

ASTRO-AMATEUR



**Informationen der
Allgäuer Volkssternwarte Ottobeuren e. V.**

47. Jahrgang

Observatorium für volksbildende Himmelskunde

2015

Nr. 133



► Titelbild		
Komet Lovejoy am 14.01.2015	<i>Aufnahme: Timm Kasper</i>	1
► Editorial / Impressum		
Vorwort / Impressum	<i>Harald Steinmüller</i>	3
► Geschichte der Astronomie		
Der Nebel lichtet sich	<i>Heinz Forth</i>	4
► Veranstaltungen		
Zauber des Nachthimmels ...	<i>Harald Steinmüller</i>	13
► Raumfahrt und Technik		
Die Geschichte der Raumfahrt	<i>Wolfgang Schnalke</i>	15
► Nachruf		
Dieter Berghofer - Freund und Wegbegleiter	<i>Wolfgang Forth</i>	31
Leonhard Berghofer / Peter Rohner		32
► Astrofotografie		
Fotoseiten	<i>Aufnahmen: T. Kasper / A. Socher</i>	33
► Kosmologie		
Der Urknall	<i>Dr. Lars Hoppe</i>	37
► Reisebericht		
Auf ein zweites Mal ...	<i>Sabrina Gall</i>	44
► Teleskope		
Zu Besuch bei einem Riesen	<i>Timm Kasper</i>	50
► Exkursion		
Die „Mächler“ vom Bodensee	<i>Harald Steinmüller</i>	56
► Wetter und Klima		
Das Wetter in Ottobeuren 2014	<i>Alexander Socher</i>	59
► Besuch		
Jahresabschluss der SAG Rheintal	<i>Robert Blasius</i>	61
Astronomie in L. A.	<i>Wolfgang Forth</i>	62
► Vereinsnachrichten		
Berichte aus Sternwartenbetrieb und Vereinsleben	<i>Redaktioneller Beitrag</i>	63
► Umschlagseite		
Orionnebel M 42 und Pferdekopfnebel (Sternbild Orion)	<i>Aufnahme: Timm Kasper</i>	68

Liebe Leser des ASTRO-AMATEUR!

jeden Tag, wenn ich die lokale Tageszeitung durchblättere, suche ich unbewusst nach naturwissenschaftlichen Meldungen, klar, vorzugsweise nach astronomischen Neuigkeiten. Und nahezu jeden Tag werde ich dahingehend enttäuscht. Am Himmel passiert nichts - so scheint es jedenfalls. Oder ist es nicht spektakulär genug, um den wesentlich beliebteren Klatsch und Tratsch, den „Otto Normalverbraucher“ ja so schätzt, zu verdrängen?

Klar ist am Himmel was los! Aber Hallo! Hier ein paar Beispiele:

Im November 2014 landete die ESA ein kleines aber feines Fluggerät auf dem Kometen 67/P Tschurjumov-Gerasimenko - ein Meilenstein der unbemannten Raumfahrt.

Am 20. März ist über Deutschland wieder eine partielle Sonnenfinsternis zu sehen. Mit 68 % Bedeckung durchaus beachtlich.

Der 14. Juli wird abermals ein Meilenstein der Raumfahrtgeschichte werden. Denn an diesem

Tag kommt die Raumsonde New Horizons (gestartet 2006) beim ehemaligen Planeten Pluto an.

Und für Frühaufsteher gibt's am 28. September wieder eine totale Mondfinsternis.

Sie sehen, es ist allerhand los am Himmel. Grund genug also, die Sternwarte wieder regelmäßig zu besuchen. Es soll noch Ottobeurer geben, die noch nie dort waren... Vielleicht liegt es daran, dass das Observatorium im „Navi“ nicht zu finden ist. Das sollte sich bald ändern, denn wir haben jetzt auch eine offizielle Adresse (der Dr.-Friedrich-Kuhn-Weg war bisher nur inoffiziell). Näheres dazu in den Vereinsnachrichten.

Wenn Sie das vorliegende Heft durchblättern fällt Ihnen vielleicht etwas auf: ja, wir drucken jetzt ganz in Farbe! Nachdem wir in den letzten Jahren bereits Umschlag und ein paar Fotosseiten farbig präsentiert haben, können wir jetzt nach einem Wechsel der Druckerei komplett auf einen Farbdruck umsteigen - und das bei niedrigeren Kosten als bisher. Das

Design ist nun farblich unserem Internetauftritt angepasst. Dass es aber nicht nur auf Äußerlichkeiten ankommt, wissen wir. Und so finden Sie auch diesmal wieder eine wunderbare Mischung aus Fachartikeln und Berichten unserer aktiven Mitglieder.

Und nachdem uns die 4. Klassen der Grundschule Pöcking nach ihrem Besuch bei uns so tolle Briefe und Zeichnungen geschickt haben, wollen wir auch einige davon hier im Heft zeigen.

Ja, und schon geht es mit großen Schritten auf unser nächstes Jubiläum zu. 2016 feiern wir 50 Jahre Allgäuer Volkssternwarte. Dazu müssen Weichen gestellt, Wünsche konkretisiert und Veranstaltungen geplant werden. Dies wird wohl neben unserem gewohnten umfangreichen Führungsbetrieb unsere Kräfte in Anspruch nehmen.

In diesem Sinne ...

Ihr *Harald Steinmüller*,
1. Vorsitzender

IMPRESSUM

Verantwortlicher Herausgeber:

Allgäuer Volkssternwarte Ottobeuren e. V.

Geschäftsstelle:

Bgm.-Hasel-Str. 17, 87724 Ottobeuren

Tel. (0 83 32) 9 36 60 58

Fax (0 83 32) 93 68 90

E-Mail: info@avso.de

Homepage im Internet:

<http://www.avso.de>

<http://www.facebook.com/AVSO.de>

Bankverbindung:

Sparkasse Memmingen-Lindau-Mindelheim

IBAN: DE70 7315 0000 0190 2816 83

BIC: BYLADEM1MLM

Vorstand:

1. Vorsitzender: Harald Steinmüller

Geschäftsführer/2. Vors.: Wolfgang Forth

Kassier: Frank Hegemann

Technischer Vorstand: Timm Kasper

Schriftführer: Wolfgang Schnalke

Sternwarte:

Wolferts 40 (Dr.-Friedrich-Kuhn-Weg), 87724 Ottobeuren

Koordinaten:

$\varphi = 47^\circ 55' 47''$ $\lambda = 10^\circ 17' 18''$

Höhe über NN: 746 m

Öffnungszeiten:

Jeden Freitag ab 19.30 Uhr

Sonderführungen nur nach Vereinbarung

Unkostenbeitrag pro Person:

4,- Euro / Kinder bis 10 Jahre € 2,- Euro

Mitgliedsbeitrag

Erwachsene 45,- €/Jahr, Jugendliche bis 18 Jahre 22,50 €/Jahr

Vereinszeitschrift ASTRO-AMATEUR:

Nr. 133, 47. Jahrgang, Bezug für Mitglieder kostenlos

Redaktion:

Wolfgang Forth, Dr. Lars Hoppe, Wolfgang Schnalke, Harald Steinmüller

Layout:

Allgäuer Volkssternwarte e. V.

Druck:

Treibsatz Memmingen

Der Nebel lichtet sich

von Heinz Forth

Es ist Anfang der 70er Jahre. Wir befinden uns im kleinen Vortragsraum (heute Arbeitsraum) der Allgäuer Volkssternwarte. An dessen Nordseite steht ein hoher Vorführtisch mit einem geliehenen 16 mm Tonprojektor, als Leinwand dient die Südwand der heutigen Küche. Wenn dann das Licht ausgeht und der Projektor mit monotonem Surren sein Bild auf die Leinwand projiziert, wird es ganz still im Raum. Gezeigt wird in schwarz/weiß: „Das Weltall“, eine Leihgabe der kanadischen Botschaft in Bonn. Der Film beginnt mit den Worten: *„Seit ewigen Zeiten schauten die Menschen hinauf zu den Sternen, sahen was wir sehen, fragten was wir fragen“*.

Das war vor 40 Jahren richtig und ist es heute, 40 Jahre später, noch immer. Es mag vielleicht pathetisch klingen, ändert jedoch nichts daran, dass die Menschen zu allen Zeiten versuchten, sich ein Bild von ihrer Welt zu machen. Auch heute und in Zukunft werden wir die archaischen Fragen stellen: *„Woher kommen wir und wohin gehen wir?“*

Antworten darauf erwarten wir von den Religionen, der Philosophie und den Wissenschaften, nicht zu vergessen von der Kunst, ein weiterer Weg auf der Suche nach Wahrheit.

Eine dieser Fragen bewegte am Anfang des 20. Jahrhunderts die wissenschaftliche Welt: Was ist die wahre Natur der „Nebel“, die man zwischen den Sternen sehen konnte?

Dabei müssen wir uns bewusst machen, dass es die Zeit unserer Urgroßeltern ist, in der noch

niemand wusste, dass es neben unserem Milchstraßensystem noch etwas anderes gab.

Was also war das Geheimnis dieser „Nebel“? Soviel vorweg, die Antwort auf diese scheinbar unbedeutende Frage wird unsere Sicht auf den Kosmos total verändern.

Alles fing damit an, dass die Astronomen, von denen dieser Begriff stammte, nebelartige Flecken an den verschiedensten Stellen des nächtlichen Himmels entdeckt hatten.

Heute wissen wir natürlich, dass es sich hierbei um die unterschiedlichsten Objekte handelt, wie z. B. Gasnebel, Dunkelnebel, Planetarische Nebel, Kugelsternhaufen, Supernovaresten, aber auch Galaxien und Galaxienhaufen. Sie alle verbargen sich unter dem Begriff „Nebel“.

Und wir wissen auch, dass die Galaxien und Galaxienhaufen nicht zu unserer Milchstraße gehören, sondern dass sie den unendlichen Raum des Universums bevölkern. Alle anderen Objekte aber befinden sich in unserer Milchstraße oder gehören ihr zumindest an.

Eine Lösung dieses „Nebel“-Problems ist um 1900 noch nicht in Sicht. Zum einen fehlte es an geeigneten Teleskopen, zum anderen waren die Menschen noch zu sehr in einem Weltbild gefangen, welches das Sonnensystem im Zentrum der Milchstraße sah.

Lassen Sie uns kurz ansehen, welchen weiten Weg die Astronomie schon zurückgelegt hatte, bis sie auf die „Nebel“ stieß:

Wenn wir nun auf der historischen Straße zurück wandern,

werden wir Meilensteine (Jahre) finden, die entscheidend zur Lösung des Rätsels der „Nebel“, vor allem der „Spiralnebel“ beigetragen haben. Jedem einzelnen Forscher ist Anerkennung zu zollen, aber wie so oft, setzte das Eine das Andere voraus. Das Zitat von Isaac Newton: *„Wenn ich weiter sehen konnte, so deshalb, weil ich auf den Schultern von Riesen stand“* bringt das auf den Punkt.

Wir wollen mit dem Jahr 1608 beginnen, als der holländische Brillenmacher Hans Lipperhey das erste Fernrohr baute. 1610 erkennt Galileo Galilei, der das Fernrohr des Holländers weiter entwickelt hatte, damit Einzelsterne in der Milchstraße. Der nächste Meilenstein steht im Jahr 1612 als der deutsche Mathematiker und Astronom Simon Marius als erster den Andromedanebel entdeckt.

Ein für unser Thema wichtiges Jahr ist 1667, Isaac Newton entdeckt die spektrale Auflösung des Lichts. Im Jahr 1672 baut er das erste Spiegelteleskop, ein ganz großer Meilenstein für die beobachtende Astronomie.

1755 veröffentlicht der deutsche Philosoph Immanuel Kant



Newtons Spiegelteleskopmodell von 1672 für die Royal Society (Nachbildung). Quelle: Wikipedia

seine „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ worin nach seiner Vorstellung die Nebelflecken Sternsysteme außerhalb unserer Milchstraße sind. Im Jahr 1771 veröffentlicht der französische Astronom Charles Messier die erste Fassung seines nach ihm benannten Kataloges, der heute 110 astronomische Objekte enthält.

Es ist das Jahr 1789, als Friedrich Wilhelm Herschel sein 40-Fuß-Teleskop in Betrieb nimmt. 40 Fuß entsprechen einer Brennweite von 12 Metern, der Spiegel, eine Metall-Legierung, hat einen Durchmesser von 122 cm. Neben der Entdeckung des Uranus im Jahr 1781 gilt Herschels Interesse hauptsächlich den nebligen Himmelsobjekten. Mit seinem riesigen Instrument gelingt es ihm, einige „Nebel“ in Einzelsterne aufzulösen. Es ist das Jahr 1814, als Joseph Fraunhofer die nach ihm benannten Absorptionslinien im Spektrum des Sonnenlichts entdeckt. Er erfindet das Spektroskop und gilt als Begründer der Spektroskopie.

Inzwischen sind wir im Jahr 1842 angekommen, in dem der in Salzburg geborene Christian Doppler, den nach ihm benannten Doppler – Effekt entdeckt. Ein Effekt, der bis heute für die Astronomie und Kosmologie von großer Bedeutung ist. 1859 - 61 entwickelt der deutsche Chemiker Robert Bunsen zusammen mit dem Physiker Gustav Kirchhoff die Spektralanalyse. Und 1870 findet der britische Astronom und Physiker William Huggins mittels der Spektralanalyse eine Rotverschiebung im Spektrum des Sirius, die er richtig als Doppler-Effekt erkennt.

1888 ist ein bemerkenswertes Datum, da wird erstmalig die Fotografie in Verbindung mit der

Spektralanalyse eingesetzt. Und 1912 gelingt es dem amerikanischen Astronomen Vesto Slipher, aus der Linienverschiebung im Spektrum des Andromedanebels, dessen Radialgeschwindigkeit zu bestimmen.

Gönnen wir uns eine kleine Pause, immerhin waren es drei Jahrhunderte, die wir in ein paar Leseminuten durchquert haben!

Trotz der vielen wissenschaftlichen Erkenntnisse waren es für die Menschen keine guten Zeiten. Denken wir nur an den Dreißigjährigen Krieg, der Tod und Verwüstung über den Kontinent brachte und in seinem Gefolge die Hexenverbrennungen wieder entfachte. In den Jahren 1665 und 1666 wütete der schwarze Tod im Süden Englands. Die Beulenpest verbreitete Angst und Schrecken und hatte 100.000 Todesopfer gefordert, allein in London starben an die 70.000 Menschen. Die äußerst harten Lebensbedingungen der Menschen damals sind für uns kaum vorstellbar. Die Sterblichkeit war enorm hoch. Selbst das 18. Jahrhundert, das als Zeit der Aufklärung und Beginn der Moderne gilt, erlöste das einfache Volk keineswegs von Armut, Hunger und Not. Und auch das Klima, bedingt durch die Kleine Eiszeit, sorgte für Missernten und viele Hungersnöte, was letztendlich zu großen sozialen Spannungen führte.

Wenn wir kurz die Region Ottobeuren unter diesem Aspekt betrachten, sehen wir das Kloster Ottobeuren in den Jahren 1632 bis 1635 von den schwedischen Truppen besetzt. 1711 ist das Jahr der Grundsteinlegung zum Neubau des Klosters das zehn Jahre später vollendet wurde. 1737 ist der Baubeginn der (5.) Klosterkirche, die spätbarocke Basilika welche 1766 vollendet und durch Abt Anselm Erb eingeweiht wurde. Und am

22. Januar des Jahres 1784 gelingt dem Benediktinerpater Ulrich Schiegg vom Ottobeurer Kloster aus der Start des 1. Heißluftballons in dem späteren Deutschland.

Gegen Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren endlich die gerätetechnischen Voraussetzungen geschaffen, die Geheimnisse der Nebel zu lüften.

Eine ganz entscheidende Rolle spielte dabei der Amerikaner George Ellery Hale, der die technischen Voraussetzungen für Astronomen wie Milton Humason, Edwin Hubble und deren Nachfolger schuf.

George Ellery Hale wurde am 29. Juni des Jahres 1868 in Chicago geboren. Sein Vater war ein erfolgreicher Unternehmer im Fahrstuhlgeschäft was Hale das große Glück beschied, in einer wohlhabenden Familie aufzuwachsen. Schon in jungen Jahren begeisterte ihn die Chemie, wobei ihm das Experimentieren besonders viel Spaß bereitete. Bald aber wandte er sich der Astronomie zu, speziell die Sonne hatte es ihm angetan. Mit viel technischem Geschick baute er sich sein erstes Spektroskop mit dem es ihm gelang, die Fraunhoferlinien zu vermessen. Mit 21 Jahren entwickelte er einen Spektroheliografen, ein Instrument zur Fotografie der



George Ellery Hale (1868 - 1938).
Quelle: Franklin Institute

Sonne im Licht der Wasserstoff – Linie. Hale hatte inzwischen als Sonnenforscher einen sehr guten Ruf. So bekam er auf zwei Europareisen Gelegenheit, mit vielen Größen dieser Zunft zu diskutieren.

Das Jahr 1891 sollte zu einem Wendepunkt im Leben des erst 24 jährigen Ellery Hale werden, denn er bekam von der Universität Chicago eine Professur angeboten. Seine Antwort fiel mehr als selbstbewusst aus, wohl eher riskant, denn er verknüpfte seine Zusage an die Erbauung eines neuen Observatoriums in Chicago.

Dafür zeigte der Bundesstaat Illinois wenig Interesse, geschweige denn wollte er ein solches Projekt finanzieren. Gut, dass es in den USA eine Kultur des Mäzenatentums gab, nach dem Motto „Reichtum verpflichtet“. Und genau aus diesem Grunde besuchten ein Jahr später der Leiter der Chicagoer Universität William Harper und Ellery Hale den Industriellen Tyson Yerkes, denn den hatten die beiden als ihren potentiellen Sponsor im Auge. Hale schaffte es, Yerkes, der auch Straßenbahnkönig genannt wurde, dazu zu überreden, die Finanzierung des immerhin größten Refraktors der Welt, mit einem Objektivdurchmesser von 102 cm, zu übernehmen.

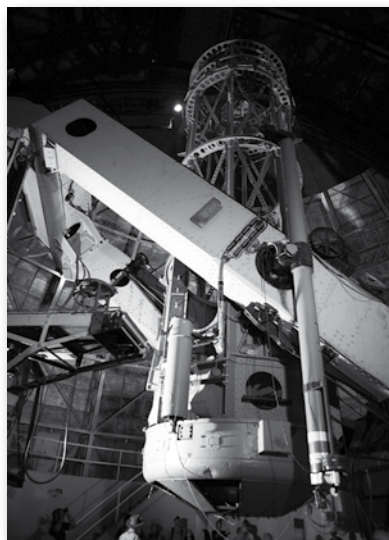
Im Oktober 1897 konnte das Yerkes Observatorium, 120 km nördlich von Chicago gelegen, feierlich eingeweiht werden.

Das war George Ellery Hales erster Schachzug in Sachen Riesenteleskope. Hale war voller Energie und Tatendrang, hatte jedoch einen Hang zu immer größeren Instrumenten.

Im Jahr 1904 gründete Hale das Mount Wilson Observatorium und plante, es mit einem 1,5 m Spiegel auszustatten. Den

Glasrohling bezog er aus Frankreich, für den Schliff und Bau der Montierung beauftragte Hale den hervorragenden Optiker und Teleskopbauer George Willis Ritchey. Der Sponsor war dieses Mal Andrew Carnegie, wieder ein Großindustrieller.

Doch zufrieden gab sich Hale nicht. Sein Streben nach großen Spiegeln hatte fast psychotische Züge angenommen. So blieb es auch nicht aus, dass die verschiedenen Großprojekte und der enorme Stress langsam seiner Gesundheit zu schaffen machten. Dies hielt ihn jedoch nicht davon ab, jetzt einen 2,5 m Spiegel für den Mount Wilson in Auftrag zu geben. Denn es war Hale gelungen den Eisenwaren-Tycoon John Hooker zu überzeugen, das größte Spiegelteleskop der Welt zu bezahlen.



