstrom. Die spektrale Empfindlichkeit bis 1100 nm und der hohe Dynamikumfang (d.h., es können lichtschwache und helle Objekte gleichzeitig erfasst werden) sind weitere Vorteile. Die Quanteneffizienz liegt daher bei nahezu 100% in einem bestimmten Spektralbereich. Allerdings lesen CCD-Chips durch die serielle Verarbeitung eher langsam aus. Dadurch besitzen sie Nachteile bei kurzen Belichtungszeiten.

Dagegen besitzt bei einem CMOS-Chip jeder Pixel einen Verstärker, wodurch weniger Rauschen und eine schnellere Verarbeitung gewährleistet werden kann. Auch kommen durch schnelleres und bereichsgesteuertes Auslesen kaum Blooming-Effekte zustande. Durch die separate Pixelverarbeitung können zu-

sätzlich sehr hohe Bildraten erreicht werden. Zudem können erste Verarbeitungsschritte gleich im Pixelverstärker vorgenommen werden. Dadurch lassen sich Stacking-Prozesse oder HDR-Verarbeitung bereits in der Kamera durchführen. Durch die direkte Adressierung kann ebenfalls flexibler ausgelesen werden, wodurch Binning angewendet werden kann. Dies meint in der Digitaltechnik das Zusammenfassen benachbarter Bildelemente (Pixel), wodurch Pixelblöcke gebildet werden, die eine höhere Lichtempfindlichkeit pro virtuellem Bildpunkt erreichen. Der Signal-Rauschabstand verbessert sich dabei zusätzlich, da das Rauschen nun statistisch verteilt wird. Im Gegensatz dazu wird jedoch die Bildauflösung entsprechend der Anzahl der zusammengefassten Pixel reduziert. Nachteilig ist bei einem CMOS-Chip die geringere Lichtempfindlichkeit ohne Binning und ein reduzierter Dynamikumfang gegenüber einer CCD-Kamera. Das heißt, bei länger belichteten Aufnahmen können bei der CMOS-Kamera die Sterne schneller ausbrennen, als dies bei einer CCD-Kamera der Fall ist. Bei kurzbelichteten Aufnahmen besitzt ein CMOS-Chip aber unbestreitbare Vorteile, weshalb es wenig verwundert, dass diese immer mehr Einzug in heutige Kamertechnik (u.a. auch DSLR-Kameras) nehmen.

DMK- versus ASI-Kameras

Die DMK-Kameras des Bremer Herstellers TIS [1] ließen im Jahre 2008 zum ersten Mal in der Astroszene von sich hören, indem ihre DMK-Kameras in der Fachzeitschrift *Sky & Telescope* [4] mit dem „Hot Product Award“ ausgezeichnet wurden. Diese Industriekameras waren ursprünglich für einen ganz anderen Zweck entwickelt worden und machten durch ihre Lichtempfindlichkeit und Frame-Rate auch die Astroszene auf sich aufmerksam. Der Hersteller nahm die Nachfrage zur Kenntnis und produziert

seitdem auch Astro-Kameras, die mit dem Kürzel AS gekennzeichnet werden. Dabei etablierte sich speziell die DMK21AU618.AS als Standardkamera für die Planetenfotografen. Diese monochrome CCD-Kamera enthält den Sensor ICX618 von Sony mit einer Kantenlänge von 5,6 μm und kann eine Lichtempfindlichkeit von 0,015 lx mit einer max. Bildrate von 60 fps erreichen. Dies sind unbestreitbare Vorteile bei der Aufnahme kleinerer Objekte, wie beispielsweise von Planeten. Allerdings wird nur eine Bittiefe von 8 Bit erreicht und eine Auflösung von 640x480 Pixel. Das heißt, bei großflächigen Objekten wie der Sonne oder dem Mond, erhält man bei großer Brennweite nur Ausschnitte. Um diese Objekte komplett aufzunehmen musste man daher entweder die Brennweite verringern oder aus einem Mosaik ein Gesamtbild erstellen. Letzteres war dann immer recht aufwändig und machte viele Aufnahmesequenzen notwendig, weshalb ich meistens auf den kleinen ED70-Refraktor mit 420 mm Brennweite wechselte, um dann aus wenigen Mosaiken die Sonne oder den Mond einmal in der kompletten Ansicht aufnehmen zu können. Wenn man einen solchen Kompromiss nicht eingehen will oder kann, blieb leider nur die Anschaffung einer weiteren

DMK-Kamera (z.B. DMK41AU02.AS), mit größerer Auflösung (in diesem Fall: 1280 x 960 Pixel) und spezialisiert auf große Objekte. Deshalb besitzen die meisten Planetenfotografen mehrere CCD-Kameras, die sie für unterschiedliche Einsatzszenarien verwenden.

Es gibt allerdings noch einen weiteren Nachteil der DMK21AU618.AS, wenn man diese nicht nur für die Planetenfotografie verwenden möchte. Schließlich könnte man damit ja auch Deep-Sky-Objekte anfahren und mit geringen Belichtungszeiten viele Bilder stacken, um so ohne Autoguiding kleinere Objekte (z.B. Planetarische Nebel) aufnehmen zu können. Nur leider war diese DMK-Kamera nicht für diesen Einsatzfall entwickelt worden, sondern um feinste Strukturen kleiner Objekte aufnehmen zu können. Diese hohe Lichtempfindlichkeit wurde mit einem hohen Rauschen bei länger belichteten Aufnahmen erkaufte. So ließen sich Bilder von mehreren Sekunden bereits nicht mehr verwenden. Daher schied dieser zusätzliche Einsatzfall leider aus.

In dem Jahr 2014 tauchte dann auf einmal ein neuer Hersteller am Astrohimmel auf: ZWOptical [2]. Die zuerst herausgebrachte ASI120MM-Kamera wurde ebenfalls mit dem „Hot Product Award“



Abb. 2: SC-Teleskop C11 für Planetenaufnahmen.

			
Kameratyp	DMK 21AU618.AS	A.S.I. 120MM USB 2.0	A.S.I. 178MM USB 3.0
Sensor	CCD ICX618 (Sony)	CMOS AR0130CS / MT9M034	CMOS IMX178 (Sony)
Sensor-Durchmesser	5,6 µm Pixel	3,75 µm Pixel	2,4 µm Pixel
Auflösung	0,3 Megapixel	1,2 Megapixel	6,4 Megapixel
Max. Auflösung	640 x 480 Pixel	1280 x 960 Pixel	3096 x 2080 Pixel
Bitauflösung	8 Bit	12 Bit	14 Bit
Klarglasfilter	Eingebaut	Eingebaut	Eingebaut
Binning	Nein	2x2	2x2
ST-4-Port	Nein	Ja	Ja
Ausleserauschen	Groß	Mittel	Gering
Anwendung	Planeten, Sonnenflecken, Mondkrater	Planeten, Sonne, Mond, kurz belichtete Deep-Sky-Aufnahmen	Planeten, Sonne, Mond, kurz belichtete Deep-Sky-Aufnahmen
Preis (im Juni 2016)	499 Euro	216 Euro	450 Euro

Tab. 1: Vergleich von DMK- und ASI-Kameras.

ausgezeichnet und basiert nun auf der CMOS-Chiptechnik. Zum einen wurde das Sensormass auf 3,75 µm verkleinert. Zum anderen konnte man nun eine Auflösung von maximal 1280 x 960 Pixel wählen. Auch die maximale Bildrate wuchs auf 215 fps an, bei einer Auflösung von 320 x 240 Pixel. Die Bittiefe wurde ebenfalls auf 12 Bit erhöht und das Ausleserauschen deutlich herabgesetzt. Zwar gibt es hierzu keine Angaben vom Hersteller, aber grundsätzlich wurde es so gering, dass die neue ASI-Kamera sogar für erste Deep-Sky-Aufnahmen interessant wurde. Das Merkmal Binning (2x2) kam zusätzlich hinzu und steigerte die Einsatzmöglichkeit. Da der chinesische Hersteller die CMOS-Kamera auch noch zur Hälfte des Preises einer DMK-Kamera anbot, erhöhte dies zusätzlich die Beliebtheit. Wie sich die Leistungsmerkmale auf die Fotografie auswirken, werden wir später noch sehen.

Nachdem die ASI120MM-Kameras so erfolgreich waren, beschloss der Hersteller weitere Modelle auf den Markt zu

bringen. Zusätzlich sind die neuen Kameras auch noch gekühlt und als Farbvariante zu bekommen. So kam in dem Jahr 2016 die CMOS-Kamera ASI178MM USB3.0 heraus, die eine weitere Steigerung der Leistungsmerkmale mit sich brachte. Der CMOS-Sensor IMX178 von Sony besitzt jetzt nur noch eine Kantenlänge von 2,4 µm. Die Bildtiefe wuchs auf 14 Bit an und die maximale Auflösung beträgt nun 3096 x 2080 Pixel! Damit können 6,4 Megapixel erreicht werden. Ein großer Unterschied zur DMK618-Kamera, die nur auf 0,3 Megapixel kommt. Das Ausleserauschen ist sehr gering und liegt zwischen 2,2e-1,4e bei 27 dB. Die Kamera erreicht eine Bildrate von max. 240 fps bei 320 x 240 Pixel und 14 Bit. Durch die große Bildratenrate sind ein USB3.0-Anschluss und eine schnelle SSD-Festplatte empfehlenswert. Tabelle 1 zeigt die Leistungsdaten der drei Kameras noch einmal abschließend im direkten Vergleich.

Bildvergleiche durch Jupiter

Um nun die Kameras direkt miteinander vergleichen zu können, sollte das gleiche Teleskopequipment zur Verfügung stehen und ungefähr der gleiche Aufnahmezeitraum verwendet werden. Denn die Planeten stehen in unterschiedlichen Jahren, in verschiedenen Entfernungen und Horizonthöhen zur Erde, wodurch sich nur die gleichen Randbedingungen ergeben, wenn man sich auch den gleichen Aufnahmezeitraum aussucht. Daher wurden nur Bilder miteinander verglichen, die in diesem Jahr aufgenommen wurden. Als Teleskop-Equipment kam ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop von Celestron mit 11"-Öffnung und einer Brennweite von 2.800 mm zum Einsatz. Das Öffnungsverhältnis ist hierbei noch 1/10, während das Auflösungsvermögen 0,42" beträgt. Man ist damit also schon recht nahe an den maximal möglichen Seeing-Werten in unseren Breitengraden angelangt. Das SC-Teleskop C11 hat sich zudem in der Vergangenheit für Planetenfreunde zu einem Quasi-Standardte-

leskop entwickelt. Die kompakte Bauweise, die noch vorhandene Tragbarkeit durch ein Gewicht von 13 kg und das Preis-/Leistungsverhältnis haben zu einer hohen Verbreitung geführt. Zudem gibt es bei einem SC-Teleskop keine Fokusprobleme, wie das beispielsweise bei Refraktoren der Fall ist, da quasi alle Kameras sich adaptieren lassen. Mit dem Basisequipment C11-Teleskop, CEM60-Montierung und Berlebach-Stativ wurden seit Februar 2016 Aufnahmen von Jupiter angefertigt, da er in der ersten Jahreshälfte sehr gut erreichbar am Nachthimmel stand und Anfang März in Opposition kam. Später kamen dann noch Jupiter und Mars hinzu. Wie man an der Abbildung 2 sehen kann, wird aber auch gerne durch das C11 mittels eines bipolaren Adapters beidäugig beobachtet. Damit können die Planeten sehr gut aufgelöst und sogar farblich erkannt werden!

Speziell den Jupiter kann man gut für einen Vergleich beider Kameratypen nutzen, da der Planet sehr schnell um die eigene Achse rotiert, weshalb Kameras mit hoher Framerate notwendig sind. Seine Rotationsperiode beträgt knapp 10 Stunden, weshalb er sich am schnellsten von allen Planeten unseres Sonnensystems um die eigene Achse dreht. So können bereits Aufnahmen über 3 min verschwommen und unscharf wirken, da sich bereits in dieser kurzen Zeit der Planet weitergedreht hat und damit eine Überlagerung der Bilder nicht mehr ohne weiteres gelingt. Es gibt allerdings die Möglichkeit eine Derotation des Planeten durch das Programm WinJUPOS [5] vorzunehmen. Dieses ermittelt anhand der exakten Uhrzeit die Lage des Planeten und passt die aufgenommenen Sequenzen dadurch aufeinander an. Daher lassen sich trotz der großen Rotationsgeschwindigkeit längere Aufnahmesequenzen verwenden. Es wurde WinJUPOS bei den hier gezeigten Bildern aber nicht verwendet, weil mit geringen Aufnahme-



Abb. 3: Jupiter mit der DMK 21AU618.AS ohne Brennweiten-Verlängerung und zwei seiner Monde.



Abb. 4: Jupiter mit der A.S.I. 178MM ohne Brennweiten-Verlängerung und dem Großen Roten Fleck (GRF).

zeiten experimentiert wurde.

Da verschiedene s/w-Kameras zum Einsatz gekommen sind, sinkt der Aufnahmezeitraum nochmals, da für die RGB-Kanäle jeweils ein Video aufgenommen werden muss. Aus diesem Grund ist eine hohe Framerate (fps) unabdingbar, um in kürzester Zeit die meisten Daten aufnehmen zu können. Beide

Kameras (DMK 21AU618.AS und A.S.I. 178MM) sind in der Lage unter optimalen Bedingungen bis zu 60 fps bereitzustellen, wobei die ASI-Kamera sogar noch „Luft nach oben“ hat. Spannend ist bei einem direkten Vergleich aber auch, wie sich die Pixelgröße des jeweiligen Sensors auf die Bilder bzw. die Größe von Jupiter auswirkt.

Als Aufnahme-Software wurde IC Capture 2.2 für die DMK 21AU618.AS und FireCapture 2.4 für die A.S.I. 178MM verwendet. Pro Farbkanal wurden 1000 Bilder aufgenommen. Als Bildbearbeitungssoftware kamen AutoStakkert! 2.1.0.5, Fitswork 4.44 und Adobe Photoshop Elements 12 zum Einsatz. Mit AutoStakkert werden aus den Videoinformationen der einzelnen Farbkanäle die besten Bilder ausgewählt und übereinandergelegt. Dadurch entsteht ein TIF-Bild, welches in Fitswork mit den beiden anderen Farbkanalbildern zu einem RGB-Bild zusammengesetzt wird. Anschließend wurde in Fitswork die Bildglättung und Schärfung vorgenommen, um abschließend mit Photoshop dem Endresultat den letzten Schliff zu verleihen.

Im direkten Vergleich (Abbildung 3 und 4) fällt dann auch sofort auf, dass der Planet Jupiter bei gleicher Brennweite deutlich größer erscheint, als vorher. Durch die kleineren Pixel ist die ASI-Kamera zudem in der Lage feiner aufzulösen. Dadurch wird eine Brennweiten-Verlängerung mittels einer Barlowlinse an einem C11-Teleskop mit 2800 mm Brennweite nicht mehr notwendig. Zusätzlich erhält man dadurch ein helleres Bild, da das Öffnungsverhältnis bei 1/10 bleibt. Durch die hohe Auflösung von max. 3096 x 2080 Pixel lassen sich die Planeten auch wesentlich leichter auffinden, als vorher mit der DMK-Kamera. Anschließend kann man zwischen



Abb. 6: Mondübersichtsaufnahme des Kopernikus-Kraters bei 2.800 mm Brennweite und der A.S.I. 178MM.

verschiedenen Auflösungen wählen und den Planeten in dem kleinstmöglichen Ausschnitt aufnehmen, da damit auch eine höhere Framerate möglich ist

Auch der Vergleich der Kameras A.S.I. 120MM und DMK 21AF04.AS offenbart diese Unterschiede, wie die Abb. 5 zeigt. Beide Aufnahmen kommen von Torsten Lietz und sind in unterschiedlichen Jahren aufgenommen worden. So entstand der größere Jupiter als R-RGB-Aufnahme am 29. Februar 2016, während der rechte Aufnahme schon etwas länger zurückliegt und vom 08. Dezember 2012 datiert. Von daher lässt sich die Größe des Planeten nicht direkt miteinander vergleichen. In beiden Fällen wurde allerdings eine Brennweiten-Verlängerung eingesetzt, die bei ca. 7,5 m lag! Diese ist mit der A.S.I. 178MM zwar auch zusätzlich

einsetzbar, macht aber keinen Sinn, da bereits die maximale Auflösung vorher erreicht wurde. Das heißt, man bekommt zwar die Abbildung des Planeten deutlich größer hin, aber ohne Schärfegewinn: die Bilder kommen nicht mehr in den Fokus. Daher macht eine Brennweiten-Verlängerung nur bei kleineren Teleskopen (z.B. Refraktoren) Sinn.

Einsatz an großflächigen Objekten

Bei der Aufnahme von großflächigen Objekten, wie Mond und Sonne, ist hingegen eine größere Auflösung entscheidend für einen guten Gesamteindruck und nicht die Framerate. Diese kann ruhig kleiner gewählt werden, was auch für die Nutzung älteren Laptop-Equipments teilweise unabdingbar ist. Aber auch an Objekten wie dem Mond oder der Sonne ergeben sich durchaus Vorteile durch das geringere Sensormaß. So lassen sich interessante Übersichtsaufnahmen durch Binning erstellen oder Details durch Veränderung des Bildausschnitts auswählen, ohne den Fokus jeweils neu einstellen zu müssen. Eine zusätzliche Brennweiten-Verlängerung entfällt auch hier. Dadurch lassen sich verschiedene Bildausschnitte, von Übersichtsbis zur Detailaufnahme, direkt durch die Aufnahme-Software einstellen.

