

# Die Himmelpolizey

AVL Astronomische Vereinigung Lilienthal e. V.



29

01/12

ISSN 1867 – 9471

**VON DER BONNER DURCHMUSTERUNG ZUR RADIOASTRONOMIE**

Ein Überblick über die Sonnenaktivitäten

**REFLEKTOR ODER REFRAKTOR?**

Prinzipien der Astrophotographie

**Die Himmelspolizey**  
 Jahrgang 8, Nr.29  
 Lilienthal, Januar 2012

## Inhalt

Die Sterne .....	3
Deep-Sky-Fotografie, Teil 2: Lichtstärke in der Astrofotografie oder Brennweite ist nicht alles .....	4
AVL-Vereinsfahrt 2011	
Tag 1, Im Physikalischen Institut der Uni Bonn .....	14
Tag 2, Historische und technische Entwicklung der Astronomie in Bonn .....	16
Tag 3, Das Radioteleskop Effelsberg .....	18
Tag 4, Der Galaxienweg – Wanderung durch unsere Galaxie .....	20
Was machen die eigentlich? – Arbeitsgruppe Astrophysik – LOFAR, was ist das ? .....	21
Die AVL Bibliotheksecke .....	22
Bundesweiter Astronomietag 2012 .....	23



Vom 29. September bis 1. Oktober des vergangenen Jahres ging die AVL mal wieder auf Tour. Ziel war neben den Instituten der Universität Bonn das zweigrößte Radioteleskop der Welt in Effelsberg. Für alle Daheimgebliebenen haben die Astrophysiker der AVL noch einmal die wichtigsten Station beschrieben und eine Zusammenfassung, dessen was uns dort berichtet wurde, niedergeschrieben. Das Titelbild zeigt dieses Mal daher den 100-Meter-Spiegel des Radioteleskops. Hier auf Seite 2 sehen Sie ein Gruppenfoto vor dem Radioteleskop. Aber auch die optische Erfassung des Universums ist nach wie vor ein wichtiges Standbein der Astronomie. Unser Mitglied Kai-Oliver Detken berichtet ab Seite 4.

DIE STERNE, strahlen jede Nacht vom Himmel als wollten sie den Menschen sagen: Nun kommt doch endlich zu uns! Wie wir wissen, hat leider nur der Mond Besuch von uns Menschen bekommen. Auch wenn sämtliche Besucher US-Amerikanische Staatsbürger waren, so sahen sie es als selbstverständlich an, als Vertreter einer einzigen geeinten Menschheit zu kommen. Somit können alle mittlerweile 7 Milliarden Bürger des Planeten Erde von „ihren Vertretern“ im All sprechen. Gerade die Raumfahrt mit all ihren technischen Raffinessen und immens hohen Kosten kann heutzutage gar nicht sinnvoll von einer einzigen Nation finanziert werden, auch wenn manch Politiker es gerne anders hätte. Aktuell sind zum Beispiel nur die russischen Transporter in der Lage, Menschen zur Internationalen Raumstation ISS zu bringen. Die lange Zeit voranmarschierenden Amerikaner fallen aus, die Europäer verfügen über keine entsprechenden Shuttle, und die Chinesen wollen nicht.

Forschung war und ist ohne Zusammenarbeit völlig sinnlos. Warum sollen verschiedene Institute jahrelang am selben Problem forschen, um schließlich im Parallelschritt zum nächsten überzugehen? Manch ein Forscher bekommt von seinen Kollegen den entscheidenden Schritt zu einer bahnbrechenden Erfindung. Doch sollte Forschung – egal welchen Fachs – niemals nur aus finanziellen Gründen betrieben werden. Und noch viel weniger sollte sie meines Erachtens militärischen Zwecken dienen.

Dennoch ergaben sich in der Vergangenheit aus militärischer Forschung bahnbrechende Ergebnisse für den zivilen Alltag. Ein Beispiel sind die GPS-Satelliten, deren ursprüngliches Ziel war, kriegswichtige Ziele zentimetergenau zu erfassen. Es ist natürlich eine erhebliche Erleichterung für Verkehrsteilnehmer, ihr Ziel mittels Satellitensteuerung zu finden (auch wenn ich persönlich auf gute, alte Generalkarte schwöre), doch bis vor wenigen Jahren hätte das US-

Militär das GPS jederzeit stören können.

Kommen wir auf meinen Anfangsgedanken zurück: Heutzutage ist der Austausch von Forschungsergebnissen eine Sache von Sekunden. Durch das Internet ist die ganze Welt mit einem Mausklick erreichbar. Ja, sogar die in dieser Sekunde in der Antarktis oder von Unterwasser-sonden im Pazifik ermittelten Daten können von jedem angeschlossenen Institut abgerufen werden. Doch wozu führt das ganze? Wer kann noch die Datenflut speichern, geschweige denn auswerten? Mir scheint die Datenflut eher zu einer völligen Überforderung der Universitäten und Institute zu führen. Zumal gerade in der (Astro-)Physik heutzutage die Umsetzung der Daten in eine handfeste Theorie an der fehlenden Sprache – nämlich einer hochkomplexen Mathematik – zu scheitern droht. Und dennoch konzentriert man sich nicht mehr auf ein Forschungsobjekt, das wie ein Zahnrad im großen Getriebe der Forschungswelt mitarbeitet, sondern will alles gleichzeitig bearbeiten. Und ich denke, jeder kann bestätigen, wie schnell zu viel Arbeit zu Überforderung und zu (teils gravierenden) Fehlern führt. Im vergangenen Jahr gab es den Skandal um den damaligen Verteidigungsminister zu Guttenberg, dessen über 450 Seiten starke Dissertation größtenteils abgeschrieben war. Dort zeigt sich eindrucksvoll wie wenig Masse auch mit Klasse gleichzusetzen ist. Wer etwas zu sagen hat, schafft das auch mit einigen wenigen prägnanten Aussagen. Einsteins Dissertation wurde mit 17 Seiten zu einer der wichtigsten Arbeiten in der Welt der theoretischen Physik.

Bis vor 400 Jahren wurden sämtliche Aussagen der Astronomen ohne Teleskop gemacht. Es gab einige wenige Beobachter, die aus den Bewegungen der Himmelskörper großartige (und das sollte man auch nicht verschweigen – großartig falsche) Ergebnisse lieferten. Johannes Kepler und Tycho Brahe haben das Weltbild der damaligen Welt völlig verändert ohne jemals ein Tele-

skop gesehen zu haben. Sie konnten sich nur auf die wesentlichen Daten konzentrieren! Selbst jene Völker, die wir abfällig als „primitiv“ bezeichnen, waren teilweise großartige Astronomen. Bereits vor über 5000 Jahren konnten die Bewohner Irlands Bauwerke errichten, deren perfekte Ausrichtung gegen den Sonnenaufgang zur Wintersonnenwende bis auf den heutigen Tag Bestand hat. Doch auch in anderen Kulturen war – und ist – die Ausrichtung wichtiger Bauwerke oder zentraler Tempel auf Himmelskörper wie Sonne, Mond oder Sirius immens. Heutzutage sind diese meist nur an bestimmten Tagen sichtbaren Ereignisse Touristenattraktionen. Man könnte meinen, die teilweise von weither ange-reisten Touristen lernten dabei einiges über historische Anthropologie, doch die meisten Touristen scheinen nicht nur nicht zu verstehen, was sie dort sehen und warum es nur an diesen ausgezeichneten Tagen passiert, sondern ihnen wird vor Ort teilweise haarsträubender Blödsinn vermittelt, der an Volksverdummung grenzt. Am schlimmsten erscheint mir dabei, wie wenig die Führer vor Ort mit den astromischen Kenntnissen der frühen Völker vertraut sind. Zur Zeit hört man alle Naselang, die „Welt“ würde am 21.12.2012 untergehen, weil der Kalender der Maya es so vorhersage. Ich besuchte im Herbst Chitzén Itzá, eine der wichtigsten Ruinenstätten der Mayas, und wurde Zeuge, welchen Unsinn über das astronomische Weltbild der Mayas den Touristen erzählt wurde. Letztendlich war es der New-Age-Unsinn über Planetenstellungen im Dezember 2012, der himmelsmechanisch gar nicht möglich ist, aber im Internet kritiklos verbreitet wird. Und da setzt wieder die Forschung ein. Nämlich das Forschungsvermögen jedes einzelnen Individuums. Schließlich nennen wir uns die einzige intelligente Rasse auf diesem Planeten....

*Alexander Alin*

# DEEP-SKY-FOTOGRAFIE, TEIL 2:

## Lichtstärke in der Astrofotografie oder Brennweite ist nicht alles

VON DR. KAI OLIVER DETKEN, GRASBERG

Für den visuellen Beobachter ist das Seeing des Abendhimmels entscheidend. Ist die Luft zu unruhig, die Luftfeuchtigkeit zu hoch oder die Sicht allgemein zu schlecht, wird er auch Probleme bei der Beobachtung von lichtschwachen Himmelsobjekten haben. Hinzu kommt, dass sein Teleskop eine entsprechende Öffnung besitzen muss, damit er möglichst viel Licht zur Beobachtung einfangen kann. Für den Astrofotografen kommt eine weitere Anforderung hinzu: Er benötigt auch lichtstarke Objektive und Kameras, um in den Genuss hochwertiger Aufnahmen zu kommen. Allerdings sind meistens weder Teleskope noch Fotokameras für die Astrofotografie entworfen worden. Während Teleskope heute oftmals noch auf den visuellen Beobachter ausgerichtet werden, sind digitale Kameras auf Tagesaufnahmen geeicht. Welche Randparameter es zu beachten gilt und welche Verbesserungsmöglichkeiten es heute gibt, soll dieser Artikel buchstäblich ans Licht bringen.

### Teleskop-Bauweisen

Teleskope gibt es in den unterschiedlichsten Bauweisen am Markt und jährlich werden es mehr. Allen gemein ist es, dass sie elektromagnetische Wellen sammeln und bündeln können, um weit entfernte Objekte besser sichtbar zu machen. Während in ihrer Frühphase Teleskope nur zur visuellen Beobachtung eingesetzt wurden, sind heute Teleskope im Einsatz, die das gesamte Frequenzspektrum untersuchen können. Für die Astrofotografie ist dabei natürlich nur der optische Bereich interessant. Hierbei unterscheidet man zwischen verschiedenen Bauarten, die alle ein Ziel haben: soviel Licht zu bündeln, wie es irgendwie geht, um lichtschwache Objekte optimal erfassen zu können.

Eine sehr wichtige und verbreitete Bauform ist dabei das Newton-Spiegelteleskop. Es wurde von seinem Namensgeber Isaac Newton im Jahre 1668 entwickelt und besteht aus einem konkaven Hauptspiegel und einem

flachen, um 45° zur Mittelachse geneigten Fangspiegel, der das Licht im rechten Winkel ablenkt und aus dem Tubus in das Okular leitet. Man muss also von der Seite in das Teleskop hineinblicken. Das ist teilweise recht umständlich, wie ich bei meinem ersten Teleskop erfahren musste, da man sehr oft mit dem Rohr in Kontakt gerät, wodurch das Objekt leicht aus dem Fokus verschwindet bzw. verwackelt.

Wie man an der Abbildung 1 erkennen kann, wird das Licht durch den Öffnungseingang des Teleskops

aufgenommen und wird dann am Ende des Rohrs durch den Spiegel reflektiert, um dann durch den Fangspiegel gebündelt und an den Okularausgang weitergegeben zu werden. Dadurch wird das Licht zweimal gespiegelt und verliert je länger der zurückgelegte Weg ist dementsprechend auch etwas an Lichtstärke. Im Amateurbereich waren Newton-Teleskope lange der Standard schlechthin. Besonders die 4,5 Zoll Öffnung erfreute sich hoher Beliebtheit, da sie leicht zu transportieren und preisgünstig in der Anschaffung war. Zwar lassen sich damit bereits Deep-Sky-Objekte beobachten, aber die Lichtsammelleistung ist begrenzt. Daher mussten größere Öffnungen gebaut werden, um eine größere Lichtmenge einfangen zu können. Heute werden oftmals Hauptspiegel mit 6-8 Zoll Öffnung im Anfängerssegment angeboten, während nach oben hin fast keine Grenzen gesetzt sind. Allerdings steigt damit auch das Gewicht bzw. sinkt die Mobilität.

Durch den größeren Hauptspiegel kann natürlich mehr Licht eingesammelt und für die visuelle Beobach-

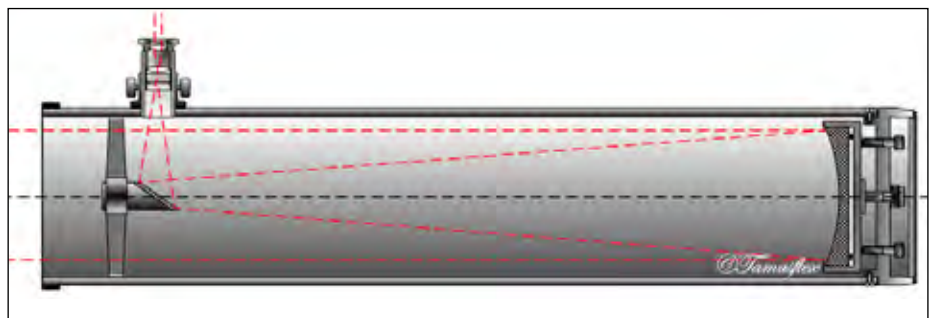


Abb. 1: Bauweise und Strahlengang bei einem Newton-Spiegelteleskop [1]

<sup>1</sup> Die Brennweite ist der Abstand der Objektivlinse oder des Hauptspiegels zum Brennpunkt, in dem das Bild entsteht.