Das 2,5 m Hooker-Teleskop am Mount Wilson. Quelle: Wikipedia

Der Bau dieses 2,5 m Spiegelteleskops, das nun zu Ehren des Sponsors Hooker-Teleskop genannt wurde, war eine gewaltige Herausforderung für die Optiker aber auch für die Konstrukteure.

Die Glasscheibe bestellte Hale 1906 abermals in Frankreich. Da die Amerikaner mit dem ersten

Resultat, das zwei Jahre später geliefert wurde, nicht zufrieden waren, musste der Guss mehrmals wiederholt werden. Im Jahr 1913 begannen die Arbeiten an der englischen Rahmenmontierung, an denen verschiedenste Maschinenbauunternehmen des Landes beteiligt waren. Den ersten Blick durch diesen Giganten tat Ellery Hale am 1. November des Jahres 1917. Das erste Licht, das auf den größten Spiegel der Welt fiel, kam vom Planeten Jupiter. Dies alles geschah mitten im ersten Weltkrieg, als auf den Schlachtfeldern monatlich Hunderttausende starben.

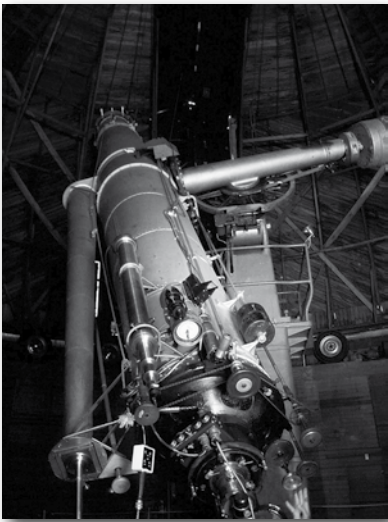
Im Jahr 1928 schmiedete Hale neue Pläne. Er ging daran, ein 5-Meter-Teleskop für das Mount Palomar Observatorium zu planen und die Rockefeller-Stiftung war bereit, dieses zu finanzieren.

Im Jahr 1948 wurde sein größtes Projekt, der 5-Meter-Spiegel eingeweiht. Leider hat Ellery Hale diesen Triumph nicht mehr erlebt, er verstarb im Februar 1938.

Einen großen Beitrag zur Lösung der Rätsel um die Nebel leistete Vesto Melvin Slipher.



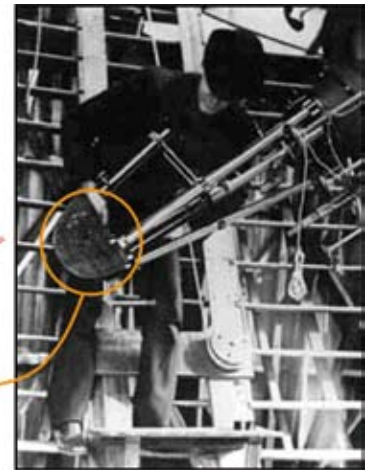
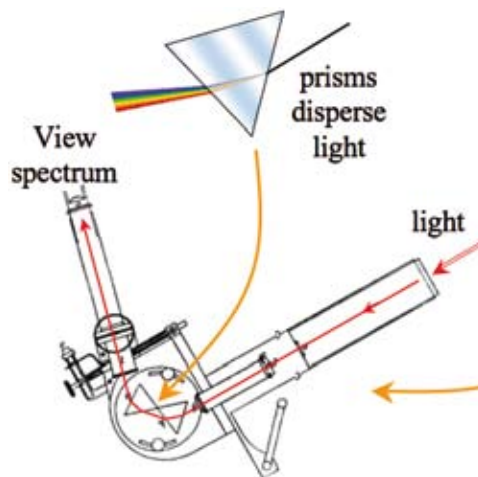
Das Hale-Teleskop (5 m Spiegeldurchmesser) auf dem Mount Palomar war Jahrzehnte lang das größte der Welt. Quelle: Wikipedia



Der 24“-Alvan-Clark-Refraktor am Lowell Observatorium. Quelle: Wikipedia

Es ist das Jahr 1901, als der amerikanische Astronom Vesto Slipher am Lowell-Observatorium in Flagstaff/Arizona seine astronomische Laufbahn begann. Der Gründer des Observatoriums aber war Percival Lowell. Dieser stammte aus sehr begüterten Verhältnissen, ein Grund mehr, die Sternwarte mit den modernsten Instrumenten seiner Zeit auszustatten.

Mit einem Spektrographen und dem 24“ Alvan - Clark Refraktor begann Vesto Slipher erste Spektren aufzunehmen. Und am 17. Oktober 1912 war der Andromedanebel an der Reihe, der hellste aller Nebelflecke. Die Linse des Refraktors maß 61 cm und hatte eine Brennweite von 9,45 Meter, woraus sich das Öffnungsverhältnis von 1: 15 ergibt, also nicht gerade eine Lichtkanone. Das führte zu sehr langen Belichtungszeiten. Für diese erste Aufnahme kamen über 7 Stunden zusammen. Als Vesto Slipher dann die Aufnahme auswertete, stellte er zu seiner Überraschung fest, dass die Spektrallinien ins Blaue verschoben waren. Das deutete darauf hin, dass sich der Andromedanebel



Mit dem Zweiprismenspektrograph bestimmte Vesto Slipher die Radialgeschwindigkeit des Andromedanebels. Quelle: University of Virginia

unserer Galaxis mit der unglaublichen Geschwindigkeit von ca. 300 km/s bzw. ca. 1.000.000 km/h nähert.

Doch keine Panik, der kosmische Crash findet frühestens in vier Milliarden Jahren statt. Was der Andromedanebel aber letztendlich war, wusste Slipher weiterhin nicht. In den Jahren 1912 – 1915 gelangen Slipher weitere Messungen der Radialgeschwindigkeiten an 14 Spiralnebeln.

Je lichtschwächer die Spiralnebel waren, umso länger musste Slipher seine Fotoplatten belichten und das konnten dann schon mal 40 Stunden werden. Was für ein aufwendiges Verfahren! Eine Nacht reichte dazu ja nicht aus, er musste also das gleiche Objekt über mehrere Nächte, immer wieder auf die gleiche Fotoplatte belichten.

In den folgenden Jahren zeigten Slippers Messungen, dass sich fast alle Spiralnebel von uns weg bewegen und dies mit bis dahin unvorstellbaren Geschwindigkeiten. Auf der 17. Konferenz der Amerikanischen Astronomischen Gesellschaft machte Slipher seine Ergebnisse erstmals öffentlich. Unter den Teilnehmern dieser Konferenz saß auch ein jungauf-

merksam zuhörender Astronom, sein Name war Edwin Powell Hubble.

Der 26. April 1920 wurde für die Astronomen ein denkwürdiger Tag, denn in der National Academy in Washington stießen zwei konträre Ansichten aufeinander. Die beiden Kontrahenten Harlow Shapley und Heber D. Curtis, beides führende Astronomen, setzten sich in einer Diskussion mit der Dimension des Universums und dem Rätsel der Spiralnebel auseinander.

Shapley sprach sich gegen die Ansicht aus, dass es sich bei den Spiralnebeln um vergleichbare Galaxien wie die unsere handelt, während Curtis davon überzeugt war.

Soweit der Stand um 1920, es sollten noch drei weitere Jahre vergehen, bis Edwin Hubble auf einer Fotografie des Andromedanebels einen Cepheiden entdeckte. Und mit diesem Stern wurde klar, dass die Spiralnebel in Wahrheit Galaxien waren, so wie unsere Heimatgalaxie, bestehend aus Hunderten Milliarden von Sternen, verteilt in den unvorstellbaren Weiten des Raums. Diese Erkenntnis vergrößerte unser Universum gewaltig.

Dopplereffekt und Rotverschiebung

Im Licht der Sonne kann man viele dunkle Linien erkennen, die sogenannten Fraunhofer- oder Spektrallinien. Die im Licht vorhandenen Spektrallinien verraten uns etwas über die chemischen Elemente des Objektes. So erscheint z.B. die bekannte H-alpha-Linie des Wasserstoffs bei einer Wellenlänge von 656,28 Nanometer. In dieser Wellenlänge beobachten wir auch mit unserem Coronado - Teleskop die Sonne und können damit die wunderschönen Protuberanzen sehen. Das Licht einer fernen Galaxie, das in einem Teleskop gesammelt wird, ist nichts anderes als das Licht von Milliarden Sonnen. Und wenn wir dieses in ein Spektrum zerlegen, so sehen wir die gleichen Linien wie bei unserer Sonne. Im speziellen handelt es sich meist um die H und K Linien des Kalziums, weil diese besonders markant sind.

Das Galaxienlicht ist jedoch viel zu schwach, um es im Spektralapparat zu untersuchen. Die Fotografie machte es aber möglich, denn sie ist in der Lage, Licht zu sammeln und die so gewonnenen Informationen damals auf der Fotoplatte und heute auf dem Chip festzuhalten. Dadurch wurde die Fotografie sehr schnell zu einem unverzichtbaren Hilfsmittel auf vielen Gebieten der wissenschaftlichen Forschung. Aus der Verbindung Spektroskop und Fotoplatte entstand der Spektrograph.

Die Lage der Linien im Spektrum hängt nun davon ab, ob sich die betrachtete Lichtquelle auf uns zubewegt, sich von uns weg bewegt oder in Ruhe zu uns liegt. Und nun kommt die Entdeckung eines österreichischen Physikers zum Tragen, der Dopplereffekt. Christian Doppler erkannte nämlich, dass sich bei einer relativ zu

uns bewegten Strahlungsquelle die Wellenlänge ändert, egal ob sie Schall- oder Lichtwellen aussendet. Die Wellenlänge wird kürzer wenn sich die Quelle uns nähert und sie nimmt zu, wenn sich die Quelle von uns entfernt. Im Alltag kann dieser Dopplereffekt leicht beobachtet werden. Fährt z.B. ein Notarzwagen mit eingeschalteter Sirene auf einen zu, dann wird der Ton der Sirene höher und entfernt er sich, wird er tiefer. Wenn die Quelle jetzt ein Stern ist, verhält es sich genauso: Kommt das Licht auf den Beobachter zu, wird es zum kürzerwelligen Blau verschoben, entfernt es sich, wird es zum längerwelligen Rot verschoben.

Unabhängig von Christian Doppler sagte der französische Physiker Armand Fizeau auch eine Verschiebung der Spektrallinien voraus. Mit dieser Erkenntnis sind die Messergebnisse wesentlich präziser geworden und man kann damit sehr genau die Geschwindigkeit eines Objektes ermitteln, ganz egal ob es sich uns nähert oder entfernt.

Jeder kennt das markante Wintersternbild des Orion und Beteigeuze ist der rötlich leuchtende Schulterstern in diesem Sternbild. Wenn wir nun von Beteigeuze ein Spektrum aufnehmen, stellen wir fest, dass besagte H-alpha-Linie ganz minimal weiter in den roten Bereich gewandert ist. Sie steht statt bei 656,28 nm jetzt bei 656,33 nm und ergibt somit eine Differenzsumme von 0,05 nm, umgerechnet Fünfhundert Millionstel Millimeter. Das ist ja weniger als nichts werden Sie vielleicht sagen, aber – gerechnet auf die irdische Geschwindigkeit ist das sehr schnell!

Lassen Sie uns zusammen eine kleine Rechenaufgabe lösen, um heraus zu finden, mit welcher Geschwindigkeit sich Beteigeuze

von uns entfernt. Um die Rotverschiebung „z“ zu ermitteln müssen wir die Differenzsumme durch die Laborwellenlänge dividieren und erhalten folgendes Ergebnis: $0,05 / 656,28 = 0,0000761$. Nun können wir die Fluchtgeschwindigkeit „v“ errechnen, in dem wir die Lichtgeschwindigkeit „c“ mit dem Faktor „z“ multiplizieren und erhalten dann dieses Ergebnis: $300.000 \text{ km/s} * 0,0000761 = 22,83 \text{ km/s}$. Umgerechnet entspricht das der hohen Geschwindigkeit von 82.000 km/h, mit der sich der Riesenstern Beteigeuze von uns entfernt.

Mit dieser Methode ist es möglich, die Geschwindigkeiten von nahen und hellen Sternen mit sehr hoher Genauigkeit (0,6 km/sek.) zu messen.

Im Juni 1983 wurde die ZDF-Serie „Unser Kosmos“ von Carl Sagan erstmals ausgestrahlt. Die dort gesehenen Szenen mit Mister Hubble und Mister Humason imitierten Willi und ich in unseren langen fotografischen Nächten gerne. Das machte richtig Spaß. Unsere Sympathie genoss der astronomische „Outlow“ Milton Humason. Der fiel schon aus dem Rahmen, weil sein wissenschaftlicher Weg in keiner Universität begann. Wie für ihn gemacht sind Sencas Worte: „Über raue Pfade gelangt man zu den Sternen“ und das kann bei ihm wortwörtlich



Milton Humason (1891 - 1972).
Quelle: Wikipedia

genommen werden. Denn seine Pfade waren wirklich steinig und steil und führten hinauf zum Mount Wilson, wo er während dem Bau des Observatoriums als Maultiertreiber schuftete.

Ich möchte über diesen außergewöhnlichen Menschen etwas mehr erzählen. Stellen Sie sich einen Jungen vor, der mit 14 Jahren genug von der Schule hatte, der das freie Leben in den Bergen liebte und den es in die San Gabriel Mountains zog, die nördlich von Los Angeles liegen. Ein Gipfel hat es ihm besonders angetan: Der 1742 Meter hohe Mount Wilson. Dort hatte er einmal in einem Jugendcamp glückliche Tage verbracht. War es nun Zufall oder Fügung, dass genau auf diesem Berg Georg Ellery Hale mit finanzieller Hilfe der Carnegie Stiftung, 1904 eine Sternwarte zu bauen begann? Zu dieser Zeit führte noch keine Straße den Berg hinauf und das gesamte Baumaterial musste mit Hilfe von Mauleseln nach oben befördert werden. Somit war der Lebensunterhalt von Humason als Maultiertreiber gesichert. Fünf Jahre nach Baubeginn nahm das neue Observatorium mit einem 1,5 m Spiegel seinen Betrieb auf.

Noch während der mühevollen Zeit in der Bauphase, hatte sich Humason in Helen Dowd, die Tochter eines Mitarbeiters des Observatoriums verliebt und er schloss mit ihr 1911 den Bund fürs Leben. Humason interessierte sich für alles, was mit dem Observatorium zu tun hatte und als sich ihm die Gelegenheit bot, nahm er dort die Stelle eines Hausmeisters an. Die Astronomen am Observatorium wurden bald aufmerksam auf den talentierten jungen Mann, der, als einer der Nachtassistenten erkrankte, für diesen einsprang. Schon bald bediente er die Teleskope wie kein anderer, er hatte

eine natürliche Begabung im Umgang mit den Instrumenten. Auch lernte er die fototechnischen Verfahren kennen und verbrachte viele Stunden im Fotolabor mit dem Vorbereiten und Entwickeln der fotografischen Platten.

Mit schier endloser Geduld und penibler Genauigkeit gelangen ihm mit dem 2,5 m Hooker Spiegel zahlreiche Spektralaufnahmen ferner Galaxien. Aus der Rotverschiebung der beiden Kalziumlinien in den Spektren konnte Humason dann die Fluchtgeschwindigkeit messen. Man sagt ja, dass in jedem Gerücht ein Körnchen Wahrheit steckt, jedenfalls wird erzählt, dass Humason die Nächte mit schlechtem Wetter ganz gerne beim Kartenspiel verbrachte und auch dabei viel Geschick und Fingerfertigkeit bewies. Auch eine gewisse Trinkfestigkeit hängt ihm an, doch das alles tat der Sache keinen Abbruch, denn 1919 wurde er in den Kreis des wissenschaftlichen Personals aufgenommen. Was für eine Karriere für einen Schulabbrecher!

Als 1919 auch Edwin Hubble auf den Mount Wilson kam und dort Milton Humason traf, war das der Beginn einer fruchtbaren Zusammenarbeit für viele Jahre. Milton Humason und Edwin Hubble wurden ein hervorragendes Team und bald verband die beiden ein freundschaftliches Verhältnis. Edwin Hubble aber sollte am Mount Wilson noch Geschichte schreiben. Diese wollen wir jetzt kennen lernen.

Fast jeder kennt das Weltraumteleskop Hubble, das die wunderschönen farbigen Bilder vom Universum fotografiert, welche wir ab und zu im Fernsehen zu sehen bekommen. Auch im Internet stehen diese Bilder der Superlative zum kostenlosen Download bereit.

Das Hubble Teleskop half mit,

einige der wichtigen Fragen der Astronomie und der Kosmologie zu klären und somit die Grenze unseres momentanen Erkenntnishorizonts etwas weiter nach vorne zu schieben.

Der Namensgeber dieses in 559 km Höhe fliegenden Wunderwerks ist Edwin Powell Hubble, der dürfte weniger Menschen bekannt sein.

Eine solche Auszeichnung, dass ein Weltraumteleskop den eigenen Namen trägt bekommt man nicht umsonst, dafür wurde sicher großes geleistet. Das hat Edwin Hubble in der Tat.

Schon in jungen Jahren be-



Edwin Powell Hubble (1889 - 1953).
Quelle: Wikipedia

geisterte er sich für die Astronomie und nach Abschluss der Highschool 1906 bekam er ein Stipendium für die Universität von Chicago, das er 1910 abschloss. Ein weiteres Stipendium führte ihn nach England an die Universität Oxford, wo er drei Jahre internationales Recht studierte. Warum er sich diesen „Ausrutscher“ in einer sonst wissenschaftlichen Laufbahn leistete, ist nicht bekannt. Doch 1914 kehrte er, inzwischen Pfeife rauchend und von der englischen Lebensart angetan, nach Chicago zurück, um mit seiner Dissertation

in Astronomie zu beginnen. Seine Doktorandenzeit verbrachte er am Yerkes – Observatorium in der Nähe von Chicago, das mit dem weltweit größten Refraktor (102 cm) ausgestattet war. Edwin Hubble erinnerte sich an die Forschungsergebnisse von Vesto Slipher und betrachtete es jetzt als seine Aufgabe das Geheimnis der rotverschobenen Spiralnebel zu lösen. So begann er mit ersten Messungen von Radialgeschwindigkeiten an Sternen. Am 12. Mai 1917 erhält Hubble den Dokortitel. Das Thema seiner Dissertation lautete: „Photographische Untersuchungen lichtschwacher Nebel“. Umso erstaunlicher ist es, dass er sich wenige Tage später als Freiwilliger zur Armee meldete. Und das, obwohl er von George Ellery Hale eine Stelle am gerade fertig gestellten Mount-Wilson-Observatorium angeboten bekam.

Als Hubble am 23. September

1918 mit den amerikanischen-Truppen in Le Havre an Land ging, waren es nur noch sechs Wochen bis zur Kapitulation Deutschlands.

Am 20. August 1919 ging Hubbles Laufbahn in der U.S. Army zu Ende. Er wurde in San Francisco im Rang eines Majors ausgemustert. Ohne weitere Zeit zu verlieren, reiste er nach Pasadena, um das Angebot von Hale, das immer noch Bestand hatte, anzunehmen. Und vier Wochen später begann Edwin Hubble seine Karriere als Mitarbeiter des Mount-Wilson-Observatoriums.

Er gehörte einem Astronomenteam an, dessen Aufgabe es war Fotografien von den Spiralnebeln zu erstellen. In diesem Team arbeitete auch Milton Humason, der später noch Hubbles Assistent werden sollte. Der berühmte Hooker-Spiegel mit seinen 2,5 Meter Durchmesser war bereits im Jahr

1917 in Betrieb gegangen. Somit stand Edwin Hubble zur rechten Zeit das leistungsfähigste „Auge“ der Welt zur Verfügung.