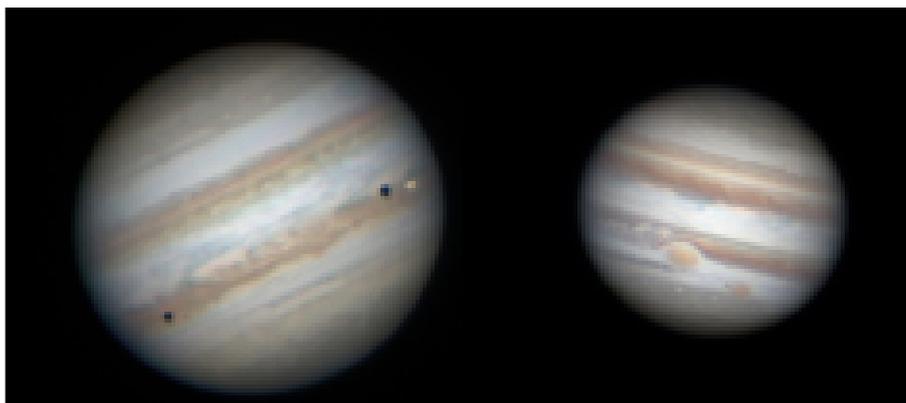


Abb. 5: Jupiter mit der A.S.I. 120MM und der DMK 21AF04.AS bei ca. 7,5 m Brennweite [6].



Abb. 7: Monddetailaufnahme des Kopernikus-Kraters bei 2.800 mm Brennweite und der A.S.I. 178MM.

Ein Aufnahme-Beispiel zeigen die Abbildung 6 und 7 vom Kopernikus-Krater des Mondes, der zuerst in der Übersichtsaufnahme und danach im Detail aufgenommen wurde. Aufnahme-Optik war hier wieder das C11-Teleskop, ohne Brennweiten-Verlängerung. Das heißt, ein Umschnallen am Teleskop, indem eine zusätzliche Barlowlinse angebracht wird, entfällt praktischerweise. Auch werden die Bilder heller, da das Öffnungsverhältnis bei 1/10 bleibt und durch eine

Brennweiten-Verlängerung nicht verschlechtert wird. Die geringere Pixelgröße offenbart zudem mehr Details. Bei der DMK618-Kamera ließ sich hingegen immer nur ein kleiner Bildausschnitt nutzen. Sollte eine größere Fläche abgebildet werden, musste man eine Mosaikbearbeitung umsetzen (siehe auch Beispiel Abb. 9 bei der ASI-Kamera). Das heißt, dass man die verschiedenen Aufnahmen einzelner Bildausschnitte später bei der Software-Bearbeitung wieder zusammen-

setzen musste. Der Aufwand der Bildverarbeitung erhöhte sich dabei beträchtlich. Außerdem konnte es passieren, dass ein wichtiges Stück des Objektes fehlte und so das Gesamtbild unvollständig blieb. Teilweise erschwerte zusätzlich der Detailausschnitt das Auffinden von Kratern, so dass man im Nachhinein nicht mehr exakt wusste, welchen Teil der Mondoberfläche abgeleuchtet wurde. Hier besitzt die ASI-Kamera daher klare Vorteile gegenüber der DMK618-Version.

Was für den Mond gilt, kann man auch für die Sonne feststellen. Auf einer Gesamtaufnahme kann man sich im ersten Schritt die gesamte Oberfläche ansehen, bevor man beschließt einen bestimmten Sonnenfleck im Detail zu untersuchen (siehe Abbildung 8). Dass man dabei die Brennweite nicht verändern muss, ist auch hierbei ein Vorteil.

Durch das geringe Ausleserauschen könnte man die ASI-Kameras aber auch für den Deep-Sky-Bereich einsetzen. Dies geht bei einer ungekühlten Kamera aber nur mit sehr geringen Belichtungszeiten, wie z.B. 1.000 x 0,5 sec. Der Vorteil dabei ist: Autoguiding spielt keine Rolle mehr! Die Montierung kann auch größere Toleranzen aufweisen, da die Nachführungsgenauigkeit bei so kurzen Belichtungszeiten nicht mehr die gleiche Gewichtung besitzt. Hierdurch sind bereits sehr interessante Ergebnisse von anderen Hobbyastronomen erzielt worden, so dass dies ebenfalls ein spannendes Betätigungsfeld ist. Vielleicht ergibt sich dadurch sogar ein neuer Trend, da die Kameras immer empfindlicher werden. Bei Nutzung der gekühlten Chip-Variante lassen sich aber auch wesentlich längere Belichtungszeiten erzielen. Diese Kameratypen sind dabei wesentlich kostengünstiger, als die CCD-Kollegen anderer Hersteller, müssen ihre Qualität aber erst noch beweisen. Hier gibt es noch zu wenige Ergebnisse auf die man zurückgreifen könnte.

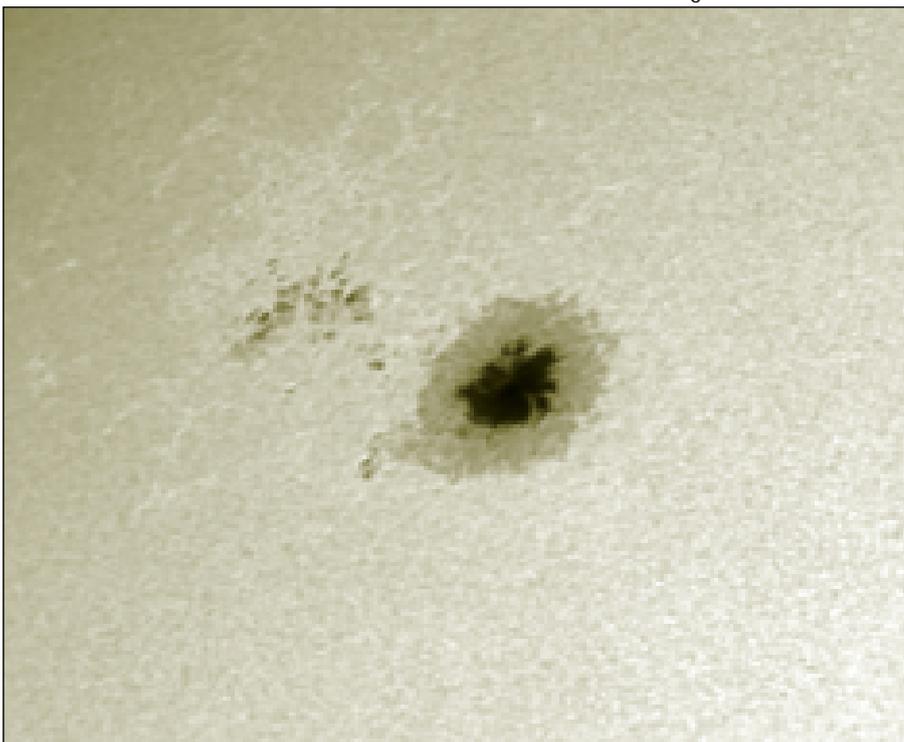


Abb. 8: Großer Sonnenfleck AR 12529 bei 2.800 mm Brennweite, mit der A.S.I. 178MM.

Fazit

Durch die kleineren Pixel ist die A.S.I. 178MM in der Lage feiner aufzulösen und Objekte größer darzustellen. Es kann daher bei einem Schmidt-Cassegrain-Teleskop auf eine Brennweitenverlängerung verzichtet werden. Dadurch erhält man ein helleres Bild bei niedrigem Öffnungsverhältnis. Die Empfindlichkeit ist zusätzlich höher, als bei der Kamera A.S.I. 120MM (IR: 1000 nm, UV: 350 nm) und es lassen sich wesentlich höhere Auflösungen von bis zu 3.096 x 2.080 Pixel nutzen. Das Zusammenfassen von Pixelblöcken (Binning) ermöglicht zusätzlich eine höhere Lichtempfindlichkeit und einen besseren Signal-/Rauschabstand.

Aber es lassen sich natürlich auch gewisse Nachteile gegenüber einer DMK-Kamera ausmachen. So erzeugt die höhere Auflösung eine wesentlich größere Datenmenge. Um die volle Auflösung bei höchster Framerate nutzen zu können ist daher ein USB3.0-Anschluss und eine größere SSD-Festplatte notwendig. So sind bereits seit der relativ kurzen Nutzungszeit in diesem Jahr mehr Daten gesammelt worden, als vorher in drei Jahren DMK-Verwendung! Das Binning erzeugt zudem kleinere Objektabbildungen und egalisiert damit die Pixelgrößenvorteile wieder. Auch der Einsatz einer Barlowlinse ist am C11-Teleskop nicht mehr möglich, da bereits die maximale Auflösungsgrenze erreicht wird. Jede weitere Vergrößerung kostet damit nur Lichtstärke und Bildschärfe. Wenn man allerdings bedenkt, dass die bisher aufge-

nommenen Bilder mit einem älteren Laptop mit normaler Festplatte, USB2.0-Anschluss und Windows XP entstanden, relativiert sich die vorher gemachte Feststellung. Bei kleinerer Auflösung reicht dieses Equipment bereits aus, so dass keine Neuschaffung eines Laptops mit zu beachten ist. Bei Planeten sollte man so wieso eine kleinere Auflösung einstellen, damit hauptsächlich der

Planet aufgezeichnet wird, während bei größeren Objekten der Chip komplett ausgenutzt werden sollte.

Zu den Nachteilen kommt allerdings hinzu, dass die ASI-Kameras bei Sonnenaufnahmen im H-Alpha-Spektrum sog. Newtonringe erzeugen. Dies sind konzentrische Ringe, die durch Interferenzen am Luftspalt zwischen zwei reflektierenden, nahezu parallelen Oberflächen entstehen. Dies ist durchweg bei allen ASI-Kameras in der Astroszene zu beobachten und ist mehr oder minder schwerwiegend vorhanden. Auch bei der AVL sind diese Interferenzmuster bereits am H-Alpha-Teleskop zu beobachten gewesen. Die DMK-Kameras kennen dieses Phänomen hingegen nicht, weshalb viele Sonnenfotografen bisher nicht auf eine ASI-Kamera gewechselt sind. Durch das spätere Stacken der Bilder und durch Einbeziehung von Flats kann man den



Abb. 9: Mondmosaik, bestehend aus drei Aufnahmen mit 130mm-f/7-Triplett-APO-Refraktor bei 910 mm Brennweite und der ASI 178MM Kamera.

Effekt aber kompensieren. Auch ein leichtes Verkippen der Kamera kann manchmal helfen. Trotzdem sind diese Interferenzmuster störend (auch bei Live-Beobachtungen am Bildschirm) und erzeugt einen größeren Bearbeitungsaufwand. Die A.S.I. 178MM ist für mich abschließend eine sehr gute Allround-Kamera für Planeten, Sonne und Mond, die in Zukunft sogar für Deep-Sky-Aufnahmen in Frage kommen könnte. Aber auch die DMK-Kameras behalten ihre Berechtigung, speziell für H-Alpha-Aufnahmen. Es lässt sich festhalten, dass die A.S.I. 178MM Kamera neue Möglichkeiten in der Planetenfotografie ermöglicht und die Qualität der erreichbaren Abbildungen nochmals verbessert. Zusätzlich profitieren auch Mond- und Sonnenaufnahmen, so dass man eine Universalkamera erhält, die einem Hobbyastronomen neue Horizonte eröffnet.

Literatur

- [1] Hersteller-Webseite von The Imaging Source (TIS): <http://www.theimagingsource.de>
- [2] Hersteller-Webseite von ZWOptical: <https://astronomy-imaging-camera.com>
- [3] Kai-Oliver Detken: Mond-, Sonne- und Planetenfotografie: erste Erfahrungen mit einer CCD-Kamera von The Imaging Source (TIS). Die Himmelspolizey, Ausgabe 04/13, Heft-Nr. 36, Vereinszeitschrift der Astronomische Vereinigung Lilienthal e.V., ISSN 1861-2547, Lilienthal 2013
- [4] Webseite der Fachzeitschrift Sky & Telescope: <http://www.skyandtelescope.com>
- [5] Webseite von WinJUPOS: <http://www.grischa-hahn.homepage.t-online.de>
- [6] Aufgenommen von Torsten Lietz in Hambergen mit einem Meade 12" SC-Teleskop.



BESUCH BEI GEO600

von PETER STEFFEN, Weyhe

Am Dienstag, dem 12. Juni um 12:30 Uhr machten sich drei PKWs mit je vier AVLern auf den Weg nach Sarstedt-Ruthe. Dort befindet sich der Gravitationswellen-Detektor GEO600 des Albert-Einstein-Instituts Hannover (AEI). Der Grund unseres Besuchs war klar:

Am 14. September 2015 wurden zum allerersten Mal Gravitationswellen (kurz GW) direkt registriert und damit ein weiteres Mal Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie bestätigt. Dieses Ereignis wurde zwar nicht vom GEO600 selbst registriert, sondern von den zwei US Advanced-LIGO-Detektoren in HANFORD (Washington) und LIVINGSTON (Louisiana), jedoch war es der AEI-Wissenschaftler Marco Drago, der das Signal am GEO600, das mit LIGO ständig in real time verbunden ist, zuerst sah. Das war am 14. 9. 2015 um 11:50:45 unserer mitteleuropäischen Sommerzeit, zu der in den USA noch alle schliefen. So auch die Mitarbeiter von LIGO, sodass dort niemand den Empfang des Signals mitbekam. Es folgte eine Phase der Überprüfung der Echtheit dieses Signals, bis man Hurra schreien konnte. Dennoch wurde das Ereignis erst rund 5 Monate später am 11. Februar 2016 veröffentlicht, nachdem man alle Messungen ausgewertet hatte und man ganz sicher war bzgl. dessen, was man entdeckt hatte. Man wollte nicht noch einmal, wie in der letzten Zeit mehrfach, einen (Zu)frühstart riskieren, der sich später als Flop erweist.

Bevor ich nun zu unserem Besuch bei GEO600 komme, möchte ich erst einmal kurz anreißen, was Gravitationswellen sind, wie man sie misst und warum diese die Astrophysiker so aufregen.

Mit der Speziellen und der Allgemeinen Relativitätstheorie (SRT u. ART) hat Albert Einstein 1905 und 1915 die Physik

grundlegend revolutioniert. Eine der Forderungen seiner ART ist, dass bei kosmischen Ereignissen wie Sternkollisionen, Verschmelzung von Neutronensternen oder Schwarzen Löchern oder nur von sich gegenseitig eng umkreisenden massereichen Himmelskörpern der Raum als solcher am Ort des Geschehens zu Schwingungen angeregt wird, die sich in Form von Wellen, eben den Gravitationswellen mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Man kann sich diesen Vorgang mit dem Fall eines schweren Objekts, z. B. einer Eisenkugel, auf ein Trampolin veranschaulichen, in das die Kugel beim Aufprall nicht nur einsinkt, sondern die Einschlagstelle zum Schwingen anregt. Diese Schwingungen breiten sich dann in Wellenform über die gesamte Gummihaut bzw. realiter den Raum aus. Soweit die Theorie.

Seit der Veröffentlichung von Einsteins ART am 25. November 1915 sind ziemlich genau 100 Jahre vergangen, ohne dass die Astrophysiker einen direkten Beweis für die Existenz der Gravitationswellen hatten. Das war auch nicht so sehr verwunderlich, weil die Stärke der Wellen der Verformung des Raumes mit der Entfernung der GW-Quelle von uns linear abnimmt und derartige Ereignisse erst über Bereiche von Milliarden Lichtjahren von uns entfernt hinreichend wahrscheinlich werden. Demnach können wir nur relative Längenänderungen L/L des Raumes in der Größenordnung von $10^{-21} = 0,00000000000000000001$ erwarten. Diese Messempfindlichkeit zu erreichen, hielt Einstein für ausgeschlossen. Nun hat man sie aber erreicht, und nicht zuletzt haben die Wissenschaftler und Ingenieure von GEO600 einen nicht unbeträchtlichen Anteil daran. Wie misst man nun aber derartig geringe Dehnungen und Stauchungen des Raumes?

Nach verschiedenen untauglichen Versuchen mit großen Metallzylindern in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist heute nur das Interferometer-Prinzip (siehe Abb. 1) als brauchbar erkannt worden. Eine solche Anlage besteht aus zwei rechtwinklig zueinander gekreuzten, möglichst langen, evakuierten Röhren, an deren Enden jeweils ein hochpräziser, justierbarer Spiegel angebracht ist. Am Anfang einer der beiden Röhren befindet sich ein extrem rauscharmer leistungsstarker Laser. Dessen scharfgebündelter Lichtstrahl fällt auf einen teildurchlässigen Spiegel am Kreuzungspunkt der beiden Kanäle, der den Laserstrahl in die beiden Röhren aufspaltet. An deren Ende wird das Laser-Licht reflektiert und zurück am Strahlteiler gegenphasig überlagert. Von dort gelangt es als Messsignal zu einem Detektor. Sofern kein relevantes Ereignis stattfindet, bewirkt die gegenphasige Überlagerung der reflektierten Strahlen, die sich dann gegenseitig auslöschen, dass im Idealfall kein Signal den Detektor erreicht. Sobald sich jedoch die Länge der Kanäle, d.h. der Lichtwege zueinander ändert, registriert der Detektor ein Lichtsignal, da sich dann die Phasen der reflektierten Strahlen gegeneinander verschieben. Die Messanordnung ist umso empfindlicher, je länger die Lichtwege sind, je besser die Aufhängung des Interferometers gegen terrestrische Erschütterungen geschützt wird und je rauschärmer der Laser ist.