<sup>2</sup> Das Öffnungsverhältnis setzt sich aus Öffnung/Brennweite zusammen und entspricht der Blende bei der Fotografie.

tung oder Astrofotografie genutzt werden. Um die Tubuslänge, das Gewicht sowie das Schwingungsverhalten nicht zu stark zu verschlechtern, werden Newton-Teleskope mit größerem Hauptspiegel meist mit relativ kurzer Brennweite<sup>1</sup>, d.h. einem lichtstärkeren Öffnungsverhältnis<sup>2</sup> gebaut ( $f/6$  bis ca.  $f/4,5$ ). Dies hat für die Astrofotografie den Vorteil, dass die Belichtungszeiten geringer ausfallen können. Allerdings birgt das höhere Öffnungsverhältnis auch höhere Ansprüche an die Fertigung und optische Ausrichtung aller Komponenten des Teleskops. Dies wird Kollimation genannt und bezeichnet in der Optik die Parallelrichtung von Lichtstrahlen. Das heißt, wenn im Strahlengang nur eine Komponente sich leicht verändert, sind die Strahlen nicht mehr parallel ausgerichtet und die Optik verliert ihre Schärfe. Bei großen Öffnungen von Newton-Teleskopen ist daher ein Parabolspiegel zwingend erforderlich, wenn dieser Vorteil voll ausgeschöpft werden soll. Die Lichtstärke wird allerdings mit dem Nachteil von Bildfehlern erkauft, da Parabolspiegel zu einer Koma und einem gekrümmten Bildfeld neigen. Sterne werden dann nicht mehr punktförmig am Bildrand dargestellt und besitzen einen Schweif. Dies kann dann von Okularen teilweise nicht mehr kompensiert werden.

Neben dem Newton-Teleskop haben die Schmidt-Cassegrain(SC)-Teleskope im Amateurnfeld eine große Verbreitung erfahren. Basis ist das Schmidt-Teleskop des Optikers Bernhard Schmidt, welches das einfallende Licht durch einen Hauptspiegel (Primärspiegel) am Ende des Tubus bündelt und zum Fangspiegel (Sekundärspiegel) zurückwirft. Anschließend gelangt das Licht durch ein Loch in der Mitte des Hauptspiegels über ein Spiegelprisma zum

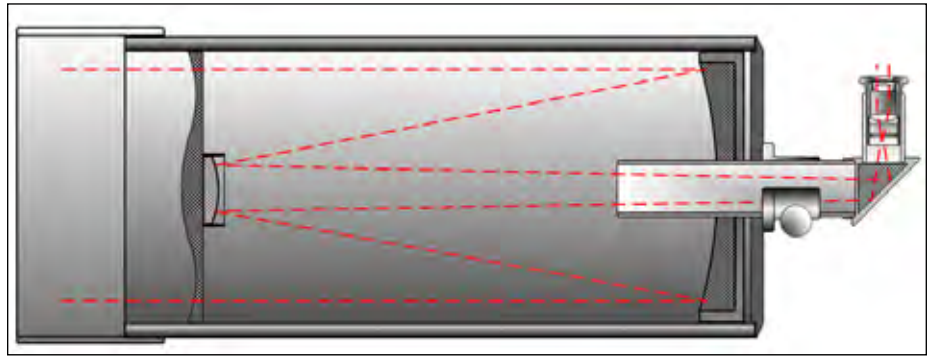


Abb 2: Bauweise und Strahlengang bei einem Schmidt-Cassegrain-Spiegelteleskop [1]

Okular. Der Fangspiegel selbst sitzt in der sog. Schmidt-Platte am Anfang des Tubus, wodurch er auf der einen Seite fixiert wird und auf der anderen Seite keine Feuchtigkeit in das Innere gelangt. Allerdings muss dadurch der Tubus auch länger auskühlen, als dies bei offener Bauweise (Newton) der Fall wäre und die Schmidt-Platte beschlägt sehr leicht, wenn keine Tauschutzkappe wie in der Abbildung 2 angebracht wurde. Zusätzlich arbeitet diese Platte ebenfalls als Korrektor, um die sphärische Aberration<sup>3</sup> des Hauptspiegels zu beheben sowie die Koma des Gesamtsystems zu minimieren. Dadurch bewirkt allerdings bereits eine kleine Verstellung des Fangspiegels oder der Korrekturplatte eine erhebliche Beeinträchtigung der Abbildungsleistung.

Der Vorteil der SC-Bauweise liegt in der Kompaktheit; d.h. man hat im Grunde eine sehr hohe Brennweite zur Verfügung bei gleichzeitig großer Öffnung. Das Teleskop kann dadurch leichter transportiert und aufgebaut werden. Die Beobachtung findet zudem hinter dem Teleskop statt und nicht seitlich. Dadurch erhält man eine bessere Symmetrie, die von Vorteil sein kann, wenn das Teleskop durch zusätzliches Equipment wie DSLR<sup>4</sup>-Kamera, Crayford-Auszug, Zielfernrohr etc. erweitert wird.

Die größte Verbreitung haben SC-Teleskope mit einer Öffnung von 8 Zoll (20,3 cm) und einer Brennweite von 2 m, was einem Öffnungsverhältnis von  $f/10$  entspricht. Das heißt, durch die große Öffnung lassen sich visuell mehr Deep-Sky-Objekte erfassen, wobei die große Brennweite wieder gegen die Lichtstärke spricht. Bei einem Öffnungsverhältnis von  $f/10$ , was mit der Blendenzahl eines Fotoobjektivs gleichgesetzt werden kann, sind Objekte für die Astrofotografie wesentlich länger zu belichtet. Das heißt, man muss sozusagen einen Kompromiss eingehen zwischen der visuellen Beobachtung (große Öffnung, hohe Vergrößerung) und der Fotografie (kleines Öffnungsverhältnis, geringere Lichtstärke). Zusätzlich hat auch ein SC-Teleskop ein Problem mit der Koma, d.h. mit Abbildungsfehlern von punktförmigen Sternen. Die Koma-Probleme können aber bei modernen Optiken heute wirkungsvoll kompensiert werden.

Die dritte Hauptklasse sind die sog. Refraktoren (Linsenfernrohre), die bereits von Galileo Galilei eingesetzt wurden. Sie besitzen als Objektiv eine Sammellinse und als Okular eine Zerstreuungslinse kleiner Brennweite. Der Refraktor ist so aufgebaut, dass er am Eingang des Teleskops das Licht durch eine Linse

<sup>3</sup> Die sphärische Aberration ist ein Abbildungsfehler, der sich auf die Schärfe auswirkt, wenn die Lichtstrahlen nicht ausreichend auf eine optische Achse gebündelt werden können.

<sup>4</sup> Digitale Spiegelreflexkameras werden verkürzt als DSLR (Digital Single-Lens Reflex) bezeichnet, die auch die Bauart mit beschreibt, da das Motiv zur Betrachtung vom Objektiv über einen Spiegel umgelenkt wird.

erfasst und an den am anderen Ende befindlichen Okularauszug direkt weitergibt, d.h. das Licht wird nicht abgelenkt. Linsenteleskope besitzen den Nachteil, dass sie verschiedenfarbiges Licht nicht im selben Brennpunkt fokussieren können. Dadurch entstehen farbige Säume um helle Objekte, die umso störender sind, je größer die Teleskopöffnung bzw. das Öffnungsverhältnis ist. Um diesen Fehler zu vermindern, bestehen die meisten Amateurfernrohre aus zwei Linsen verschiedener Glasarten (Achromate), die es ermöglichen, dass zumindest zwei Farben im selben Punkt fokussiert werden können. Um drei Farben im selben Fokus zu halten, sind drei oder vier Linsen notwendig (Apochromat). Dadurch wird der Farbfehler auf ein



Abb. 4: Mare Serenitatis, mit Canon 1000Da, CLS-Filter, 800 ASA, 1/80 s Belichtung



Abb. 3: Milchstraße, mit Canon 1000D, 800 ASA, 10 Aufnahmen á 15 s

<sup>5</sup> Live View ist eine Livebild-Funktion, die das Betrachten des Motivs in Echtzeit auf dem LC-Display der Kamera gestattet.

<sup>6</sup> OWB = Original White Balance

absolutes Minimum begrenzt oder sogar komplett kompensiert. Allerdings nimmt man durch die weiteren Linsen eine Gewichtszunahme und einen wesentlich höheren Preis in Kauf. Durch die Astrofotografie erfährt aber der Refraktor einen enormen Schub, was an seiner Lichtstärke und seine Abbildungsleistung liegt. Deshalb hat man heute eine sehr große Auswahl an Geräten.

Wenn man die drei vorgestellten Bauweisen gegenüberstellt, kann man grob unterscheiden zwischen Refraktoren und Spiegelteleskopen. Während der Refraktor ein geschlossenes Teleskoprohr beinhaltet, welches kein Hindernis im Strahlengang hat, besitzt er in der einfachen Bauweise einen Farbfehler. Zusätzlich ist er relativ schwer und unhandlich, was sich durch weitere Linsen noch verstärkt. Durch die Rohrlänge ist der Einblick bei visueller Beobachtung zudem nicht immer angenehm bzw. unterscheidet sich stark in der Höhe. Dafür werden allerdings Sterne und Planeten sehr scharf abgebildet und die Lichtempfindlichkeit ist recht hoch. Dagegen besitzen Spiegelteleskope keinen Farbfehler und die visuelle Beobachtung kann auf gleicher Okularhöhe stattfinden. Allerdings sitzt der Fangspiegel immer störend im Strahlengang und die Fangspiegelkonstruktion muss bei Zeiten nachjustiert werden. Zudem kostet der Fangspiegel Licht und einiges an Bildschärfe. Aus diesem Grund muss ein Spiegelteleskop größer gebaut sein als ein Linsenteleskop, um die gleiche Leistung erreichen zu können. [3]

### Lichtstärke und -empfindlichkeit

Die Lichtstärke oder Lichtempfindlichkeit von Teleskopen spielt nun gerade für die Astrofotografie eine entscheidende Rolle. Je weiter ein Objekt in der Regel entfernt ist,

Eigenschaften	Canon EOS 1000D	Canon EOS 550D
Sensorgröße	22,2 mm x 14,8 mm	22,3 mm x 14,9 mm
Pixelzahl	3888 x 2592	5184 x 3456
Megapixel	10,1	18,0
Pixeldichte	30672 Pixel/mm <sup>2</sup>	54041 Pixel/mm <sup>2</sup>
Pixel-Kantenlänge	5,7 µm	4,3 µm
AF-Meßfelder	7	9
ISO-Bereich	100-1600	100-6400 (12.800)
TFT-Display (Diagonale)	2,5 Zoll	3 Zoll
Reihenaufnahmen	Bis 3,7 Bilder/s (max. 514 JPEG) Bis 1,5 Bilder/s (max. 5 RAW)	Bis 3 Bilder/s (mind. 34 JPEG) Bis 3 Bilder/s (mind. 6 RAW)
Digitalisierungstiefe	12 Bit	14 Bit
Gewicht (Gehäuse)	450g	530g

Tabelle 1: Vergleich der DSLR-Kameras 1000D und 550D von Canon



Abb 5.: Umgebaute DSLR-Kamera 1000D mit Astronomik CLS-Filter

desto schwieriger wird es, dieses zu belichten. Bei Kameraobjektiven wird die Lichtempfindlichkeit durch die Blendenzahl angegeben, während bei Teleskopen das Öffnungsverhältnis entscheidend ist. Beide Werte sagen aus, wie hoch die Lichtempfindlichkeit ist. Bei Kameraobjektiven bestimmt die Blende, oftmals auch den Preis. Lichtempfindliche Objektive sind aufwändiger gebaut und daher teurer in der Anschaffung. Typische Werte liegen bei ei-

nem Standardobjektiv bei f2,8-4,5 bei einer Brennweite zwischen 18-50 mm. Dies ist bei Tagesaufnahmen in jedem Fall ausreichend, wird aber bei nicht nachgeführter Kamera bereits zu lichtschwach sein. Hierzu werden andere Blenden benötigt, wie f1,4-1,8, da ein Bild nur ca. 15 s belichtet werden darf, damit die Sterne nicht zu Kreisbögen auseinandergezogen werden.