Im Herbst 1923 belichtete Edwin Hubble einige Aufnahmen des Andromeda-Nebels mit dem Hooker Spiegel. Mit diesem Instrument war es ihm zuvor schon gelungen, die äußeren Spiralarme des Nebels in Einzelsterne aufzulösen. Als er nun seine neu gewonnenen Fotoplatten mit älteren aus dem Archiv verglich, hatte er keinen Zweifel daran, dass er zwei Novae und einen veränderlichen Stern entdeckt hatte. Das besondere aber war der Veränderliche, den er als einen Delta-Cepheide-Stern identifizieren konnte. Es war der erste Cepheide, den man im Andromedanebel gefunden hatte. Das war eine echte Sensation! Warum wurde dieser Stern so wichtig? Die amerikanische Astronomin Henrietta Swan-Leavitt



Andromeda-Galaxie M31. Aufnahme: Timm Kasper

hatte im Jahre 1912 entdeckt, dass diese Sterne in einem bestimmten Rhythmus ihre Helligkeit ändern und dass eine Beziehung zwischen der Periode und der Helligkeitsänderung besteht. Mit dieser Perioden-Leuchtkraft-Beziehung gelang es Edwin Hubble, die Entfernung des Andromedanebels zu bestimmen. Hubble soll ein sehr korrekter Mensch gewesen sein, deshalb machte er, um ja sicher zu gehen, weitere Beobachtungen, wobei er einen zweiten Cepheiden fand. Jetzt war er sich sicher, den endgültigen Beweis in Händen zu haben. Er konnte beweisen, dass der Andromedanebel sich außerhalb unserer Milchstraße befindet und dass es sich um eine eigenständige Galaxie mit Milliarden von Sternen handelt, welche nach seiner Berechnung eine Million Lichtjahre von uns entfernt sein musste.

Diese Resultate teilte er am 19. Februar 1924 in einem Schreiben dem amerikanischen Astronomen Harlow Shapley mit. Shapley galt als Spezialist für veränderliche Sterne, aber er war auch ein harter Verfechter der Theorie des einzigen Milchstraßensystems. Zwar hatte Shapley das Sonnensystem mit Hilfe der RR-Lyra-Sterne aus dem Zentrum der Milchstraße verbannt, aber Hubbels Erkenntnisse ließen keine Zweifel daran aufkommen, dass die Milchstraße nur eine von vielen Galaxien ist.

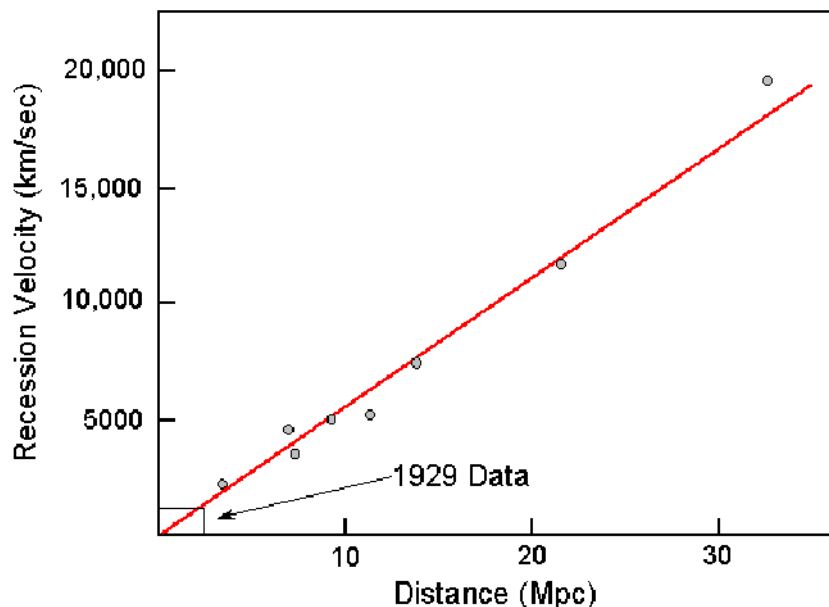
Wie schon einigen Forscherinnen vor ihr, erfuhr auch Henrietta Leavitt nicht allzu viel an Ehrung und Anerkennung für ihre bedeutsame Entdeckung. Ihr früher Tod am 12. Dezember 1921, sie war gerade dreiundfünfzig Jahre alt, wurde kaum wahrgenommen. Immerhin tragen inzwischen ein Asteroid und ein Mondkrater ihren Namen.

Wie sah der Alltag eines As-

tronomen aus, wie die Umstände unter welchen er seiner Profession nachging? Der Spruch,

Er galt als einer der besten Astrofotografen und er beherrschte wie kaum ein anderer den 2,5

Hubble & Humason (1931)



„Astronomers do it at Night“ traf zu Beginn der Zwanziger Jahre bestimmt noch zu. Und auch im sonnigen Kalifornien gehen in den Wintermonaten die Temperaturen öfters unter Null Grad. Da gehört schon eine Portion stoischer Gelassenheit dazu, um stundenlang an einem Fleck zu stehen, in ein Okular zu starren und dabei einen Stern möglichst genau im Fadekreuz entgegen der Erddrehung nachzuführen. Und es gehört auch eine gewisse Virtuosität dazu, das mit einem 90 Tonnen Stahlkoloss, wie dem 2,5 m Hooker Spiegel über viele Stunden zu tun. Das war eine körperliche und mentale Höchstleistung.

In den folgenden Jahren versuchte Edwin Hubble, die Entfernungen zahlreicher anderer Nebel zu bestimmen. Und hier begann die Zusammenarbeit von Milton Humason und Edwin Hubble. Humason hatte sich inzwischen einen exzellenten Ruf erarbeitet.

m Spiegel, in dessen Fokus das ankommende Licht der Galaxien in einem Spektrographen zerlegt wurde. Humason und Hubble fotografierten fast jede Nacht Spektren von fernen Galaxien. Aus der Dopplerverschiebung errechnete Hubble die Entfernungen dazu. So schafften sie es, bis zum Jahr 1929 die Daten von vierundsechzig Galaxien zu sammeln und diese in ein Diagramm einzutragen. Dabei war es schon überraschend, dass alle Galaxien eine Rotverschiebung aufwiesen, das heißt, sie entfernten sich alle von uns. Auf der horizontalen Achse des Diagramms trug Hubble die Entfernung ein, auf der vertikalen die Fluchtgeschwindigkeit (in km/s). Als Hubble dann eine Linie entlang der eingetragenen Galaxien zog, (s. Grafik oben) stellte er ein Verhältnis zwischen Entfernung und Geschwindigkeit fest: Doppelte Entfernung bedeutete doppelte Geschwindigkeit.

Edwin Hubble stand nun vor seinem größten Erfolg, denn die Vorstellung, dass die Spiralnebel sich alle voneinander weg bewegen und dass ihre Geschwindigkeit umso größer wird, je weiter sie voneinander entfernt sind, trug weitreichende Konsequenzen in sich. Hubble ging mit diesen Erkenntnissen noch nicht an die Öffentlichkeit, denn wie immer wollte er eventuelle Fehler ausschließen. So verbrachten er und Humason zwei weitere Jahre am Teleskop, um mehr Daten, diesmal von noch lichtschwächeren Galaxien, zu sammeln. Der 2,5 m Hooker Spiegel mit einer Lichtstärke von 1:6 war dazu hervorragend geeignet. Trotzdem mussten sie, um die Spektren dieser schwächsten Objekte aufzunehmen, öfters über mehrere Tage belichten.

Edwin Hubble und Milton Humason sahen sich in erster Line als Beobachter. Sie wollten keine philosophischen Konsequenzen aus ihrer Entdeckung ziehen. Aber als sie letztendlich 1931 ihr neuestes Diagramm veröffentlichten, gab es nur eine Schlussfolgerung daraus: Das Universum expandiert, es dehnt sich aus. Dass es in der Vergangenheit einmal näher zusammen gewesen sein musste,

es also einen Anfang (Urknall) hatte, ist die logische Konsequenz daraus. Somit bekam das Universum eine Geschichte.

Hundert Jahre sind seit dieser Zeit vergangen und die astronomische Forschung hat eine unglaubliche Entwicklung genommen. Der „Nebel“, welcher über dem Beginn des 20. Jahrhunderts gelegen hat, ist aufgelöst. Heute kreisen Raumsonden im Orbit, messen ferne Galaxien in verschiedensten Spektralbereichen des Lichts, schwarze Löcher bergen kaum noch Geheimnisse und selbst die Struktur des Universums wird auf riesigen Rechenanlagen sichtbar gemacht.

Inzwischen arbeiten die Astronomen mit Spiegelteleskopen, welche einen Durchmesser von 10 Metern und mehr haben. Und in wenigen Jahren wird in der Atacamawüste in Chile, auf dem 3060 m hohen Cerro Armazones, ein Spiegelteleskop mit 39,3 Meter Durchmesser die fernsten Räume des Universums erkunden.

Eine kleine Randbemerkung dazu: Im November 1997 konnte eine Gruppe von AVSO- Mitgliedern das hervorragende Seeing dieses Standortes selbst testen.

Ebenfalls in der Atacamawü-

ste, auf 5000 m Höhe, sind die Antennen des ALMA Projektes auf der Suche nach den kosmischen Anfängen.

Was würden wohl Vesto Slipher, Milton Humason oder Edwin Hubble und die vielen anderen Forscher, die in kalten Nächten viele Stunden am Teleskop verbrachten, zu unserem heutigen Wissensstand sagen? Ich denke sie wären begeistert. Wenn wir ehrlich sind, müssen wir anerkennen, dass diese Pioniere den Grundstein für unseren Fortschritt legten.

Doch ist damit alles gelöst, frage ich mich. Wittgenstein drückte es so aus: „*Wir fühlen, dass selbst, wenn alle wissenschaftlichen Fragen beantwortet sind, unsere Lebensprobleme noch gar nicht berührt sind.*“

Literatur

Simon Singh: Big Bang, dtv 2004

B. Herrmann: Der Zyklus, Westermann 2009

Rudolf Kippenhahn: Licht vom Rande der Welt, Piper 1987

S. Sharov u. D. Novikov, Edwin Hubble, Birkhäuser 1994

Für ihre beratende Unterstützung danke ich Sophia Leiss, Dr. Lars Hoppe und Wolfgang Schnalke.



Anna Marie, Klasse 4b
Grundschule Pöcking

Zauber des Nachthimmels - Licht, Farben, Landschaft

Fotoausstellung zieht zahlreiche Besucher an

von Harald Steinmüller

In den 48 Jahren seit der Gründung der Allgäuer Volkssternwarte war es immer unser Ziel, den interessierten Besucher unseres Observatoriums den Himmel in naturwissenschaftlicher Hinsicht nahe zu bringen. Wir versuchen, ihnen verständlich zu machen, dass die Vorgänge im Weltall unmittelbar mit unserem täglichen Leben zusammenhängen.

Doch wenn wir diese Erkenntnisse heute in unseren thematisch vielfältigen Vorträgen an die Besucher weitergeben – oder dies zumindest versuchen – eines müssen wir immer wieder feststellen:

Der nachhaltigste Eindruck, den unsere Besucher von einem Abend in der Sternwarte mitnehmen, ist zweifellos der eigene Blick durchs Teleskop.

Nichts ist faszinierender als eine Live-Beobachtung und am liebsten möchte man das eben Gesehene festhalten. Nicht selten ertappen wir dann einen begeisterten Besucher, der versucht, mit seiner Handykamera durchs Okular ein Foto zu schießen.

Als Fachleute wissen wir natürlich, dass zur Astrofotografie wesentlich mehr gehört als nur ein Druck auf den Auslöser einer Digitalkamera. Das wird in den meisten Fällen auch der übereifrige Besucher erfahren, wenn er sich das eben geschossene Bild anschaut. Aber dennoch wird er womöglich zuhause voller Begeisterung das Bild anschauen und sagen: „Das hab ich gerade *Life durchs Teleskop* gesehen!“

Der Faszination der Naturschauspiele - sei es eine farbenfrohe Abenddämmerung, der Aufgang des Mondes oder das

Funkeln der Sterne - kann sich niemand entziehen.

Diese Eindrücke festzuhalten, ist die Leidenschaft unserer Astrofotografen.

So zog sich die Fotoausstellung der Allgäuer Volkssternwarte vom 1. bis 4. Mai 2014 wieder einmal durch alle Bereiche der Himmels- und der Landschaftsfotografie.

Anlässlich des 1250-jährigen Jubiläums der Benediktinerabtei wurden auch Basilika und Klosteranlage in Verbindung mit dem gestirnten Himmel „ins rechte Licht gesetzt“.

Das besondere diesmal: aufgrund der Belegung des Kursaals am Vortag konnte die Ausstellung erst am Vernissagetag aufgebaut werden. Da wir aber mittlerweile auf eine gewisse Erfahrung mit den örtlichen Begebenheiten und den Stellwänden zurückgreifen können, gelang dies durch gemeinsames Zusammenarbeiten recht zügig, außerdem war ja der 1. Mai ein Feiertag ...

Vernissage

Abends zur Vernissage im Kursaal im Haus des Gastes kamen viele Mitglieder, Freunde und För-



Kosmische Klänge. Johannes Pfluger am Flügel

derer der Sternwarte. Nach Begrüßung und kurzer Einleitung durch den Ersten Vorsitzenden führte Dr. Carolin Liefke vom Haus der Astronomie in Heidelberg die Vernissagegäste in die Ausstellung ein. Für die musikalische Untermauerung sorgte Johannes Pfluger mit mehreren klassischen Stücken am hauseigenen Flügel.



Fachsimpeln über Astrofotografie. V. l. n. r.: Timm Kasper (AVSO), Dr. Dominik Elsässer (Uni Würzburg), Jens Hackmann (Sternwarte Weikersheim) und Laudatorin Dr. Carolin Liefke (Haus der Astronomie, Heidelberg)

Beim anschließenden Empfang hatten die Gäste ausgiebig Gelegenheit, sowohl den Imbiss als auch die faszinierenden Aufnahmen zu genießen.

Neue Bilder mit teilweise ungewöhnlichen Motiven und spektakuläre Panorama-Aufnahmen erstaunten die Besucher immer wieder, die viel Lob und Anerkennung an die Fotografen aussprachen.

Im weiteren Verlauf der viertägigen Ausstellung fanden über 700 Interessierte den Weg ins Haus des Gastes. Im Gegensatz zu anderen Ausstellungen legen wir Wert auf das persönliche Gespräch mit den

Besuchern, die - so unsere Erfahrung - nach einer Einführung einen ganz anderen Bezug zu den Bildern aufbauen können. Ein positiver Nebeneffekt der Ausstellung war außerdem der Verkauf von zahlreichen Bildern.

Sonnensontag

Zusätzlich zur Ausstellung wurde am Sonntagnachmittag bei gutem Wetter noch ein „Sonnensontag“ auf dem Marktplatz veranstaltet. Das Sonnenteleskop „Solarmax“ erlebte dabei seinen ersten Einsatz außerhalb der Sternwarte. Für die meisten Neugierigen, darunter auch Kinder, die an diesem Tag in der Basilika die Erstkommunion feierten, war es der allererste Blick durch ein Teleskop auf die Sonne.

Wir freuen uns, dass wir mit dieser Fotoausstellung wieder viele Ottobeurer Bürger angesprochen haben und dass wir einen schönen Beitrag zu den Feierlichkeiten anlässlich des 1250-jährigen Gründungsjubiläums der Benediktinerabtei Ottobeuren leisten durften.

Ganz herzlich bedanken wir uns bei allen Helfern, die beim Auf- und Abbau dabei waren, und die vielen Besucher durch die Ausstellung führten.

Ebenso geht ein herzlicher Dank an das Touristikamt für die Unterstützung bei der Terminplanung und Durchführung.

Für alle, die die Fotoausstellung versäumt haben: Timm Kasper hat einen virtuellen Rundgang durch die Ausstellung angefertigt. Er kann auf unserer Internetseite aufgerufen werden:

<http://www.avso.de/index.php/fotoausstellung>



Sonnensontag. Das starke Interesse der Bevölkerung war auch am Sonnenteleskop spürbar.



Ganz schön was los. Bei dem regen Besucherandrang zur Fotoausstellung wurde das Führungspersonal zeitweise richtig gefordert.



Zum Abschluss ein Glas Sekt. Das Ausstellungsteam freut sich über den großen Erfolg.

Die Geschichte der Raumfahrt

von Wolfgang Schnalke

Einleitung

Ein ewiger Traum der Menschheit ist das Fliegen, das zeigte sich bereits in der griechischen Mythologie. Dort konnten, so die Sage, Dädalus und Ikarus, die von König Minos auf Kreta gefangen gehalten wurden, mit Hilfe von Flügeln aus Wachs von der Insel fliehen. Ikarus stürzte jedoch ab, da er sich nicht an die Weisungen seines Vaters gehalten hatte. Auch Leonardo da Vinci befasste sich mit der Thematik der Fliegerei und schuf auf Papier einige Modelle von Flugapparaten. Der Anfang des tatsächlichen Fliegens begann mit den Ballonen, danach folgten die Segelfluggeräte (z. B. Albrecht Ludwig Berblinger, der „Schneider von Ulm“; Otto Liliental usw.), die ersten Flugzeuge mit Motoren (z. B. die Gebrüder Wright) aber es vergingen noch viele Jahrzehnte bis zu den modernen Jets von heute.

Dies war bei der Raumfahrt nicht anders. Der Anblick der Sterne hatte die Menschheit schon immer fasziniert und es waren sicher Einige darunter, deren größter Wunsch eine Reise zu diesen fernen Zielen war. Doch vom Traum bis zur Wirklichkeit war es ein langer Weg, der viel Mühe kostete und auch Opfer forderte. Und, so bitter es klingt, die Zeit von 1933 bis 1945 sorgte für einen gewaltigen Sprung in der Raumfahrt, da die Raketentechnik in diesem Zeitraum eine enorme finanzielle Unterstützung erhielt, auch wenn der Einsatz als Waffe von den damaligen Wissenschaftler nicht gutgeheißen wurde.

Lassen Sie uns nun gemeinsam einen Rückblick auf die Entwick-

lung und einen Ausblick in die Zukunft der Raumfahrt werfen.

Die Entwicklungsgeschichte der Rakete

Als Rakete (aus dem italienischen *rochetta* = Spindel) wird ein Flugkörper bezeichnet, der mittels Rückstoßantrieb vorwärts bewegt wird, ohne dass er eine externe Stoffzufuhr wie beim Jetflugzeug benötigt. Aus diesem Grund kann eine Rakete auch im Weltraum beschleunigen. Raketen werden zu wissenschaftlichen und zu militärischen Zwecken eingesetzt.

Die Geschichte der Raketen beginnt eigentlich im Kaiserreich China. In der Schlacht von Kai-Feng im Jahre 1232 wurden erstmals mit Schwarzpulver angetriebene Flugkörper eingesetzt, um die Pferde der Gegner zu erschrecken.

In Europa begann das Raketenzeitalter mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits im 16. Jahrhundert. Ein rumänischer Professor fand 1961 im Archiv der Bibliothek von Hermannstadt/Rumänien (heute: Sibiu) einen Sammelband aus dem Jahre 1570, an dem drei Autoren mitgewirkt hatten. Der dritte Autor, Conrad Haas, beschrieb detailliert den Start einer Rakete im Jahre 1555, die bereits über ein Drei-Stufen-Antriebssystem verfügte. Schon 1529 startete dort eine zweistufige Rakete, die „fliegende Lanze“ genannt wurde. Um den Flugkörper zu stabilisieren wurden an den Seiten Deltaflügel angebracht. Conrad Haas fügte seine Artikel zwischen 1550 und 1570 in den Sammelband ein und war zu dieser Zeit für das Depot

der Artillerie in Hermannstadt zuständig.