Was versprechen sich die Astrophysiker nun von den Gravitationswellen, abgesehen von der abermaligen Bestätigung der ART?

Die Messung und Signalauswertung von Gravitationswellen eröffnet eine neue Astronomie! Und zwar erhält man damit Informationen über alle ex- und implodierenden Prozesse, wie Sternkollisionen, Su-

pernovae und Verschmelzung von Schwarzen Löchern im Weltall weitab von unserer Galaxis, sowie Erkenntnisse über das ganz frühe Universum jenseits der **Last Scattering Surface (LSS)** etwa 380.000 Jahre nach dem Urknall, als das Universum durchsichtig wurde. Aus einem Bereich weit vor der LSS erwarten die Wissenschaftler nämlich sogenannte **primordiale Gravitationswellen**.

Nun aber endlich zu unserem Besuch in Ruthe.

Als wir dort planmäßig ankamen, waren wir zunächst etwas irritiert. Denn die ganze Forschungseinrichtung liegt inmitten einer Apfelplantage und sonstigen landwirtschaftlich genutzten Arealen. Sie besteht lediglich aus 5 oder 6 Containern und den zwei 600 m langen, mit Wellblech abgedeckten Kanälen des Interferometers, von denen wir nur einen entlang der Zufahrt sahen (Bild 2, 3). Das Personal vor Ort umfasst normalerweise nur eine Handvoll Mitarbeiter (max. 10 Personen), von denen uns Herr Schreiber äußerst fachkundig durch die Anlage führte und geduldig unsere vielen Fragen beantwortete.

In jedem Kanal sind als Messstrecken Wellblech-Edelstahl-Rohre von ca. 60 cm Durchmesser mit einer Wandstärke von nur 0,6 mm der Art, wie in Bild 5 gezeigt, als Vakuumröhren verlegt. Durch diese, auf etwa 10^{-9} bar evakuierten Rohre werden die jeweils vom Strahlteiler kommenden und an den Spiegeln reflektierten Laserstrahlen geschickt. Um Erschütterungen durch Umwelteinflüsse soweit wie möglich zu vermeiden, sind die Spiegel an Glasfäden aufgehängt. Durch nochmalige 3-fache Reflexion wird die Messstrecke sozusagen künstlich auf 2,4 km verlängert. Herz der Anlage ist ein großer Container, in dem die Vakuumpumpen, der Strahlteiler inklusive seiner höchststabilen Aufhängung, der Hochleistungslaser (30 Watt Dauerstrich) ebenfalls inklusive seiner höchststabilen Aufhängung angeordnet sind, sowie einer

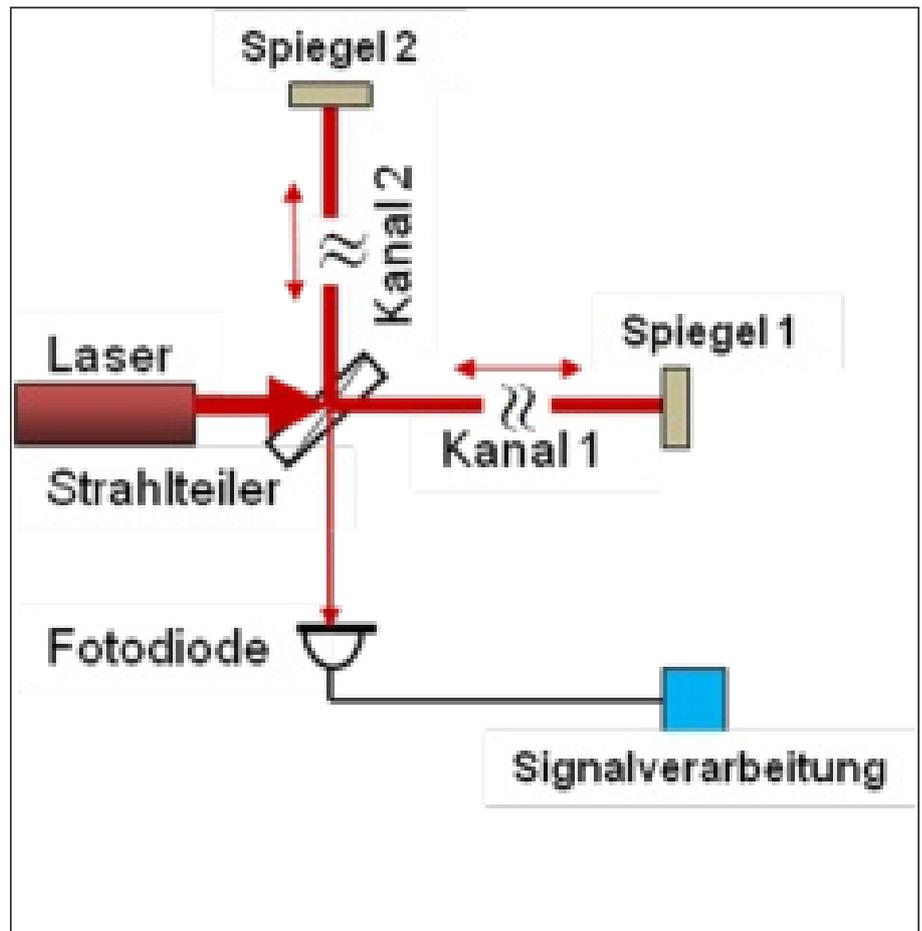


Abb. 1: Prinzip moderner Gravitationswellen-Detektoren.
Alle Bilder: (Peter Steffen u. Gert Traupe)



Abb. 2: Zufahrt zur Messstation.

besonderen, von dem AEI entwickelten Elektronik zur deutlichen Verringerung des Schrotrauschens des Lasers. Diese Entwicklung eines sogenannten

Quetschlicht-Lasers, wurde als erhebliche Steigerung der Messempfindlichkeit auch von Advanced LIGO übernommen. (Die dort eingesetzten Laser haben



Abb. 3: Warten bis alle eingetroffen sind.



Abb. 4: Diskussion mit Herrn Schreiber.



Abb. 5: Stück der Vakuum-Röhren.



Abb. 6: Die sichtbaren „Tonnen“ sind die Vakuumpumpen für die 600 m langen Rohre des Interferometers.



Abb. 7: Der Pfeil zeigt den Quetschlicht-Laser-Aufbau.

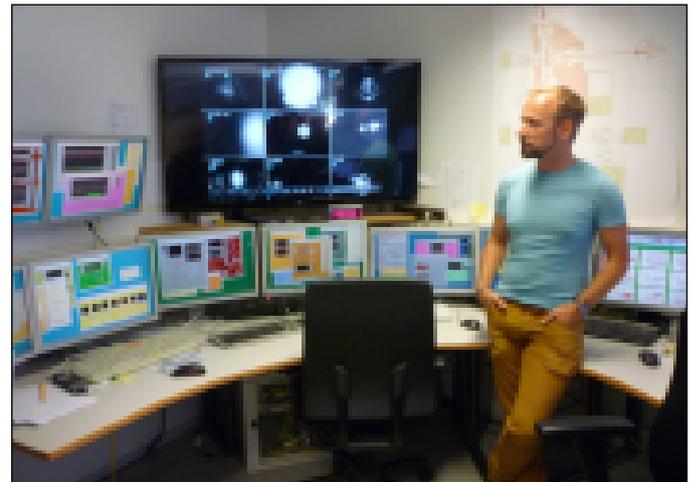


Abb. 8: Der Monitor-Arbeitsplatz.

eine Dauerstrichleistung von 200 W!) Ferner gehört natürlich auch noch die Signalauswertung dazu. Die Bilder 6 und 7 geben einen Einblick in diesen Aufbau. Das Ganze muss natürlich überwacht und mögliche Ereignisse aufgezeichnet werden. Dies geschieht in einem anderen Container. Auch dort hat uns Herr

Schreiber einen umfassenden Einblick gegeben. Bild 8 zeigt den Monitorarbeitsplatz, an dem auch am 14. September 2015 die real-time-Signale von LIGO einliefen. Außerdem sind in diesem Raum noch Modelle der erschütterungsstabilisierten Aufhängung der Spiegel und des Strahlteilers, sowie der Messapparatur

ausgestellt. Nach mehr als zwei Stunden Dauer dieser überaus interessanten Führung verabschiedeten wir uns mit Dank von Herrn Schreiber und traten die Heimfahrt an.

RINGFÖRMIGE SOFI AUF LA RÉUNION -

Unter dem Südsternhimmel im Indischen Ozean
VON DR. KAI-OLIVER DETKEN, Grasberg

Am 01. September kam es in diesem Jahr zur zweiten Sonnenfinsternis (SoFi), die dieses Mal in Frankreich stattfand. Wer dadurch dachte, dass man ja dieses Mal nicht so weit fahren bzw. fliegen musste, wurde mit Blick auf den geografischen Standort der Insel La Réunion allerdings enttäuscht. Sie befindet sich im indischen Ozean zwischen Madagaskar und Mauritius, was einen 10,5-Stunden-Flug nach sich zieht. Allerdings kam es noch schlimmer, da man in Paris einen 8-Stunden-Aufenthalt hatte und mit seinem gesamten Gepäck den Flughafen wechseln durfte (von CDG zu Orly). Denn schließlich handelte es sich dabei um einen Inlandsflug - jedenfalls aus der Perspektive der Franzosen.

Auf dem Flughafen Orly ging es für die kleine Reisegesellschaft der AVL, bestehend aus Alexander Alin, seiner Mutter und mir, aber erst einmal nicht weiter, da das Wetterradar des Flugzeugs ausgefallen war (siehe Abbildung 1 im Hintergrund). Das bedeutete eine weitere Verspätung von zwei Stunden. Da wir die Nacht durchfliegen sollten, war uns das aber nicht so wichtig - schließlich hatten wir ja Urlaub. Auch der Aufenthalt in Paris war mal wieder, nach längerer persönlicher Abwesenheit von meiner Seite, ganz nett. Denn auch Paris ist schließlich immer eine Reise wert.

Die Ankunft auf La Réunion klappt dann aber ohne weitere Probleme und weitere Verzögerung. Wir beschließen uns erst einmal die Hauptstadt Saint-Denis und die umliegenden Berge (inkl. einer kleinen Wanderung) anzusehen. Denn schließlich kommen wir hier in der kommenden Zeit nicht mehr so schnell her. Danach geht es am späten Nachmittag endlich in Richtung Quartier. Aber auch hier gibt es wieder eine Verzögerung: ein Unfall auf einer Bergstraße lässt den gesamten Verkehr zum Erliegen bringen. Diese Bergstraßen haben es dabei wirklich in sich, da man das Gefühl hat, dass sie nur aus Kurven bestehen. So heißt das Bergdorf Cilaos, zu dem wir unterwegs sind, nicht umsonst die „Stadt der 400 Kurven“. Die Straße dorthin wurde 1938 eröffnet, führt durch die Bergschlucht „Bras de Cilaos“ und ist gut 30 km lang. Wenn man sie fährt, sollte



Abb. 1: Warten auf die Reparatur des Flugzeugs im Hintergrund am Flughafen Orly.



Abb. 2: Unterkunft in Cilaos mit Mietwagen.

man über ausreichend Reisetabletten verfügen oder einen guten Magen haben, d.h. seefest sein. Die zu durchfahrenden

Tunnel sind nur einspurig und auch einige Abschnitte bieten keine Möglichkeit auszuweisen. Hier muss die Hupe als



Abb. 3: Markthalle in Cilaos

Kommunikationsmedium genutzt werden!

Umgebung von Cilaos

In Cilaos [1] im Dunkeln angekommen, genießen wir erst einmal am nächsten Morgen auf der Terrasse unseres Apartments (siehe Abbildung 2) die aufgehende Sonne, die sich hinter den Bergen erhebt. Das Bergdorf ist auf einem Hochplateau im Talkessel des „Cirque de Cilaos“ im Zentrum der Insel angesiedelt. Es liegt in ca. 1.200 m Höhe und ist von steilen Kraterwänden umgeben, die bis zu 3.070 m hoch sind. Der Piton des Neiges ist damit der höchste Berg der Insel und der höchste Gipfel im Indischen Ozean. In der Umgebung gibt es zahlreiche Wanderwege, die wir auch teilweise ausprobiert haben. Sie sind landschaftlich sehr schön gelegen, aber anspruchsvoll für Wanderer. Außerdem ist die Insel stark auf Franzosen ausgerichtet. So spricht man hier eigentlich nur französisch oder die kreolische Landessprache.

Gespräch zum Erliegen. Gottseidank haben wir Alexander mit dabei, der sich entsprechend verständigen kann. Ansonsten hätte man hier mit englischen Sprachkenntnissen genauso viel Verständigungsmöglichkeiten wie in China - also so gut wie keine. Die Vulkanlandschaft, der Talkessel und die Hochebene von La Réunion wurden im Übrigen von der UNESCO zum Weltnaturerbe erklärt. Die Landschaft ist wirklich sehenswert. Auch der Ort selber ist klein und gemütlich. Er lädt zum Verweilen ein und bietet viele eigene Produkte, wie man in der Markthalle (siehe Abbildung 3) sehen konnte. Hier wird von Hülsenfrüchten, Obst bis hin zum Wein und Rum alles angeboten. Speziell für den Wein ist Cilaos auch u.a. bekannt. Seit 1992 sind die Winzer in einer Genossenschaft organisiert. Der Wein trägt das Label „Vin de Pays“ und beinhaltet die Sorten Chenin, Malbec und Pinot Noir und Sherry. Nur auf Cilaos wird Wein auf der Insel angebaut. Er schmeckt sehr süßlich, aber

Unsere Wirtin begrüßt mich dann auch ausschließlich auf Französisch. Dass ich auf Englisch antworte, bemerkt sie nicht. Erst als sie mich fragt, ob ich Französisch spreche und ich dies verneine kommt das etwas einseitige

nicht schlecht.

Ebenfalls sehenswert ist der Vulkan Piton de la Fournaise, der momentan letzte aktive Vertreter seiner Art auf der Vulkaninsel. Er ist im Jahr 2007 das letzte Mal ausgebrochen und ließ Lavaströme bis zum Meer hinunter gleiten. Er liegt in 2.631 m Höhe und liegt im Südosten der Insel. Ihn haben wir natürlich auch besucht, da er auch zum schönen Nationalpark Réunion gehört. Die Anfahrt erfolgt über die 35 km lange Straße Route du Vulcan (siehe Abbildung 4). Die Lavaumgebung wirkt unwirklich auf uns: man hätte sich auch auf dem Mars befinden können. Auf dem Weg ist auch das Vulkanmuseum „Maison du Vulcan“ vorhanden, welches wir ebenfalls besucht haben und schöne 3D-/4D-Animationen über die Entstehung anbietet. Auch über unser Planetensystem wird hier berichtet, allerdings mal wieder nur in französischer Sprache.

Die Fahrt zum Vulkan ist relativ lang, aber in den meisten Fällen gut ausgebaut. Am Ende des Weges befindet sich der Parkplatz Pas de Bellecombe, der eine direkte Aussicht auf den Kraterrand bietet. Bis zu diesem kann man sogar eine Wanderung antreten, wenn man will und ausreichend Zeit mitgebracht hat. Denn eine Wanderung erstreckt sich über 5-6 Stunden. Dies ist auch nicht ganz ungefährlich, da der Krater auf der einen Seite ja auch jederzeit wieder ausbrechen könnte und auf der anderen Seite man immer wieder in dem weichen bzw. unebenen Boden einsackt. Wir haben daher auf ei-

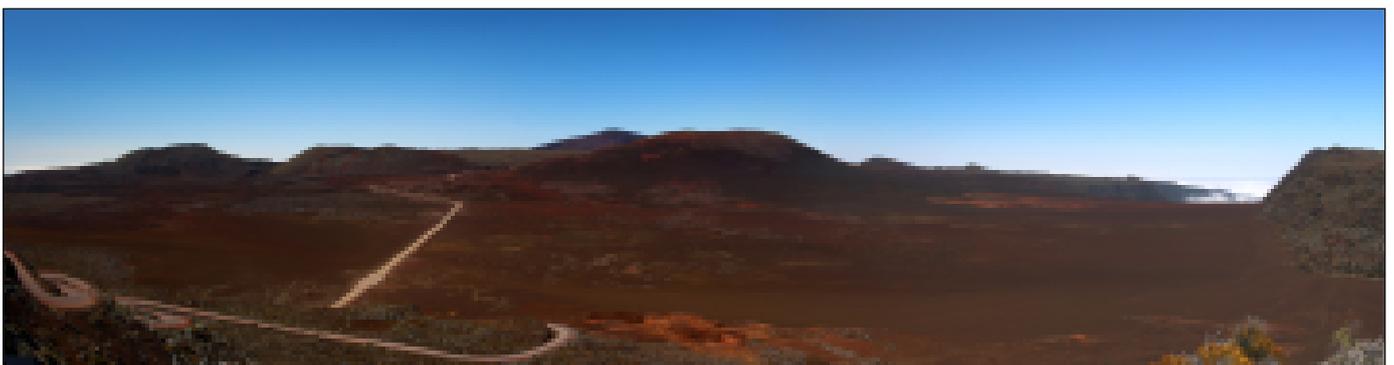


Abb. 4: „La Plaine des Sables“ mit der „Route du Vulcan“.



Abb. 5: Der recht aktive Vulkan Piton de la Fournaise mit Umgebung und 2.632 m Höhe.

ne solche Wanderung dankend verzichtet, haben aber einige „weiße Punkte“ sichtbar können, die sich bei näherer Betrachtung als Wanderer zu erkennen gaben und sich auf den Weg gemacht hatten.