Als Beispiel zeigt die Abbildung 3 ein Bild der Milchstraße, welches

<sup>7</sup>Die Grenzgröße beschreibt die Durchsichtigkeit der Atmosphäre. Sie bezeichnet die scheinbare Helligkeit jener Sterne bzw. anderer astronomischer Objekte, die am Nachthimmel gerade noch wahrnehmbar sind. Außerhalb von Städten in Europa beträgt die Grenzgröße zwischen 5 und 6 mag (siehe Bortle-Skala).



Abb. 6: Hantelnebel (M27) mit Canon 1000Da, 800 ASA, 40 Aufnahmen á 60 s

von mir südlich vom Yosemite-Nationalpark in den USA aufgenommen wurde. Es besteht aus 10 Bildern, die jeweils mit 15 s belichtet wurden. Es kam dabei das Takumar-Objektiv (Brennweite: 55 mm, Blende: 1,8) bei stehender Kamera zum Einsatz, welches mit einer Canon-Kamera 1000D (unmodifiziert) genutzt wurde. Als ISO-Wert wurde 800 ASA gewählt.

Im Gegensatz dazu besitzt ein Schmidt-Cassegrain-Teleskop mit einem Hauptspiegeldurchmesser von 200 mm und einer Brennweite von 2000 mm ein Öffnungsverhältnis von nur noch  $f/10$ . Das heißt, man müsste für die gleiche Lichtintensität ca. 5,5mal länger belichten. Zwar kann man durch die hohe Brennweite eine hohe Vergrößerung erreichen, die sich durch das Verhältnis Hauptspiegel-Brennweite/Okular-Brennweite ergibt, was bei einer 15 mm Okularbrennweite eine Vergrößerung von 133fach ausmacht. Aber man erkaufte sich diesen Vorteil durch eine geringere Lichtstärke des Teles-

kops. Begegnen kann man diesem Nachteil durch die Nutzung eines Reducer, der die Brennweite durch eine weitere Optik heruntersetzt und dadurch das Öffnungsverhältnis auf  $f/8$  oder gar  $f/6,3$  verbessern kann.

Neben dem Problem der Lichtstärke ergibt sich eine Herausforderung für die Nachführung bei Zunahme der Brennweite. Fehler in der Nachführung werden durch hohe Vergrößerung noch stärker sichtbar. Das heißt, je größer die Brennweite ist, umso exakter muss auch nachgeführt werden, um Sterne noch punktförmig abbilden zu können. Astrofotografie-Anfänger sollten daher im ersten Schritt immer mit kleineren Brennweiten beginnen, unabhängig davon, welche Deep-Sky-Objekte sie am Himmel abbilden möchten. Eine Ausnahme dieser Regel stellen Objekte dar, die durch kurze Belichtung erfasst werden können. Dies ist beispielsweise beim Mond und den Planeten der Fall. Abbildung 4 zeigt beispielsweise das sechstgrößte

Meer des Mondes Mare Serenitatis mit einer Brennweite von 3.200 mm, aufgenommen mit einer Barlowlinse (2x) und einem Reducer/Flattner (0,8). Die kurze Belichtung von 1/80 s lassen diverse Aufnahmen zu, aus denen man sich die beste aussuchen kann.

Neben den Teleskopen und Objektiven muss natürlich auch die Kamera selbst lichtempfindlich sein. Eine normale Kompaktkamera ist für Tageslichtaufnahmen ausgelegt und besitzt in den meisten Fällen keine hohe Lichtempfindlichkeit. Höhere ASA-Zahlen sind hier zwar möglich und einstellbar; dabei nimmt jedoch auch der Rauschanteil exponentiell zu. Aus diesem Grund haben sich Spiegelreflexkameras in der Astrofotografie etabliert, da sie ein wesentlich besseres Signal-/Rauschverhältnis bieten. Hinzu kommen neue Systemkameras, die ebenfalls sehr Lichtempfindlich sind und ohne Spiegel auskommen. Das heißt, bei kurz belichteten Aufnahmen kann keine Spiegelschütterung mehr auftreten und bei Live View<sup>5</sup> muss der Spiegel nicht mehr weggeklappt werden. Durchgesetzt hat sich aber in der Astrofotografie die Canon-Serie, zu der es mannigfaltige Adapter und Zubehörteile gibt. Zudem gibt es in diversen Foren Tipps und Tricks zu einer DSLR-Kamera auf Canon-Basis.

Trotzdem ist zu beachten, dass auch DSLR-Kameras für Tages- oder Dämmerungsaufnahmen optimiert worden sind. Zwar gibt es bei der Canon-Kamera 1000D die Möglichkeit den ISO-Wert auf bis zu 1600 ASA zu erhöhen, und bei der 550D sogar bis zu 12.800 ASA, aber das Rauschen der fest eingebauten Kamerachips nimmt dabei natürlich entsprechend zu. Hat man in der analogen Fotografie die ASA-Zahl noch in Abhängigkeit der Filmlicht-

<sup>8</sup>Das Seeing ist ein Begriff aus der Astronomie, der die Bildunschärfe durch atmosphärische Störungen (Luftunruhe) bei der Beobachtung des Nachthimmels bezeichnet. Es wird üblicherweise in Bogensekunden angegeben.

<sup>9</sup>Die Bortle-Skala wurde im Jahre 2001 nach John E. Bortle veröffentlicht und bezeichnet den Grad der Lichtverschmutzung wie er ohne technische Hilfsmittel bestimmt werden kann.



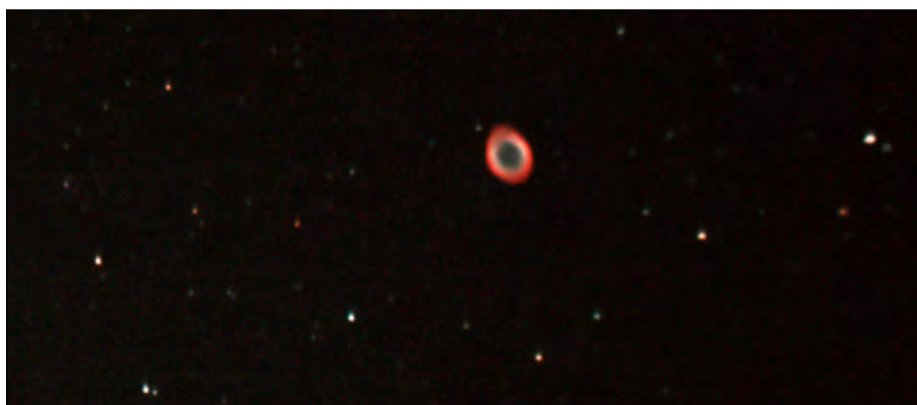
Bortle-Skala	Bortle-Beschreibung	Milchstraßensichtbarkeit	Grenzgröße
Bortle 1	Ort mit außergewöhnlich dunklem Himmel: Tierkreisleuchten, Gegenschein und Zodiakalband sind sichtbar. M33 ist ein auffälliges Objekt für das freie Auge. Die hellen Milchstraßenwolken werfen deutlich wahrnehmbare Schatten.	Optimale Sichtbarkeit	7,8 mag
Bortle 2	Ort mit wirklich dunklem Himmel: M33 ist ziemlich einfach zu sehen, die Milchstraße ist stark strukturiert. Wolken am Himmel erscheinen als schwarze Löcher.	Extrem klarer Himmel: Helle Teile der Milchstraße sehen wie Wolken aus	7,3 mag
Bortle 3	Landhimmel: Schwache Lichtverschmutzung in Horizontnähe. Milchstraße erscheint komplex. M33 kann mit indirektem Sehen erkannt werden.	Schwarzer Himmel: Milchstraße ist strukturiert, helle und dunkle Bereiche sowie Dunkelwolken sind leicht sichtbar	6,8 mag
Bortle 4	Ländlicher Himmel: Ziemlich auffällige Lichtdome über besiedelten Gebieten, Zodiakallicht ist noch sichtbar. Die Milchstraße ist eindrucksvoll, zeigt aber nur die auffälligsten Strukturen. M33 mit indirektem Sehen kaum noch zu erkennen.	Dunkler Himmel: Milchstraße ist auffällig, auch dunkle Teile sind gut sichtbar.	6,3 mag
Bortle 5	Vorstadthimmel: Zodiakallicht ist nur andeutungsweise zu sehen. Die Milchstraße ist matt und verschwindet in Horizontnähe. Lichtverschmutzung ist auffällig in fast allen Richtungen.	Mäßiger Himmel: Milchstraße ist sichtbar	5,8 mag
Bortle 6	Heller Vorstadthimmel: Unter 35 Grad Höhe ist der Himmel von einem grauen Leuchten überzogen. Die Milchstraße ist nur im Zenit sichtbar. M31 ist nur einigermaßen auffällig für das freie Auge.	Aufgehellter Himmel: Nur die hellen Teile der Milchstraße sind in Zenitnähe sichtbar	5,3 mag
Bortle 7	Stadtrandhimmel: Der ganze Himmelshintergrund ist von einem gräulichen Leuchten überzogen. Starke Lichtverschmutzung in allen Richtungen. Die Milchstraße ist nahezu unsichtbar.	Stadthimmel: Milchstraße ist nicht sichtbar	4,8 mag
Bortle 8	Stadthimmel: Der Himmel leuchtet weißgrau oder orange, man kann eine Zeitung ohne Schwierigkeiten lesen. M31 kann von einem erfahrenen Beobachter gerade eben erkannt werden.	Keine Wertung	4,3 mag
Bortle 9	Innenstadthimmel: Der ganze Himmel ist hell erleuchtet, selbst im Zenit. Außer den Plejaden sind keine Messier-Objekte mit dem bloßen Auge erkennbar. Lichtschwächere Sternbilder wie Fische und Krebs sind komplett unsichtbar.	Keine Wertung	3,8 mag und weniger

**Tabelle 2: Bortle-Skala mit Vergleich der Milchstraßensichtbarkeit [5]**

empfindlichkeit eingestellt, wird nun der Fotochip an die Grenzen seiner Empfindlichkeit getunt. Eine höhere ASA-Zahl ist daher oftmals nicht mit besseren Bildergebnissen gleichzusetzen. Zudem gibt es Kameraunterschiede aufgrund unterschiedlich verwendeter Chips. Ein Vergleich zwischen der Canon 1000D und 550D in [4] zeigte dabei deutlich, dass die Kamera 550D bei 200 (max. 400) ASA bei Astroaufnahmen betrieben werden sollte. Die 1000D kam auf bessere Werte. So lag hier die empfohlene ASA-Zahl zwischen 400-800 ASA. In Ausnahmefällen sind 1600 ASA sogar noch machbar, die ungefähr mit dem Rauschwert der 550D bei 400 ASA gleichzusetzen sind. Dies liegt an der größeren Pixel-Kantenlänge von 5,7 µm des Chips (siehe Tabelle 1), der zwar da-

durch eine geringe räumliche Bildauflösung bietet, aber ein besseres Signal-Rauschverhältnis besitzt sowie geringere Ansprüche an das Auflösungsvermögen der Aufnahmeoptik stellt. Das bessere Signal-Rauschverhältnis macht sich allerdings erst bei Längenaufnahmen bemerkbar, die

wir im Deep-Sky-Umfeld benötigen. Im Gegensatz dazu besitzt die 550D eine höhere Auflösungstiefe (14 Bit statt 12 Bit), was bei Deep-Sky-Aufnahmen aber so gut wie gar nicht ins Gewicht fiel und bei Mondaufnahmen sich nur sehr gering positiv auswirkte.



**Abb 7: Ringnebel (M57), mit Canon 1000Da, 1.600 ASA, 7 Aufnahmen mit 60, 90, 120 s**



Abb. 8: Komet Gerrard (C/2009 P1), mit Canon 1000Da, 800 ASA, 26 Aufnahmen à 60 s

Eine weitere Schwäche für die Astrofotografie ist bei DSLR-Kameras der eingebaute IR-Sperrfilter. Dieser schneidet relativ viel vom roten Lichtbereich ab, so dass z.B. Nebelregionen schlecht abgebildet werden können. Auf Kugelsternhaufen oder Mondfotos wirkt sich der IR-Sperrfilter nicht negativ aus. Abhilfe kann nur durch einen operativen Eingriff in die Kamera, also durch einen Wechsel des eingebauten Filters, geschaffen werden. Dadurch erhöht sich die Empfindlichkeit im wichtigen H-Alpha-Bereich um ein Vielfaches. Bei dem Wechsel des vorhandenen IR-Sperrfilters stand zusätzlich für mich fest, dass ich auch weiter gerne mit der Kamera bei Tageslicht fotografieren möchte. Normalerweise wird nach einem solchen Umbau durch einen manuellen Weißabgleich ein entsprechender Farbausgleich hergestellt. Dies funktioniert aber nicht immer zufriedenstellend. Deshalb kam für mich nur die Clip-Filterlösung von Astronomik [8] in Frage. Hierbei wird ein anderer UV-IR-Sperrfilter in die Kamera eingebaut und ein OWB<sup>6</sup>-Clip-Filter kann manuell in die Gehäusefassung gesetzt werden. Das ist ein Korrektur-Filter für umgebaute

Kameras, der die ursprüngliche Rotempfindlichkeit wieder herstellt. Der manuelle Einbau der Clip-Filter geht einfach und ohne Verwendung von Werkzeug. Anschließend kann die Kamera wie gewohnt verwendet werden, inkl. diverser Kamera-Objektive. Einzige Ausnahme: die Canon EF-S-Serie kann nicht genutzt werden, da sie zu tief in der Fassung sitzen. Mit meinen Sigma-Objektiven sowie dem Takumar-Objektiv gab es aber keinerlei Probleme. Die Abbildung 5 zeigt die umgebaute Canon-Kamera mit einem Clip-Filter in der Gehäusefassung.