Etwa 100 Jahre später beschrieb ein Adliger aus dem damaligen Königreich Polen – Litauen in seinem Werk „*Ars magna artilleriae pars prima*“ die dreistufige Raketentechnik. Kazimiras Simonavičius (polnisch = Casimir Simienowicz) war ein Artilleriespezialist und zugleich ein Pionier der Raketentechnik.



Kazimiras Simonavičius (um 1600 - 1651). Quelle: Wikipedia

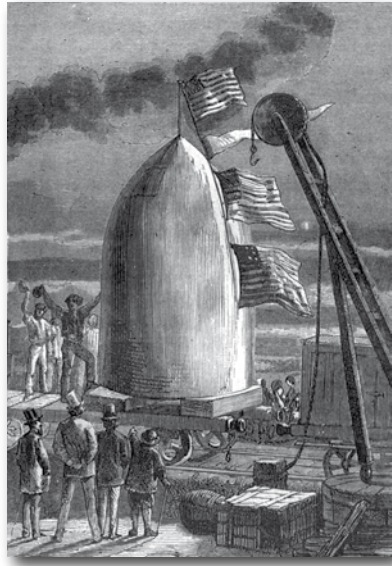
Die von Kazimiras Simonavičius gezeichnete mehrstufige Feststoffrakete ähnelte in ihrem Aufbau der heutigen Raketentechnik. Sein Werk, 1650 gedruckt in Amsterdam, wurde 1651 ins Französische, 1676 ins Deutsche, 1729 ins Niederländische und Englische übersetzt. Der deutsche Titel lautet: „*Vollkommene Geschütz-, Feuerwerck und Büchsenmeisterey – Kunst. Hiebevorn in Lateinischer Spraach beschrieben und mit Fleiß zusammengetragen von Kazimiras Simonavičius, Königlicher Majestät und der Cron Pohlen Feldzeugmeister Leutnant. Anietzo in die Hochteutsche Spraach übersetzt: von Thoma Leonhard Beeren, Lipsien.*“

Im 17. Jahrhundert soll in der Türkei unterhalb vom Topkapi-Palast (heute: Istanbul) ein Türke mit Namen Lagâri Hasan Çelebi etwa 20 Sekunden mit einer selbst gebauten Rakete geflogen sein, um dann mit Flügeln im Wasser zu landen. Es gibt aber keine genauen Daten oder unabhängige Berichte dazu.

Die von dem Engländer William Congreve entwickelte Raketenwaffe (1804) wurde getestet und bereits 1806 bei Boulogne, 1807 beim Angriff auf Kopenhagen, 1809 beim Abgriff auf die französische Flotte bei Île d' Aix und 1831/14 bei der Belagerung von Glückstadt eingesetzt. Diese Waffe kam auch noch 1813 bei der Belagerung von Wittenberg und Danzig sowie in der Völkerschlacht bei Leipzig zum Einsatz. Das Militär hatte die Rakete als Waffe entdeckt und eingesetzt. In den folgenden Jahren wurden die Raketengeschütze weiterentwickelt, erst Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die Grundlagen für die friedliche Nutzung der Rakete für die Raumfahrt gelegt.

Es gab jedoch Menschen die ihrer Zeit weit voraus waren und ihre fantastischen Gedanken zu Raketen in Büchern beschrieben. Einer davon war der Franzose Jules Verne, der zahlreiche Bücher geschrieben hat, die ruhig unter dem Begriff von Science Fiction geführt werden können. Darunter befanden sich auch Bücher die verfilmt wurden wie z. B. „Fünf Wochen im Ballon“, „Die Reise zum Mittelpunkt der Erde“ oder „Zwanzigtausend Meilen unter dem Meer“. Diese beschreiben technische Entwicklungen, die später auch realisiert wurden. Jules Verne war auch der erste, der sich mit dem Thema „Raumfahrt“ befasste. In seinem Roman „Von der Erde zum Mond“ (erschieden

1865) wurde aus einer gewaltigen Kanone mit einer Länge von 270 km ein Geschoss mit einem Gewicht von 10.000 kg in Richtung Mond katapultiert.



„Die Anlieferung des Geschosses“. Illustration von Henry de Montaut 1868 im Roman „Von der Erde zum Mond“ von Jules Verne. Quelle: Wikipedia

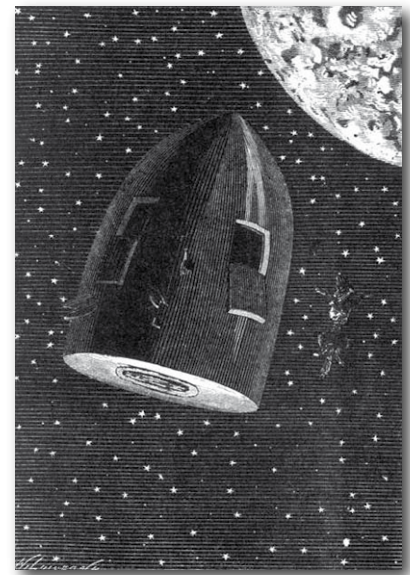
In dem zweiten Roman mit dem Titel „Reise um den Mond“ (erschieden 1869) werden der Start und der Flug zum Mond beschrieben. Die Besatzung des ersten „Raumschiffes“ besteht aus drei männlichen Personen (die ersten Astronauten) und zwei Hunden. Der Start gelingt, aber einer der Hunde wird durch den Start schwer verletzt und stirbt später. Sie werfen den Hund aus der Kapsel und wundern sich, dass Kadaver des Hundes sich mit der gleichen Geschwindigkeit und auf der gleichen Bahn wie die Kapsel fortbewegt. Während des Fluges überlegen die Astronauten, wie sie mit den Bewohnern des Mondes in Kontakt treten sollen.

Die Kapsel wird aber bei der Begegnung mit einem kleineren Trabanten aus der Bahn gelenkt, so dass der Kurs daher um die Pole

des Mondes wieder zurück zur Erde führt. Dabei entdecken die Astronauten die Schwerelosigkeit und entgehen auf dem Rückflug nur knapp einen Zusammenstoß mit einem Asteroiden. Später landen die Astronauten im Pazifischen Ozean (die erste Wasserung nach einem Raumflug) und werden durch die Besatzung eines amerikanischen Forschungsschiffes geborgen. Nach der Rettung werden sie als Helden gefeiert.

Was in diesem Roman aber im Mittelpunkt steht, sind die damals bekannten Einzelheiten über die Entstehung des Mondes, seine Topografie, die Benennung der Mondmeere und Mondgebirge sowie die Geschichte der astronomischen Beobachtung des Mondes. So werden im Buch unter anderem auch die Mondkarten der deutschen Astronomen Wilhelm Beer und Johann Heinrich Mädler erwähnt.

Wenn man bedenkt, dass zwischen den Romanen von Jules Verne und der ersten Mondlandung nur ca. 100 Jahre vergehen

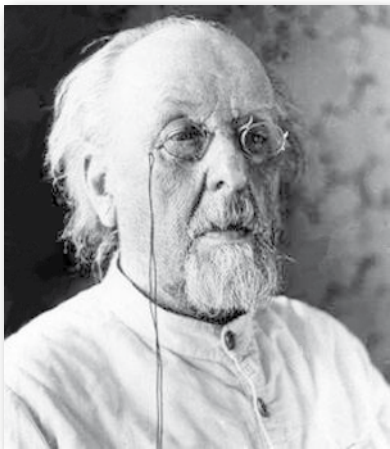


„Das Projektil in der Nähe des Mondes“. Illustration von Bayard/Neuville 1872 im Roman „Reise um den Mond“ von Jules Verne. Quelle: Wikipedia

sollten, so wurde bis auf den gewagten Start (der im übrigen nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht funktioniert hätte) doch schon viel über die Zukunft vorausgesagt.

Die Pioniere der heutigen Raumfahrt

Einer der Begründer der heutigen Raumfahrt war der Russe Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857 – 1935), der in Moskau Physik, Astronomie, Mechanik und Geometrie studierte. Er begann, angeregt durch die Romane von Jules Verne, selber Geschichten über die interplanetare Raumfahrt zu schreiben, wobei er immer mehr physikalische und technische Probleme einfließen lies und sich zum Verfasser theoretischer Abhandlungen entwickelte.



Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski. Quelle: Wikipedia

Ab 1885 stellte er eine Vielzahl von Überlegungen zur Realisierung von Raumflügen an, sein Augenmerk richtete sich jedoch auf die Luftschiffahrt. Er veröffentlichte insgesamt 35 Bücher über die Luftschiffahrt, darunter die Studie *Theoria Aerostatika* (1886) und *Aerostat Metallitscheski* (Die Theorie eines Ganzmetall-Luftschiffes, 1892).

Das Konzept wurde im ZMC-2 in den Jahren um 1930 dann auch umgesetzt.

Ab 1892 begann er sich zunehmend für die Raketentechnik zu interessieren und entdeckte dabei, dass der bisher verwendete feste Treibstoff zu schwach war um eine Rakete in den Weltraum zu befördern. Sein Vorschlag war, flüssige Treibstoffe zu verwenden, die aus Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenwasserstoffen bestehen. Höhepunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit war die Raketen Grundgleichung, die er 1903 unter dem Titel *Erforschung des Welt-raums mittels Reaktionsapparaten* in Russland veröffentlichte. Darin waren unter anderem das Flüssigkeitstriebwerk, die Kühlung der Brennkammer und die Steuerung der Rakete mit Strahlruder und Kreiselsteuerung beschrieben.

Mit dieser Arbeit stellte er das Prinzip der Mehrstufenrakete auf eine wissenschaftliche Basis. Seine Veröffentlichung wurde im damals zaristischen Russland nur wenig beachtet, erst im Jahre 1923, als Hermann Oberth sein Buch *Die Rakete zu den Planeten-räumen* veröffentlichte, erinnerte man sich an die Arbeiten von Tsiolkovsky, die dann national und international anerkannt wurden. Das Album der kosmischen Reisen erschien 1932 und 1935 folgte sein letztes Werk mit dem Titel *Die höchste Geschwindigkeit bei Raketen*. Die praktische Umsetzung seiner Ideen konnte er jedoch nicht mehr erleben, da er am 19. 09.1935 verstarb. Den Beginn der Raumfahrt datierte er auf 1950 (Sputnik startete 1957) und den ersten Menschen im Weltraum für das Jahr 2000 (Juri Gagarin war 1961 im Weltraum). Er gilt zusammen mit Robert Goddard und Hermann Oberth als ein Pionier der Raumfahrt.

Zu seinen Ehren wurde ein Krater auf der Rückseite des Mondes und ein Asteroid (1590 Tsiolkovskaja) nach ihm benannt. Ein Zitat von Ihm lautet: Es stimmt, die Erde ist die Wiege der Menschheit, aber der Mensch kann nicht ewig in der Wiege bleiben. Das Sonnensystem wird unser Kindergarten.

Zu den Gründern der heutigen Raumfahrt zählt auch der Amerikaner Robert Goddard (1882 – 1945), der Physik an der Clark University in Worcester im Bundesstaat Massachusetts studierte und im Jahre 1911 seinen Dokortitel erhielt. Robert Goddards Gedanken befassten sich schon frühzeitig mit Raumflügen zum Mond und Mars. Hierin ähnelte er Hermann Oberth, wurde aber als Fantast bezeichnet und geriet bald in Bezug auf die Raumfahrt in Vergessenheit.



Robert Goddard. Quelle: Wikipedia

Einen größeren Erfolg verzeichnete er im Bereich der Raketentechnik. Schon im Jahre 1918 entwickelte er Feststoffraketen für das Militär und den Vorläufer der Bazooka. Für den Raketenantrieb entwickelte er die mathematischen Grundlagen, die dazugehörigen Prüfstände für die Triebwerke und bewies,

dass die Raketentriebwerke im Vakuum Schub erzeugen und die Raumfahrt ermöglichen können. Bereits ab dem Jahr 1916 beschäftigte er sich mit der Entwicklung von Flüssigkeitsraketen, ein erster Brennversuch gelang am 06.12.1925. Der erste Start einer Rakete fand am 16.03.1926 statt. Diese Rakete blieb 2,5 Sekunden in der Luft, legte dabei eine Strecke von 50 m in einer Höhe von 14 m zurück. Als am 17.07.1929 die nächste Rakete startete, hatte sie eine wissenschaftliche Nutzlast an Bord, die aus einem Barometer, einem Thermometer und einer Kamera bestand. Die Rakete erreichte dabei eine Höhe von 27 m.

Bei einem fünften Start erreichte die Rakete eine Höhe von 610 m mit einer Geschwindigkeit von 800 km/h. Bei diesem und noch weiteren Starts wurden ihm die Probleme der Flugstabilisierung bewusst. Nach einer Pause von 3 Jahren, am 08.03.1935 startete er eine Rakete, die eine Geschwindigkeit von 1.125 km/h erreichte und zum ersten Mal die Schallmauer durchbrach. 10 Tage später startete er eine kreiselstabilisierte Rakete, die eine Höhe von 1.460 m erreichte und eine Strecke von 4 km zurücklegte. Er starb im Alter von nur 63 Jahren an Kehlkopfkrebs. Die verdiente Anerkennung erhielt er erst nach dem Zweiten Weltkrieg, als man unter anderem das Goddard Space Flight Center schuf und einen Krater auf dem Mond nach ihm benannte.

Zu den Begründern der Raketentechnik gehört auch Hermann Oberth (1894 – 1989). Er studierte zuerst Medizin und als er merkte, dass dies nicht seinen wirklichen Interessen entsprach, begann er ab 1919 Physik zu studieren. In seiner Dissertation mit dem Titel Die Rakete zu den Planetenräumen, die 1922 erschien, beschäftigte er sich



Hermann Oberth. Quelle: Wikipedia

mit der Raumfahrt. Die Dissertation wurde aus Mangel an ausgewiesenen Experten abgelehnt. Als ein Jahr später der Münchner Wissenschaftsverlag Oldenbourg sein Manuskript veröffentlichte (für die Druckkosten musste er selber aufkommen) wurde es ein Erfolg. Darin beschrieb er alle wesentlichen Elemente zum Bau von Groß- und Mehrstufenraketen, die mit Flüssigkeitstreibstoff angetrieben werden und stellte folgende Thesen auf (Zitat aus seinem Werk):

Prämisse 1: Es ist wahrscheinlich, dass Maschinen gebaut werden, die höher steigen können als die Erdatmosphäre reicht.

Prämisse 2: Diese Maschinen können bei weiterer Vervollkommnung derartige Geschwindigkeiten erreichen, dass sie nicht auf die Erdoberfläche zurückfallen und sogar den Anziehungsbereich der Erde überwinden.

Prämisse 3: Die Maschinen können so gebaut sein, dass Menschen mitfliegen können, ohne gesundheitliche Schäden zu erleiden.

Prämisse 4: In einigen Jahrzehnten kann sich unter gewissen wirtschaftlichen Bedingungen

der Bau solcher Maschinen auch lohnen.

Oberth konnte damals noch nicht ahnen, dass seine Thesen bereits nach nur 40 Jahren Wirklichkeit werden sollten. Er war Mitglied im Verein für Raumschiffahrt und lernte dort weitere Vordenker der Raketentechnik kennen wie z. B. Rudolf Nebel und Walter Hohmann. Seine Arbeiten bildeten die Grundlage für die erste Generation der deutschen Raketentechniker und Raumfahrtpioniere: Wernher von Braun (arbeitet ab 1929 mit Oberth zusammen), Eugen Sänger, Ernst Stuhlinger und viele andere mehr.

Nicht unerwähnt bleiben soll der Südtiroler Max Valier (*09.02.1895 in Bozen), der nicht nur den berühmten Opel – Raketenwagen entwickelte, sondern auch in seinem Buch „Der Vorstoß in den Weltenraum“ ein Entwicklungsprogramm zur Raketentechnik beschrieb. Bereits während seiner Schulzeit in Bozen war sein Interesse an der Astronomie sehr groß und im Jahre 1913 begann er in Innsbruck Astronomie, Mathematik und Physik zu studieren. Doch der erste Weltkrieg zwang ihn sein Studium zu unterbrechen, da er zum Militärdienst in Österreich eingezogen wurde. Nach Ende des Krieges setzte er sein Studium aber nicht fort, sondern begann als Wissenschafts- und Science-Fiction-Autor zu arbeiten. Er veröffentlichte einige Erzäh-



Max Valier (1895 - 1930). Quelle: Wikipedia

lungen und in der Erzählung „Spiridion Illuxt“ sah er den Einsatz der Atombombe voraus.

Im Jahre 1923 wurde er durch Hermann Oberths Buch Die Rakete zu den Planetenräumen inspiriert eine allgemein verständliche Abhandlung über die Raumfahrt zu schreiben. Im Jahre 1924 wurde sein Werk „Der Vorstoß in den Weltraum“ veröffentlicht, dass mit Unterstützung von Hermann Oberth geschrieben wurde. Darin entwarf ein Programm zur Entwicklung der Raketentechnik. Das Buch wurde ein großer Erfolg und erschien bis 1930 in sechs Auflagen.

Es war für ihn schwierig für die Verwirklichung seiner Pläne die entsprechenden Investoren zu finden. Nach vielen Enttäuschungen konnte er Ende 1927 Fritz von Opel, einen Autoindustriellen, Sportsmann und Rennfahrer für sein Projekt gewinnen. Es entstand eine Reihe von Versuchsfahrzeugen, die von Pulverraketen angetrieben wurden, die von Friedrich Wilhelm Sander stammten, der eine Fabrik für Signal- und Rettungsraketen in Wesermünde besaß. Die Zusammenarbeit mit Opel dauerte nicht lange und nach dem Bau der ersten Versuchsfahrzeuge, die alle mit Feststoffraketen betrieben wurden, endete die Verbindung zwischen Opel und Valier.

Valier arbeitete weiter an seiner Idee und entwickelte für seine Fahrzeuge Flüssigtreibstoffraketen. Auf dem zugefrorenen Starnberger See gelang im Jahre 1929 mit über 400 km/h ein Geschwindigkeitsrekord. Er starb am 17.05.1930, als bei einem Versuch der Flüssigtreibstoff explodierte und war somit der erste Tote, den die junge Raumfahrt zu verzeichnen hatte.

Zu den Raumfahrtpionieren muss auch Eugen Sänger gezählt

werden, der mit seinen zahlreichen Büchern die Grundlagen für die Raketentechnik schuf. Sein Buch Raketentechnik, das 1933 erschien, wurde zum Standardwerk für die Raumfahrtliteratur. Zwischen 1932 und 1945 unternahm er mit Flüssigsauerstoff / Kohlenwasserstoff – Hochdruck - Raketentriebwerken erste Versuche am Prüfstand.

Eine seiner wichtigsten Entwicklungen in der Zeit von 1932 bis 1945 war die Kühlung des Raketentriebwerks durch den eigenen Treibstoff, ein System das bis heute an jedem Raketentriebwerk Verwendung findet. Eines seiner ehrgeizigsten Projekte in den Jahren 1953 bis 1959 war die Konzeption des Photonenantriebs für interplanetare und interstellare Raumfahrzeuge.

Sänger meinte, dass Sterne auch noch in der Entfernung von einigen Tausend, ja Millionen und Milliarden Lichtjahren innerhalb der Lebenszeit eines Menschen erreicht werden können, da an Bord von schnellen Raumschiffen wegen der Zeitdilatation die Zeit langsamer verstreicht. Bei einer Tagung des Instituts für Physik der Strahlantriebe in Freudenstadt (1955) gab er für folgende Ziele die Dauer der Fahrt an:

- Zum Zentrum der Galaxis: ca. 18 Jahre
- Zum Andromedanebel: ca. 26 Jahre
- Zum Ende des Universums: ca. 41,9 Jahre

Voraussetzung dafür wäre die Beschleunigung und Abbremsung mit 1 Gg und eine starke Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit. Dies sollte durch Umwandlung des gesamten Treibstoffs in Photonen erreicht werden. Für die auf der Erde zurückgebliebenen Menschen vergehen unterdessen Zeiträume, die zum Teil bis zu

mehreren Milliarden Jahren betragen können.