Erste Versuche am Südsternhimmel

Abends nach den täglichen Touren wollte man natürlich noch den Südsternhimmel erkunden. Dazu bot sich eigentlich der Berghimmel an, da die Temperaturen entsprechend sanken und die Luft relativ klar sowie ruhig war. So waren die Tage denn auch meistens wolkenfrei. Abends kam dann die prächtige Milchstraße durch und strahlte so hell, dass man eigentlich keine Straßenlaternen benötigte. Leider sanken durch die Temperaturen auch die Wolken in das Tal abends herab, die sich oftmals spontan bildeten. Dabei stellte ich nach dem zweiten Tag fest, dass ab Mitternacht auch diese Wolkendecke meistens verschwunden war, so dass der Sternenhimmel wie ein Smaragdteppich über einem funkelte. Wer denkt da schon ans Schlafen?

Da wir einen kleinen Garten neben unserem Haus hatten, konnte man dort bequem das Stativ mit der Reisemontierung AstroTrac aufbauen. Daher wurden von mir nächtliche Expeditionen gestartet, um den Südpol korrekt einzustellen. Dafür wurde extra die Bedienungsanleitung der AstroTrac mitgenommen, die allerdings wenig hilfreich war. So wurde das Kreuz des Südens hier falsch herum abge-

bildet und auf den Stern Epsilon Hydri zur Grundjustage verwiesen (siehe Abbildung 6). Es war aber unklar, wie justiert werden sollte und dieser Stern hatte zudem auch nur einen Helligkeitswert von 4 mag. Das heißt, mit dem bloßem Auge war der Stern kaum auszumachen. Daher konnte in der ersten Nacht auch keine zufriedenstellende Justierung eingestellt werden.

Hinzu kam, dass die Nachbarn ihr Licht permanent anließen, wodurch ein Lichtkegel die Aufnahmebedingungen störte. Die örtlichen Straßenlaternen wurden hingegen um ca. Mitternacht ausgeschaltet. Das ganze Dorf schien sowieso ab 22 Uhr in den Tiefschlaf zu versinken, was die Beobachtungsmöglichkeiten verbesserte. Das Kreuz des Südens war klar am Horizont liegend am frühen Abend aus-

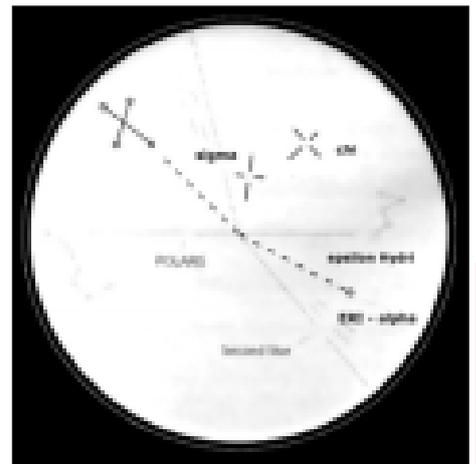


Abb. 6: Sicht durch den Polsucher bei der AstroTrac zur Einstellung des Südsternhimmels.

zumachen. Epsilon Hydri war definitiv schwerer zu finden. Da die Justierung nicht gelang wurde erst einmal eine Strichspuraufnahme ab 4 Uhr morgens angegangen, die immerhin genau zeigte, wo der Südpol zu finden war. Knapp



Abb. 7: Strichspuraufnahmen über unserer Unterkunft in Cilaos.



Abb. 8: Magellansche Wolken über der Unterkunft in Cilaos.

über unserem Apartement konnte er somit klar ausgemacht werden. Es gab also noch Hoffnung.

Also konnte die zweite gute Nacht kommen, um einen erneuten Anlauf zu wagen. Um ganz sicher zu gehen, wurde zusätzlich Ernst-Jürgen Stracke angerufen und um Hilfe gebeten, da er mit der AstroTrac bereits in Namibia unterwegs war. Er gab den wertvollen Tipp die Justierung nicht auf Epsilon Hydri vorzunehmen, sondern auf das Sternpaar Sigma und Chi Octans (siehe Abbildung 6). Allerdings sind auch diese beiden Sterne nicht besonders lichtstark (4,5 bis 5 mag), weshalb eine visuelle Sichtung schwerfällt. Wolkenbildungen im Süden verhinderten zudem immer wieder ein Auffinden dieser Sterne. Durch die Justage auf das falsche Sternpaar konnte auch im zweiten Versuch keine zufriedenstellende Justage erreicht werden. Es wurde daher auf kurze Belichtungszeiten von 60 s bei einer Brennweite von 17 mm zurückgegriffen, um später wenigstens diese Bilder ohne Strichspurereen einigermaßen zusammenfassen zu können. Die Abbildung 8 zeigt nun die beiden

Magellanschen Wolken über unserem Apartment, wobei 31 Bilder exklusive Vordergrundbild zusammengefasst wurden, die auch visuell sehr eindrucksvoll nachts am Himmel standen. Dabei nahm speziell die Große Magellansche Wolke (GMW) eine Größe ein, die gerade so in mein Fernglas-Sichtfeld (12x36) passte. Kein Vergleich zur Andromeda-Galaxie in unseren nördlichen Breitengraden! Beide Zwerggalaxien sind wirklich sehr eindrucksvoll und waren ohne technische Hilfsmittel sehr gut auszumachen. Man kam sich vor, als wenn man auf einem anderen Planeten war. Trotzdem war der erneute Fehlversuch der Nachführung unbefriedigend. Aber es sollte ja noch eine Nacht kommen!

Tag der Sonnenfinsternis

Laut Wettervorhersage sollte es in Saint-Denis gutes Wetter mit starken Windböen geben, im Gegensatz zu den Bergen. Wir hatten für das „Fußball-Stadion“ gebucht und kamen mit unseren Karten auch direkt durch die polizeilichen Absperrungen. Der ortsansässige Astronomie-Verein hat alles bes-

tens organisiert und diverse Geräte zur Beobachtung aufgebaut (siehe Abbildung 9). Dort wurden die Teilnehmer beraten, konnten durch diverse Teleskope die Sonne sicher beobachten oder auf einer Großleinwand das Ereignis später kommentiert mitverfolgen. An die 250 Hobbyastronomen waren zusätzlich dem Aufruf wie wir gefolgt und machten sich bereits eine Stunde vor dem Beginn daran die mitgebrachten Instrumente auszurichten sowie erste Kennlergespräche durchzuführen. Sie wurden hinter dem Fußballfeld positioniert und waren durch eine Absperrung von den später erscheinenden Zuschauermassen geschützt. Das war auch nötig, da später an die 4.000 Zuschauer sich auf dem Feld tummelten und quasi keinen Platz mehr ließen (siehe Abbildung 10).

So konnten wir in Ruhe unser Equipment aufbauen, ausrichten und uns mit den Limburger Sternenfreunden [2] unterhalten, die neben uns Quartier bezogen hatten. Während Stefan Pinkert mir noch bei der Ausrichtung meiner AstroTrac half, da er seine eigene Montierung mit der Kamera ASI 174 MM und Lap-



Abb. 9: Beobachtung der Sonne kurz vor der Sonnenfinsternis.



Abb. 10: SoFi-Großereignis auf La Réunion mit hoher Zuschauerdichte.

top-Anbindung schon fertig ausgerichtet hatte, erläuterte Peter Rimmel noch seine Gerätschaften. Er hatte eine Pentax 75/500 mit Lunt 50 mm H-Alpha-Eta-Ion-Filter im Einsatz. Dies wurde von einer kleinen Skywatcher Star-Adventurer-Montierung getragen und nachgeführt. Damit waren die Kollegen etwas besser ausgerüstet als wir. Während ich meine AstroTrac zur Nachführung nutzte und mit einem 70-200mm-Objektiv und zweifachem Telekonverter immerhin 400 mm Brennweite an meiner Kamera Canon 700D verwenden konnte, machte Alexander größtenteils bei 600 mm Brennweite (300 mm Objektiv mit 2fachem Telekonverter) seine Aufnahmen aus dem Handgelenk. Auch dies funktio-

niert bei Sonnenbeobachtungen, da man extrem kurz belichten muss (1/4.000 s). Dafür ist natürlich mittels CCD-/CMOS-Kamera eine bessere Auflösung hinzubekommen, als mit Einzelaufnahmen einer DSLR-Kamera. Ich fand aber so schon mein Zusatzgepäck völlig ausreichend, weshalb ich froh war, nicht noch ein Laptop mitschleppen zu müssen.

Die SoFi war ein Großereignis des Ortes, da sogar der Bürgermeister anwesend war sowie die lokalen Fernseh- (Antenne) und Radiosender (RTL), die auch Interviews bei den Hobbyastronomen durchführten. Abends wurde das Ereignis dann in einer 30 min dauernden Sonder-sendung ausgestrahlt. Auf der Großleinwand konnte die SoFi die ganze Zeit

über live mit verfolgt werden. Währenddessen wurde der ganze Vorgang der Sonnenfinsternis kommentiert und den Zuschauern erläutert. Dabei hatten wir ausgesprochenes Glück mit dem Wetter. Rund um uns herum hatten sich zwar Wolkentürme aufgebaut und die Berge waren zugezogen, aber der Fußballplatz war anscheinend von den Veranstaltern vorzüglich ausgesucht worden, da die Sonne bis auf eine kleine Phase immer ohne Wolken blieb. So konnten wir die SoFi in vollen Zügen genießen, obwohl wir uns nur wenig von unserem Equipment fortbewegen konnten, da immer wieder Sturmböen aufkamen.

Abbildung 11 zeigt sämtliche Phasen der Sonnenfinsternis, die sich über ungefähr vier Stunden erstreckte. Anhand zweier kleiner Sonnenflecken ließ sich dabei die Sonne ganz gut in den Fokus bringen und halten. So wurden immer in Abständen verschiedene Fotos angefertigt und auf ihren Qualitätszustand geprüft. Während der Finsternis-Phase kam es zu einer deutlichen Veränderung des Lichtes (fahler Eindruck und dunkler) sowie einem starkem Abfall der Temperaturen. So mussten wir uns einen Pullover anziehen, da es sonst empfindlich kalt geworden wäre. Auch die schmale Sonnensichel war während der Totalität filigraner, als das noch bei meiner letzten ringförmigen SoFi in den USA im Jahr 2012 der Fall gewesen war. Zudem ging der Mondschaten nicht in einer Richtung durch die Sonne hindurch, sondern trat links unten ein und oben wieder hinaus [4]. Die Dauer von vier Stunden hatten eine Drehung durch die Erdbewegung bewirkt. Auch dies war anders, als noch in den USA, wo der Mondschaten von rechts unten nach links oben in einer Linie verlief. Jede Phase (z.B. der erste Kontakt) wurde durch Kommentatoren an der Großleinwand für alle Zuschauer beschrieben und teilweise auch bejubelt. Zusätzlich wurde für alle französisch sprechenden

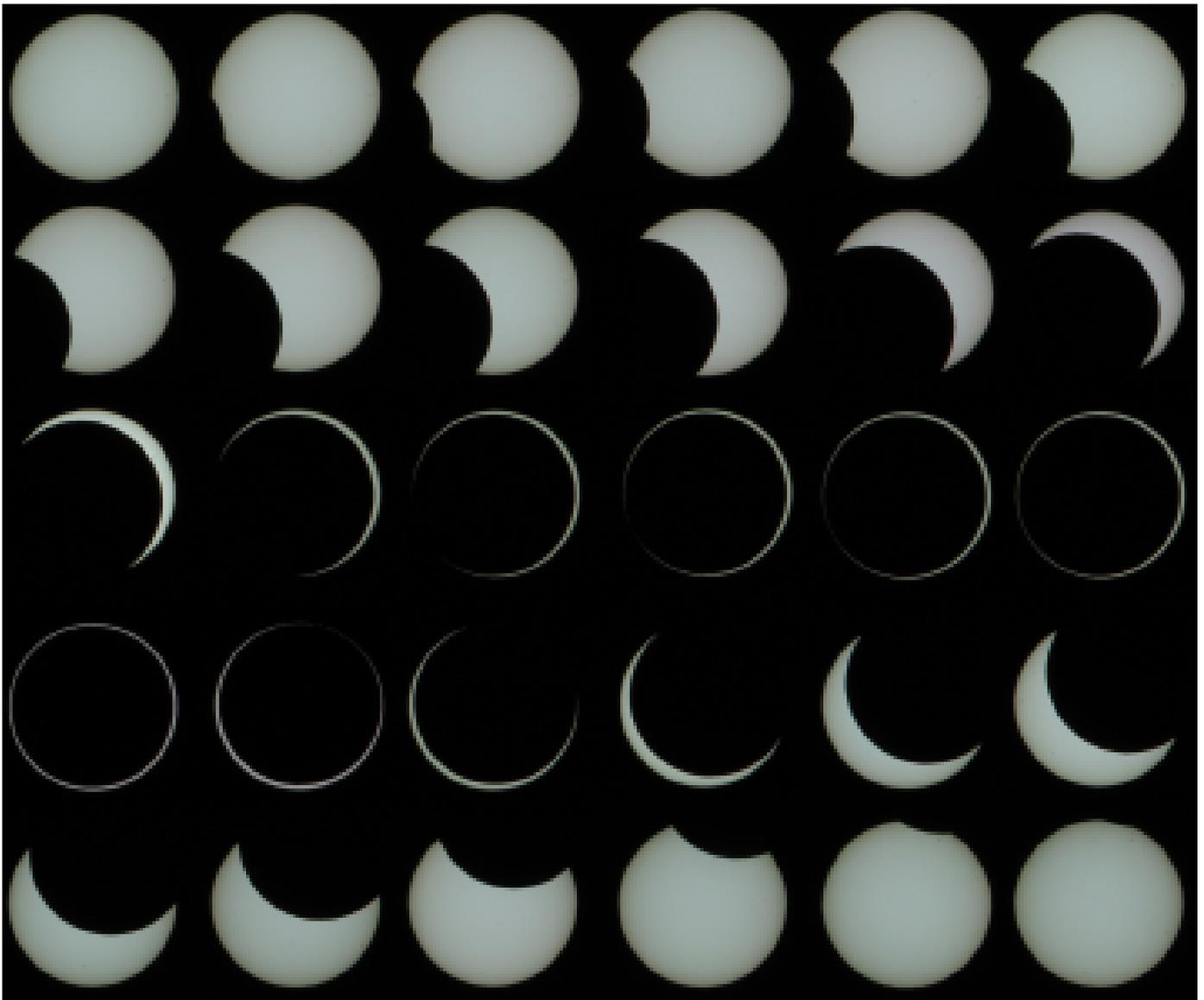


Abb. 11: SoFi-Panorama vom Anfang bis zum Ende (ca. 4 Stunden Dauer).

Freunde auch Erläuterungen zu dem SoFi-Ereignis geliefert. Schade, dass man hier dem internationalen Publikum nicht wenigstens eine englische Übersetzung angeboten hatte. Denn die Hobbyastronomen kamen schließlich aus allen Teilen der Welt. Der Fernsehsender Antenne [3] machte aber immerhin eine zusätzliche Reportage über die ausländischen Hobbyastronomen, da man ein bisschen verstehen wollte, was diese Leute eigentlich so antreibt, da sie um die halbe Welt reisen, um letztendlich sehr ähnliche SoFi-Ereignisse sich immer wieder anzusehen oder diese fotografisch festzuhalten. Unsere Limburger Freunde wurden ebenfalls mit einem Interview bedacht, so dass wir später im Hintergrund sogar

auch kurz im Regionalfernsehen zu sehen waren. Es blieb nicht der einzige Beitrag, da eine 30-min-Sondersendung am Abend ausgestrahlt wurde. Die SoFi wurde aus allen Richtungen betrachtet und diskutiert.

Erfolgreiche nächtliche Fotoexpedition

Nachdem die SoFi beendet war, packten wir unsere Sachen ein und machten uns auf den Heimweg. Da zwischenzeitlich einige Zuschauer weniger das Ereignis beobachteten, verlief sich der Verkehr ganz gut. Wir kamen am frühen Abend in unserem Apartment an, machten erst einmal etwas zu Essen und sahen uns die Berichte im Fernsehen an. Ab 21 Uhr

hatten wir dann eigentlich schon die entsprechende Bettschwere erreicht, da der Tag ja auch anstrengend gewesen war. Aber das Wetter machte mir persönlich einen Strich durch die Rechnung, denn es klarte zunehmend auf. Es war, im Gegensatz zu den anderen Abenden, keine Wolke mehr am Himmel. Man konnte das Milchstraßenband sehr klar und deutlich erkennen. Das war die Chance die Himmelspol-Einsüdung noch einmal mit Alexander zusammen zu versuchen. Durch Stern-Hopping vom Kreuz des Südens gingen wir die Sternzeichen ab, um an die Stelle zu gelangen, wo Sigma Octantis stehen sollte. Während Alexander mit dem Laser-Pointer auf die Stelle zeigte, schaute ich durch den Polsucher.



Abb. 12: Antares-Region im Sternbild Skorpion.

Und wirklich, nun sah ich die beiden Octans-Sterne relativ schwach im Polsucherfernrohr. Es wurden beide Sterne (Sigma und Chi) eingestellt und die erste Probeaufnahme zeigte, dass dieses Mal alles korrekt eingestellt war.