Bei Nacht kann man dann die Vorteile des Ausbaus genießen: erhöhte H-Alpha-Empfindlichkeit, verbesserte Schärfeleistung, reduziertes Hintergrundrauschen durch Verkürzung der Belichtungszeiten und geringere Farbabweichung bei Linsenobjektiven durch eine steilere Blockierung des UV-Lichts. Als weiterer Vorteil kann die Nutzung diverser Clip-Filter genannt werden. Beispielsweise wurde von mir ein CLS-Filter (siehe Abbildung 5) mit angeschafft, der Lichtverschmutzungen (Grenzgröße schlechter als ca. 6,3 mag<sup>7</sup>) kompensiert und einen verbesserten Kontrast liefert. Neben

dem Kontrast soll auch die Farbverteilung positiver beeinflusst werden (siehe [8]). Weitere Filter können für verschiedene Anwendungsgebiete jederzeit ergänzt werden (z.B. H-Alpha, UHC-Filter). Mit dieser Lösung hat man quasi eine wirkliche Konkurrenz zu einer CCD-Kamera in der Hand. Erste Aufnahmen bestätigten dann auch die wesentlich bessere farbliche Darstellung des Hantelnebels sowie die insgesamt größere Lichtempfindlichkeit. Die Abbildung 6 wurde mittels ED70-Refraktor auf einem SC-Teleskop (LX90 mit Gabelmontierung) aufgenommen. Die Brennweite betrug 420 mm, da ein Flattner ohne Reducer verwendet wurde. Das Öffnungsverhältnis betrug f/6.

### Bestimmung der Himmelsqualität

Alleine mit dem Equipment ist es allerdings nicht getan. Auch das Seeing<sup>8</sup> muss entsprechend gut sein. Dabei kann man die Himmelsqualität am besten anhand der Sichtbarkeit der Milchstraße mit dem bloßen Auge bestimmen. Dies lässt dann auch wieder Rückschlüsse auf die Sichtbarkeit von Deep-Sky-Objekten zu. Anhand der sog. Bortle-Skala<sup>9</sup> lässt sich das Seeing dann auch in Zahlen festhalten, wie

Schmidt-Cassegrain-Teleskop mit Gabelmontierung	Refraktor mit deutscher Montierung	SC-Teleskop mit Hyperstar und deutscher Montierung
Große Brennweite (z.B. 2 m)	Mittlere Brennweite (z.B. 1 m)	Kleine Brennweite (z.B. 0,4 m)
Große Öffnung (z.B. 20 cm)	Kleine Öffnung (z.B. 8 cm)	Große Öffnung (z.B. 20 cm)
Schlechtes Öffnungsverhältnis $f/10$	Gutes Öffnungsverhältnis $f/6$	Optimales Öffnungsverhältnis $f/2$
Handlich im Auf- und Abbau	Eher unhandlich und schwer	Etwas unhandlicher als bei Gabel
Gleiche Höhe bei visueller Beobachtung	Verschiedene Höhen bei visueller Beobachtung	Gleiche Höhe bei visueller Beobachtung
Große Vergrößerungen möglich	Mittlere Vergrößerungen	Große Vergrößerungen möglich
Kurze Belichtungszeiten durch Gabelmontierung	Lange Belichtungszeiten durch deutsche Montierung	Lange Belichtungszeiten durch deutsche Montierung

Tabelle 3: Vergleich SC-Teleskop mit Refraktor

die Tabelle 2 zeigt. Die Klassen 1 und 2 sind aufgrund der Lichtverschmutzung in Europa nicht mehr vertreten.

In den USA, südlich vom Yosemite-Park (siehe Abbildung 4) oder beim Grand Canyon, betrug der Bortle-Wert ca. 7,3 mag nach eigener Einschätzung, da die Milchstraße wie Wolken am Himmel zu erkennen war. Dies war so deutlich, dass einige Touristen versucht haben die Milchstraße mit Blitzlicht aufzunehmen, was natürlich ein unmögliches Unterfangen darstellte. Hingegen hat die Lichtverschmutzung in Europa im Gegensatz zu anderen Kontinenten – sieht man mal von Asien ab – extrem zugenommen. Dadurch sind längere Belichtungszeiten wiederum notwendig, die höhere Anforderungen an die Montierung stellen. In Würden bei der AVL sind aber noch relativ optimale Bedingungen zu erreichen, ähnlich wie bei mir in Grasberg. Die Lichtglocke Bremens ist zwar deutlich erkennbar, lässt aber bei optimalem Seeing eine Bortle-Skala von schätzungsweise 4 erreichen.

Bei der visuellen Betrachtung durch ein Teleskop stellt sich die Lichtempfindlichkeit noch etwas anders dar: bei einem 8“-SC-Teleskop steigt die ins Auge fallende Lichtmenge bei der 200mm-Öffnung bei einer Vergrößerung von 50fach ca. auf das 16fache und damit die Reichweite um weitere 3 mag. Somit kann der Kugelsternhaufen M13 (Grenzgröße von 13 mag) mit vielen Randsternen bereits durch das Teleskop erkannt werden. Für den Zentralstern im Ringnebel (M57,

Entfernung: 2.300 Lichtjahre), dessen Grenzgröße bei 14,7 mag liegt, müsste das Teleskop dann allerdings bereits ungefähr die doppelte Öffnung aufweisen. Mit fotografischen Hilfsmitteln ist durch längere Belichtungszeiten natürlich mehr möglich. Die Abbildung 7 wurde mit dem SC-Teleskop LX90 mit einem Flattner/Reducer aufgenommen. Durch den Reducer konnte ein Öffnungsverhältnis von  $f/8$  erzielt werden, wodurch die Lichtempfindlichkeit erhöht und die Brennweite heruntersetzt wird. Die Brennweite beträgt dadurch nur noch 1.600 mm. Die Aufnahme ist mit CLS-Filter und modifizierter 1000D-Kamera gemacht worden. Es wird der Rotanteil nun wesentlich besser sichtbar als bei früheren Aufnahmen, bei denen der Nebel hauptsächlich bläulich dargestellt wurde. Leider war an dem Aufnahme-Abend die Sicht nicht optimal und eine hohe Luftfeuchtigkeit vorhanden.

Ein anderes Beispiel stellen Kometen dar, die erstens meistens ein gewisses Farbspektrum aufweisen und zweitens nur relativ kurzzeitig in den Bereich der Sichtbarkeit vordringen. Ein aktueller Komet ist C/2009 P1 (Garradd), der im Zuge einer automatisierten Himmelsüberwachung am 13. August 2009 von dem Australier G. J. Garradd am Siding Spring Observatorium entdeckt wurde. Zu dieser Zeit besaß das Objekt eine Helligkeit von etwa 17,5 mag und war rein visuell nicht sichtbar. Garradd bewegt sich auf einer um 106 Grad zur Ekliptik geneigten Umlaufbahn um die Sonne. Seinen sonnennäch-

sten Bahnpunkt erreicht er pünktlich zu Weihnachten am 24. Dezember 2011 mit einer Distanz von 1,55 Astronomischen Einheiten (AE)<sup>10</sup> zu unserem Zentralgestirn. Ab diesem Zeitpunkt wird seine Helligkeit stark zunehmen, so dass er bis Mitte Februar 2012 eine Grenzgröße von bis zu 6 mag erreichen wird. Dann wird er auch in einfachen Ferngläsern und Teleskopen sichtbar werden und diverse Deep-Sky-Objekte passieren. Als ich Gerradd in Grasberg mit 420 mm Brennweite, Öffnungsverhältnis  $f/6$ , Canon 1000Da, nachgeführt mittels Gabelmontierung meines LX90-Teleskops, Ende Oktober aufgenommen hatte, stand der Komet relativ ungünstig am Himmel und war auch visuell nicht durch das Teleskop zu sehen. Im Oktober bewegte er sich nämlich durch das Sternbild Herkules, in relativer Horizontnähe in Richtung der Lichtglocke Bremens. Trotzdem ließ er sich in den frühen Abendstunden erfassen, wie die Abbildung 8 beweist.

### Verbesserung der Lichtstärke im Überblick

Wie bereits erwähnt wurde, ist für gute Sternenaufnahmen oder die visuelle Beobachtung neben dem Seeing die Lichtstärke des verwendeten Equipments entscheidend. Dabei werden für die visuelle Beobachtung andere Anforderungen gestellt, als für die Astrofotografie. Mein Schmidt-Cassegrain-Teleskop ist beispielsweise mit seiner 8-Zoll-Öffnung und der Gabelmontierung klar für die visuelle Beobachtung konzipiert worden. Das liegt zum ei-

nen an dem Öffnungsverhältnis von nur  $f/10$ , um möglichst hohe Vergrößerungen erreichen zu können, und zum anderen an der azimutalen Nachführung der Gabelmontierung. Dadurch können nur kurze Belichtungszeiten von 1-2 min. eingestellt werden, was nur zu guten Ergebnissen führen kann, wenn man das gewünschte Objekt diverse Male aufnimmt und anschließend die guten Aufnahmen übereinanderlegt (stackt). Das hat allerdings auch den Vorteil, dass man vor Bildstörungen eher gefeit ist (z.B. durch Satelliten oder Flugzeuge) als bei langen Belichtungszeiten. Allerdings lässt sich dadurch nicht die gleiche Bildtiefe erreichen, die man durch größere Aufnahmezeiten schaffen könnte.

Um mit einer Gabelmontierung trotzdem noch gute Ergebnisse erzielen zu können, ohne die Belichtung zu groß werden zu lassen, muss die Kamera entsprechend empfindlich sein. Die Canon-Spiegelreflexkameras sind bereits relativ lichtstark, können aber durch einen Umbau noch lichtempfindlicher gemacht werden. Zum einen wird dadurch die Rotempfindlichkeit wesentlich größer, zum anderen nach meiner Einschätzung aber auch die Lichtempfindlichkeit insgesamt erhöht, da der vorher eingebaute IR-Filter auf Tagesaufnahmen ausgerichtet

war. Nach dem Einbau des neuen IR-Sperrfilters für Astroaufnahmen führten auch Aufnahmen ohne Rotanteil, bei gleicher Belichtungszeit und gleichen ISO-Werten, zu besseren Ergebnissen. Ich bin daher mit dem Umbau mehr als zufrieden, auch wenn man ohne umgebaute Kamera bereits gute Ergebnisse erzielen kann und damit unbedingt erst einmal starten sollte.

Um das LX90-Teleskop zusätzlich noch lichtstärker werden zu lassen, wurde von mir ein Flattner/Reducer angeschafft, der das Öffnungsverhältnis auf  $f/8$  verbesserte. Es gibt auch Reducer, die ein Öffnungsverhältnis von  $f/6,3$  ermöglichen. Allerdings sind diese Optiken direkt mit dem SC-Gewinde verschraubt, was bedeutet, dass man das Teleskop vor jedem Einsatz erst einmal umbauen muss. Das wollte ich mir ersparen, weshalb ich einen 2<sup>nd</sup>-Reducer nutze, der direkt in den Crayford-Auszug passt. So kann ich während der Beobachtung schnell entscheiden, ob man visuell beobachten möchte oder doch lieber Bildaufnahmen macht.

Da SC-Teleskope recht stark verbreitet sind, hat man sich zur Astrofotografie eine Weiterentwicklung namens Hyperstar ausgedacht. Hierbei wird das Hyperstar-System anstelle des Fangspiegels eingebaut und darauf die Kamera gesetzt. Das System

besteht aus einem mehrlinsigen Korrektursystem, welches die Fehler des Hauptspiegels korrigiert. Koma und Bildfeldwölbung werden komplett eliminiert, so dass ein großes und ebenes Bildfeld zur Verfügung steht. Das SC-Teleskop wird zu einer leistungsfähigen Schmidt-Kamera mit einem Öffnungsverhältnis von  $f/2$ , bei allerdings geringerer Brennweite. Für die visuelle Beobachtung kann das Teleskop mit  $f/10$  auch weiterhin eingesetzt werden – beide Nutzarten (visuell, fotografisch) können so abgedeckt werden. Durch die sehr starke Lichtempfindlichkeit können nun auch kurze Belichtungen mit Gabelmontierung zu sehr guten Ergebnissen führen. So soll eine 30s-Belichtung ungefähr die gleiche Helligkeit aufweisen wie eine 12,5min-Belichtung durch ein  $f/10$ -Teleskop (siehe [6])! Die Belichtungszeit verkürzt sich somit um den Faktor 25! Zudem ist durch die kurze Belichtung eine genaue Ausrichtung des Teleskops nicht mehr notwendig. Hyperstar wurde von Celestron entwickelt und würde sich auch für andere SC-Teleskope nutzen lassen.