Nach ihm wurde der europäische Raumgleiter (Sänger I und Sänger II) benannt, ein ehrgeiziges Projekt, das aber nie über das Stadium einer Konzeptstudie hinaus kam und 1995 eingestellt wurde. Eugen Sänger verstarb 1964 während einer Vorlesung in der TU Berlin.



Raumgleiter „Sänger II“, Modell im Technik-Museum Speyer. Quelle: Wikipedia

Es waren diese Spezialisten, die mit den aus ihren Forschungen gewonnen Erkenntnissen den Grundstein für die kommende Raketentechnik legten. Nach dem zweiten Weltkrieg begannen die USA und die UdSSR einen gigantischen Wettlauf um die Vorherrschaft in der Raumfahrt.

Der Wettlauf zum Mond

Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges bedienten sich die beiden Großmächte der Ingenieure, Techniker und Facharbeiter aus dem deutschen Raketenprogramm, die dann maßgeblich am Aufbau der Großraketenentechnik in den Vereinigten Staaten von Amerika und in der UdSSR beteiligt waren. Die Sowjetunion nahm ca. 3.500 Personen aus diesem Kreis mit, um ihr eigenes beginnendes Raketenprogramm weiter voranzubringen.

Die Amerikaner nahmen nur Wernher von Braun und seinen engsten Mitarbeiterstamm mit nach Amerika. Sie hatten je-

doch bereits unmittelbar nach Kriegsende in einem Zeitraum von nur sechs Wochen fast den gesamten Raketenbestand aus dem KZ Mittelbau-Dora abtransportiert, obwohl es sich in dem Teil von Deutschland befand, welcher der Sowjetunion in der Konferenz von Jalta zugesprochen worden war.

Die Entwicklung der Raumfahrt wurde nach dem zweiten Weltkrieg ein Wettrennen der beiden Großmächte USA und UdSSR. Es waren zwei Männer, die hier eine große Rolle spielten und sich doch zu Lebzeiten nie begegnet sind: Wernher von Braun und Sergei Pawlowitsch Koroljow.



„Sputnik“ am 04.10.1957. Quelle: Wikipedia

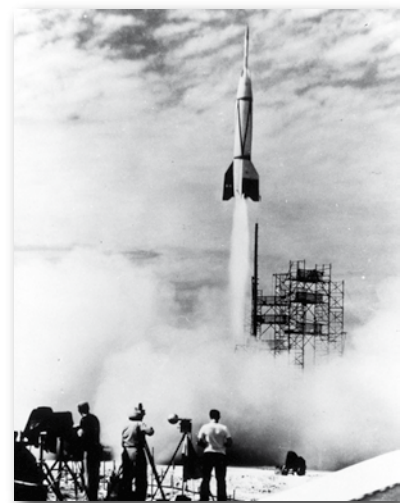
Koroljows Name wurde, so lange er lebte, in der Öffentlichkeit nie genannt, offizielle Verlautbarungen sprachen nur von „dem Chefkonstrukteur“. Er trieb die Raumfahrt in der Sowjetunion voran, sein Sputnik schockte am 04.10.1957 die westliche Welt, als er seine Funksignale aus dem Weltall zur Erde schickte. Mit Lunik 2 sollte im Jahre 1959 die erste Sonde auf dem Mond landen, die jedoch beim Aufprall zerstört wurde. Lunik 3 umrundete im selben Jahr den Mond und lieferte das erste Foto der bis daher unbekanntes Rückseite des Mondes. Der Siegeszug der UdSSR setzte sich fort und noch im selben Jahr beförderte Sputnik 2 die Hündin Laika, das erste Lebewesen, in

eine Umlaufbahn um die Erde. Im Jahr 1960 beförderte Sputnik 5 sogar zwei Hunde in den Orbit und die beiden landeten später sicher auf der Erde.

Es dauerte kein Jahr, bis am 12.04.1961 der UdSSR die nächste große Überraschung gelang. Der Kosmonaut Juri Gagarin umkreiste als erster Mensch mit seinem Raumfahrzeug „Wostok 1“ die Erde. Knapp vier Jahre später, am 02.03.1965 verließ der Kosmonaut Alexei Archipowitsch Leonow seine Kapsel und blieb eine kurze Zeit im freien Raum. Da sich aber sein Raumanzug aufblähte, schaffte er es nur mit größter Mühe, wieder in seine Kapsel zu kommen. Er war dem Tode nur knapp entronnen. Luna 9 setzte im Jahre 1966 weich auf dem Mond auf und Luna 16 und Luna 20 brachten sogar Mondgestein zur Erde zurück. Lunochod 1 war das erste unbemannte Roboterfahrzeug, das im Jahr 1970 über die Mondoberfläche fuhr. Im gleichen Jahr landete Verena 7 sicher auf der Oberfläche der Venus. Es erfolgten aber noch viele erfolgreiche Flüge zur Venus, die in meinem Artikel über die Venus in den beiden letzten Astro-Amateuren beschrieben worden sind.

Wernher von Braun setzte seine Arbeit ab 1945 in Fort Bliss, Texas, fort. Zuerst mussten er und seine Mitarbeiter die amerikanischen Experten über die Funktionsweise und den Bau der A4 (auch V2 genannt) unterrichten, denn die Raketenforschung unterstand dem Militär. Es folgten regelmäßige Testflüge, die vom Stützpunkt White Sands aus gestartet wurden.

Es wurde die Redstone - Rakete gebaut, die auf der A4 basierte, aber wesentlich größer und leistungsfähiger war. Der erste Start fand am 10.08.1953 statt.



Start einer A4-Rakete am 24.07.1950. Quelle: Wikipedia

Am 14.04.1955 wurden Wernher von Braun und seine Frau amerikanische Staatsbürger. Zwischen der Army und der Marine entstand ein Wettkampf in der Raketenforschung, was letztendlich eine erfolgreiche Entwicklung der Raumfahrt behinderte. Sputnik war dann der auslösende Faktor für das Umdenken in der Raketenforschung. Die Vanguard-Rakete der Marine versagte beim Start und so startete am 01.02.1958 eine Jupiter-C (eine Weiterentwicklung der Redstone) den Satelliten „Explorer“ in eine Umlaufbahn. Die Gründung der zivilen Luft- und Raumfahrtbehörde „NASA“ erfolgte am 29.07.1958 und Wernher von Braun hatte es geschafft, dass im Oktober 1959 seine ganze Abteilung mit ca. 5.000 Mitarbeitern übernommen wurde. Zu diesem Zeitpunkt war die Entscheidung für den Bau der Saturn I bereits gefallen.

Als Juri Gagarin im April 1961 die Erde umkreiste, befand sich die Mercury-Rakete noch in der Testphase. Alan Shepard's Flug fand drei Wochen später statt, aber er absolvierte nur einen suborbitalen Flug. In seiner historischen Rede verkündete J. F. Kennedy,

das innerhalb dieses Jahrzehnts ein Raumschiff zum Mond fliegen wird. John Glenn war der erste Amerikaner, der im Jahre 1962 die Erde erfolgreich umkreiste. Nach dem Mercury-Programm folgte das Gemini-Programm, das als Vorbereitung für eine Mondlandung diente. Hier wurden zum ersten Mal Kopplungsmanöver zwischen Raumsonden durchgeführt.

Im nachfolgenden Apollo-Programm wurde die Saturn-Rakete entwickelt, die zum ersten Mal am 09.11.1967 startete. Apollo 8 umrundete 1968 zum ersten Mal den Mond und am Abend des 20.07.1969 setzte die Landefähre von Apollo 11 auf der Oberfläche des Mondes auf und Neil Armstrong sagte den berühmten Satz: „That’s a small step for a man, one giant leap for mankind (Ein kleiner Schritt für einen Menschen, aber ein gewaltiger Sprung für die Menschheit)“. Apollo 17 startete am 07.12.1972 zum letzten bemannten Raumflug zum Mond, danach wurde das Programm eingestellt und die amerikanische Raumfahrt begann



mit der Entwicklung anderer Systeme.

Auf der russischen Seite verlief die Raumfahrt etwas anders. Von Beginn an gab es eine eigene dafür geschaffene Teilstreitkraft mit der Bezeichnung „WKS – Wojenno Kosmitscheskije Siliui“ die zu diesem Zeitpunkt für die militärische und zivile Entwicklung zuständig war.

Dies war ein Vorteil für das damalige Raumfahrtprogramm der UdSSR. Die von Koroljow entwickelte R-7 ist die am meisten eingesetzte Trägerrakete weltweit und wird heute noch als Träger für die Sojus – Raumschiffe und Progress – Transporter eingesetzt, die unter anderem zum Transport der Astronauten bzw. der Versorgung zur ISS dienen.

Koroljow entwickelte auch das Gegenstück zur Saturn V, die N1. Die N1 war etwa so hoch wie die Saturn V, doch es gab Probleme mit den Triebwerken. Alle vier Testflüge zwischen 1969 und 1972 endeten in einem Misserfolg. Die N1 sollte zudem auch als Träger für schwere Aufklärungssatelliten, defensive Militärnutzlasten und als offensives Trägermittel für Schläge gegen jeden beliebigen Punkt auf der Erde eingesetzt werden.

Bild links:
Vergleich der amerikanischen Saturn V (links) zur sowjetischen N1-Rakete.

Bild unten:
Wernher von Braun (links) und Sergei Pawlowitsch Koroljow. Quelle: Wikipedia



Durch die Misserfolge wurden die Pläne danach Schritt für Schritt zurückgefahren und im Jahre 1974 das ehrgeizige Programm der UdSSR ganz eingestellt.

Den Erfolg Wernher von Braun’s konnte sein russischer Rivale Sergei Koroljow nicht mehr erleben, er starb im Jahre 1966.

Raumsonden zu den inneren Planeten

Schon während des Wettlaufes zum Mond wurde von den beiden Großmächten geplant, Raumsonden in Richtung der inneren Planeten Merkur, Venus und Mars zu senden. Bei diesem Wettstreit ging es darum der erste zu sein, der die Planeten genauer erforscht. Bei diesem Wettlauf war die UdSSR die erste der Großmächte, die ab 1960 und 1961 Raumsonden zum Mars bzw. zur Venus sandten.

Der erste Start einer amerikanischen Raumsonde zur Venus folgte 1962 und zum Mars 1964. Aber nicht alle Raumsonden haben ihr Ziel erreicht, einige blieben in einem Orbit um die Erde, verglühten in der Erdatmosphäre bzw. flogen am Ziel vorbei. Merkur erhielt bis heute Besuch von zwei Raumsonden, zum Mars starteten bis heute 45 und zur Venus 41 Raumsonden. Einige Raumsonden nutzten auf ihrem Weg in das äußere Sonnensystem die Venus als Beschleuniger (ein sogenanntes Swing-By-Manöver) und dabei erfolgten keine Messungen bzw. entstanden keine Aufnahmen des Planeten.

Aber ohne die Raumsonden und die auf der Oberfläche der Planeten gelandeten Fahrzeuge wäre unser Wissen über diese Körper viel geringer. Bei der Venus war die UdSSR mit den Venera – Raumsonden die erfolgreiche Nation und die dabei gewonnenen Daten der Landesonden trugen

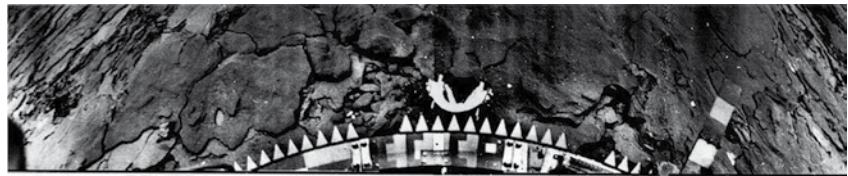
maßgeblich zur Erforschung bei. Die ersten Aufnahmen der Oberfläche durch die Venera-Sonden lieferten Nachweise über die Beschaffenheit des Venusbodens.

Die amerikanische Sonde „Magellan“ hat im Zeitraum vom 10.08.1989 bis 12.10.1994 mit dem an Bord befindlichen Radar ca. 98 % der Venusoberfläche kartografiert. Dieser Sonde verdanken wir unwahrscheinliche schöne Aufnahmen der Oberfläche, die mit normalen Teleskopen wegen der dichten Wolkenschicht nicht möglich sind.

Die Raumsonde der „Venus Express“ der ESA erreichte die Venus am 11.04.2006 und lieferte fantastische Bilder der Venusatmosphäre in allen Bereichen. Die Mission wurde leider nur bis Ende 2014 verlängert, was die Wissenschaft bedauert, denn die Sonde ist noch sehr gut in Schuss. Leider hatte die japanische Sonde „Akatsuki“ weniger Glück und flog am 08.12.2010 an der Venus vorbei.

Bei den Flügen zum Mars waren die USA sehr erfolgreich und die UdSSR konnten hier keine Erfolge verzeichnen. Dabei spielten die sogenannten „Canali (Rinnen)“ auf dem Mars eine große Rolle, die der italienischen Astronom Schiaparelli im Jahre 1877 entdeckte und die durch einen Übersetzungsfehler ins Englische als „Kanäle“ bezeichnet wurden. Der Mars geriet dadurch ins Blickfeld der Öffentlichkeit, wie zahlreiche Bücher und Filme beweisen.

Die ersten Nahaufnahmen des Planeten gelangen Mariner 4, die am 15.07.1965 in einer Entfernung von 9.846 km am Mars vorbei log und dabei 22 Bilder aufnahm. Der Mond Phobos wurde zum ersten Mal am 05.08.1969 fotografiert, als die Sonde Mariner 7 am Mars



ВЕНЕРА-14 ОБРАБОТКА ИППИ АН СССР И ЦДКС



ВЕНЕРА-14 ОБРАБОТКА ИППИ АН СССР И ЦДКС

Die Aufnahmen der Venusoberfläche durch Venera 14 am 03.03.1982. Quelle: Wikipedia

vorbei flog. Mit den beiden Viking – Sonden konnten zum ersten Mal sensationelle Aufnahmen vom Mars zur Erde übermittelt werden. Kanäle wurden allerdings nicht erkannt. Aber es wurde ein neues Rätsel auf dem Mars entdeckt, das berühmte „Marsgesicht“ und die vermeintlichen „Pyramiden“, die sofort wieder die Spekulationen um versunkene Kulturen auf dem Mars aufleben ließen.

Zum ersten Mal setzte am 20.07.1976 ein Lander (Viking 1) auf dem Mars auf. Viking 2 folgte bereits am 04.09.1976 und beide Lander blieben bis 1982 funktionsfähig. Sie lieferten zusammen ca. 4.550 Bilder von der Marsoberfläche.

Mit der Sonde „Mars Global Observer“ wurde die Oberfläche des Mars in einem Zeitraum vom



Aufnahme des Mars am 19.06.1976 durch Viking 1. Quelle: Wikipedia

07.11.1996 bis 02.11.2006 mit ca. 240.000 Bildern vollständig erfasst. Das erste Fahrzeug, der kleine Rover „Sojourner“ landete am 04.12.1996 und blieb 3 Monate aktiv.

Derzeit sind mit „Mars Odyssey“, „Mars Express“ und „Mars Reconnaissance Orbiter“ noch 3 Sonden in Betrieb. Mit „Mars Express“, eine Sonde der ESA, wurde inzwischen die Oberfläche des Mars in 3D aufgenommen. Diese Mission endet nach derzeitiger Planung Ende 2014. Von deren Bildern wurden schon zahlreiche Videos hergestellt, die einen realistischen Flug über die Oberfläche zeigen.

Mit dem Rover „Spirit“ (04.01.2004 im Gusev-Krater gelandet) und „Opportunity“ (25.01.2004 im Meridiani Planum gelandet) wurden zwei weitere Fahrzeuge auf dem Mars erfolgreich abgesetzt. Auch diese haben zur Erforschung des Mars einiges beigetragen. Der Kontakt zu „Spirit“ ist am 22.03.2010 abgerissen, aber Opportunity ist bis heute noch aktiv.

Die russische Mission „Fobos-Grunt“ sollte vom Mond Phobos Gesteinsproben zurückbringen, stürzte aber am 15.01.2012 in den Pazifischen Ozean vor der Küste von Südchile ab. An Bord

befand sich die chinesische Sonde „Yinghuo-1, die einen Orbit um dem Mars einschlagen sollte.

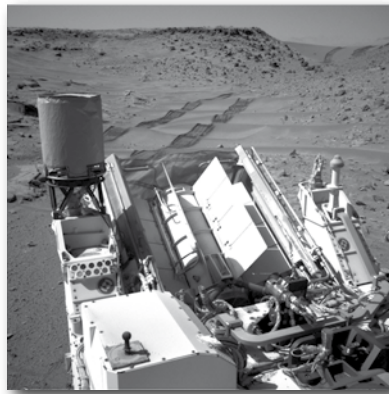
Seit dem 06.08.2012 ist der größte bisher erbaute Rover „Curiosity“ im Gale-Krater aktiv. Curiosity ist ein fahrbares Labor mit einem Gewicht von ca. 1 Tonne und mit zahlreichen Werkzeugen und Geräten ausgestattet, die für das Analysieren von Gesteins- und Bodenproben notwendig sind. Die bis jetzt ermittelten Resultate lassen darauf hoffen, den Beweis für Leben auf dem Mars zu finden. Bereits jetzt wurden zumindest die Zutaten für Leben festgestellt. Und die Ergebnisse der Forschungen bis zum heutigen Tage haben die Erkenntnis gebracht, dass der Mars in seinem früheren Stadium ein Planet mit flüssigem Wasser gewesen ist und sein Wasservorkommen in gefrorener Form unter der Oberfläche speichert.

Es sind zum Mars noch weitere Missionen geplant (NASA: „InSight“ 2016, NASA/ESA: „ExoMars“ ca. 2016 und „Mars Sample Return“ ca. 2020) oder bereits im November 2013 gestartet (NASA: „Maven“ und Indien: „MangalYaan“).

Raumsonden zu den äußeren Planeten

Nicht nur die inneren, sondern auch die äußeren Planeten gerieten bald ins Blickfeld der Raumfahrt. Doch es sollten mehr als 10 Jahre nach dem ersten Start der Mission zu den inneren Planeten vergehen, bis eine Sonde in Richtung der äußeren Planeten startete. Denn es gab hier ein Hindernis, das bisher noch nicht erforscht worden war: den Asteroidengürtel.

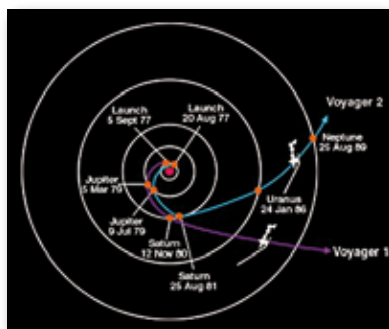
Als erste Sonde startete am 02.03.1972 „Pioneer 10 ins äußere Sonnensystem, erreichte im Februar 1973 den Asteroidengürtel und im November 1973 den



Rückblick von Curiosity auf seinen Weg durch die Sanddünen im Gale-Krater. Aufnahme datum: 19.02.2014. Quelle: NASA

Jupiter. Zum ersten Mal konnte der Jupiter und seine Struktur der Atmosphäre aus nächster Nähe betrachtet werden. Ein Jahr später erreichte „Pioneer 11“ den Jupiter und da auch sie den Asteroidengürtel unbeschadet durchflogen hatte, konnten die anderen Sonden unbesorgt auf den Weg gebracht werden. Durch eine besonders gute Konstellation war es möglich, eine der Sonden nacheinander zum Jupiter, zum Saturn, zum Uranus und zum Neptun zu bringen.