Nun konnte man natürlich nicht ins Bett gehen. Problematisch war allerdings, dass ich während der SoFi die Nachführung der AstroTrac natürlich genutzt hatte und die Batterien ja nur eine begrenzte Zeit halten. Da dies unsere letzte Nacht auf Réunion war und ich auf Mauritius wohl nicht die gleichen Bedingungen vorfinden würde (was sich auch so herausstellte), blieb nur eine Möglichkeit: solange fotografieren, bis die Akkus nicht mehr mitspielten. Da ich nicht nur ein Objekt anvisieren wollte, schätze ich die verbliebene Akku-Zeit und nahm mir vor die Milchstraße, die Gegend um Antares im Skorpion und die Große Magellansche Wolke (GMW) aufzunehmen. Da letztere aber erst später über dem Haus aufging, wollte ich mit der Milchstraße anfangen. Es wurden daher 13 Bilder mit jeweils 3 min belichtet. Und was man auf den unbearbeiteten Aufnahmen bereits sah, war einfach klasse. So deutlich hatte ich die Milchstraße noch nicht mal auf La Palma in diesem Jahr gesehen, wo ich mit 5-Minuten-Belichtungen bereits viel erkennen konnte. Hier hatte man das Gefühl, dass 3 min bereits fast überbelichtet waren!

Region bietet neben den Kugelsternhaufen M4 und M80 diverse Dunkelwolken in unterschiedlichen Farben an. Die Aufnahme wurde mit 50 mm Brennweite vorgenommen, um die Schweife der Dunkelwolken ebenfalls mit ins Bild zu bekommen. Am oberen Bildfeldrand sieht man weitere Dunkelwolken und Sterne der Milchstraßenregion. Eine faszinierende Gegend, die leider in unseren nördlichen Breitengraden kaum zu erreichen ist. Dort auf La Réunion stand sie am frühen Abend im Zenit! Zusätzlich sind auf dem Bild auch noch die Planeten Mars und Saturn vertreten, die bei uns inzwischen ebenfalls im Dunstkreis des Horizonts verschwinden.

Danach wurde ab Mitternacht die Große Magellansche Wolke (GMW) aufgenommen, da der Akku immer noch erfreulicherweise hielt (Titelbild dieser HiPo-Ausgabe und Foto des Monats Oktober). Sie ist Teil der Lokalen Gruppe und enthält ca. 15. Milliarden Sterne. Sie ist die massereichste Satellitengalaxie unserer Milchstraße und enthält einen markanten rötlichen Knoten (Tarantelnebel), der ein riesiges Sternentstehungsgebiet beinhaltet. Da man diese 170.000 Lichtjahre entfernte irreguläre Zwerggalaxie sonst gar nicht zu sehen bekommt, wurden hier die meisten Bilder investiert. Im Nachhinein vielleicht etwas schade, da ab 2 Uhr morgens der Akku seinen

Anschließend wurde die AstroTrac wieder in die Ausgangsposition versetzt und die Antares-Region anvisiert (siehe Abbildung 12). Auch hier wurden 3-Minuten-Aufnahmen angesetzt, da die gleichen Dunkelbilder später verwendet werden sollten. Diese

Dienst endgültig einstellte. Es blieb daher keine Möglichkeit mehr sich die Kleine Magellansche Wolke (KMW) vorzunehmen, obwohl der Himmel die ganze Nacht durchgängig ein Traum blieb. Na ja, wenigstens konnte man ab 2 Uhr endlich ins Bett gehen. Außerdem muss es ja auch noch Ziele für die Zukunft geben.

Fazit

Eine Sonnenfinsternis ist immer wieder ein Erlebnis und bietet auch genügend Spannung und Abwechslung, da es immer wieder unklar ist, ob das Wetter mitspielt und sich eine SoFi immer an anderen Orten abspielt. Zudem lernt man immer wieder neue Astronomie-Begeisterte und das jeweils bereiste Land kennen. Auch ist nicht jede SoFi mit einer anderen zu vergleichen, da sich durchaus Unterschiede durch den sich ändernden Mondabstand ergeben. Ein besonderer Leckerbissen war es dieses Mal parallel die Entdeckung des südlichen Sternenhimmels vornehmen zu können. Das war ein tolles Erlebnis, was die SoFi-Reise noch einmal zusätzlich aufgewertet hat. Und nachdem man den Orionnebel auf dem Kopf stehend gesehen hat, der sich gegen 4 Uhr morgens über den Kraterand schob, ist man schlichtweg fasziniert von diesem Himmel. Es wird daher mit Sicherheit nicht meine letzte Expedition auf der Südhalbkugel gewesen sein.

Literaturhinweise

- [1] Webseite des Bergdorfs Cilaos:
<http://www.ville-cilaos.fr>
- [2] Sternwarte Limburg e.V.:
<http://sternwarte-limburg.de>
- [3] Fernsehsender Antenne:
<http://www.antennereunion.fr>
- [4] Sonnenfinsternis-Portalseite:
<http://sonnenfinsternis.org>

POSITIONSBESTIMMUNG

Eine Erzählung über die Reise des Planeten Erde vom Mittelpunkt des Weltalls zur Randerscheinung (4. und letzter Teil)

VON PETER KREUZBERG, Achim

Zwischenstand Wir befinden uns jetzt zeitlich etwa in der Mitte des 20. Jahrhunderts. Obwohl die Erde den örtlichen Bezug zur Mitte des Universums aufgeben musste und in der Vielzahl der Sterne untergeht, ist die Einzigartigkeit des Menschen noch unangetastet. Die Sonne besitzt acht Planeten und etliche andere Himmelskörper, die es nicht zum Planeten geschafft haben. Sind die Planeten unserer Sonne ebenfalls einzigartig? Ist die Erde einzigartig? Wie ist das Leben auf der Erde entstanden? Die Raumfahrt entwickelt sich. Wir schicken Sonden zu den Planeten und empfindliche Strahlungsempfänger in den Weltraum, die die Erde umkreisen und messen und beobachten. Längst wissen wir, dass wir mehr erfahren über die Objekte des Weltraums, wenn wir nicht nur im sichtbaren Licht, sondern auch in den nicht sichtbaren Bereichen der elektromagnetischen Strahlung nachschauen. Denn die leuchtenden Objekte des Himmels strahlen die Information über ihre Beschaffenheit auch im Röntgenlicht, im Gammastrahlenbereich, im ultravioletten und infraroten Bereich des Spektrums und nicht zuletzt im Bereich der Radiowellen ins Weltall. Mal sehen, was wir hier auch über uns erfahren.

Planeten ohne Zahl Die gesamte bisher erzählte Geschichte ist eine einzige Suche nach der Wahrheit über die Beschaffenheit der uns umgebenden Natur. Der Weltraum ist die Heimat des Planeten Erde. Wenn wir über die Beschaffenheit des Weltraums und der Objekte darin Wissen erlangen, erfahren wir gleichzeitig auch viel über uns selbst. Und letztlich zielt ein großer Teil jedweder Forschung auf die Frage: Woher kommen wir? Wie ist das Leben entstanden?

Das Leben auf der Erde ist an den Planeten gebunden. Seine Energie

bezieht er von der Sonne. Hier, auf unserem Planeten Erde, findet das Leben in seiner großen Vielfalt alle Voraussetzungen, um zu existieren und sich zu entwickeln. Die Sonne ist nicht einzigartig; das haben wir nun verstanden. Aber sind vielleicht die Planeten unserer Sonne einzigartig? Haben andere Sterne auch Planeten?

Heute, im Oktober 2016, sind vor erst 24 Jahren (!) die ersten Planeten entdeckt worden, die nicht unsere Sonne, sondern einen anderen Stern, in diesem Fall eine Sternenleiche, umkreisen. Ausgerechnet ein Neutronenstern, ein extremer Sternort, ein Überbleibsel einer Sonnenexplosion, ist die Heimat von gleich drei Planeten, die ihn umkreisen. Mit der Explosion des Sterns, dürfte auch jede Frage nach möglichem Leben auf jenen Planeten erledigt sein.

Der Nachweis von Planeten ferner Sterne ist schwierig. Gemäß der amerikanischen Datenbank exoplanets.org sind bis heute (Oktober 2016) 2951 Planeten bestätigt. Die Vermutung der Astronomen: Die Entwicklung von Planeten nach der Geburt eines Sterns ist eher die Regel als die Ausnahme. Die Vermutung, dass es wohl mehr Planeten als Sterne in unserer Milchstraße gibt, kann inzwischen auch laut ausgesprochen werden. Das Weltraumteleskop Kepler durchforstet die Sterne der Milchstraße auf der Suche nach fremden Planeten. Es hat die Daten von weiteren 2500 vermuteten Planeten geliefert (s. Abb. 25), die nun noch bestätigt werden müssen. Das Teleskop kann aber nur solche Planetensysteme finden, deren Umlaufbahnen in der Sichtlinie zur Erde liegen. Die Helligkeitsschwankungen des fernen Sternenlichts verraten

dann den umlaufenden Begleiter. Aufgrund der gemessenen Umlaufzeit des Exoplaneten kann mit Hilfe der Keplerschen Gesetze die Umlaufbahn berechnet werden; vielen Dank Herr Kepler. Eine andere Methode für den Nachweis von Planeten besteht in leichten Positionsschwankungen des Sterns. Wird ein solches Schlingern gefunden, kann der Verursacher ein umlaufender Planet sein. Meist sind auf diese Weise gefundene Planeten Gasriesen mit großer Masse. Unser Planet Jupiter „zupft“ ebenfalls an der Position unserer Sonne, die deshalb um ca. 10cm aus der Bahn gerät.

Nun ist eine weitere Einzigartigkeit dem Wissen um die Beschaffenheit des Weltalls zum Opfer gefallen: auch unser Planetensystem ist also nicht einzigartig. Jetzt bleibt noch die Frage, ob das Leben auf unserem Planeten einzigartig ist.

Der Ursprung des Lebens Bisher ist die Erde der einzige Platz im Weltraum, von dem wir wissen, dass hier das Leben zu Hause ist. Aber ist die Entstehung von Leben auch woanders im Weltall überhaupt möglich? Nur dann können wir uns berechtigte Gedanken darüber machen, ob das Leben auf der Erde wohl einzigartig sein mag. Bis jetzt ist unsere Reise in Bezug auf die Bedeutung des Menschen, bzw. des Planeten Erde, im All immer in Richtung Allgemeinplatz verlaufen. Wie also steht es mit der Entstehung des Lebens?

Wir wissen um die Zutaten, nämlich organische Moleküle bestimmter Elemente und entsprechende Umweltbedingungen als Voraussetzung. Über den Verlauf der biologischen Evolution sind

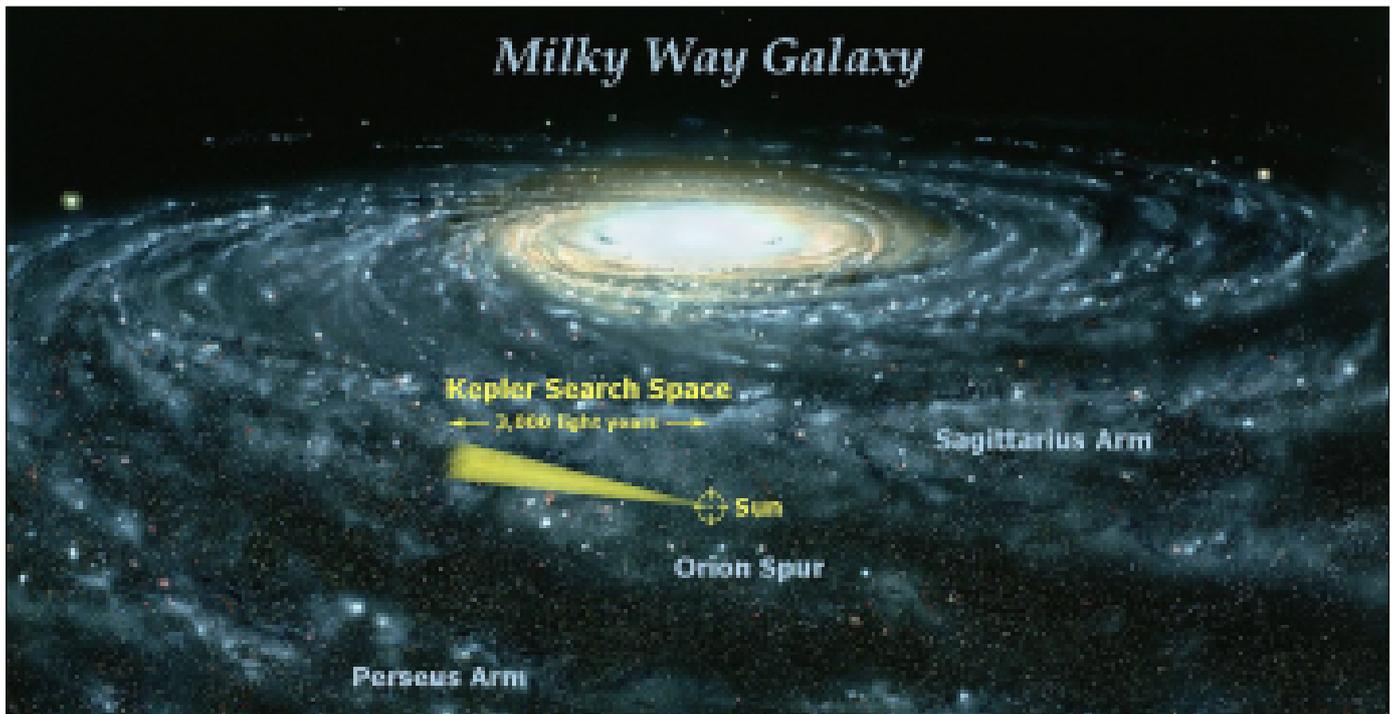


Abb. 25: Eine künstlerische Darstellung unserer Milchstraße. Eingearbeitet ist die Position unserer Sonne und des Kepler-Teleskops und der derzeitige Suchkegel um Sterne mit Planeten aufzuspüren. Man beachte die unglaubliche Zahl gefundener Planeten im Verhältnis zum Suchkegel. Quelle: s. Bilderverzeichnis

wir ziemlich gut im Bilde, wir wissen aber nicht, wie aus unbelebter Materie das Leben einst entstanden ist. Die Kenntnis über die Bausteine des Lebens und die notwendigen Umstände führen nicht vom Was zum Wie. Über die Initialzündung, dem ersten Moment in dem eine Gruppe von organischen Molekülen sich im Sinne der Evolution weiterentwickelt, haben wir keine Kenntnis. Der Mikrobiologe Louis Pasteur, dem unzählige Menschen heute ihr Leben verdanken, weil sie heute gegen bekannte Infektionskrankheiten geimpft werden können, hat einmal um 1860 herum gesagt: „Leben kann nur aus Lebendigem entstehen.“. Bis heute wissen wir nichts Gegenteiliges. Wie kam dann aber die biologische Evolution auf den Startblock? Vielleicht bringt uns ein weiterer Ausspruch von Pasteur auf die Spur: „Die künstlichen Körper haben keine molekulare Asymmetrie, und ich wüsste keinen tiefergehenden Unterschied zwischen den Körpern, die unter dem Einfluss des Lebens entstanden, und den anderen, als gerade diesen.“ Mit dieser Aussage bezieht sich Louis Pasteur auf Symmetrie und Asymmetrie

bestimmter, für das Leben wichtiger organischer Moleküle. Kohlen-/Wasserstoffe sind solche wichtigen Bausteine für das Leben. Verschiedene Zuckermoleküle und Aminosäuren sind typische Beispiele dieser Art. Gemeint ist die räumliche Struktur solcher Moleküle. Sie können in der räumlichen Anordnung der Atome spiegelbildlich angeordnet sein. So wie unsere linke und rechte Hand. Deshalb spricht man von der Händigkeit oder fachspezifisch von der Chiralität der organischen Moleküle (s. Abb. 26). Sind sie ohne Einwirkung des Lebens entstanden, kommen sie in den Stoffen immer zu gleichen Teilen links- und rechtshändig vor. Das Leben bevorzugt aber immer, je nach Verwendungszweck, Moleküle der rechten oder der linken Variante. Zucker zum Beispiel wird nur rechtshändig verarbeitet. Wird ein Stoff von einem lebendigen Prozess produziert, so sind dessen Biomoleküle immer homochiral. Ergo: Damit sich das Leben auf der Erde bilden konnte, war ein Überschuss an links- oder rechtshändigen organischen

Kohlen-/Wasserstoffverbindungen Voraussetzung. Nun, vor der Entstehung des Lebens sind organische Kohlen-/Wasserstoffverbindungen auf der präbiotischen, d.h. sterilen Erde, tatsächlich durch einige natürliche Vorgänge entstanden, also nicht durch das Leben selbst, das es ja noch nicht gab. Vulkaneruptionen verbunden mit elektrischen Entladungen ließen in den schwefelhaltigen Gaswolken Organische Moleküle entstehen; auch Kohlen-/Wasserstoffverbindungen. Sogar Energieentladungen in der „normalen“ Uratmosphäre, wie sie viele hundert Jahre lang auf der frühen Erde nahezu ununterbrochen stattfanden, erzeugten Kohlen-/Wasserstoffverbindungen. Sogar bestimmte chemische Reaktionen in Verbindung mit Silikaten, können zur Entstehung Organischer Moleküle beitragen. Das berühmte Miller-Urey-Experiment hat auf ebenso einfache wie wirkungsvolle Weise beschrieben, wie Organische Moleküle auch manuell produziert werden können. Man nehme ein Gasgemisch das der damals vermuteten Uratmosphäre entspricht,