Die Tabelle 3 vergleicht noch einmal ein normales SC-Teleskop mit einem Refraktor sowie einem umgebauten SC-Teleskop auf Hyperstar-Basis. Dabei fällt das sehr gute Öffnungsverhältnis des Hyperstar-SC-Teles-

## Literaturhinweise

- [1] SzÖcs Tamás Tamasflex: Es ist erlaubt, die Datei unter den Bedingungen der GNU-Lizenz für freie Dokumentation, Version 1.2 oder einer späteren Version, veröffentlicht von der Free Software Foundation, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zu modifizieren; es gibt keine unveränderlichen Abschnitte, keinen vorderen und keinen hinteren Umschlagtext.
- [2] Paul Rotter: Strahlengang im Galilei-Fernrohr. Die Abbildung ist gemeinfrei (Public Domain)
- [3] Teleskop-1x1: Erste Hilfe für Fernrohr-Besitzer: <http://www.teleskop1x1.de>
- [4] Stefan Seip: Mehr oder weniger? Ein Praxistest der Canon-Kameras EOS 1000D und 550D. Interstellarum-Themenheft „Teleskope & Ferngläser“ 2011, Oculum-Verlag GmbH, Erlangen 2011
- [5] Uwe Pilz: Wie funktioniert eigentlich... die Bestimmung der Himmelsqualität. Magellan 04/2001, Seite 56 ff., <http://www.funastro.de/bortle.html>
- [6] Teleskop Service: Hyperstar C8 – Korrektursystem für Celestron C8 für Fotografie mit lichtstarkem Öffnungsverhältnis  $f/2$  - ... machen Sie aus Ihrem 200/2000mm C8 eine lichtstarke Schmidt-Kamera. URL: <http://www.teleskop-express.de/shop/>
- [7] Roger Leifert: Das Scheiner-Verfahren zur Poljustierung. URL: [http://www.s-line.de/homepages/schweikert/Align/scheiner/scheiner\\_rl.htm](http://www.s-line.de/homepages/schweikert/Align/scheiner/scheiner_rl.htm)
- [8] Astronomik Clip-Filter: <http://www.astronomik.de/de/home.html>

kops auf, wobei man aber auch die wesentlich geringere Brennweite in Kauf nehmen muss. Auch bleibt festzuhalten, dass eine DSLR-Kamera auf dem Fangspiegel eine weitere Abschattung bewirkt, weshalb der sinnvolle Einsatz erst bei einer Öffnung von 10-11 Zoll anfängt. Das Meade LX90 ist per se nicht mit Hyperstar kompatibel, könnte aber dahingehend umgerüstet werden, weil der Fangspiegel entsprechend ausgebaut und erweitert werden kann. Erfahrungen scheint es dazu aber in Deutschland nicht zu geben.

### Fazit

Um weitere Fortschritte bei der Astrofotografie zu machen, sind weitere Erweiterungen denkbar. So ließe sich aus der Gabelmontierung eine paralaktische Montierung mit Hilfe einer sog. Polhöhenwiege machen. Dadurch könnte man das Teleskop auf den Polarstern ausrichten und müsste nur noch in einer Achse nachführen. Die Sterne würden dann bei längeren Be-

lichtungszeiten nicht mehr zu Strichspuren auseinandergezogen werden. Allerdings hat auch diese Lösung einen Haken: die Montierung müsste vor jeder Nutzung auseinander und wieder zusammengeschaubt werden. Die Ausrichtung wäre ebenfalls relativ aufwendig, wenn man genaue Ergebnisse erzielen will. Die beinhaltet die Nutzung des Scheiner-Verfahrens zur Poljustierung, das jedes Mal wieder neu angewandt werden müsste und einige Zeit in Anspruch nimmt (siehe [7]). Zudem sitzt das gesamte Gewicht des Teleskops nun auf einem einzelnen Gabelarm und verteilt sich nicht mehr. Da die Gabel für eine solche Konstruktion eigentlich nicht gebaut wurde, fängt sie sehr leicht zu Schwingen oder zu Vibrieren an, was wiederum zu verwackelten Aufnahmen führt. Die Erfolgserlebnisse einer Polhöhenwiegekonstruktion, die man in den Foren nachlesen kann, beschränken sich daher auf dem Einsatz mit fester Säule, bei denen das Teleskop nicht abgebaut,

sondern in einer eigenen Sternwarte fest betrieben wird.

Bleibt also als derzeitige Lösung nur übrig die Belichtungszeiten relativ kurz zu halten, um die Effekte der Gabelmontierung bei dem Stacken der Bilder noch kompensieren zu können. Dabei hilft die jetzt lichtstärkere DSLR-Kamera in jedem Fall weiter. Zudem sollte man sich in einer Nacht möglichst nur ein Objekt vornehmen, um möglichst viele Bilder aufnehmen zu können. Zu beachten ist außerdem, dass eine lange Brennweite nicht nur Licht kostet, sondern auch schwerer zu handhaben ist. Verwackelungen der Aufnahmen sind leichter möglich und das Auffinden von Objekten wird erschwert. Wenn man diese Dinge beachtet, kann man auch mit weniger langen Belichtungszeiten und einer Gabelmontierung bereits schöne Aufnahmen hinbekommen.

*Kai-Oliver Detken*



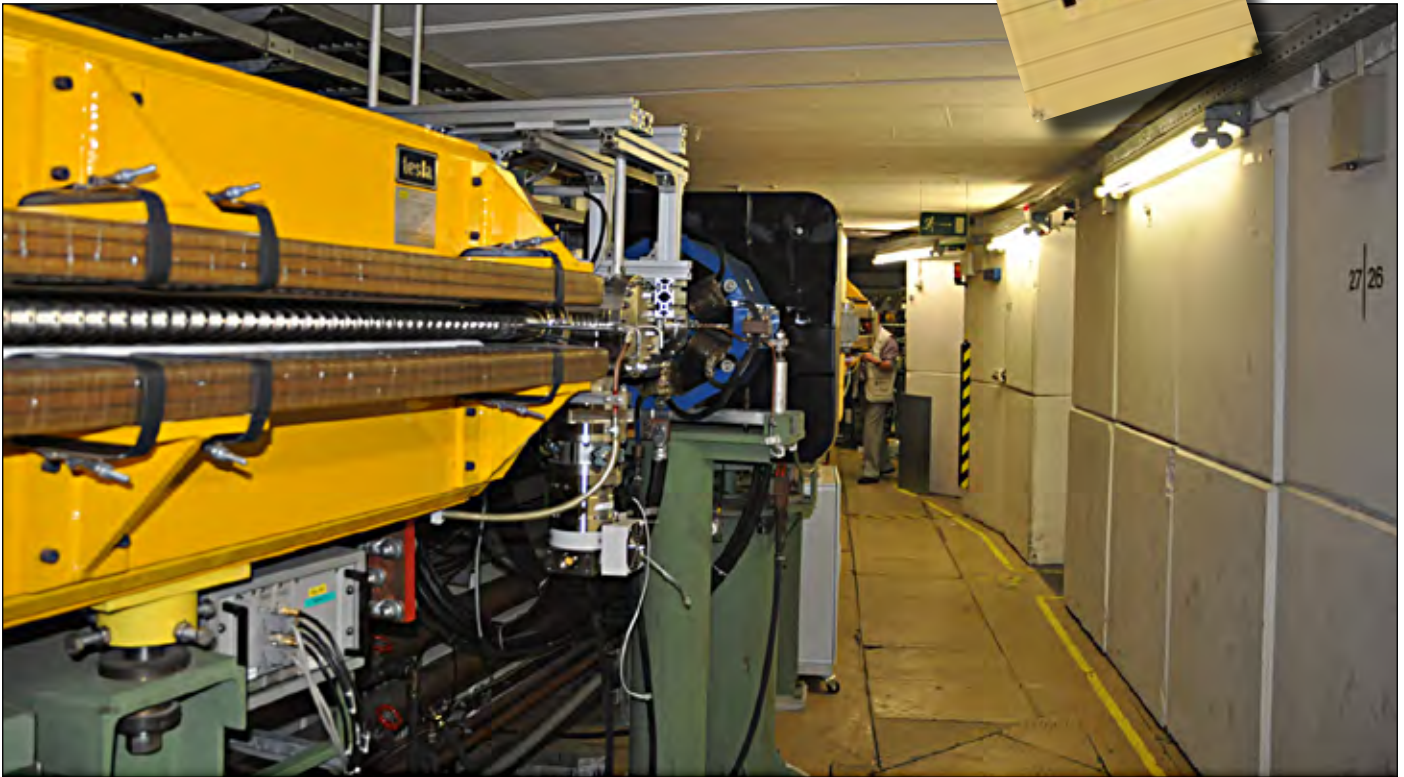
## Reise - Impression



Orion-Aufgang über Oaxaca / Mexiko

Foto: A. Alin

# AVL-VEREINSFAHRT 2011



## Im Physikalischen Institut der Uni Bonn VON WILHELM SCHRADER, BREMEN

Nach gemütlicher Busfahrt von Lilienthal zum Physikalischen Institut der Uni Bonn mussten wir uns vor der schweren Kost im Institut erst einmal mit leichtem Gemüse in der benachbarten Mensa stärken. Aber dann ging's los! Nach kurzer Einführung von Dr. Eckhard v. Törne (übrigens ein Helgoländer), bei der wir u. a. erfuhren, dass die Hochenergiephysik im Institut sehr stark vom langjährigen Institutsleiter Wolfgang Paul (1952 -1980; Nobelpreis für Physik 1989) geprägt wurde, übernahm die Doktorandin Rebecca Zimmermann die Führung in Sachen Elektronenbeschleuniger ELSA tief unter der Erde.

ELSA besteht im Wesentlichen aus drei Beschleunigerteilanlagen riesiger Ausmaße: Linac mit Endenergien von 20 Megaelektronenvolt (MeV), Booster-Synchrotron mit Endenergien von max. 1,6 Gigaelektronenvolt (GeV) und einem Durchmesser von ca. 25 m und dem Stretcherring mit Endenergien von max. 3,5 GeV und einem Durchmesser von ca. 60 m.

Nach zweistündigem Rundgang verließen wir das Haus mit vielleicht schwer Verdaulichem im Kopf, um mit dem Bus über die Rheinbrücke nach Rhöndorf zu unserem Hotel zu fahren.

Denjenigen Lesern, denen die Physik von Teilchenbeschleunigern nicht so eine Herzensangelegenheit ist, empfehle ich, den nächsten Teilbericht ganz

locker angehen zu lassen, für die anderen möchte ich noch folgende Fragen besprechen:

**1. Was hat Hochenergiephysik mit Astronomie zu tun ?**

**2. Was ist die Energieeinheit Elektronenvolt (eV)?**

**3. Warum ist es unvollständig, nur von Beschleunigern zu sprechen?**

**4. Warum heißt der Beschleuniger „Synchrotron“, was ist hier „synchron“?**

**Zu 1.** „Dass ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält“ (Faust I)

Noch heute ist man genauso weit von der Antwort entfernt wie zu Goethes Zeiten. Aber z.B. den Urknall (wenn es ihn denn je gegeben hat) zu verstehen, hängt unmittelbar mit den Ergebnissen der Hochenergiephysik zusammen.

**Zu 2.** Die Idee, was denn nun Materie ist, treibt die Physiker mehr denn je um. Ihre Werkzeuge sind Teilchenbeschleuniger, mit denen

elektrisch geladene Elementarteilchen auf hohe Bewegungsenergie gebracht werden und dann auf geeignete Materie geschossen werden, um die Urbausteine der Materie zu finden. Es gibt zwei geladene Elementarteilchen, die sich dafür eignen: Protonen als Bausteine der Atomkerne mit der Ladung  $+e$  (wie z.B. in CERN am LHC verwendet) und Elektronen als Bausteine der Atomhülle mit der Ladung  $-e$  (wie z.B. bei DESY in Hamburg und bei ELSA in Bonn verwendet). Die geladenen Teilchen werden in elektrischen Feldern, erzeugt mit der Spannung  $U$ , energiereicher gemacht. Beträgt die Spannung  $U$  gleich einem Volt, so ist der Energiezuwachs gleich einem Elektronenvolt ( $= 1\text{eV}$ ).