Der Start von „Voyager 2“ erfolgte am 20.08.1977 und von „Voyager 1“ am 05.09.1977. Die Flugbahn der Sonden war so gewählt, dass „Voyager 1“ den Jupiter am 06.01.1979 und „Voyager 2“ am 25.04.1979 erreichte. Mit dieser Flugbahn konnten die Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto von allen Seiten fotografiert werden. Danach ging die Reise zum Saturn weiter, den Voyager



1 im November 1980 und Voyager 2 im August 1981 erreichte.

Am Saturn trennten sich die Wege der beiden Sonden. Voyager 1 wurde um den Saturn gelenkt und begann ihre Reise in die Tiefe des Sonnensystems, während Voyager 2 den Uranus (24.01.1986) und Neptun (25.08.1989) besuchte und dabei fantastische Nahaufnahmen der beiden Planeten anfertigte. Bis zum heutigen Tag hat keine weitere Sonde diese Planeten besucht und es sind auch derzeit keine Flüge zu diesen Planeten vorgesehen. Die beiden Sonden sind heute noch funktionsfähig und nach den Aussagen der NASA sollen sie bis 2025 in Betrieb bleiben und Daten aus dem Raum jenseits der Bahn von Pluto zur Erde senden.

Mit „Galileo“ wurde die nächste Sonde in das äußere Sonnensystem geschickt. Ihr Ziel war der Jupiter, den sie von 1995 bis 2003 umkreiste und dabei eine Vielzahl von Bildern seiner Atmosphäre mit ihrer Struktur und seinen Monden Io, Europa, Ganymed und Kallisto



Bild oben: Die vier „galileischen“ Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto (v.o.n.u) mit dem Jupiter im Größenverhältnis, Fotomontage. Quelle: Wikipedia

Bild links: Die Flugbahnen von Voyager 1 und 2. Quelle: NASA

lieferte. Die Wissenschaft war von diesen Aufnahmen regelrecht begeistert, denn vor allem bei dem Mond Io konnte eine hohe vulkanische Aktivität beobachtet werden. Während des Abstiegs seines Landers und der 8-jährigen Mission konnte viele Daten gewonnen werden wie z. B. über den Aufbau der Atmosphäre, sein gewaltiges Magnetfeld und die Entdeckung zahlreicher neuer Monde. Mit einem gezielten Absturz in die Jupiteratmosphäre endete im Jahre 2003 die Mission.

Die nächste größere Mission zu einem Planeten war die Raumsonde Cassini mit ihrem Lander Huygens, eine Kooperation zwischen der NASA und der ESA. Cassini erreichte den Saturn am 01.07.2004 und der Lander Huygens setzte am 14.01.2005 auf der Oberfläche des Mondes Titan auf und sendete eine große Menge an Daten während seines Abstiegs durch die Atmosphäre und für eine Dauer von ca. 23 Minuten von der Oberfläche des Mondes. Die mit verschiedenen Instrumenten gewonnen Bilder von Titan zeigten viele Details der Atmosphäre und der Oberfläche, die in der Wissenschaft eine wahre Begeisterung auslöste. Cassini lieferte fantastische Bilder von vielen Saturnmonden. Da die Sonde in einem sehr guten Zustand, wurde die Mission vorläufig bis 2017 verlängert, über eine weitere Verlängerung wird 2017 entschieden werden.

Eine Raumsonde zum Pluto zu schicken, der ja immerhin bis August 2006 noch als Planet galt, war in den 60er und Anfang der 70er Jahre nicht denkbar. Zu weit weg und zu uninteressant wurde immer wieder argumentiert. Als jedoch 1978 der Mond Charon um Pluto entdeckt wurde, die Voyager – Raumsonden im Jahre



Saturn und seine größten Monde. Collage aus Bildern der Cassini-Sonde (NASA). Montage: AVSO

1979 die geologische Aktivitäten auf den vier galileischen Monde feststellten, war die Entdeckung der Plutoatmosphäre im Jahr 1988 ein weiterer Höhepunkt und so stand er plötzlich doch noch als mögliches Raumsondenziel zur Verfügung. Von der Planung bis zur Fertigstellung der Raumsonde, die den Namen „New Horizons“ erhielt, mussten viele Hindernisse überwunden werden. Der Start erfolgte am 19.01.2006, der Vorbeiflug am Jupiter fand am 28.02.2007 statt und im Juli 2015 wird New Horizons sein 1. Ziel erreichen und am Pluto und seinen Mond Charon vorbei fliegen. Die Wissenschaft ist schon



New Horizons beim Pluto (künstlerische Darstellung. Quelle: Wikipedia)

gespannt auf die Bilder, die uns die Oberflächen der beiden Körper deutlicher zeigen werden. Nach dem Vorbeiflug erhält die Mission den Namen „Kuiper-Belt-Exploration“ und soll nach derzeitigem Kenntnisstand bis ins Jahr 2026 andauern.

Am 05.08.2011 startete die Raumsonde Juno zu ihrem Flug zum Jupiter, den sie im voraussichtlich im August 2016 erreichen wird. Sie ist die erste Raumsonde die ihre Energie nicht aus RTG's sondern aus ca. 18.600 Solarzellen bezieht. Juno ist vorläufig die letzte Raumsonde, die in das äußere Sonnensystem unterwegs ist. Andere Raumsonden sind zwar in Planung, aber bis die finanziellen Mittel bereitgestellt werden, vergehen sicherlich noch ein paar Jahre.

Flüge zu Kometen und Asteroiden

Nicht nur die Planeten im inneren und äußeren Sonnensystem sind für die Raumfahrt interessante Objekte, sondern auch die kleineren Körper, die ihre Bahn

um die Sonne ziehen. Dies sind zum einen die Asteroiden, die sich zwischen Mars und Jupiter bewegen und die Kometen, die in den meisten Fällen nur einmal auftauchen und dann nie wieder gesehen werden. Eine Ausnahme

ist der Komet Halley, der alle 76 Jahre in die Nähe der Erde kommt und dann sichtbar wird.

In der folgenden Tabelle möchte ich Ihnen einen Überblick über die abgeschlossenen, laufenden und zukünftigen Missionen zu

Kometen und Asteroiden geben und welche Ergebnisse die Flüge brachten oder bringen sollen. Manche der Raumsonden hatten noch andere Aufgaben zu erfüllen, auf die ich nicht näher eingehen möchte.

Nr.	Mission	Startdatum	Organisation/ Land	Ergebnisse
1	ISEE-3/ICE	12.08.1978	NASA (USA)	Komet Giacobini-Zinner : Vorbeiflug am 11.09.1985 (Abstand: 7.800 km) Komet Halley: Vorbeiflug im März 1986 (Abstand: 31 Millionen km)
2	Vega 1	15.12.1984	Sowjetunion	Kometen Halley: Vorbeiflug am 06.03.1986 (Abstand: 8.890 km)
3	Vega 2	21.12.1984	Sowjetunion	Kometen Halley: Vorbeiflug am 09.03.1986 (Abstand: 8.890 km)
4	Sakigake	08.01.1985	Japan	Kometen Halley: Vorbeiflug am 11.03.1986 (Abstand: 7 Millionen km)
5	Giotto	02.07.1985	ESA (Europa)	Kometen Halley: Vorbeiflug am 14.03.1986 (Abstand: 596 km) Komet Grigg-Skjellerup: Vorbeiflug am 10.07.1992 (Abstand: 200 km)
6	Suisei	15.08.1985	Japan	Komet Halley: Vorbeiflug am 08.03.1986 (Abstand: 151.000 km)
7	Galileo	18.10.1989	NASA (USA)	Asteroid Gaspra: Vorbeiflug am 29.10.1991 (Abstand: 1.601 km) Asteroid Ida: Vorbeiflug am 28.08.1993 (Abstand: 2.400 km)
8	Clementine	25.01.1994	NASA (USA)	Ziel: Asteroid Geograph. Start sollte am 07.05.1994 aus der Mondumlaufbahn erfolgen, durch Computerfehler kam es zum Fehlstart, Ziel wurde nicht erreicht
9	NEAR Shoemaker	17.02.1996	NASA (USA)	Asteroid (253) Mathilde: Vorbeiflug am 27.10.1997 Asteroid Eros: Orbit am 14.02.2000 begonnen, Landung am 12.02.2001
10	Deep Space I	24.10.1998	NASA (USA)	Asteroid (9969) Braille: Vorbeiflug am 29.07.1999 (Abstand: 26 km); nur wenige Bilder aus großer Entfernung, da Kamera falsch ausgerichtet war
11	Stardust	07.02.1999	NASA (USA)	Asteroid Anne Frank: Vorbeiflug am 02.11.2002 (Abstand 3.300 km) Komet Wild 2: Vorbeiflug am 02.01.2004 (Abstand: 240 km), sammeln von Kometen-material in einer Kapsel, die am 15.01.2006 auf der Erde landete Komet Tempel 1: Vorbeiflug am 14.02.2011 und Aufnahme des Kraters, der vom Einschlag des Impactors von Deep Impact stammte
12	CONTOUR	03.07.2002	NASA (USA)	Ziel: Vorbeiflug an den Kometen Encke, Schwassmann-Wachmann und 6P/d'Arrest Sonde zerbrach kurz nach dem Start in mehrere Teile
13	Hayabusa I	09.05.2003	Japan	Asteroid Itokawa: Landung am 12.09.2005, erste Sonde die Bodenproben nahm, Rückflug wegen technischer Probleme erst 3 Jahre später Eintritt in Erdatmosphäre am 13.06.2010 und Landung der Kapsel in Australien
14	Rosetta	02.03.2004	ESA (Europa)	Ziel: Komet 67P/ Churyumov-Gerasimenko und Untersuchung des Kometenkerns mit insgesamt 21 Instrumenten Start: 02.03.2004 Vorbeiflüge: Erde: am 04.03.2005, 13.11.2007 und 13.11.2009 Mars: 25.02.2007 Asteroid Steins: 05.09.2008 (Aufnahme v. Bildern) Asteroid Lutetia: 10.07.2010 (Aufnahme v. Bildern) Beginn Ruhephase: 08.06.2011 Ende Ruhephase Rosetta: 20.01.2014

				Ende Ruhephase Philae (Lander): 26.03.2014 Eintritt Umlaufbahn: Mai 2014 Kartierung der Oberfläche: August 2014 Landung Philae: 11.11.2014 Periheldurchgang: August 2015 Ende der Mission: Dezember 2015
15	Deep Impact	12.01.2005	NASA (USA)	Ziel: Komet Tempel 1 und abfeuern eines Projektils, dass einen Krater in den Kometen sprengen soll um das Material zu untersuchen Komet Tempel 1: erreicht im Juni 2005 Einschlag Projektil: am 04.07.2005 Komet 103P/Harley: Vorbeiflug am 04.11.2010 (Abstand: 700 km) Komet Ison: Vorbeiflug im Februar 2013
16	Dawn	27.09.2007	NASA (USA)	Ziel: Der Asteroid Vesta und der Zwergplanet Ceres Mars: Vorbeiflug am 17.02.2009 Asteroid Vesta: Orbit ab 16.07. 2011 (Höhe minimal 200 km), Weiterflug zu Ceres am 05.09.2012 Zwergplanet Ceres: Ankunft voraussichtlich Februar 2015, Ende der Mission voraussichtlich Juli 2015
17	Chang'e-2	01.10.2010	China	Asteroid (4179) Toutatis: Vorbeiflug am 13.12.2012 (Abstand: 3,2 km)
18	Hayabusa 2	2014	Japan	Ziel: Asteroid 1999 JU3 mit Landung auf Oberfläche Ankunft: voraussichtlich 2018 Dauer der Mission: voraussichtlich 1 Jahr Rückkehr zur Erde: voraussichtlich 2020
19	OSIRIS-REx	2016	NASA (USA)	Ziel: Asteroid (101955) Bennu, mit Landung auf der Oberfläche und Rückkehr zur Erde
20	Don Quijote	2016	ESA (Europa)	Ziel: Wegbereiter für die Ablenkung der Flugbahn eines Asteroiden oder anderer erdnaheer Objekte. Soll aus zwei Sonden (Sancho und Hidalgo) bestehen. Aufgabe Hidalgo: Einschlag auf das Objekt Aufgabe Sancho: Orbit um das Objekt, Beobachtung des Einschlags und danach die genaue Lage, Richtung, Rotation, Flugbahn und Geschwindigkeit zu ermitteln um eine Abweichung festzustellen. Bestimmung der Zusammensetzung der Oberfläche aus dem Auswurfmaterial

Rechts: Landung von Philae auf dem Kometen Tschurjumow-Gerasimenko (künstlerische Darstellung). Quelle: DLR / ESA

Wenn die Mission Rosetta (s. Tabelle Nr. 14) Erfolg hat, werden wir viel mehr über die Kometen und die Geschichte des Sonnensystems erfahren.

Katastrophen der Raumfahrt

Die Raumfahrt hatte in ihrer Geschichte aber nicht nur Erfolge zu verzeichnen, sondern musste auch Rückschläge hinnehmen. Das erste Opfer war Max Valier, der durch eine Explosion bei dem Probelauf einer Rakete am 17. Mai 1930 ums Leben kam. Auch die unzähligen Menschen, die



während ihrer Zwangsarbeit zum deutschen Raketenprogramm ihre Leben ließen, sollen hier nicht unerwähnt bleiben.

In der nachfolgenden Tabelle sind Katastrophen aufgeführt, die

die Raumfahrt direkt betreffen oder im Zusammenhang mit der Raumfahrt stehen und bei denen Menschen verletzt, getötet oder beinahe ums Leben gekommen sind. Die Tabelle erhebt keinen

Anspruch auf Vollständigkeit, da Katastrophen in der ehemaligen Sowjetunion und in China von den Regierenden verschwiegen bzw. der Öffentlichkeit nur ungenügende Angaben bekannt wurden.

Nr.	Datum	Land	Ereignis
1	24.10.1960	Sowjetunion	Rakete explodiert vor dem Start, 106 Menschen sterben.
2	22.03.1961	Sowjetunion	Der Kosmonaut Walentin Wassiljewitsch Bondarenko stirbt an seinen schweren Verbrennungen, die er sich beim Brand in der Übungskapsel zuzieht.
3	18.03.1965	Sowjetunion	Der erste Ausstieg von Alexej Leonow ins All endet beinahe tödlich. Erst nach 8 Minuten gelang ihm die Rückkehr in die Kapsel. Die Öffentlichkeit erfuhr davon erst 20 Jahre später.
4	14.12.1966	Sowjetunion	Während des Enttankens zündet der Rettungsturm und die Rakete explodiert. Mindestens eine Person kommt ums Leben.
5	27.01.1967	USA	An Bord von Apollo 1 verbrennen 3 Astronauten während einer Startsimulation.
6	24.04.1967	Sowjetunion	Durch Probleme mit den Fallschirmen stürzt die Landekapsel von Sojus 1 ab und der Kosmonaut Wladimir Komarow stirbt beim Aufprall.
7	15.11.1967	USA	Eine X-15A zerbricht beim Wiedereintritt in die Atmosphäre, dabei kommt der Pilot Michael Adams ums Leben.
8	03.07.1969	Sowjetunion	Beim Start explodiert die N1 (das Gegenstück zur Saturn V) und zerstört den gesamten Startkomplex. Wie viele Menschen ums Leben kamen, ist nicht bekannt.
9	14.03.1970	USA	55 Stunden nach dem Start von Apollo 13 explodiert ein Sauerstofftank. Die vorge-sehen Mondlandung kann nicht durchgeführt werden, die drei Astronauten können unverseht zur Erde zurückkehren. Daraus entsteht 1995 ein Film.
10	29.06.1971	Sowjetunion	Durch die zu frühe Öffnung eines Frischluftventils (Kapsel befand sich noch im All) ersticken drei Kosmonauten Georg Dobrowolski, Viktor Pazajew und Wladislaw Wolkow.
11	26.06.1973	Sowjetunion	Auf der Startrampe in Plezsek explodiert eine startklare Kosmos-3M-Rakete, dabei kommen neun Personen ums Leben.
12	05.04.1975	Sowjetunion	Bei einer Sojus-18-1-Mission versagt die Trennung der dritten Stufe und die Kosmonauten, obwohl durch das normale Landesystem gerettet, erleiden innere Verletzungen.
13	18.03.1980	Sowjetunion	Auf der Startrampe in Plezsek explodiert während des Tankvorganges eine Wostok-2M-Rakete, dabei sterben 48 Personen.
14	26.09.1983	Sowjetunion	Die Trägerrakete von Sojus T-10-1 gerät während des Starts in Brand und explodiert. Durch das automatische Rettungssystem wird das Raumschiff von der Kapsel gesprengt und die drei Kosmonauten bleiben unverletzt.
15	28.01.1986	USA	Exakt 73 Sekunden nach dem Start explodiert die Raumfähre Challenger und die sieben Astronauten (Dick Scobee, Michael Smith, Ronald McNair, Ellison Onizuka, Judith Resnik, Gregory Jarvis und Christa McAuliffe) sterben. Ein schwerer Schlag für die Raumfahrt.
16	25.01.1995	China	Kurz nach dem Start stürzt eine Trägerrakete vom Typ CZ-2E ab und stürzt ab. Durch Trümmer sterben 20 Bewohner eines Dorfes.
17	15.02.1996	China	Kurz nach dem Start weicht eine Trägerrakete vom Typ CZ-3B vom Kurs ab und schlägt nahezu vollbetankt nur wenige Kilometer vom Startplatz in ein Dorf ein und explodiert. Der Absturzort wird hermetisch abgeriegelt und Medien sowie westliche Experten werden nicht an den Unfallort gelassen. Die chinesische Führung spricht offiziell von 6 Toten und 57 Verletzten, doch inoffizielle Stellen sprechen von ca. 500 Toten.
18	15.10.2002	Sowjetunion	Sekunden nach dem Start stürzt eine Sojus-U-Rakete zurück auf die Startrampe und explodiert. Durch die Druckwelle wird im benachbarten Gebäude ein Soldat getötet.
19	01.02.2003	USA	Beim Eintritt in die Atmosphäre wird die Raumfähre Columbia zerstört und sieben Astronauten (Rick Husband, William C. McCool, Michael P. Anderson, David M. Brown, Kalpana Chawla, Laurel Clark und Ilan Roman) sterben.
20	22.08.2003	Brasilien	Bei den Startvorbereitungen explodiert eine brasilianische Trägerrakete, dabei sterben 21 Techniker.



Die Explosion der Raumfähre Challenger am 28.01.1986. Quelle: NASA

Raumstationen

Bereits seit Beginn der Raumfahrt war es für die Menschheit ein großer Traum in einer Raumstation über der Erde zu schweben und von dort Reisen in das Sonnensystem bzw. ins weite Universum zu beginnen. Es gab Überlegungen zu riesigen Raumstationen, deren äußerer Ring sich um eine starre Mittelteil dreht, um so die Schwerkraft der Erde beizubehalten.



Eine Raumstation als Zukunftsvision. Quelle: Wikipedia

halten. Aber es sollte noch eine lange Zeitspanne dauern, bis die erste Raumstation Wirklichkeit wurde. Einfacher hatten es hier die Autoren von Science Fiction Bücher oder Romanen, die eine Raumstation in ihrer Fantasie entstehen lassen konnten.