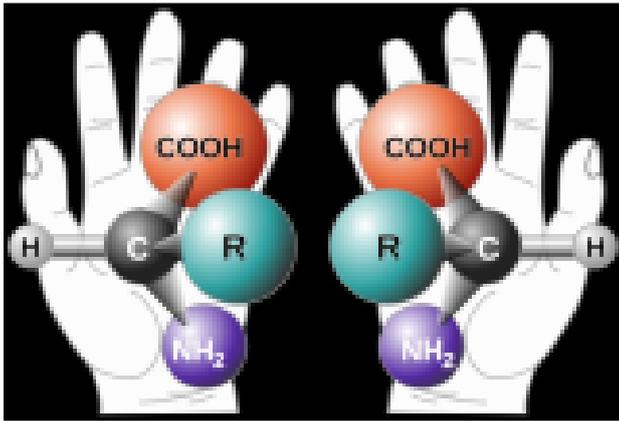


Abb. 26: Symmetrische organische Moleküle. Sie entstehen ohne Einfluss des Lebens immer zu gleichen Teilen in spiegelbildlicher Form. Quelle: s. Bilderverzeichnis

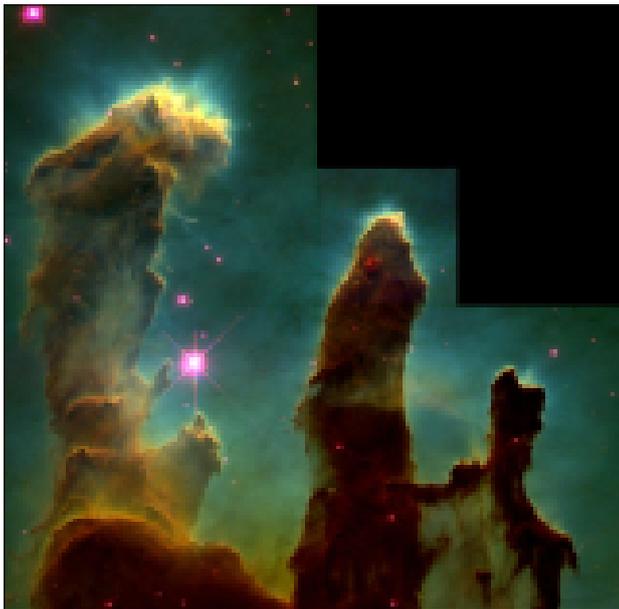


Abb. 27: Molekülwolken im interstellaren Raum. Organische Moleküle wohin wir auch schauen. Hier der Adler-Nebel. Quelle: s. Bilderverzeichnis



Abb. 28: Prof. Dr. Meyerhenrich in seinem Labor in Orsay, Frankreich. Synchrotronstrahlung erzeugt Überschüsse von homochiralen Aminosäuren, genauso, wie sie das Leben benötigt. Quelle: s. Bilderverzeichnis

fülle es in einen Glaskolben, erhitze es und führe Wasserdampf und elektrische Energie in Form von Entladungen durch

Fall ist. Das junge Universum enthielt überwiegend Wasserstoff; da nichts verloren geht, ist Wasserstoff auch heute

einen Lichtbogen hinzu. Das so veränderte Gemisch enthielt am Ende viele Kohlen-/Wasserstoffmoleküle, also Bausteine des Lebens. Aber, weil diese Stoffe nicht durch biotische Prozesse gewonnen wurden, war es unbelebte Materie. Die Stoffe waren von symmetrischer Händigkeit, enthielten also zu gleichen Teilen links- und rechtshändige Strukturen und waren somit nach heutigen Erkenntnissen für die Entstehung von Leben unbrauchbar.

Woher stammten also die für das Leben so wichtigen Überschüsse an links- oder rechtshändiger Organischer Materie? Es sind keine natürlichen Prozesse bekannt, die hier auf der Erde signifikante Überschüsse produzieren könnten. Ist es möglich, dass Organische Moleküle aus dem Weltall kommen?

Nebel Seit der Entstehung der Materie nach dem Urknall, driften große, Lichtjahre umfassende, Wasserstoffnebel durch den interstellaren Raum unserer Galaxis und es gibt keinen Grund, warum dies nicht auch in allen anderen Galaxien der

das häufigste Element im Universum. Aus der Kondensation dieser Nebel bildeten sich die ersten Sterne. In den ultraheißen Kernen der Sterne entstanden und entstehen auch heute nach und nach alle übrigen Elemente, die uns heute bekannt sind. Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel, Phosphor um nur einige zu nennen. Ist die Produktion innerhalb eines Sterns abgelaufen, explodiert der Stern in der Regel und streut die produzierten Elemente in die Wasserstoffnebel seiner Umgebung. So veränderte sich mit der Zeit die Zusammensetzung der ehemals nur aus Wasserstoff und Helium bestehenden Gasnebel. Heute besteht die Mischung der Nebel aus immer noch überwiegend Wasserstoff aber eben auch aus allen übrigen Elementen, die beim Vergehen vergangener Sternengenerationen in die Gasnebel gestreut wurden. Die darauf folgenden Sternengenerationen hatten nun als Baustoff nicht nur den Wasserstoff, sondern auch große Mengen der übrigen Elemente zur Verfügung. In den verbliebenen Gas- und Staubeblen konnten sich neue Sterne und nun auch Planeten bilden.

Die großen Teleskope und die Weltraumteleskope außerhalb unserer Atmosphäre schenken uns Bilder fantastischer Nebelstrukturen (s. Abb. 27). Die großen Astronomen der Vergangenheit würden diese Pracht nicht fassen können. Selbst für uns, die wir tagtäglich Bilder aus dem Weltall über das Internet abrufen können, ist dieser Reichtum an farbigen Nebelstrukturen, die überwiegend viele Lichtjahre an Ausdehnung umfassen, immer wieder ein Wunder der Natur. Zurück zu der Frage, ob das Weltall ebenfalls als Lieferant für Organische Moleküle in Frage kommt.

Seit mehr als 50 Jahren ist bekannt, dass in den Gas- und Staubeblen unserer Galaxis auch Organische Moleküle, teils komplexer Struktur, entstehen. Vor ungefähr 20 Jahren gab es plötzlich die Schlagzeile: „Zucker im Weltall“,

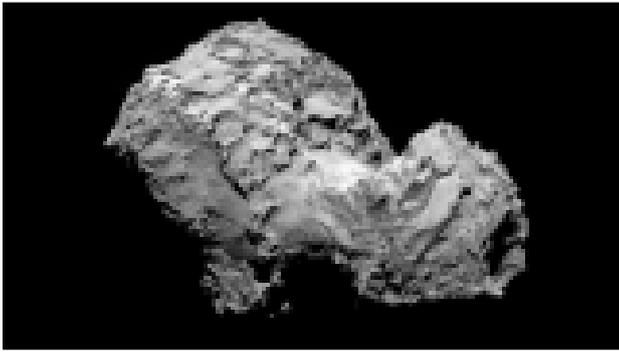


Abb. 29: Der Komet Tschurjumow-Gerassimenko oder 67P. Die Suche nach homochiralen Organischen Molekülen konnte leider nicht durchgeführt werden, da der Lander Philae sich nicht verankert hatte. Für das entsprechende Experiment wäre eine Bohrung erforderlich gewesen. Aber Philae schweigt ohnehin. Quelle: s. Bilderverzeichnis

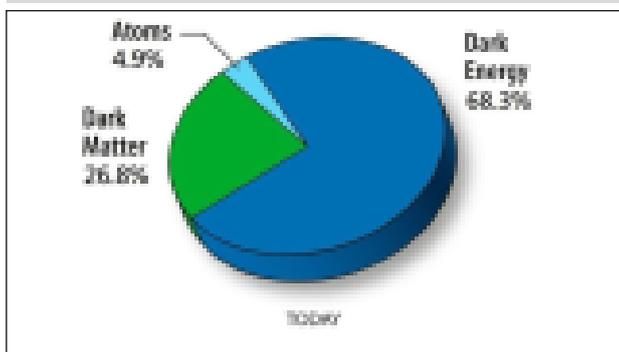


Abb. 30: Aktuelle Annahme der Verteilung der Anteile der gesamten Energie und Materie im Universum. Quelle: s. Bilderverzeichnis

nachdem eine riesige Nebelstruktur entdeckt wurde, die Glykol-Aldehyd-Moleküle beherbergt. Seit dieser Zeit sind mehr als 100 verschiedene Organische Moleküle in den Gas- und Staubnebeln unserer Galaxis bekannt, vor allem auch Bausteine des Lebens, wie Aminosäuren. Zahlreiche weitere sind noch nicht identifiziert. Die typischen Schwingungssignaturen der Moleküle können von Radioteleskopen mit Unterstützung komplexer Computersoftware registriert und identifiziert werden.

In Bezug auf die Frage nach der Entstehung des Lebens muss davon ausgegangen werden, dass auch das Weltall als Quelle Organischer Moleküle in Frage kommt. Daran führt mittlerweile kein Weg vorbei. Aber, wie wir ja nun wissen, muss es Überschüsse von links- oder rechtshändigen Molekülen geben. Auf der Erde können sie nicht entstehen. Aber vielleicht im Weltall? Und wenn, wie kämen sie vom All auf unsere Erde?

Beispiel als Kometen in das innere Sonnensystem. Sie tragen wie riesige Tiefkühltruhen, die Materie aus der Zeit der Entstehung des Sonnensystems vor 4,5 Milliarden Jahren und sogar aus noch älteren Zeiten, wie wir erst aktuell erfahren haben, mit sich. Es gilt also, festzustellen, ob die Vagabunden unseres Sonnensystems, Kometen und Meteoriten die Postboten für die Zutaten zur Entstehung des Lebens auf der Erde sein könnten.

Das ist heute ein Forschungsziel, das mit Hochdruck betrieben wird. So zum Beispiel von Dr. Uwe Meierhenrich, Professor für Analytische Chemie und Physikalische Chemie an der Universität Nizza, Sophia-Antipolis in Frankreich. Uwe Meierhenrich war Doktorand unter Professor Thiemann an der Universität in Bremen (Prof. Thiemann hat im vergangenen Jahr einen Vortrag zum Thema Organische Moleküle auf dem Kometen 67/P in der Olbers Gesellschaft gehalten).

Die in den Gas- und Staubnebeln gefundenen Organischen Moleküle sind häufig an Staubpartikel gebunden und von Eis überzogen. In den Staubscheiben, wie sie sich um junge Sonnen herum bilden, klumpt die Materie der Staubscheibe zu kleinen und großen Brocken bis hin zu Planetengröße. Weit draußen, wo der thermische Einfluss der jungen Sonne kaum mehr zu spürbar ist, jenseits der Schneegrenze, können sich Wassereisklumpen bilden, die jene komplexen Organischen Moleküle beinhalten. Die Wassereisklumpen, von denen hier die Rede ist, kommen zum

ten). Meyerhenrich hat entdeckt, dass bestimmte Strahlung, wie sie im Weltall auch in der Umgebung junger heißer Sterne vorkommt, bei der Zerstörung komplexer Organischer Moleküle, wie zum Beispiel Aminosäuren, rechts- oder linkshändige Moleküle bevorzugt und somit Überschüsse produzieren kann. Er besuchte Anfang 1999 einen Vortrag von mir im Planetarium Bremen. Damals war ich Redakteur der Nachrichten der Olbers-Gesellschaft. Und Meierhenrich bat mich, einen Artikel über das hier beschriebene Thema der Händigkeit der Moleküle in den Olbers-Nachrichten veröffentlichen zu dürfen. Er ist erschienen in den Olbers Nachrichten, Ausgabe 185, im April 1999. Schon damals haben Thiemann und Meierhenrich Experimente erarbeitet und vorgeschlagen, die bei der ROSETTA-Mission Verwendung finden sollten, um die räumliche Molekülstruktur von eventuell auf dem Kometen vorhandenen Kohlen-Wasserstoffverbindungen festzustellen und somit nach dem für das Leben auf der Erde so wichtigem Überschuss an links- oder rechtshändigen Organischen Molekülen zu finden. Die ROSETTA-Mission ist inzwischen abgelaufen (s. Abb. 29). Organische Moleküle, sogar Vorstufen von Aminosäuren, sind in der Koma des Kometen von ROSETTA erspürt worden. Leider konnte die räumliche atomare Struktur nicht festgestellt werden, da die Landeinheit PHILAE die hierfür erforderliche Bohrung nicht durchführen konnte. Sollten Organische Moleküle mit passender Händigkeit im Weltall dereinst nachgewiesen werden, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Vielzahl der bereits entdeckten und sehr wahrscheinlich noch zu erwartenden Planetensysteme in unserer Galaxis, nicht nur die Erde bei der Entstehung des Lebens hiervon profitierte. Die Wahrscheinlichkeit, dass außerirdisches Leben möglich ist steigt dann erheblich.

Fazit So ist also die Suche nach Organischen Molekülen auf Kometen und in Meteoriten von großer Bedeutung für unser Verständnis darüber, wie alles begann: Die Entstehung unserer Weltraumheimat und vielleicht sogar, ob das Leben hier bei uns auf der Erde und vielleicht auch auf anderen Welten, entstanden ist, weil sich weit draußen in den Tiefen unserer Galaxis, und vermutlich in allen anderen Galaxien, in den Gas- und Staubnebeln mit Hilfe der energiereichen elektrochemischen Prozesse im Umfeld der Sterne komplexe Organische Moleküle entwickelten, und zwar genau von der Art, wie sie das Leben seinerzeit für den Start benötigte, die dann tiefgefroren in Kometenkernen auf die präbiotische Erde gelangten. Erst wenn dies erwiesen ist, ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Leben hier auf der Erde einzigartig ist, gesunken. Bis dahin gilt, dass das Leben auf unserer Erde tatsächlich einzigartig ist.

Geben wir den Skeptikern noch ein Wort: Selbst wenn nachgewiesen wird, dass die für das Leben passenden Organischen Moleküle aus dem Weltall stammen können, ist der Start des Lebens, der Beginn der Evolution nicht geklärt. Und selbst wenn Leben auch auf anderen Planeten entstanden ist, bleibt offen, ob es sich zu intelligentem Leben entwickeln konnte und ob wir die Existenz außerirdischer Zivilisationen annehmen müssen. Bis dahin bleibt die Menschheit einzigartig.

Schlusswort Die heutige einzige überlebende Art der Gattung Homo, ist der Homo sapiens. Seine Ursprünge sind 200.000 Jahre zurück zu verfolgen. Zahlreiche Kulturen sind in diesem Zeitraum entstanden und untergegangen. So zahlreich wie die Kulturen sind auch die Vorstellungen über den Ursprung der Menschen. Die Neugierde ist ursächlich für alle Fragen nach dem Woher und Wohin und dem Wie, und sie ist eine der wichtigsten Eigenschaften für eine intelligente Spezies. Ohne Neugierde

ist Stillstand und keine Weiterentwicklung. Mut ist eine weitere Voraussetzung für Weiterentwicklung. Mut das Bestehende in Frage zu stellen und Mut braucht es fast immer, um neue Wege zu gehen. Wir haben in diesem Skript die Menschen mehr als 2500 Jahre lang auf der Suche nach der Wahrheit begleitet. Seine Entdeckungen haben immer neue Fenster aufgestoßen, hinter denen zwar Erkenntnis, aber auch neue Fragen warteten. In den letzten vierhundert Jahren sind die Entdeckungen und Erkenntnisse in so hoher Schlagzahl erfolgt, dass für Muße und Einkehr keine Zeit mehr bleibt. Wir verfügen heute über ungeheure Datenmengen, die uns die zahlreichen Weltraummissionen im All beschert haben, deren Auswertung geschätzt noch mehr als 100 Jahre dauern werden. Ob die Erkenntnis, dass die Stellung seiner Weltraumheimat, der Sonne und der Erde, nicht von besonders hervorgehobener Position ist, wie er Jahrtausende lang glaubte und worauf sich die großen Religionen berufen, etwas im modernen Menschen verändert hat, ist nicht erkennbar. Es scheint aber, dass das erhöhte Tempo der technischen und der wissenschaftlichen Entwicklung dazu führt, dass sich auch der Takt des Lebens erhöht hat und der Mensch nicht mehr so genau hinhören kann, dass er phlegmatischer bei der Aufnahme neuer Informationen zu werden scheint, und somit oberflächlicher wird und ein Achselzucken häufiger ist, als eine Nachfrage.

Wie geht es weiter bei der Suche nach dem Woher und dem Wie? Ob wir jemals das Universum als Ganzes verstehen werden, ist mehr als fraglich. Obwohl wir heute im Gegensatz zum Beginn unserer Zeitreise so unglaublich viel mehr an Wissen über den Kosmos haben, stellt sich immer mehr heraus, dass unser gesamtes Wissen über das Universum nur auf einen winzigen Blickwinkel beruht:

nämlich auf der Information, die uns die elektromagnetische Strahlung der leuchtenden Körper sendet. Wie wir aber heute wissen, machen die leuchtenden Körper unseres Universums aber nur knapp fünf Prozent der gesamten Energie- und Materie des Universums aus. Der Anteil des uns nicht bekannten Universums beträgt 95 Prozent! So wirkt im Universum eine Dunkle Materie, die einen geschätzten Anteil von 23% am gesamten Energie und Materiehaushalt des Kosmos ausmacht. Die Auswirkung ihrer Gravitation können wir sehen und messen. Sonst wissen wir nichts von ihr. Dunkle Materie nennen die Forscher sie deshalb, weil sie informationstechnisch gesehen dunkel ist. Ohne die Dunkle Materie würden zum Beispiel unsere Galaxien zerfallen. Ihre Formen, Strukturen und Bewegungen im All, sind nur mit einer gravitativen Kraft erklärbar, deren Ursache wir noch nicht feststellen können. Die noch fehlenden 72% und damit der größte Teil der Energie in unserem Universum, wird einer dunklen Energie zugeschrieben, von der wir ebenfalls nichts wissen, die aber die treibende Kraft zu sein scheint, die unser Universum expandieren lässt. Die Gravitationskräfte der sichtbaren und der Dunklen Materie müsste die Expansion des Universums verlangsamen. Das Gegenteil ist aber der Fall, das Universum dehnt sich beschleunigt aus. Vermutlich werden Erkenntnisse aus dem Mikrokosmos unser Verständnis für das Große Ganze wesentlich erhellen. Die Quantenphysik steht erst am Anfang. Die Welt durch die Brille dieser Physik zu sehen, scheint zu bedeuten, sich vom klaren Menschenverstand zu verabschieden, der noch von Ursache und der folgenden Wirkung ausgeht, bei allem, was er erforscht.