**Zu 3.** Bei fortwährender Energiezufuhr ist am Anfang der Energiezuwachs der Elementarteilchen mit einer Vergrößerung der Geschwin-

digkeit verbunden, aber wenn die Geschwindigkeit einen merklichen Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit  $c$  erreicht und ihr immer näher kommt, wird der Geschwindigkeitszuwachs immer kleiner und die Vergrößerung der Energie geht mehr und mehr in einen Massenzuwachs über. Bei der maximalen Endenergie des Booster-Synchrotrons bei ELSA von 1,6 GeV haben die Elektronen 99,9999949 % der Lichtgeschwindigkeit  $c$  erreicht, d.h. sie sind nur noch 15,3 m/s langsamer als Licht. Übrigens: Für die Elektronen ist das Licht dann immer noch mit Lichtgeschwindigkeit  $c$  relativ zu ihnen unterwegs (Einstein lässt grüßen!). Die Masse der Elektronen beträgt dann das 3130-fache ihrer Anfangsmasse (Ruhemasse). Bei der maximalen Endenergie des Stretchringes von 3,5 GeV betragen die entsprechenden Daten 99,9999989 % der Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Sie sind nur noch 3,3 m/s

langsamer als Licht und haben die 6850-fache Masse ihrer Ruhemasse.

**Zu 4.** Zum Schluss wollen wir noch diskutieren, warum manche Beschleuniger „Synchrotron“ heißen. Allgemein gilt: Auf bewegte Ladung in einem Magnetfeld wirkt eine Kraft (Prinzip des Elektromotors). In unserem Falle wollen wir die Elektronen auf einer Kreisbahn halten. Dafür benötigen wir die riesigen Magnete. Aus der Theorie ergibt sich, dass der Radius der Kreisbahn aber immer größer wird, je energiereicher die Elektronen werden. Um sie aber auf ein und demselben Radius zu halten, muss das Magnetfeld der Magnete synchron mit der Energie vergrößert werden.

Wilhelm Schrader



# AVL-VEREINSFAHRT 2011

## Historische und technische Entwicklung der Astronomie in Bonn

VON HELMUT MINKUS, LILIENTHAL



Am zweiten Tag unserer Fahrt besuchten wir am Vormittag das Argelander-Institut für Astronomie der Bonner Universität. Dort wurden wir von Dr. Michael Geffert empfangen, der uns in zwei Vorträgen einen umfangreichen Einblick in die vielfältigen Aktivitäten des Institutes gab.



Abb 1: Dr. M. Geffert an der Sonnenuhr vor dem Institut



Abb 2: F. W. A. Argelander

Um diese nicht zu oberflächlich zu behandeln und um den Rahmen des Berichts nicht zu sprengen, möchte ich mich hier auf das oben genannte Thema konzentrieren. Die Astronomie entfaltete sich in Bonn, nachdem 1836 von der Universität Helsinki **Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875)** von der preußischen Regierung wieder nach Deutschland zurückgeholt und zum Sternwartendirektor berufen wurde. Das geschah auf Schreiben seiner Mutter an den preußischen König Friedrich Wilhelm III. (1770 - 1840) Die Familie Argelander gab der preußischen Königsfami-

lie um 1807 Schutz vor Napoleon. So hatte F. W. Argelander schon als Kind Kontakt zum Kronprinzen von Preußen der 1840 zum König (Friedrich Wilhelm IV. 1795 - 1861) gekrönt wurde. 1817 begann Argelander ein Studium der Wirtschaftswissenschaften in Königsberg und wechselte 1818 beeindruckt durch die Vorlesungen des Physikers und Astronomen **Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846)** zur Astronomie.<sup>1</sup> 1820 wurde er „erster Gehülfe“ Bessels und nach seiner Promotion 1822 übernahm Argelander 1823 die Leitung der Universitäts-Sternwarte in Turku in Finnland.

Nach der Verlegung der Universität nach Helsinki in 1828 wurde Argelander der erste Inhaber des neu gegründeten Lehrstuhls für Astronomie und siedelte 1832 nach Helsinki über.

Nachdem er dann 1837 seiner Berufung nach Bonn gefolgt war, schrieb er selbst an seinen Bekannten aus Kindertagen, den Preußischen König, um ihn davon zu überzeugen, dass er als neuer Sternwartendirektor auch eine neue Sternwarte bräuchte. Die wurde bewilligt, und an der Poppelsdorfer Allee 47 errichtet, wo sie 1845 ihren Betrieb aufnahm, heute Volkssternwarte ist und zur Universität gehört.

<sup>1</sup> Hier gibt es einen interessanten Zusammenhang zwischen Bonn und Bremen / Lilienthal:

Bei einem bekannten Bremer Handelsunternehmen arbeitet der Kaufmannsgehilfe - **Friedrich Wilhelm Bessel**.

Er wurde 1806 außerdem Nachfolger von Karl Ludwig Harding als Assistent des berühmten Amtmannes und Astronomen **Johann Hieronymus Schroeter** auf dessen Sternwarte in Lilienthal.

Das geschah auf Empfehlung des bekannten Bremer Arztes und „Kometenastronomen“ **Wilhelm Olbers**.

Für ihn hatte Bessel eine Bahnberechnung des Kometen von 1618 durchgeführt.

Nachdem auch **Alexander von Humboldt** auf Bessel aufmerksam wurde, berief der preußische **König Friedrich Wilhelm III.** Bessel bereits 1809 als Professor der Astronomie zum Aufbau einer neuen großen Sternwarte nach Königsberg, wo er am 27. 3. 1810 begann.



**Argelander brachte die Astrometrie, die Messung der Sternpositionen, in Deutschland Mitte des 19. Jahrhunderts zur Blüte.** Seine herausragende Leistung war die erste groß angelegte Vermessung des nördlichen Sternhimmels, d.h. er bestimmte die Scheinbaren Helligkeiten aller von Mitteleuropa aus mit bloßem Auge sichtbaren Sterne.

Er entwickelte die **argelander-sche Stufenschätzungsmethode** die unverzichtbares Hilfsmittel wurde für Fotometrie und bei der Beobachtung veränderlicher Sterne vor der Entwicklung von Fotografie und elektronischer Messgeräte. Da der Bau der Sternwarte acht Jahre dauerte, errichtete Argelander in der Nähe einer Rheinfestung ein kleines Observatorium, in dem er einen Kometensucher von Fraunhofer mit 78 mm Öffnung (3 preußische Zoll) und 630 mm Brennweite) aufstellte. Von **1841 bis 1843** bestimmte er die Positionen von etwa 22.000 Sternen. In den nächsten Jahren wurde eine Reihe von Kometen und Asteroiden beobachtet.

**1847** erkannte er die damals größte Eigenbewegung eines Sternes mit dem Namen seines Entdeckers: „Groombridge 1830“ im Sternbild große Bärin.

**1849** begann Argelander mit einer neuen „Durchmusterung“ des Himmels.

Er teilte ihn in 200 Zonen ein und führte bis zum Mai **1852** weitere 23.250 Beobachtungen an 17.000 Sternen durch.

Jede Positions- und Helligkeitsbestimmung wurde mit bekannten Sternen abgeglichen, um ein möglichst hohes Maß an Genauigkeit zu erreichen.

Argelander unternahm eine weitere „große Durchmusterung“, wobei alle Sterne bis zur 9. Größenklasse der nördlichen Hemisphäre bis zu einer Deklination von  $2^\circ$  erfasst wurden.

Bis **1863** vermaßen er und seine Assistenten Adalbert Krüger und Eduard Schönfeld 324.198 Sterne und fertigten Karten an. Sie wird als **Bonner Durchmusterung** bezeichnet und befindet sich heute in der

Bibliothek des Observatoriums „Hoher List“ (551m) bei Daun (Eifel). Das Observatorium ist seit 1952 in Betrieb, nachdem die Teleskope von der alten Sternwarte an der Poppelsdorfer Allee auf den Hohen List verlegt wurden wegen der schlechter werdenden Beobachtungsbedingungen mitten in Bonn.

**1956** wurde von Friedrich Becker ein erstes Radioobservatorium mit einem Teleskop von 25 Metern Durchmesser auf dem Stockert errichtet. Weiterhin wurden gegründet:

- **das Radioastronomische Institut (1962)**
- **das Institut für Astrophysik und Extraterrestrische Forschung (1964) und**
- **das Max-Planck-Institut für Radioastronomie kurz MPIfR (1966).**

1973 bezogen die drei Universitätsinstitute gemeinsam die Gebäude „Auf dem Hügel 71“

und wurden 2006 zum Argelander-Institut für Astronomie zusammengeführt.

Ein weiterer bedeutender Astronom in Bonn und Direktor der königlichen Sternwarte war von 1891 bis 1925 **Karl Friedrich Küstner (1856-1936)**.

Er war zuvor an den Sternwarten in Hamburg und Berlin tätig, entdeckte

und vermaß die Polhöhen-schwankung der Erdachse, ermittelte 1905 die Sonnenparallaxe und die Aberrationskonstante durch spektrografische Messungen. Er sorgte für die Anschaffung eines Refraktors mit 5 m Brennweite und leitete den Wechsel von der visuellen zur fotografischen Astronomie ein.

Mit dem Refraktor nahm er in den Jahren 1900 – 1922 etwa 600 Fotoplatten von Sternhaufen auf. Durch ihre hohe Qualität dienten die Platten noch Jahrzehnte später als Grundlage für die Bonner Eigenbewegungs-Studien. Heute werden sie von Studenten und Schülern nach neuen Methoden und Computer-Programmen wieder vermessen und neu ausgewertet, betreut von Dr. Michael Geffert langjähriger Mitarbeiter des Argelander Instituts für Astronomie und unser Gastgeber und Vortragsredner.

Er hat auch mich angeregt weitere Beiträge auszuarbeiten zu den folgenden Themen:

- **Wie werden Exoplaneten gesucht und entdeckt**
- **Gravitationseffekte im Universum**
- **Ermittlung der Geschwindigkeiten und Richtung von Sternen**
- **Modelle von Universen.**

*Helmut Minkus*



**Karl Friedrich Küstner (1856-1936)**



- Bonner Astronom (1881-1936)
- „Begnadeter Beobachter“
- Erhielt 1910 die "Gold medal of the Royal Astronomical Society"
- Entdeckte 1888 Polhöhen-schwankungen
- 1912 Rektor der Bonner Universität

Abb 3: K. F. Küstner Institut Uni. Bonn

# AVL-VEREINSFAHRT 2011

## Das Radioteleskop Effelsberg

VON PETER STEFFEN, WEYHE



Abb. 1

Foto G. Traupe

Nach einer mehrstündigen Mittagspause fuhren wir dann am frühen Nachmittag in die Eifel nach Effelsberg. Auch für jene, die schon mal dort waren, ist es immer wieder beeindruckend, wenn aus einem tiefen Tal plötzlich ein schneeweißes riesenhaftes Gebilde, ein Teil des 100-Meter Radioteleskopspiegels, wie aus dem Nichts auftaucht (Bild 1).

Wir waren offiziell unter Astonomische Vereinigung Lilienthal im Besucherzentrum des Teleskops angemeldet, was zur Folge hatte, dass man uns als sehr fachkundig einstufte. Also stieg unser Referent sofort in die Materie ein und das mit einem „Affenzahn“. Kurz und gut, wir hatten Schwierigkeiten seinem „Express-Vortrag“ zu folgen. Dennoch blieb einiges davon hängen, worüber ich kurz berichten möchte. Zunächst ging es um die Instrumentendaten.

Das Teleskop wurde 1971 fertig gestellt, feierte also in diesem Jahr gerade seinen 40. Geburtstag. Bis August 2000 war es das größte frei bewegliche Radioteleskop der Welt. Erst zu diesem Zeitpunkt verlor es dieses Prädikat an das amerikanische New Green Bank Telescope mit einem Durchmesser von 102 m. Das Effelsberg-Teleskop arbeitet in einem Wellenlängenbereich von 35 cm bis zu 3,5 mm, das entspricht einer Frequenz von 860 MHz – 86 GHz. Zum

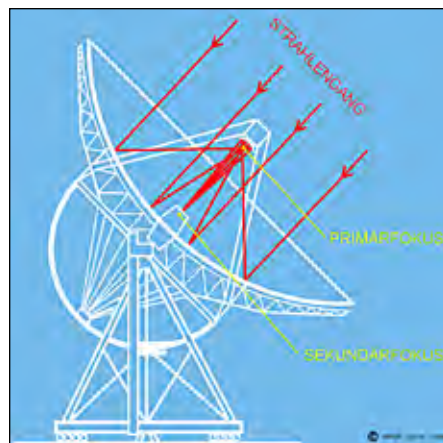


Abb. 2 Foto MPIfR (Max planck-Institut f. Radioastronomie).



Abb. 3

Foto G. Traupe

-  $0,8\mu$ . Die Winkelauflösung beträgt  $10''$  (Bogensekunden) bei 86 GHz. Der schematische Aufbau und die Ausführung sind in den Bildern 2 und 3 gezeigt.