Es gab in der Sowjetunion einen Rüstungs- und Raumfahrtkonzern, der 1955 als OKB-52 Tschemolei gegründet wurde und maßgeblich an der Entwicklung der Raumfahrt in der damaligen Sowjetunion beteiligt war. Doch wie in der Sowjetunion üblich, wurden nach Machtwechsel die Karten neu gemischt und das Unternehmen 1966 in ZKMB (Zentrales Konstruktionsbüro für Maschinenbau) und 1983 in NPO Masch (NPO Maschinostrojena) umbenannt. Von 1955 bis 1983 leitete Wladimir Tschemolei das Unternehmen, von 1983 bis 2007 sein Stellvertreter Herbert Jefremow und ab 2007 Aleksandr Leonow. Am 28.02.2007 wurde NPO Masch der staatseigenen Holding-Gesellschaft OAO (Wojenno-promyschlennaja-korporazija Nautschno-proiswodstwennoje obedinenije maschinostrojenija) unterstellt. Neben der Entwicklung und dem Bau von Trägerraketen war OKB-52 bzw.

ZKMB 1964 mit der Planung einer Raumstation für militärische Zwecke beauftragt worden, die den Codenamen „Almaz“ erhielt. Da der zeitliche Ablauf für die Realisierung zu lang erschien, wurde parallel dazu eine zivile Station geplant, die dann dem Namen „Saljut 1“ erhielt. Die Sowjetunion war im Bau von Raumstationen den Amerikanern weit voraus.

Eine große Herausforderung war der Betrieb und die Versorgung der bemannten Raumstationen. Die Systeme für Wasser und Luft mussten, um weitgehend autark arbeiten zu können, einen geschlossenen Kreislauf besitzen. Für die Versorgung wurden entsprechenden Trägerraketen entwickelt, die entweder bemannt oder unbemannt an die Stationen ankoppelten. Später wurden zusätzlich die Space Shuttles für die Versorgung der Raumstationen eingesetzt. Mit Hilfe von Korrekturdüsen und den Versorgungsfahrzeugen werden die Stationen auch wieder in höhere Umlaufbahnen befördert, da sie von der dünnen Atmosphäre in ca. 300 km Höhe abgebremst werden und so die Gefahr besteht, dass sie so tief absinken, dass sie in der Erdatmosphäre verglühen.

Name	Start	Absturz	Anzahl Teams	Besetzte Tage	Masse in kg	Bemerkungen
Saljut 1	19.04.1971	11.10.1971	1	24	18.500	Alle drei Besatzungsmitglieder starben auf dem Rückflug beim Wiedereintritt
Saljut 2	03.04.1973	28.05.1973	0	0	18.500	Druckverlust und Instrumentenausfall führten zu einem vorzeitigem Absturz der Station
Kosmos 557	11.05.1973	22.05.1973	0	0	19.400	Erreichte keinen stabilen Orbit
Skylab	14.05.1973	11.07.1979	3	171	77.088	Bisher einzige amerikanische Station
Saljut 3	14.06.1974	24.01.1975	1	15	18.500	
Saljut 4	26.12.1974	02.02.1977	2	92	18.500	
Saljut 5	22.06.1976	08.08.1977	2	67	19.000	
Saljut 6	29.09.1977	29.07.1982	6	683	19.284	Erste wiederauftankbare Station
Saljut 7	19.04.1982	07.02.1991	5	816	18.900	

Mir	19.02.1986	23.03.2001	28	4.594	124.340	Wissenschaftlich sehr erfolgreiche Station
ISS	20.11.1998	Geplant 2024, spätestens 2028	Bisher 40	4.949*	303.663	Unter internationaler Kooperation, es fehlen noch vier russische Module (Nauka, zwei Science Power Module und ein kleines Kopplungsmodul) und das amerikanische Modul BEAM
Tiangong 1	29.09.2011	Frühestens 2014	Bisher 2	21*	8.506	Bisher einzige chinesische Station

* Stand vom 22.05.2014

Die ISS ist bis jetzt die erfolgreichste Raumstation. Die Chinesen planen noch zwei weitere Stationen (Tiangong 2 und Tiangong 3), die zwischen 2014 und 2016 folgen sollen.

Um die Gefahr eines Absturzes für zukünftige Raumstationen zu verringern, wird überlegt, diese in einem der Lagrange – Punkte des Erde – Mond – Systems (Lagrange – Punkte L4 und L5) zu stationieren. Dies würde einen wesentlichen stabileren Orbit und damit einen geringeren Treibstoffverbrauch bedeuten. Da jedoch die kosmische Strahlung dort wesentlich intensiver ist (der Schutz durch das Erdmagnetfeld fehlt), müssten besondere Strahlenschutzmaßnahmen ergriffen werden.

Die Zukunft der Raumfahrt

Die Anzahl der Nationen, die aktive Raumfahrt betreiben, hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Neben den Raumfahrtgiganten USA und Sowjetunion (jetzt Russland) und der ESA sind China, Japan und Indien zu raumfahrenden Nationen aufgestiegen. Am Anfang bedienten sie sich noch der Raketen der führenden Raumfahrnationen, doch es dauerte nicht lange und sie entwickelten eigene Träger- raketen mit den dazugehörigen Startzentren. Japan und Indien schickten Raumsonden zu Venus und Mars, China gelang es sogar, eine eigene Raumstation in einen



Raumstation ISS am 07.03.2011 vom Space Shuttle Discovery aus. Quelle: Wikipedia

stabilen Orbit zu bringen und dort mit ihren Taikonauten (das Gegenstück zu den Astronauten (USA) und Kosmonauten (Sowjetunion)) zu besetzen.

Die chinesischen Sonden Chang'e-1 und Chang'e-2 umkreisten den Mond und Chang'e-3 landete am 14.12.2013 erfolgreich auf dem Mond. Als Landegebiet wurde ein Gebiet ca. 250 km östlich des Sinus Iridum im Mare Imbrium gewählt. An Bord von Chang'e-3 befand sich ein Rover mit dem Namen „Yutu“ (auf deutsch „Jadehase“), der auf dem Mond mit einem entsprechend Messgerät die prozentuale chemische Zusammensetzung von Gesteinen und Mond-Regolith bestimmen soll. Um die Daten der Sonde und dem Rover übertragen zu können, arbeitet China eng mit der ESA zusammen, die ihre welt-

weite Infrastruktur zum Empfang der Funksignale zur Verfügung stellt. Die Messungen begannen am 25.12.2013 und die Mission verlief bis zum 25.01.2014 erfolgreich. Die chinesische Raumfahrtbehörde teilte am 27.01.2014 mit, dass es beim Rover Probleme mit dem Antrieb gibt und er eventuell abgeschaltet werden muss. Nach dem Ende der Mondnacht (10.02.2014) war die chinesische Raumfahrtbehörde zuversichtlich, den Rover wieder in Gang setzen zu können. Und nach der dritten Mondnacht (10.03.2014) hatte sich Yutu tatsächlich wieder zurückgemeldet und konnte seine Arbeit fortsetzen. Yutu hat auf dem Mond eine Strecke von ca. 100 – 110 m zurückgelegt und dabei seine Messungen durchgeführt. Nach der Auswertung der Daten wurde bekannt gegeben, dass sein

bodendurchdringendes Radar eine zwei bis drei Meter dicke Regolithschicht, gefolgt von einer 41 – 46 Meter dicken Basaltschicht mit auffallend viel Titanoxid festgestellt hat. Unter der ersten Basaltschicht wurde eine zweite Basaltschicht (Messbereich des Gerätes reicht bis ca. 140 Meter Tiefe) mit anderer Zusammensetzung gefunden. Das Messgerät hatte nachweislich die Elemente Magnesium, Aluminium, Silicium, Kalium und Calcium sowie einige Spurenstoffe gemessen.

Nun ist der Mond nach langen Jahren wieder in das Blickfeld der Raumfahrt getreten und es beginnt erneut ein Wettlauf zum Mond. China plant die nächste Mission mit Chang'e-4, die der Mission Chang'e-3 ähnelt und danach soll mit Chang'e-5 der Versuch unternommen werden Mondproben zur Erde zurückzuführen. Das schaff-

ten bisher nur die unbemannt Sonden der Sowjetunion Luna 16, 20 und 24. Wenn diese Mission erfolgreich verläuft, wäre es für China ein enormer technischer und politischer Erfolg.

Die Amerikaner wollen mit ihrem Orion – Programm ebenfalls wieder auf dem Mond landen, hier gilt es abzuwarten, ob die Finanzierung durch den Kongress genehmigt wird. Ein weiteres Ziel wird in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten der bemannte Flug zum Mars sein. Nach Einschätzung vieler Experten bedarf es der persönlichen Anwesenheit von menschlichen Experten, um fantasievoll und kreativ auf dem Mars zu forschen. Unbemannte Missionen, wie sie zur Zeit durchgeführt werden, sind der Garant für eine erfolgreiche Mission. Doch werden die Mittel für einen Marsflug bereitgestellt werden? Denn nach-

dem Ende 2001 der langjährige NASA-Chef und Mars-Fan Daniel Goldin von seinem Amt zurücktrat und außerdem der NASA weitere Sparmaßnahmen ins Haus stehen, haben die Pläne für den Flug zum Mars einen Dämpfer erhalten.

Sind wir allein im Universum? – Die Antwort finden wir vielleicht auf unserem roten Nachbarplaneten. Technisch wäre der Flug zum Mars möglich. Aber können (oder wollen) wir ihn uns auch leisten?

Ob unsere Zukunft wie das folgende Bild aussieht, wird ganz von der Menschheit abhängen. Die hat es in ihrer Hand, ein friedliches Miteinander auf unserem Planeten zu gewährleisten und mit vollem Forscherdrang die Raumfahrt noch weiter zu entwickeln und eines Tages den Flug zu den Planeten im Sonnensystem oder gar zu anderen Sternen zu ermöglichen. ■



Gigantische Raumschiffe als Zukunftsvision. Quelle: Wikipedia

Dieter Berghofer - Freund und Wegbegleiter

AVSO trauert um Ehrenmitglied

von Wolfgang Forth

Nach schwerer Krankheit verstarb unser Ehrenmitglied Dieter Berghofer am 02.09.2014. Mit ihm verlieren wir einen guten Freund und Wegbegleiter.

Seit 1969 Mitglied, übernahm er 1971 in einer schwierigen Zeit in Nachfolge des früh verstorbenen Hermann Speidel das Amt des ersten Vorsitzenden. Er setzte die begonnene Aufbauarbeit weiter fort. So konnte 1972 ein neues 30-cm-Spiegelteleskop in Betrieb genommen werden.

Mit seinen vielen Vorträgen und unter maßgeblicher Leitung diverser astronomischen Ferienkurse für das Jugendherbergswerk, hatte er die Jugend- und Erwachsenenbildung stark geprägt.

Für den Aufbau einer erfolgreichen Jugendarbeit konnte Dieter Berghofer 1973 stellvertretend für die Sternwarte die Kopernikus-Plakette, verliehen vom Deutschen Jugendherbergswerk, entgegennehmen.

Sein umfangreiches Wissen teilte er in vielen Artikeln in unserer Vereinszeitschrift.



Dieter Berghofer

***16.08.1940 + 02.09.2014**

15 Jahre lang führte Dieter Berghofer erfolgreich die Allgäuer Volkssternwarte und übergab 1986, inzwischen beruflich in Stuttgart tätig, das Amt an Helmut Ziegler.

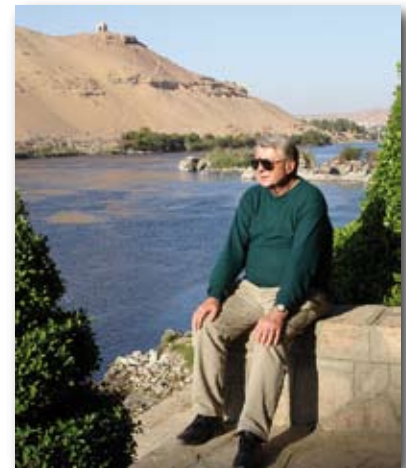
In Würdigung seiner Verdienste wurde ihm 1986 die Ehrenmitgliedschaft der Allgäuer Volkssternwarte verliehen.

Als Ehrenmitglied nahm Dieter bis zuletzt regen Anteil an den Belangen und Veranstaltungen

der Sternwarte und besuchte die Veranstaltungen so oft ihn sein Weg nach Memmingen zu seinem Vater führte, der nur wenige Wochen vor ihm verstarb.

Seiner Frau Ingeborg und seiner Familie drücken wir unser tiefes Beileid aus. Wir werden ihn stets in dankbarer Erinnerung behalten.

*Die Vorstandschaft,
alle aktiven Mitglieder
und Freunde der
Allgäuer Volkssternwarte.*



2006: Am Nil in Ägypten



1977: Dieter mit Reinald Scheule (rechts) und Heinz Forth (links)



Als Vorsitzender bei der Jahreshauptversammlung 1985



2009: Dieter wird für 40-jährige Mitgliedschaft geehrt.



Leonhard Berghofer

***05.11.1911 + 31.05.2014**

Die Allgäuer Volkssternwarte Ottobeuren verliert mit Leonhard Berghofer ihr ältestes Mitglied.

Seit 25 Jahren im Verein, verfolgte er die Entwicklung der Sternwarte doch bereits seit den 1970er Jahren, als sein Sohn Dieter den Vorsitz übernahm.

Auch im hohen Alter nahm er noch regen Anteil am Vereinsgeschehen und las auch regelmäßig den Astro-Amateur.

Wir werden ihn stets in dankbarer Erinnerung behalten.



Peter Rohner-Hutter

***21.10.1945 + 08.10.2014**

Mit Peter Rohner verband uns seit mehreren Jahrzehnten eine Freundschaft, seit wir in Kontakt mit der SAG Rheintal kamen, einem astronomischen Verein in schweizerischen Rheintal.

Peter war dort viele Jahre im Vorstand des Vereins tätig. Zusammen mit seiner Frau Vrony besuchte er oft unsere Sternwarte und nahm regelmäßig an unseren Vereinsausflügen und Weihnachtsfeiern teil.

Der Familie Rohner gilt unser herzliches Beileid.

Das Gestern ist nichts anderes als die Erinnerung von Heute und das Morgen der Traum von heute. Ist nicht die Zeit wie die Liebe, ungeteilt und ungezügelt? Lasst das Heute die Vergangenheit mit Erinnerung umschlingen und die Zukunft mit Sehnsucht.

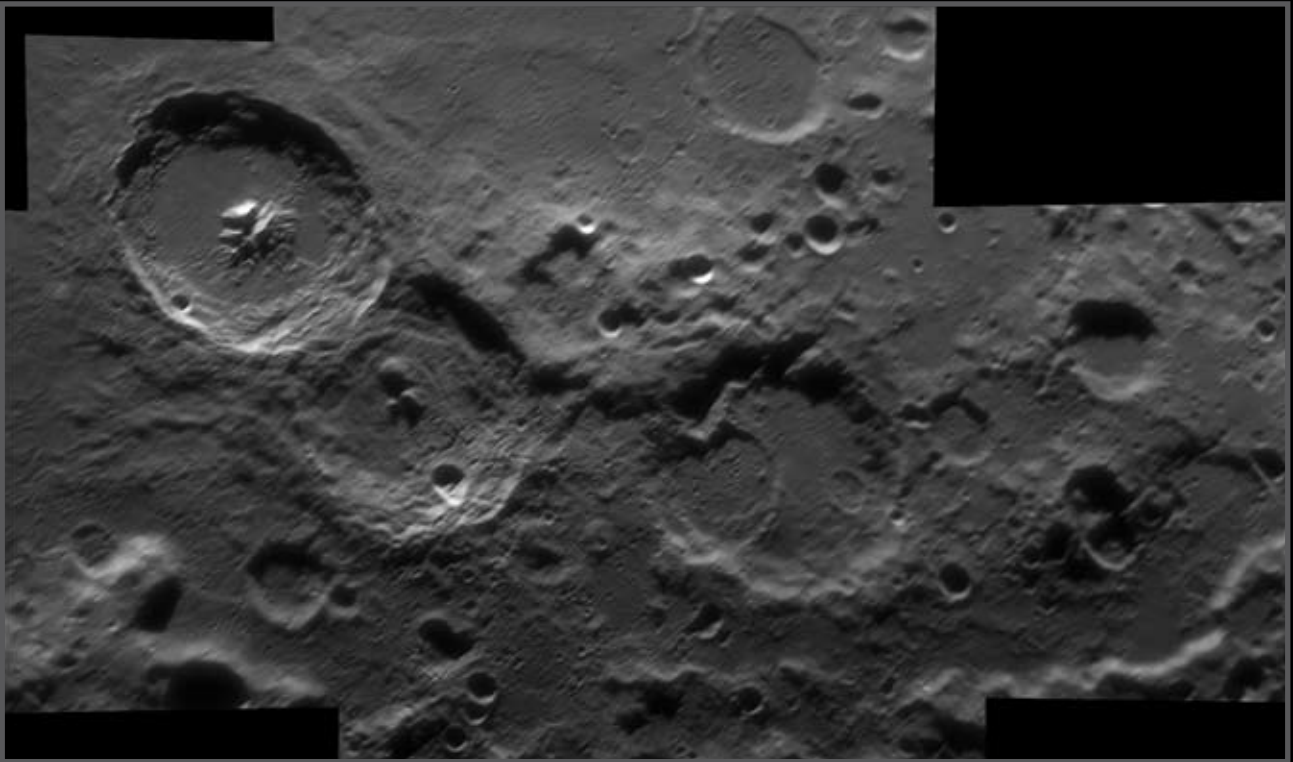
*Khalil Gibran (1883 - 1931),
christlich-libanesischer Dichter, Philosoph und Maler,
emigrierte in jungen Jahren in die USA,
sein Lebenswerk galt der Versöhnung
der westlichen und arabischen Welt*



„Heart & Soul“ Nebel (Sternbild Cassiopeia). Aufnahme: Timm Kasper, Ottobeuren

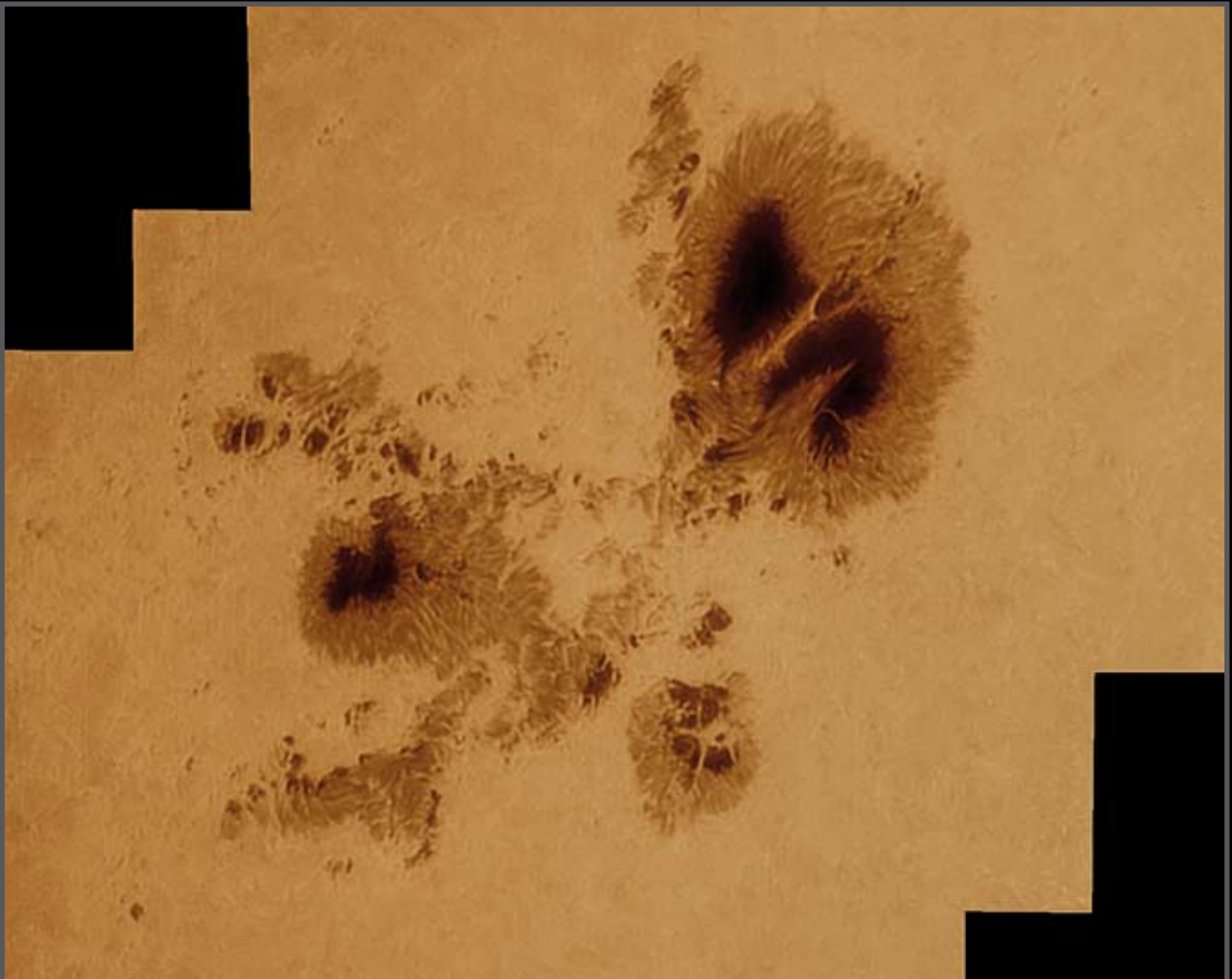
Lagunennebel M 8 (Sternbild Schütze). Aufnahme: Timm Kasper / Kriptib Astrofarm, Namibia





Mondkrater Theophilus (links oben) und Cyrillus. Mosaik aus 5 Einzelbildern. Aufnahme: Timm Kasper, AVSO

Großer Sonnenfleck. Mosaik aus 3 Einzelbildern. Aufnahme: Timm Kasper, AVSO





Blick vom Zirleseck nach Schattwald/Tannheimer Tal. Aufnahme: Alexander Socher

Sternbild Orion über dem Gaishorn/Allgäuer Alpen. Aufnahme: Alexander Socher





„Barnard's Loop“ (Sternbild Orion). Aufnahme: Timm Kasper, Ottobeuren

Komet Lovejoy mit Andromeda Galaxie M 31. Aufnahme: Timm Kasper, Ottobeuren



Der Urknall

von Dr. Lars Hoppe

Welche der folgenden Aussagen spricht Sie mehr an?