Aber auch die Astronomie betritt zur Zeit tatsächlich Neuland. Die Gravitationswellen-Astronomie verspricht Ent-

deckungen und Erkenntnisse von sehr fernem, also sehr frühen Prozessen und Ereignissen. Am 14. September 2015 wurden erstmals Gravitationswellen nachgewiesen und aufgezeichnet (s. Artikel GEO600 von Dr. Peter Steffen in diesem Heft). Das bedeutet nicht mehr und nicht weniger, dass wir das Weltall zukünftig nicht nur mittels Elektromagnetischer Strahlung erforschen können, sondern durch das Wellenmuster der Erschütterung der Raumzeit von fernen Ereignissen erfahren.

Aber dennoch gilt heute, dass unser Blick auf das Weltall und damit auch unser

Wissen, dem Blick eines Fisches gleichen, dessen Augen für das Sehen unter Wasser gemacht sind und deshalb außerhalb des Wassers nur unscharfe und trübe Schemen wahrnehmen.

Sei's drum.



Literaturhinweise Quellenverzeichnis

Vieweg Verlag: John North, Viewegs Geschichte der Astronomie und Kosmologie
 Spektrum Verlag: Neil F. Comins, Astronomie
 Geo Kompakt: Die Milchstraße
 Spektrum Verlag: Spektrum Spezial, Die Geschichte der Astronomie, vom Orakel zum Teleskop
 Scherz Verlag: Ken Croswell, Wir sind Kinder der Milchstraße
 Magnus Verlag: Jürgen Hamel, Geschichte der Astronomie
 Verlag C.H. Beck: Thomas Bürke, Sternstunden der Astronomie
 Reclam Verlag Leipzig: Stephan Cartier, Weltenbilder
 WILEY-VCH Verlag: Katharina Al-Shamery (Hrsg.), Moleküle aus dem All?
 und immer wieder Wikipedia.

Bilderverzeichnis Quellennachweis

Abb. 25: "LomborgA1024" by Painting by Jon Lomborg, Kepler mission diagram added by NASA.
<http://kepler.nasa.gov/images/LomborgA1600-full.jpeg>
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LomborgA1024.jpg#/media/file:LomborgA1024.jpg>
 Abb. 26: „Chirality with hands“ von Chirality with hands.jpg:
 Unbekanntderivative work:-- πριήλιο - Chirality with hands.jpg.
 Lizenziert unter Gemeinfrei über Wikimedia Commons
 Abb. 27: NASA/ESA
 Abb. 28: Prof. Dr. Uwe Meierhenrich
 Abb. 29: DLR
 Abb. 30: „080998 Universe Content 240 after Planck“ von NASA,
 Gemeinfrei über Wikimedia Commons

Einladung zur Weihnachtsfeier

Wie jedes Jahr wollen wir auch 2016 das Jahr in der Weihnachtszeit gemeinsam und besinnlich ausklingen lassen. Daher sind alle Mitglieder, ihre Familie und Freunde der AVL am **10. Dezember um 17 Uhr** herzlich ins Vereinsheim in Würden zur Weihnachtsfeier eingeladen. Es wird gebeten, etwas Leckeres zum leiblichen Wohl der Gäste beizusteuern.

Impressum

„Die Himmelpolizey“

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 „Himmelpolizey“ 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, Peter Kreuzberg
 E-Mail: hipo@avl-lilienthal.de

Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe ist vier Wochen vor dem Erscheinen (**30. November 2016**). 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 wieder. 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

Pressereferat

Peter Bielicki.....(0173) 60 26 884

Schatzmeister

Jürgen Gutsche.....(0421) 25 86 225

Schriftführung

Jürgen Ruddek.....(04298) 20 10

Sternwarte Würden

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

Redaktion der Himmelpolizey

Alexander Alin.....(0421) 33 14 068

AG Astrophysik

Dr. Peter Steffen.....(04203) 93 43

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

WAS MACHEN DIE EIGENTLICH?

Der Lebenslauf der Sterne

von der ARBEITSGEMEINSCHAFT ASTROPHYSIK DER AVL

Dass auch Sterne geboren werden und nach einer mehr oder weniger langen Lebensdauer sterben, weiß man erst seit relativ kurzer Zeit. Zwar hatten schon Kant und Laplace erste physikalische Betrachtungen über die Sternentstehung angestellt, jedoch sind die Vorgänge der Sternentwicklung erst etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts im Wesentlichen bekannt.

Die „praenatale“ Phase eines Sterns beginnt mit der Zusammenballung einer Wolke aus Gas, (hauptsächlich Wasserstoff) und Staub. Dabei muss die Mindestmasse der Wolke eine bestimmte Bedingung erfüllen, das sogenannte Jeans-Kriterium. Dieses besagt, dass eine kosmische Gaswolke nur dann kollabiert, wenn die kontrahierenden Gravitationskräfte größer sind als die stabilisierende Kraft des Gasdrucks. Zumeist bilden sich jedoch nicht kleine, sondern große Molekül-Wolken von bis zu 10^6 Sonnenmassen. Sie sind am Himmel als Dunkelwolken erheblichen Ausmaßes (bis zu 150 Lichtjahren Durchmesser) zu erkennen. Durch die eigene Schwerkraft verdichtet sich eine solche Wolke immer weiter, wobei sie durch gravitative Klumpung immer heißer werdende Kerne ausbildet, die dann zu sogenannten **Protosternen** kollabieren.

Ein Protostern ist noch instabil. Er kontrahiert solange immer weiter, bis die Temperatur im Inneren je nach Reaktionskette zwischen 1 und 10 Millionen Kelvin erreicht und das nukleare Wasserstoffbrennen einsetzt. Dieses erzeugt einen Strahlungsdruck, der einer weiteren Kontraktion des Protosterns durch die Schwerkraft entgegenwirkt und den jetzt geborenen Stern, umgeben von einer Gas- und Staubscheibe, stabilisiert.

Es folgt eine weitere Phase, in der die Strahlung des Sterns seine unmittelbare Umgebung von Staub freibläst und durch Kondensationsprozesse innerhalb des verbleibenden Staubtorus zur Bildung von Planeten führen kann.

Danach durchläuft der Stern eine mehr oder weniger lange, **stabile Strahlungs-**

phase (im Hertzsprung-Russel-Diagramm ist dies die Hauptreihe), in deren Verlauf der Stern seinen Wasserstoffvorrat als nuklearen Brennstoff verbraucht. Die Dauer dieser Phase hängt im Wesentlichen von seiner Masse ab. Je mehr Masse ein Stern hat, um so schneller verbraucht er seinen Wasserstoffvorrat, und zwar nach der Beziehung $T \propto M^{-2.5}$ (T =Lebenserwartung, M =Masse). Das heißt: Je massereicher ein Stern ist, desto kürzer ist seine Lebenserwartung. Unsere Sonne hat eine Lebenserwartung von rund 9 Milliarden Jahren, von der etwa die Hälfte bereits verflossen ist.

Ist dann der Wasserstoff des Sterns verbraucht, d. h. durch Kernfusion zu Helium verschmolzen, beginnt das sogenannte Helium-Brennen. Danach werden weitere Fusionsprozesse ausgelöst, die wiederum je nach Masse des Sterns zu schwereren Elementen, im Extremfall bis hin zum Eisen führen können. Während dieser Vorgänge ist der Stern schon instabil. Sein endgültiger Tod wird dann durch drei verschiedene, ebenfalls masseabhängige Endstadien besiegelt.

1. Ein relativ massearmer Stern, wie unsere Sonne bläht sich während der Instabilitätsphase zu einem sogenannten **Roten Riesen** auf, d. h. er dehnt sich um das bis zum Hundertfache seines Durchmessers aus. Dieser Vorgang wird dadurch hervorgerufen, dass ein solcher Stern nicht genug Masse hat, um die Kernfusion für schwere Elemente bis zum Eisen aufrecht zu erhalten. Deshalb erlischt der Prozess zunächst im inneren Bereich, sodass nur noch in den äußeren Zonen des Sterns Wasserstoff zu Helium fusioniert (das sogenannte Schalenbrennen) und der ster-

bende Stern sich dabei aufbläht. Ist auch dieser Prozess erloschen, verringert sich der stabilisierende Strahlungsdruck schnell und die Gravitation gewinnt die Oberhand. Dadurch schrumpft der Stern drastisch - er stirbt - und hinterlässt als Leiche einen **Weißem Zwerg**, der dann weiter im Laufe der Jahrtausenden auskühlt und als toter Materiebrocken im Weltall vagabundiert.

2. Sterne, deren Masse die Chandrasekhar-Grenze (siehe HIPO 46, S. 25) von 1,46 Sonnenmassen überschreitet, durchlaufen einen anderen Todeskampf. Wenn alle stabilisierenden, d.h. Strahlungsenergie freisetzen Vorgänge erloschen sind, nimmt die Gravitation derart überhand, dass der Stern unter der Last der eigenen Schwerkraft so gut wie vollständig kollabiert. Dies vollzieht sich in einer gewaltigen Implosion, einer Supernova. Übrig bleibt ein **Neutronenstern** oder ein **Schwarzes Loch** (siehe HIPO 37 S. 11). Während beim Neutronenstern noch die letzte der vier Elementarkräfte der Physik, die **starke Wechselwirkung**, der Gravitation standhält, wird beim Schwarzen Loch auch noch diese allerletzte Barriere durchbrochen und der Stern kollabiert vollständig zu einer sogenannten Singularität, das heißt, zu einem Schwarzen Loch. Neutronensterne bestehen hingegen noch aus zusammengedrückten Neutronen, sodass solche Sternleichen auf Durchmesser von etwa 15 - 20 km zusammengedrückt werden!!! Ihre Restmasse nach der Implosion beträgt zwischen 1,5 bis etwa 3 Sonnenmassen. Darüber hinaus gibt es nur noch Schwarze Löcher.

Peter Steffen



ASTRONOMIE AM KRATERRAND

von HANS-JOACHIM LEUE, Hambergen

Die Kanareninseln Teneriffa und La Palma - mit vollem Namen La Isla de San Miguel de La Palma - gelten bei den Amateurastronomen, die sich eine weite Reise zu den Premiumstandorten in Afrika, Südamerika oder Australien nicht leisten können oder wollen als Alternativen für gute Sichtbedingungen mit stabilen Wetterlagen. Besonders auf La Palma findet man eine gute Infrastruktur für die unterschiedlichsten Beobachtungsmöglichkeiten. So entsteht im Augenblick ein neues, privates Astronomiezentrum neben den bereits staatlich installierten und gut ausgebauten Plätzen, die als Mirador Astronómico bezeichnet werden.

Der diesjährige Astro-Urlaub mit dem Ziel La Palma begann mit einer vertrauensbildenden Maßnahme auf dem Vorfeld des Düsseldorfer Flughafens: Die Passagiere waren vollzählig an Bord, hatten sich verstaut und eigentlich konnte es losgehen, als plötzlich die Beleuchtung und die Belüftung versagten und die Triebwerke langsam ausliefen. Nach gefühlter 10minütiger Pause meldete sich der Flugkapitän mit der inhaltlich wiedergegebenen Aussage, dass man den Bordcomputer neu starten muss, so wie es beim heimischen Rechner auch passieren kann. Man werde an Hand der schriftlichen Dokumentation prüfen, wie der Fehler einzuschätzen sei. Nach weiteren 10 Minuten und nachdem einige aussteigewillige Passagiere beruhigt worden waren, ging es dann los Richtung Westen über Frankreich, Biskaya, Spanien und Portugal bis nach ca. 4 Stunden Teneriffas mächtiger Vulkan, der Teide, umgeben von einem Wolkenkranz, in Sicht kam. Auch La Gomera lag dicht verhüllt

in Wolken, und der Touchdown auf dem Flughafen von Santa Cruz auf La Palma war vermutlich eine Instrumentenlandung. Beruhigend, dass der Computer durchgehalten hatte.

Sollte das Regenwaldwetter den erwünschten Blick auf den Sternenhimmel dauerhaft trüben? Die gesamte Ostseite der Insel war in tiefliegende Wolken gehüllt und der Aufstieg mit einem erschöpften Kleinwagen bis zum Kamm, welcher sich fast mittig von Nord nach Süd über die Insel zieht, glich einer Tour durch Londons pea soup fog! Unerklärbar auch, warum man zwischen Flugplatz und Santa Cruz mehrfach hin-und herfahren muss, bevor es aufwärts gehen kann.

Ziel war die Finca El Vuelto del Halcón in Garafia bei Las Tricias, einer kleinen Gemeinde fast am nordwestlichen Zipfel der Insel, auf der zum Jahresende das ATHOS Centro Astronómico S.L. seine Pforten für die Astro-Amateure öffnet. Bei der Ausfahrt am letzten, langen, und

nach einer beachtlichen Zahl an Kurven und Kehren erreichten Tunnel, der die Ostflanke mit der Westflanke verbindet, kam mit dem manifestierten Licht am Ende des Tunnels der Aha-Effekt: Die Sonne „knallte“ aus allen Knopflöchern, und das sollte mit Einschränkungen auch die nächsten 10 Tage so bleiben. Die abermals kurvenreiche Abfahrt über El Paso, Los Llanos de Aridane hinab ins Ausflusstal der Caldera de Taburiente bei Tazacorte und dem „Wasserfall“ im Rücken, ist nur anfangs gewöhnungsbedürftig. Das Naturschauspiel, das die Palmeros Cascada de Nubes nennen, entsteht durch das Absinken der Wolkendecke am Kamm mit ihrer zügigen Auflösung.

Die Straßen La Palmas sind in hervorragendem Zustand, selbst in abgelegenen Regionen, ohne Baustellen und Behinderungen. Das Straßennetz ist übersichtlich gestrickt: Eine Strecke (LP-1/LP-2) führt um die Insel herum. Sie hat zwei



Abb. 1: Santa Cruz de La Palma.



Abb. 2: Blick auf Los Llanos/El Paso mit „Wasserfall“.



Abb. 3: Die Westküste La Palmas bei Puntagorda.



Abb. 4: Bungalow „Isaac“ auf der Finca.

Querverbindungen (LP-3) von Santa Cruz in Richtung Westen nach El Paso/Los Llanos; die zweite (LP-4) im Norden von der Abzweigung der LP-1 bei Hoya Grande in Richtung Roque de los Muchachos auf ca. 2000 Meter Höhe. Sie führt um den nordöstlichen Teil des Vulkans herum hinunter nach Santa Cruz auf die LP-1. Nebenstrecken sind durch Deklinationen gekennzeichnet (z.B. LP-20) und haben somit eine eindeutige Zuweisung. In Kilometerabständen wird mit kleinen Schildern angezeigt, wie weit es noch bis zum nächsten Abzweig bzw. zur Einmündung ist.

Der Fahrstil der Insulaner ist ein Mix zwischen Gemächlichkeit und zielstrebigem Tempo ohne Risiko. Vielleicht auch wegen der drastischen Strafen!

Geschätzte 50 km des 1200 km langen Straßennetzes sind sporadische, gerade Strecken; 95% sind Kurven. Das Tal aus der Caldera endet am Hafen von Taza-

corte im Atlantik. Der Vulkan - er ist die Insel und die Insel ist der Vulkan - hat laut Reiseführer den größten Erosionskrater der Erde, was sich aber lediglich auf die Tiefe von ca. 2000 Meter oder auf den vulkanischen Ursprung beziehen kann; denn der mit 40 mal 60 km weitaus größere liegt bei Mitzpe Ramon im israelitischen Negev.

Bevor man an der Westseite des Vulkans die letzten 30 km bis nach Las Tricias ohne weitere Steigungen weiterkurven kann, muss über 500 Meter Höhendifferenz die Talflanke erklettert werden, wobei man einen schönen Ausblick in Richtung Süden mit dem Zentralkamm, evtl. mit „Wasserfall“, und der sich anschließenden Kraterkette hat – sofern man Beifahrer ist!

Die Finca liegt auf 880 bis 905 Meter über NN an einem steilen terrassierten Hang einer ehemaligen Mandelplantage, inklusive botanischem Garten. Die astro-

nomischen Einrichtungen befinden sich z.T. noch in der Fertigstellung; im Dezember soll offizielle Einweihung sein. Über die Vermittlung von Harald Simon, Schalkenmehren, konnten wir, Horst Warnek aus Essen und der Autor nebst Frauen vorab einen „Testlauf“ absolvieren.

Eine lange Liste an Equipment steht dann zur Verfügung: Die Sternwarte mit 2,6 Meter-Kuppel und 175mm Astrophysics-Refraktor, f9, auf Micro-GM3000HPS-Montierung, ein portabler 130mm Starfire-EDF-Refraktor, f6, diverse Dobson-Teleskope bis 25 Zoll Spiegeldurchmesser, SC-Teleskope, Kleinmontierungen und Nachführeinheiten mit dem notwendigen Zubehör, wie CCD-Kameras, Astrokameras etc. werden keine Astronomenwünsche offen lassen.