Der Beginn der Radioastronomie geht auf das Jahr 1932 zurück, als der

Radioingenieur Karl Janski im Auftrag der Bell-Laboratorien Funkstörungen untersuchte (Bild 4). Sie ist heute eine unerlässliche Ergänzung zur optischen

Astronomie, da sie einerseits Strukturen erkennbar macht, deren Licht im optischen Wellenlängenbereich durch intergalaktische Staub- und Nebelwolken weitgehend absorbiert wird, andererseits Objekte abbildet, die überwiegend im Radiobereich strahlen. Allerdings ist wegen der erheblich größeren Länge der Radiowellen gegenüber sichtbarem Licht die Winkelauflösung der Objekte wesentlich geringer als im optischen Wellenlängenbereich. Die Auflösung eines Teleskops wird nämlich durch das Verhältnis von Apertur (Öffnungsweite) zu Wellenlänge bestimmt, wobei für die Apertur eines Teleskops der Linsen- bzw. Spiegeldurchmesser maßgebend ist. Bei gegebener Apertur ist demnach die Auflösung umso besser, je kleiner die Wellenlänge der empfangenen Strahlung ist. Deshalb sind für eine hinreichend gute



Abb. 4

Quelle MPIfR Foto (NRAO)

Auflösung der vergleichsweise zum Licht sehr langen Radiowellen riesige Spiegel wie beim Effelsberg-Teleskop erforderlich. Um scharfe Bilder von weit entfernten Objekten zu erhalten, ist außerdem eine extrem hohe Präzision der Spiegeloberfläche zu gewährleisten. Die Abweichungen von der Idealform des Effelsberg-Spiegels sind kleiner als  $0,5$

mm!!! Bild 5 zeigt den Ausschnitt einer Radiokarte der Milchstraße im Sternbild Cassopeia bei 11cm Wellenlänge (2,7 GHz), die von Effelsberg aufgenommen wurde.

Weitere Möglichkeiten, hohe Auflösungen zu erreichen, sind heute die Zusammenschaltung von mehreren mittelgroßen Radioteleskopen zu einem Interferometer und die kontinentweite Verknüpfung einer Vielzahl von einfachen Dipolantennen zu einem riesenhaften „Array“ wie das LOFAR (Low Frequency ARray). Ein LOFAR-Feld ist

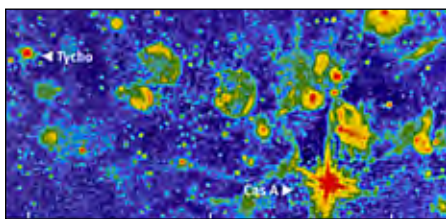


Abb. 5 Quelle MPIfR

auch in Effelsberg in Betrieb, das uns leider aber nicht näher gezeigt werden konnte. Eine genauere Beschreibung von LOFAR ist in dieser HIPO-Ausgabe unter der Rubrik **WAS MACHEN DIE EIGENTLICH?** zu finden.

Eine gewisse Problematik bei Radioteleskopen ist jedoch mit deren Arbeitsfrequenzen verbunden, da diese für zahlreiche Dienste im Funkverkehr genutzt werden und die äußerst schwachen Radiosignale von Objekten im tiefen Weltall überlagern und somit stören. Um durch einfache Maßnahmen diese Störungen zu minimieren, baut man deshalb Radioteleskope in Funkverkehr-armen Regionen und/oder in möglichst tiefen Tälern, wie in Effelsberg geschehen.

Nun noch kurz zu zwei interessanten Ergebnissen, die das Effelsberg-Teleskop geliefert hat. So konnten die „Effelsberger“ die Existenz von Wasser schon im ganz frühen Universum nachweisen. (Bild 6) zeigt die Spektrallinie des Wassers von einer Galaxie, deren Licht mehr als 11 Milliarden Jahre benötigte, um zu uns zu gelangen.

Zum anderen wurde mit Hilfe einer satellitengestützten weltweiten Zusammenschaltung einer Reihe von großen

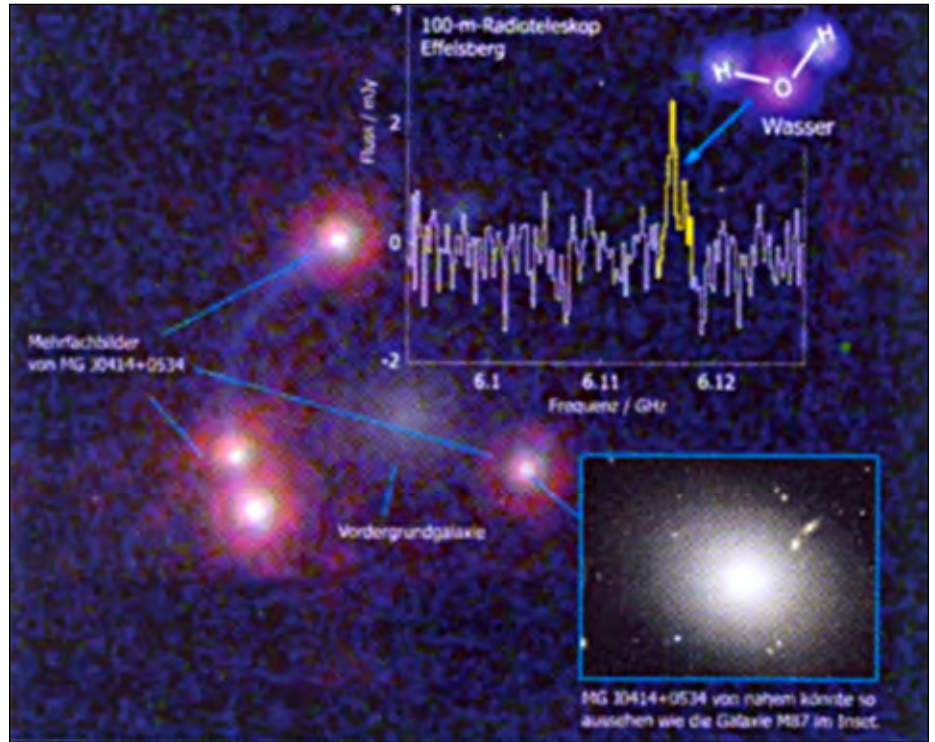


Abb. 6 Quelle MPIfR

Radioteleskopen (selbstverständlich unter Beteiligung von Effelsberg) die Verschiebung des amerikanischen und afrikanischen Kontinents gegenüber Europa von 1985 bis heute aufgezeichnet (Abb, 7).

Die beiden Diagramme zeigen, dass sich der Abstand zu Amerika stetig vergrößert und zu Afrika verringert. Zum anderen wurde mit Hilfe einer satellitengestützten weltweiten Zusammenschaltung einer Reihe von großen Radioteleskopen (selbstverständlich unter Beteiligung von Effelsberg) die Verschie-

bung des amerikanischen und afrikanischen Kontinents gegenüber Europa von 1985 bis heute aufgezeichnet (Abb.7). Die beiden Diagramme zeigen, dass sich der Abstand zu Amerika stetig vergrößert und zu Afrika verringert.

Nach gut einer Stunde Turbovortrag machten wir uns dann auf den Weg in unsere Galaxie. Doch mehr darüber von Gert Traupe.

Peter Steffen

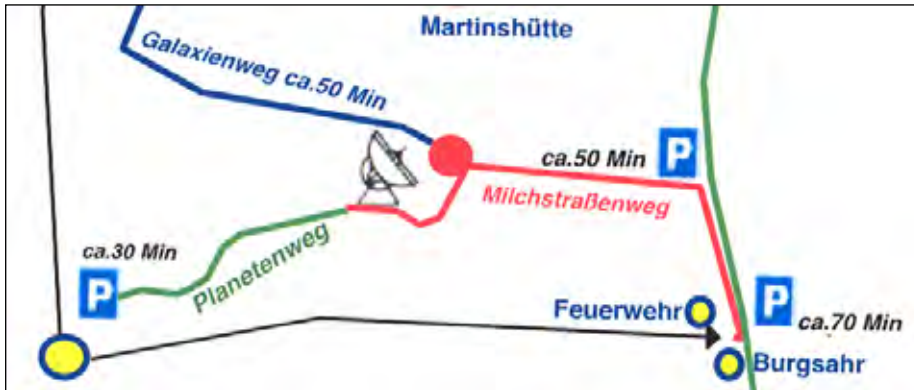


Abb. 7 Quelle MPIfR(Bilder: IVS; Geodäsie, Uni. Bonn)

# AVL-VEREINSFAHRT 2011

## Der Galaxienweg - Wanderung durch unsere Galaxie

VON DR. GERT TRAUPE, LILIENTHAL

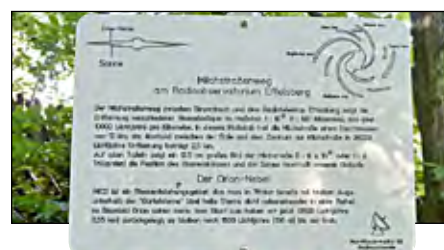


Nach dem interessanten Vortrag im Besucherzentrum des Effelsberger Radioteleskopes machten wir uns mit einer Lagekarte auf den Galaxienweg. Die rote Wanderstrecke in der Grafik zeigt den Verlauf.

Für den, der hier berichtet, war dies eine ganz besondere Herausforderung, denn er begibt den Galaxienweg mit erhöhter Eigentemperatur um ca. 38° Celsius. Ein grippaler Effekt hatte schon vorher zugeschlagen. Allerdings waren die Schwierigkeiten nicht so groß, wie sie im Science-Fiction-Hörspiel „Per Anhalter durch die Galaxis“ aus den 70er Jahren beschrieben werden. Diese Serie war einmal Kult. Der Berichterstatter wäre wirklich gerne per Anhalter gereist; aber das ging nicht. Es ging nur per pedes ad astra, also zu Fuß zu den Sternen. Wir gingen vom Radioteleskop aus, gewissermaßen dem Zentrum der Galaxie. Es war bildlich gesprochen unser Schwarzes Loch. Wir hatten aber Glück, nicht hineingezogen zu werden, weil wir einen Abstand außerhalb des Ereignishorizontes beibehalten konnten. Zur Erinnerung: Der Ereignishorizont begrenzt jenen Bereich des Loches, dem nichts mehr entkommt, auch nicht das Licht. Und so machten wir die Wanderung zur ersten Station in etwas Abstand, aber so, dass das Radioteleskop gut zu sehen war. Als hätten wir ein Zeichen gegeben, bewegte es sich auf einmal und drehte in

eine neue Position. Das war schon sehr beeindruckend.

Dann folgten wir dem Lageplan und gingen weiter. Wir erreichten die zweite Station, als eine Diskussion über den Kurs, den wir steuern sollten, aufkam. Die Tafel am Wegrand war nicht eindeutig, wirklich nicht! Glücklicherweise befanden wir uns auf einer Lichtung, so dass wir die Sonne peilen und somit eine Entscheidung fällen konnten, die sich auch als richtig erwies. Der Berichterstatter hatte aber mit noch anderen Schwierigkeiten zu kämpfen. Etwas aus der Übung machte ihm die Massenanziehung zwischen dem Planeten und seiner eigenen Masse zu schaffen. Die eigene Masse ist halt doch ein bisschen zu groß. Da mussten Höhen überschritten werden, es musste gewissermaßen gegen ein Potential gelaufen werden. Das fiel anderen mit geringerer Masse und besserer Kondition doch deutlich leichter. Aber die etwas langsameren und schweren Teilchen kommen auch zum Ziel. Vorbei ging es an fremden Sonnensystemen und am Orionnebel. Auch dort bekamen wir durch eine Tafel einen Hinweis (s. Foto)



Einen Exoplaneten haben wir auf dem Weg leider nicht entdeckt. Vielleicht waren unsere Beobachtungsinstrumente nicht gut genug. Schließlich kamen wir in unser Sonnensystem. Da mussten wir an den äußeren Planeten vorbei. Vor allem Jupiter übte eine große Anziehung aus. Das war aber nicht so schlimm. Mit einem Swing-by-Manöver - es ging abwärts - konnten wir noch einmal beschleunigen und kamen der Erde immer näher. In allen kleinen Gruppen, die in kleinen Abständen zueinander das Ziel ansteuerten, wurden sehr interessante Gespräche geführt. Der Berichterstatter wollte mehr über die Erde wissen und erhielt eine sehr fundierte Einführung in die Botanik der Pilzgewächse. Darüber verging die Zeit so schnell, dass die Anstrengungen für ihn gar nicht mehr spürbar waren. Sie relativierten sich, wenn auch nicht im physikalischen, so doch im psychologischen Sinn. Ersteres hätten wir aber auch besprechen können, fiel dem Berichterstatter hinterher ein. Warum? Nun, wir waren ca. 1,3 Stunden unterwegs gewesen und hatten die halbe Galaxie, also die Entfernung von rund 50 000 Lichtjahren, durchquert. Wir waren also mit Überlichtgeschwindigkeit unterwegs, gleichsam wie die berühmten Tachyonen. Eigentlich soll das ja nicht möglich sein. Aber vielleicht irrte ja Herr Einstein auch und etwas kann sich doch schneller als das Licht bewegen. Diese Frage war ja gerade in jenen Tagen wegen eines Experimentes mit Neutrinos aufgekommen. Darüber hatten wir am Vortag auch diskutiert. Wie auch immer, wir erreichten den Bus und brauchten uns für die Heimfahrt nicht auf Reisen per Anhalter einzustellen. Der Berichterstatter war ein wenig stolz, es trotz 38° C Fieber geschafft zu haben.

Dr. Gert Traupe



# LOFAR, WAS IST DAS ?

Was machen die eigentlich ?  
Von der Arbeitsgruppe Astrophysik

LOFAR ist das Akronym für **LOW Frequency Array**. Dahinter verbirgt sich ein neuer Teleskoptyp im Radiofrequenzbereich. LOFAR besteht nicht, wie bisher üblich, aus einem kompakten Instrument, sondern aus einer Vielzahl von einfachen Dipolantennen, wie man sie auch zum Radioempfang oder im Funkverkehr verwendet. Um eine scharfe, schwenkbare Richtcharakteristik mit einer für astronomische Anwendungen hinreichenden Winkelauflösung zu erhalten, werden die Dipole über weite Areale verteilt und elektronisch zusammengeschaltet.

Aufgabe eines Teleskops ist die parallel auf die Linsen- oder Spiegeloberfläche einfallende ebene Wellenfront von Licht- oder Radiosignalen in jedem Flächenelement zeitlich so zu verzögern, dass sich in einem bestimmten Abstand von der Linse, bzw. dem Spiegel, ein Fokus abbildet. Diese zeitliche Verzögerung wird normalerweise durch die Form des optischen Mediums bewirkt (Linse oder Parabolspiegel), sie kann aber auch auf elektronischem Wege erreicht werden. Dazu muss man nur eine einfache planare Anordnung von getrennten Empfangssegmenten aufbauen und das Licht, bzw. die Radiowellen, für jedes einzelne Segment getrennt in ein elektrisches Signal umwandeln.

Dieses wird dann entsprechend den einfallenden Phasen der Wellen individuell so verzögert, dass alle Signale im Fokus zeitgleich ankommen. Das Prinzip entspricht einem sogenannten phased array, also einer Phasen-gesteuerten Antenne (siehe Abb. 1). Die elektronische Steuerung der einzelnen Zeitverzögerungen gestattet auch, die mechanische horizontale Drehung und vertikale Schwenkung des Teleskops nachzubilden. Die Winkelauflösung des Arrays wird wie bei jedem anderen Teleskop durch das

Verhältnis Apertur (Öffnungsweite) zu Wellenlänge bestimmt. Da man derartige planare Anordnungen z. B. einfacher Dipolantennen über extrem große Areale aufbauen kann, lassen sich erheblich bessere Winkelauflösungen als bei konventionellen Radioteleskopen erreichen und das mit vergleichsweise minimalem, so gut wie wartungsfreiem Hardwareaufwand.



Abb. 3

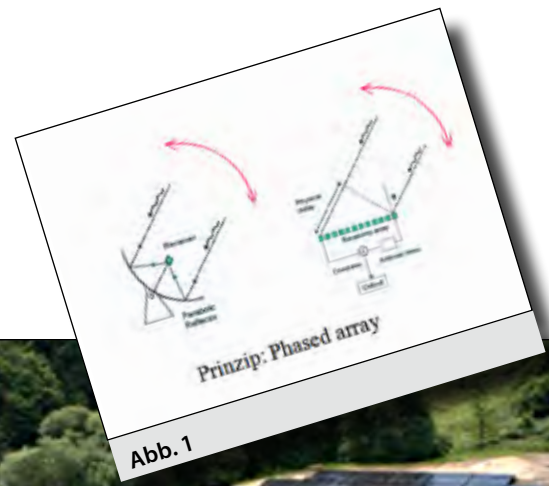


Abb. 1

LOFAR ist nun ein solches riesiges array, bei dem in einem gesamteuropäischen Projekt derzeit 20 Stationen in den Niederlanden, Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Italien u. a. (siehe Abb. 2)

über schnelle Datenleitungen mit einem Zentralrechner in Holland verbunden und dort zu einem riesigen virtuellen Radioteleskop zusammengeschaltet sind. Eine dieser Stationen befindet sich

auch in Effelsberg unterhalb des 100m-Spiegels (siehe Abb. 3). Sie besteht aus zwei Dipol-Feldern, aufgeteilt in zwei Frequenzbänder, von jeweils 10 MHz – 80 MHz und 110 MHz - 240 MHz. Das Feld des unteren Frequenzbandes besteht aus 96x2 Dipolen, das des oberen Bandes aus 96x16 Antennen.

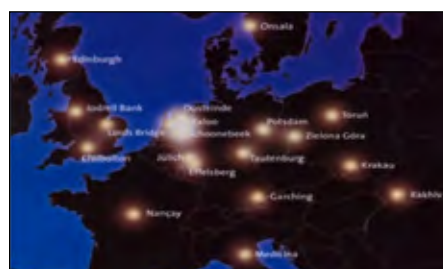


Abb. 2

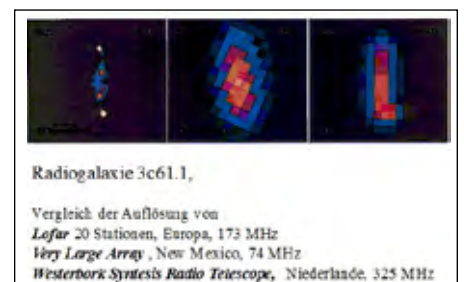


Abb. 4

Wie leistungsfähig LOFAR im Vergleich zu anderen großen Radioteleskopen schon jetzt ist – es soll später noch weiter ausgebaut werden – ist in Abb. 4 zu erkennen. Insbesondere der einfache konstruktive Aufbau mit den fast unbegrenzten Erweiterungsmöglichkeiten ist faszinierend.

Peter Steffen



## Neues aus der AVL-Bibliotheksecke

DR. KAI-OLIVER DETKEN

Die Bibliothek der AVL will sich auf dieser Seite den Mitgliedern vorstellen. Hier sollen in jeder Ausgabe ein oder zwei Bücher präsentiert und beschrieben werden, um einen Überblick über die vorhandenen AVL-Schätze zu gewinnen und das Interesse an einer Ausleihe zu wecken. Anfragen werden gerne unter [kai@detken.net](mailto:kai@detken.net) entgegengenommen.



Goldmann Verlag (2009)

### Das Schicksal des Universums – eine Reise vom Anfang zum Ende. Günther Hasinger

Der Astrophysiker Günther Hasinger nimmt den Leser mit auf eine Zeitreise vom Anfang des Universums bis zu seinem kalten, dunklen Ende in ferner Ewigkeit. Die ca. 6000 Sterne, die mit bloßem Auge sichtbar sind, bildeten für den größten Teil der Menschheitsgeschichte die Grenzen des Kosmos. Mit der fortschreitenden technischen Entwicklung verschiebt sich diese Grenze rasant. Dabei gilt: Je tiefer wir in den Weltraum schauen, desto frühere Phasen des Kosmos tun sich vor uns auf. Mit jeder neuen Erkenntnis öffnen wir die Tür zum Unbekannten ein Stück weiter. Astrophysik und Kosmologie erleben daher derzeit ein „goldenes Zeitalter“. In ihm finden fundamentale Umwälzungen unseres Verständnisses von Raum und Zeit, der Entstehung und der Zukunft unseres Universums und der Erforschung unserer kosmischen Heimat statt. Der Astrophysiker Günther Hasinger bringt dem Leser nicht nur die neuen, faszinierenden Erkenntnisse über unser Universum nahe; er schildert auch die Methoden, mit denen in der Astrophysik gearbeitet wird, sowie die menschliche Seite der Erforschung des Weltalls. 13,7 Milliarden Jahre voller Quarksuppen, Schaumkronen, kosmischen Monstern, Mega-Stars und Antiquarks. Das Buch begibt sich mit seinem Leser auf eine spannende Zeitreise – vom Tohuwabohu der Uruppe bis zum kalten, dunklen Ende in fernen Ewigkeiten. Das vorliegende Buch von Günther Hasinger, Direktor am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching, ist unter ähnlichen

Veröffentlichungen besonders herauszuheben. Es gelingt ihm, in einem sehr anspruchsvollen, aber nicht unbedingt leicht zu lesenden Buch, dennoch dem Laien einen annähernden Einblick in den gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Erforschung der Entstehung des Universums zu geben.



Droemer Knaur Verlag (1985)

### Der Komet. Carl Sagan, Ann Druyan

Die Wiederkehr des Halleyschen Kometen nach 76 Jahren Ende des Jahres 1985 wird zum ersten Mal von einer Raumfahrzivilisation beobachtet und rückte die Schweifsterne wieder in den Mittelpunkt weltweiter Forschungen. Der bekannte Wissenschaftsautor Carl Sagan und seine Mitarbeiterin und Ehefrau Ann Druyan erklären, welche Ziele die Arbeiten der internationalen Forschergruppen haben. Darüber hinaus behandelt das Autorenpaar ausführlich grundsätzliche Fragen zu „Wesen und Wirkung der Kometen“: Woraus bestehen Kometen? Sind aus ihnen die Planeten entstanden? Transportieren sie die Bausteine des Lebens? Gibt es einen dunklen, unsichtbaren Begleiter der Sonne, der Kometenkatastrophen auf der Erde auslöst? Dieses Buch kann immer noch als Standardwerk zum Halleyschen Kometen oder zu Kometen im Allgemeinen bezeichnet werden. Es befinden sich 350 meist farbige Abbildungen auf über 300 Seiten. Es stellt somit eine aufwendig illustrierte, wissenschaftlich fundierte Dokumentation dar, die sehr interessant, aber nicht immer leicht zu lesen ist. Der interessierte Leser bekommt allerdings ein umfassendes Werk geboten, das Spaß macht, in die Hand genommen zu werden.

## Impressum

### „Die Himmelspolizey“

ist die Mitgliederzeitschrift der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e.V. (AVL). Sie erscheint regelmäßig alle drei Monate. Sie wird in Papierform und online unter [www.avl-lilienthal.de](http://www.avl-lilienthal.de) veröffentlicht.

Mitarbeiter der Redaktion  
Alexander Alin.  
E-Mail: [hipo@avl-lilienthal.de](mailto:hipo@avl-lilienthal.de).

Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe ist vier Wochen vor dem Erscheinen. 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  
Peter Kreuzberg .....(04202) 76 508 22

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

Pressereferat  
Ute Spiecker .....(04298) 24 99

Schatzmeisterin  
Magret König .....(0421) 27 35 58

Schriftführung  
Ulla Proffe .....(04298) 69 86 32

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

Redaktion der Himmelspolizey  
Alexander Alin .....(0421) 33 14 068

AG Astrophysik  
Peter Steffen .....(04203) 93 43

Freundeskreis Telescopium  
Klaus-Dieter Uhden .....(04298) 47 87

Interpräsenz und E-Mail-Adresse  
der AVL: [www.avl-lilienthal.de/](http://www.avl-lilienthal.de/)  
[vorstand@avl-lilienthal.de](mailto:vorstand@avl-lilienthal.de)

# BUNDESWEITER ASTRONOMIETAG 2012

Am **24. März 2012** ist es wieder so weit! Alle Sternwarten Deutschlands sind geöffnet und warten auf die interessierte Bevölkerung. Natürlich hat auch die AVL ein dickes Programm erstellt, damit auch in diesem Jahr wieder viele Menschen aus der Region den Weg zu uns finden.

Der Himmel ist an diesem Tag so attraktiv wie selten an einem der vergangenen Astronomietage. Bereits gegen **19:30 Uhr** lassen sich der **MOND** und die Planeten **VENUS** und **JUPITER** bei ihrem Stelldichein beobachten. **VENUS** und **JUPITER** stehen dem **MOND** mit ihrem strahlenden Anblick die Schau. Kein Wunder, schließlich ist der Mond erst zwei Tage alt und bildet nur eine hauchzarte Sichel. Bestimmt sind die drei ein Anblick, der jedem Himmelsfan das Herz aufgehen lässt.

Die hellsten Sterne sind ebenfalls bereits zu sehen (siehe Abb. 1). Allen voraus die Himmelskörper der Sternbilder **Orion**, **Stier** und die **Zwillinge Pollux und Castor**. Die Sternhaufen der **HYADEN** und **PLEJADEN** sind als Goldenes Tor der Ekliptik bereits präsent und ein Highlight im Teleskop.

Bereits eine Stunde steht der **MOND** tief im Westen (siehe Abb. 2). Dafür ist die Dunkelheit aber bereits ausreichend, um alle lohnenden Fernrohrobjekte endlich anzusteuern. **Der Große Wagen** steht fast senkrecht und zeigt mit seiner Deichsel auf **ARCTURUS** dem Roten Riesen im Sternbild Bootes. Jetzt schauen alle Sterne des Wintersechsecks auf die Besucher unserer Sternwarte herunter.

Und das ganze Sternentheater hat die AVL extra für Sie alle angerichtet. Schönes Wetter inklusive. Erzählen Sie allen, die Sie kennen, davon – wir zeigen es ihnen!

Peter Kreuzberg



Abb. 1: Der Himmel über Bremen am 24. März um 19:30 Uhr ...



Abb. 2: ... und eine Stunde später

Quelle: Programm Stellarium – kostenlos im Internet unter <http://stellarium.org> herunterladbar.

Diese Abbildung zeigt eine Fotomontage der NASA von Io und Jupiter.