Kai von Schauroth hat keine Kosten und Mühen gescheut, den Aufenthalt unter

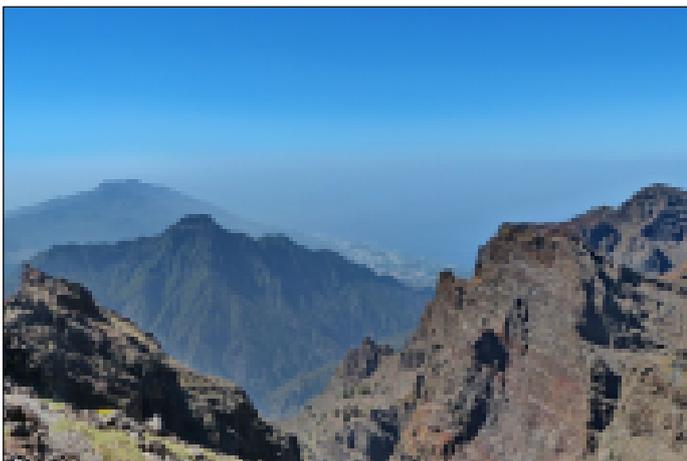


Abb. 5: Blick auf Tazacorte/La Laguna vom Roque de los Muchachos.



Abb. 6: Sonnenuntergang bei Tazacorte.



Abb. 7: Vulkanlandschaft der Cumbre Nueva / El Pilar.



Abb. 8: Spiralmuster der Guanchen - La Zarza.

dem Sternenhimmel La Palmas so attraktiv wie möglich zu machen. Einzelheiten und die Preise für Logie und das Mieten der Geräte erfährt man über die Homepage www.athos.org.

Aber was bietet dieser Himmel?

Die Witterungsbedingungen mit Ausnahme der Wintermonate sind überwiegend als gut bis sehr gut zu bezeichnen. Will jedoch heißen, dass das nicht unbedingt für astronomische Beobachtungen gilt. Die Wolken- oder Dunstbildung wird überwiegend durch die Passatwinde beeinflusst, deren Vorhersage so gut wie nicht möglich ist. Die Insel hat sog. Mikroklima: 500 Meter weiter vom eigenen Standort können beste Verhältnisse bezüglich Transparenz oder Seeing sein! Plötzlich kann in der Nacht Dunst aufziehen oder die Wolken steigen 100 Meter höher, um im Laufe der Nacht wieder auf Meeresebene zu sinken. Die gemachten Erfahrungen zeigen, dass in der

Regel die Stunden nach Mitternacht besser sind für fotografische Arbeiten. Oder die Transparenz war gut, aber das Seeing war schlecht!

Von Oktober bis zum Mai sind die Seeingbedingungen jedoch stabil zwischen 1,3 bis 1,6 Bogensekunden. Obwohl auf der Insel strikt Lichtschutzmaßnahmen einzuhalten sind, hat sich die Grundaufhellung bei fotografischen Aufnahmen selbst durch die unter 700 Meter Höhe gelegene Wolkendecke störend ausgewirkt. Gute 20 Grad über dem gedachten Horizont sind Weitwinkel- und auch bei kurzen 4 Minuten/ 400 ISO Belichtungszeit mit f3,5 kaum sinnvoll. Diese Störungen entstehen durch die Streuung des Lichtes von Puntagorda an einer Inversions- oder Wolkenschicht, wenn sie sich zwischen dem Ort und der Finca befindet.

Anders ist das bei langbrennweitigen Optiken und größerer Horizontdistanz,

obwohl bei einigen Bildern auch Farbverschiebungen auftraten, die möglicherweise auf visuell nicht sichtbare atmosphärische Störungen zurückzuführen sind. Erst oberhalb der Inversionsschicht bei 1500 Meter, die jahreszeitabhängig ist und sich in der Regel von Oktober bis April in dieser Höhe einstellt, sind solche Einflüsse nicht zu erwarten. In den Monaten Mai bis September liegt sie jedoch bei ca. 600 Meter Höhe und es gibt in der Nacht nur selten Wolken.

Als Fazit aus der Zeit des Aufenthaltes: Will man die Milchstraße einmal in ungewohnter Pracht sehen und die aufgezeigten Risiken in die Planung einfließen lassen, sind die Kanaren sicher eine gute Alternative. Und es gibt ja noch ein weiteres Highlight für den Sternengucker! Mit einem Seeing in der Größenordnung zwischen 0,6 und 1,0 Bogensekunde, einer atemberaubenden Transparenz, so

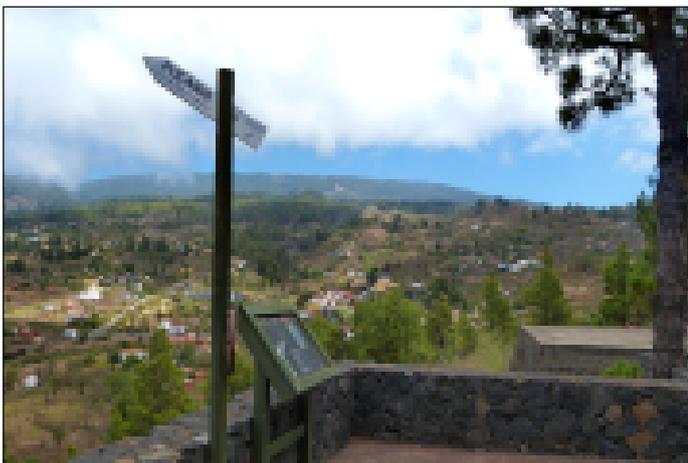


Abb. 9: Mirador Astronómico bei Puntagorda.



Abb. 10: Abenddämmerung mit Inversionsschicht.



Abb. 11: Strichspuren über der Finca.

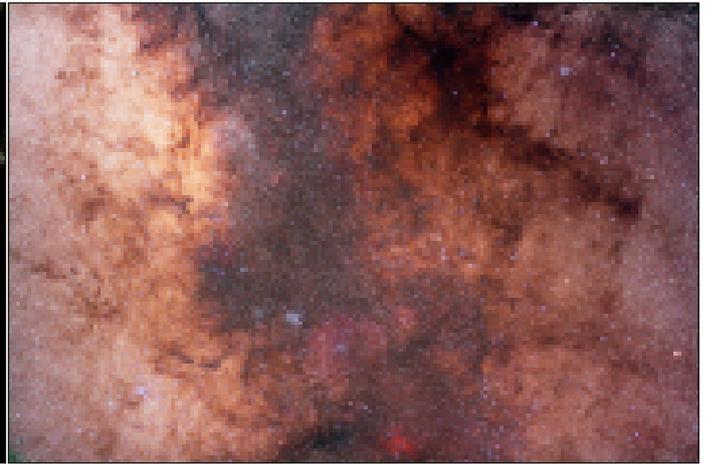


Abb. 12: Milchstraße im Sternbild Scorpion.



Abb. 13: Milchstraße im Perseus mit den Sternhaufen κ und η .

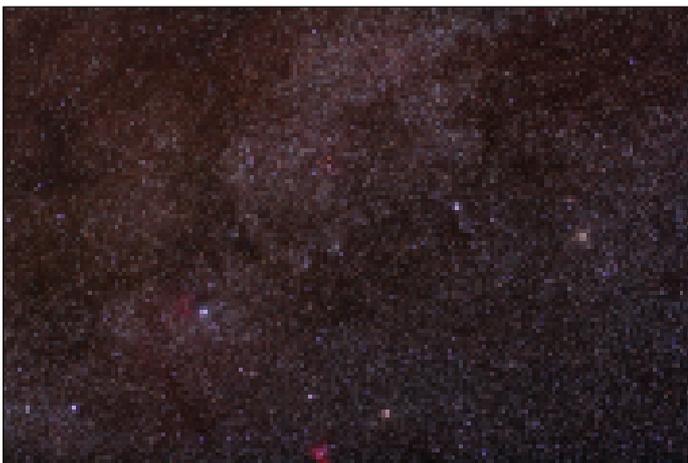


Abb. 14: Milchstraße im Sternbild Cassiopeia.



Abb. 15: Cirrus-Nebel (Sturmvogel) NGC 6960.



Abb. 16: Helix-Nebel NGC 7293.



Abb. 17: 13cm-Starfire-Refraktor EDF mit Mond und Passatwolken.

dass das Band der Milchstraße für eine kräftige Aufhellung der Umgebend sorgt, wird eine Nacht auf dem Roque zu einem bleibenden Erlebnis. Nicht umsonst stehen am Kraterrand die größten Teleskope der Erde und La Palma und Teneriffa als einzige Standorte nördlich des Äquators können mit anderen Großteleskopen auf dem Globus konkurrieren. Ein Besucherzentrum ist im Bau! Dem Vernehmen nach jedoch nicht mit der Möglichkeit für Amateurastronomen, das

eigene Fernrohr auf dem Vulkan dauerhaft zu etablieren. Ein nächtlicher Besuch endet nach einer extrem kurvenreichen Fahrt am Schlagbaum mit der roten Ampel. Unter günstigen Umständen kann man auf einem der Hubschrauberlandeplätze, die sich einige Hundert Meter unterhalb der Großteleskope befinden, ein kleines transportables Gerät aufstellen. Einige Amateure stehen mit ihren Geräten in den wenigen, engen Parkbuchten am Rande der Straße, die vom Roque

nach Santa Cruz führt; sind jedoch gelegentlich den Scheinwerfern passierender PKWs ausgeliefert. Oder man meldet sich zu einer Astronomie-Safari an, bei der Planeten und Sterne mit den Fernrohren der Observatorien beobachtet werden können.

Wir konnten das weltweit größte Roboting-Teleskop, das Liverpool-Teleskop mit seinem 2-Meter-Spiegel, besuchen und uns die Arbeiten am 1.2 Meter-MERCATOR-Teleskop der Belgischen



Abb. 18: Trifid-Nebel Messier 20.



Abb. 19: Milchstraße am Kraterrand des Roque de los Muchachos (2400 m über NN).



Abb. 20: „Kette“ der Teleskope am Kraterrand.



Abb. 21: Liverpool-Teleskop.

Universität in Leuven mit dem hochauflösenden Echelle-Spektrografen HERMES erklären lassen.

Aber La Palma bietet noch viel mehr als nur Sterne. Mit 40% Waldbedeckung ist sie die Isla Verde – die grüne Insel; ein UNESCO Biosphärenreservat. Sie ist ein Wanderparadies par excellence! Seien es die „Regenwälder“ oberhalb der Nordostküste oder der Naturpark der Cumbre Vieja im Südteil mit der Vulkankette, der Parque Nacional de la Caldera de Ta-

buriente mit seinen Kiefernwäldern und den bizarren Schloten des eingestürzten Vulkans.

Man kann auch im Atlantik baden, wenn man sich mit dem mehr als Schleifmittel bekannten schwarzen Strand aus zer-mahlenem Vulkangestein anfreunden kann. Oder man macht etwas Kultura mit dem Besuch der Relikte der Ureinwohner z.B. von La Zarza – der Guanchen – in den Lorbeerwäldern an der Nordküste. Sie bevölkerten als jungsteinzeitliche Hir-

tenkultur La Palma seit ca. 500 v. Chr. und ritzen sonnenradähnliche Symbole, geometrische Labyrinth und Spiralen in die Felswände, deren Bedeutung strittig ist.

Auf einem Spaziergang durch die Viertel, die vom alten Santa Cruz übrig geblieben sind, lohnt ein Besuch im Museo Naval. Es befindet sich in einem aus Beton gegossenen Nachbau der Santa Maria, obwohl Colón laut Geschichtsschreibung nie auf La Palma war sondern auf einer



Abb. 22: Roboting-Teleskop Liverpool (2m Spiegel).



Abb. 23: GRANTECAN- GTC (10,4 m Spiegel).

seiner frühen Expeditionsreisen an die Küste Afrikas vor La Gomera vor Anker ging. Santa Cruz und die Insel haben eine bewegte Geschichte und waren wegen ihrer bevorzugten geografischen Lage für Seereisen nach Amerika und in den pazifischen Raum Spielball der Nationen seit der Antike. Bekannte Namen, wie z.B. der des royal sanktionierten Freibeuters (Sir) Francis Drake, der Retter Großbritanniens, oder Ptolemäus und der Mauritanische König Juba sind dabei vertreten.

Santa Cruz und die Insel sind touristisch nicht überlaufen. Gran Canaria und Teneriffa, gefolgt von Fuerteventura, haben dem Eiland den Rang abgelaufen; Club- oder Partyurlaube am Pool mit all inclusive sind sicher daran nicht ganz unschuldig. Welch ein Segen für die, die einen naturnahen Urlaub suchen!

Einige Hinweise zu den Bildern:

Solange nicht anders gekennzeichnet, sind die Abbildungen vom Autor.

Die kurzbrennweitigen vom Autor mit einer Canon- EOS-1000D(a) und Ioptron-SkyTracker mit Tamron 10-24 (13mm), f4,5. und Mamiya-Sekor C, 80mm, f2,8. Belichtung ca. 4 Min. bei 400 ISO (ohne Du-Bi).

Abb. 11 und Abb. 18: Harald Simon.

Abb. 15 - 17, 27: Harald Simon & Horst Warnek.

Harald und Horst machten vornehmlich mit dem transportablen 130mm EDF-Refraktor Bilder mit einer Canon-EOS-600ADC. Belichtung ca. 5 Minuten, 800 ISO, Temp. -9 Grad C.



Abb. 24: Cherenkow-Teleskop - MAGIC IACT (17m Spiegel).



Abb. 25: Telescopio Galileo – TNG (3,8 m Spiegel).



Abb. 26: Nächtliche Impressionen auf dem Roque .

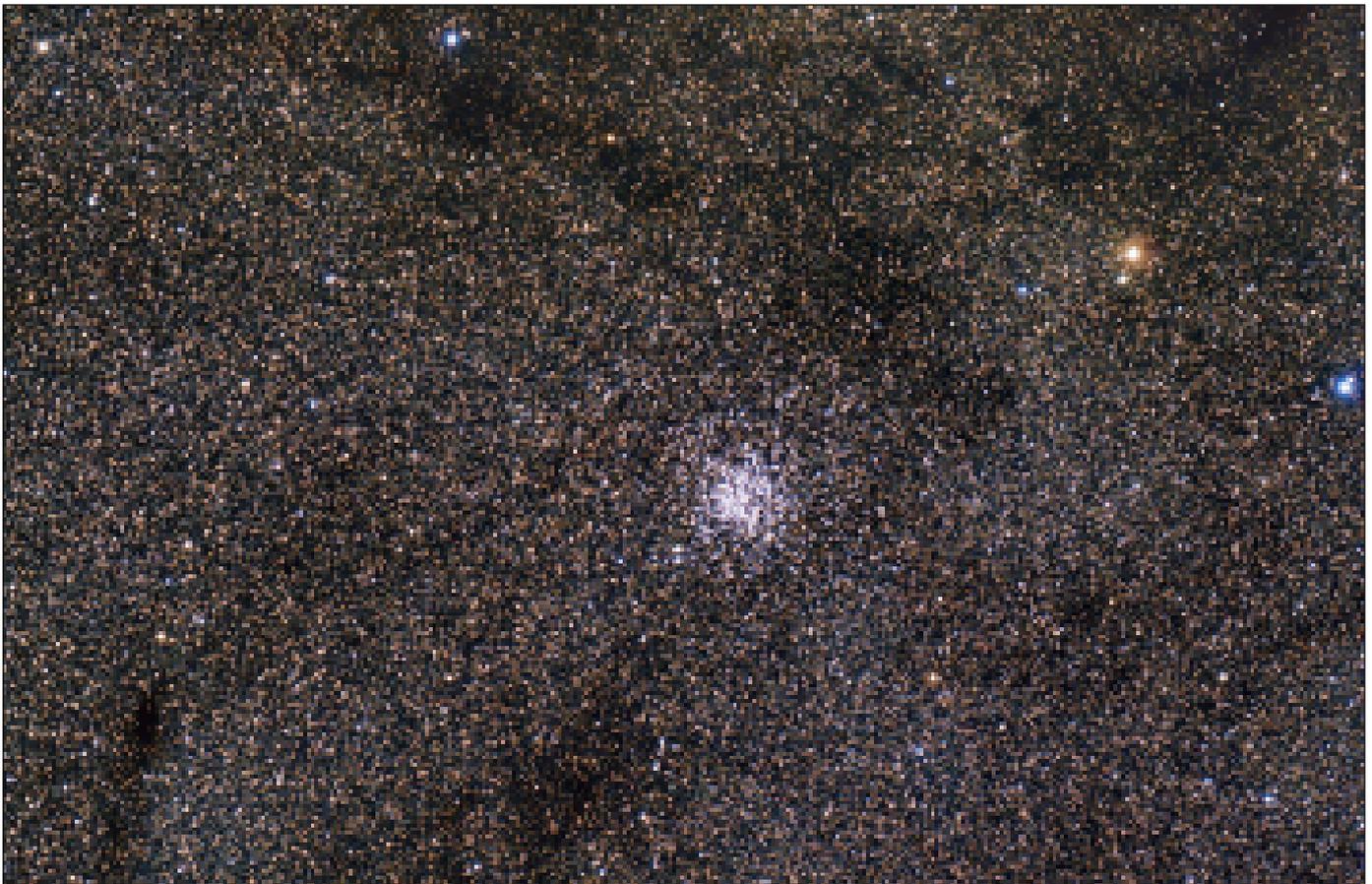


Abb. 27: Messier 22 oder NGC 6656. Kugelsternhaufen im SB Schütze. Helligkeit 5,5 mag. Enthält ca. 80 000 Sterne, Entfernung 10,4 kLj. Im Jahre 1665 entdeckt von Abraham Ihle mit einem 2zölligen Fernrohr.