Verblüffend: Das Universum begann mit einer Explosion!

oder:

Mehrfach überprüfte experimentelle Belege lassen auf einen hochenergetischen Zustand des sichtbaren Universums vor 13,72 Milliarden Jahren schließen.

Wie auch bei mir ist es wohl die erste, oder? Dabei ist sie leider schlecht recherchierter Krawall-Journalismus und führt zu ganz falschen Vorstellungen vom Urknall. Die zweite hingegen ist zwar vorsichtig und damit journalistisch gesehen langweilig formuliert, hinter ihr stehen aber überraschende Beobachtungen und verblüffende Schlußfolgerungen. Sie erzählt die spannende Geschichte von der Erkenntnis, dass das Universum nicht unveränderlich ist.

Wie, das Universum ist nicht unveränderlich? Das widerspricht doch unseren alltäglichen Erfahrungen, allem, was wir sehen und erfahren können: Stehen die Sterne nicht unveränderlich am Himmel? Zieht die Sonne nicht Jahr für Jahr seit undenklichen Zeiten dieselbe Bahn? Und wenn das Universum nicht unveränderlich ist, hat es dann Anfang und Ende?

Am Ende dieses Textes werden Sie diejenigen astronomischen Beobachtungen und deren Analyse kennen, die zur Annahme eines Urknalles führten und die diese Theorie experimentell bis ziemlich weit an den Anfang heran belegen, nämlich immerhin bis $0,0000000001\text{s}$ (10^{-10}s) nach dem Beginn. Hoffentlich haben sich dann auch einige populäre Irrtümer ausräumen und ein klareres

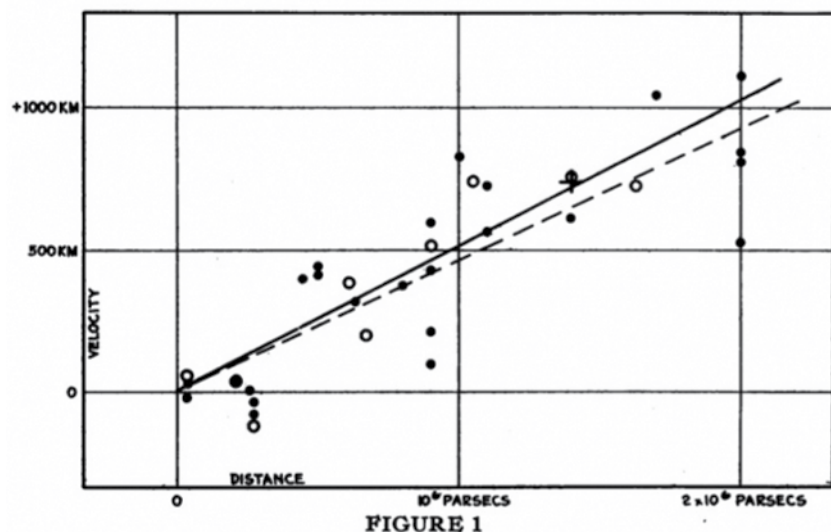
Verständnis der wissenschaftlichen Hintergründe erreichen lassen, ich würde mich freuen.

Wie schon Heinz Forth in seinem sehr lesenswerten Artikel berichtet, waren erst Anfang des 20. Jahrhunderts die apparativen Voraussetzungen geschaffen und genug Wissen angehäuft, um überhaupt Beobachtungen machen zu können, die mit der Frage der Unveränderlichkeit des Universums verbunden sind. Dabei hat sich besonders ein Astronom hervorgetan: Edwin Powell Hubble. Für ihn völlig überraschend beobachtete er, dass sich alle Galaxien von uns wegbewegen und zwar umso schneller, je weiter sie weg sind und unabhängig davon, in welche Richtung er blickte (Abb.1).

Abb. 1 zeigt die 1929 erfolgte Originalveröffentlichung der Beobachtungen von Edwin Hubble und Milton Humason, wobei die Galaxien als Punkte und offene Kreise dargestellt sind. Die waagerechte x-Achse gibt die Entfernung

der Galaxien zu uns in 10^6 Parsecs (Pc) an, das ist: $10^6\text{ Pc} = 3,46$ Millionen Lichtjahre ≈ 33 Trillionen $\text{km} = 33.000.000.000.000.000\text{ km}$. Die senkrechte y-Achse gibt die Geschwindigkeit einer Galaxie in km/s an. Man erkennt leicht, dass je weiter rechts sich eine Galaxie befindet, sie auch umso höher auf der y-Achse liegt. Andersherum formuliert: je weiter eine Galaxie von uns entfernt ist, desto schneller bewegt sie sich auch von uns weg. Hubble hatte erwartet, dass sich einige Galaxien auf uns zu und andere von uns wegbewegen und sich davon wiederum einige schneller und andere langsamer bewegen. Es hätte also keine Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Entfernung geben dürfen, er hatte eigentlich eine „Punktelwolke“ ohne Vorzugsrichtung erwartet.

Hier ist nun Bedarf für einen Einschub, bevor wir zur Bedeutung dieser Beobachtung kommen. Der Einschub ist folgender: Wie stellt



Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

Abb. 1: Diagramm von Edwin Hubble für Galaxien bis 2MPc, 1929, Quelle: Wikipedia

man eigentlich die Entfernung von etwas fest, was unvorstellbare 33 Trillionen Kilometer von einem entfernt und nichts anderes als ein nebliges Fleckchen am Himmel ist? Und wie stellt man dann auch noch fest, wie schnell und wohin sich dieses Fleckchen bewegt, obwohl es doch während der Lebenszeit eines Astronomen unveränderlich auf derselben Stelle am Himmel bleibt?

hat die Astronomie heute zur Verfügung, nämlich die als Supernova Ia bezeichnete Explosion eines Sterns. Mit dieser Laterne wurden in neuerer Zeit über 1.350 Galaxien vermessen und die von Hubble gemachte Beobachtung bis in 50 mal weitere Entfernungen bestätigt, nämlich bis in Entfernungen von rund 100 Mpc. Wer übrigens mehr über die unterschiedlichen Supernova-Typen und deren Abläufe

über alle Wellenlängen vorhandenen elektromagnetischen Strahlung (Abb.2): Beispielsweise liegt unterhalb des sichtbaren Blauviolett die kürzerwellige UV-Strahlung, oberhalb des sichtbaren Roten bei etwa 675 nm das längerwellige Infrarote, das wir als Wärmestrahlung wahrnehmen können. Zu jeder Wellenlänge gehört eine bestimmte Frequenz und eine bestimmte

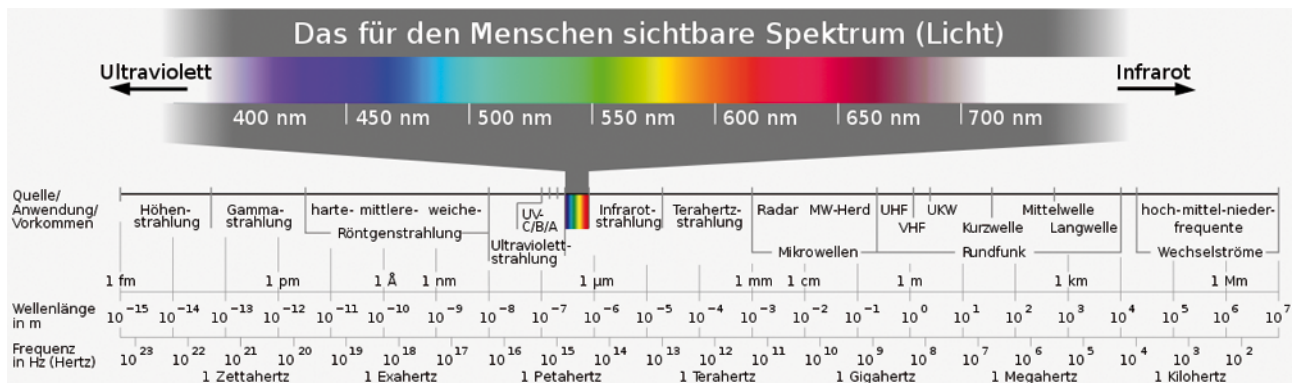


Abbildung 2: Elektromagnetisches Spektrum; Quelle: Wikipedia

Dazu mussten Hubble und Humason drei Eigenschaften des Lichtes kennen. Die erste Eigenschaft ist die Abhängigkeit einer bei uns ankommenden Lichtmenge von der Entfernung der aussendenden Lichtquelle. Jeder kennt das, zwei Straßenlaternen von beispielsweise je 1.000W erscheinen nur dann gleichhell, wenn sie gleichweit vom Beobachter entfernt sind. Ist die eine doppelt so weit entfernt wie die andere, so scheint sie vier Mal schwächer zu leuchten als die nähere. Ihre scheinbare Leuchtkraft ist also nur $\frac{1}{4}$ der anderen. Hubble musste also zwei gleichhelle Laternen finden und den Abstand zur ersten kennen. Dann musste er die scheinbare Leuchtkraft der entfernteren messen und aus dem Vergleich der beiden Leuchtkräfte die Entfernung der zweiten Laterne berechnen. Und genau so eine stets gleichhelle „Straßenlaterne“

und Ursachen wissen will, kann sich freitags gerne an unser Mitglied Johannes Pfluger wenden. Hubble hat für seine Messungen die damals bekannte „Straßenlaterne“ der Cepheiden-Periode verwendet, die deutlich weniger weit beobachtet werden kann als die Supernova-„Straßenlaterne“. Eine solche Supernova ereignet sich übrigens in jeder Galaxie etwa einmal in hundert Jahren. Da es aber Milliarden von Galaxien gibt, kann man Supernovae recht häufig sehen. Letztes Jahr gab es eine in der Galaxie M82 im Sternbild Ursa Major, die wir mehrere Tage lang sehr eindrucksvoll im 60er bewundern konnten.

Für die Erklärung der zweiten Eigenschaft des Lichts, aus der man Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit einer Galaxie ablesen kann, muss ich etwas ausholen: Das sichtbare Licht ist nur ein kleiner Teil der kontinuierlich

Energie bzw. ein entsprechendes Photon (Abb. 2):

Betrachtet man nun das Licht der Sonne im sichtbaren Bereich, so fallen sofort schwarze Linien auf, also Stellen, an denen Licht fehlt. Abbildung 3 zeigt dies:

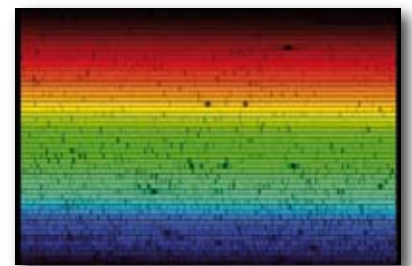


Abb. 3: Sonnenspektrum; Quelle: Nigel Sharp (NSF), FTS, NSO, KPNO, AURA, NSF

Diese Linien im Spektrum der Sonne wurden bereits 1814 von Joseph von Fraunhofer entdeckt, erklärbar waren sie jedoch erst Anfang des 20. Jahrhunderts. Dazu muss man nämlich Atome kennen, genauer deren Elektronenhülle

und noch genauer die Übergänge der Elektronen von einer Elektronenschale der Hülle zu einer anderen. Um von einer bestimmten inneren auf eine bestimmte äußere Elektronenschale übergehen zu können, benötigen die Elektronen eine genau bemessene Menge Energie. Und die holen sie sich aus dem Licht durch die Absorption eines Photons mit passender Wellenlänge und damit mit passender Energie. Dieses absorbierte Photon fehlt dann im Spektrum, eine schwarze Linie erscheint an dieser Stelle. Und das Tolle ist nun, dass jede Atomsorte eine ganz bestimmte Elektronenkonfiguration aufweist und somit auch nur ganz bestimmte, genau definierte schwarze Linien erzeugen kann. Man kann also anhand der Anzahl und Lage der schwarzen Linien genau sagen, welche Atomsorte dem Licht im Wege war und ein Stückchen vom Energiekuchen abgebissen hat. Das heißt, man kann aus dem Licht eines Sterns bestimmen, welche Sorte von Atomen in ihm vorhanden ist. Es kommt noch besser: man kann aus dem Licht auch bestimmen, wie heiß der Stern ist, da bei heißeren Sternen in derselben Atomsorte andere Elektronenübergänge stattfinden als bei kälteren. Die von Hubble und Humason verwendeten Galaxie-Spektren wurden übrigens von Vesto Slipher gemessen.

Jetzt fehlt nur noch die dritte Eigenschaft: Bewegt man eine Lichtquelle auf den Beobachter zu oder von ihm weg, so verschieben sich die Linien von ihrer Ruheposition und zwar je weiter, je schneller man die Lichtquelle bewegt. Dieser Effekt wurde erstmals von Christian Andreas Doppler 1842 beschrieben und nach ihm als Doppler-Effekt bezeichnet. Dies zeigt sich tatsächlich auch im Sternen- und Galaxienlicht,

wie der folgenden Abbildung 4 zu entnehmen ist. Dargestellt ist das Lichtspektrum von vier Sternen und danach das von vier Galaxien, jeweils im Wellenlängenbereich der Natrium-Doppellinie. Da sich die vier Sterne im Verhältnis zu uns kaum bewegen, findet man die Natrium-Doppellinie genau dort, wo man sie aus Laborversuchen mit ruhenden Natriumatomen her kennt, nämlich bei etwa 589 nm. In Abbildung 4 ist die Doppellinie übrigens nicht als schwarzer Strich vor farbigem Hintergrund dargestellt sondern als Rückgang der bei dieser Wellenlänge eigentlich erwarteten Lichtmenge von 1 auf 0,2, also von 100% auf 20%. Die an dieser Stelle fehlenden 80% des Lichts wurden durch Elektronen des Natriums absorbiert. Bei den untersuchten Galaxien im zweiten Bild sieht das anders aus, dort liegen die Doppellinien

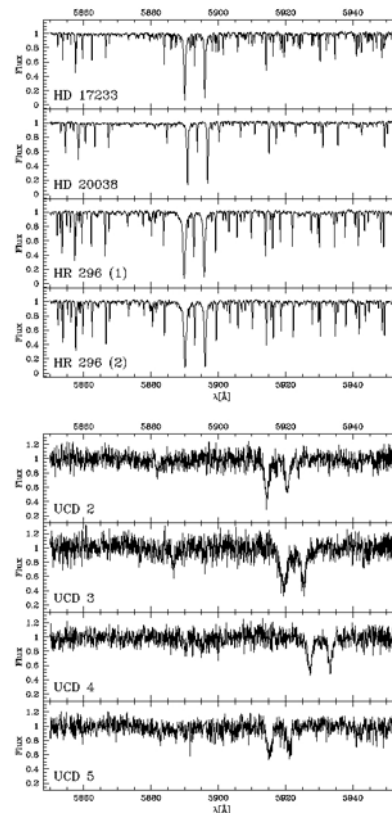


Abb. 4a und b: Spektrum bei der Natrium-Doppellinie von vier Sternen und vier Galaxien; Quelle: ESO

viel weiter rechts, in Richtung der Farbe Rot verschoben. Man findet die Natriumdoppellinie bei einer Wellenlänge von 593 nm. Nach Doppler ist nun die Stärke der Rotverschiebung ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der sich eine Lichtquelle von uns entfernt und die Stärke einer Blauverschiebung ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der sie sich auf uns zubewegt. Dies ist übrigens in dem Artikel von Heinz Forth auch sehr schön dargestellt und an einem Beispiel berechnet. In unserer Abbildung 4 a und b bewegt sich also die dritte Galaxie (UCD 4) am schnellsten von uns weg.

Jetzt haben wir alles zusammen: Hubble hat nämlich neben der ankommenden Lichtmenge und deren Periode auch die von Vesto Slipher gemessenen Spektren der Galaxien verwendet und das Vorhandensein und das Maß der Linienverschiebung bestimmt. So kam er zu seinem Diagramm. Und weil er ein mutiger Mann war, hat er aus seinen wenigen Meßpunkten eine Tendenzlinie berechnet und in das Diagramm eingezeichnet. Aus der Steigung der Tendenzlinie kann man übrigens den bekannten Hubble-Parameter H_0 von 67 km/(s*MPc) ablesen, aus dem sich wiederum das Alter des Universums zu 13,72 Milliarden Jahren berechnen lässt.

Welche Schlussfolgerung ist nun aus Hubbles Beobachtung zu ziehen? Die scheinbar naheliegende Schlussfolgerung, dass wir nämlich der Mittelpunkt des Universums sind und sich alles von uns weg bewegt, ist geometrisch falsch, wir sind ganz sicher nicht der Mittelpunkt des Universums. Die mathematisch richtige Schlussfolgerung aus dieser Beobachtung ist, dass sich der Raum zwischen den an sich ruhenden Galaxien ausdehnt. Dies verdeut-

licht die schematische Abbildung 5: Die beiden Galaxien ruhen in ihrem jeweiligen Raumquadrat, mit der Zeit werden lediglich die Raumquadrate größer, sie skalieren. Wäre in dem mittleren oberen Raumquadrat auch eine Galaxie, so hätte sich auch der Abstand zu dieser vergrößert. Alles entfernt sich also von allem, es gibt keinen Mittelpunkt des Universums. Das im untersten Bild von der rechten Galaxie ausgesandte Licht erreicht die linke Galaxie erst sehr viel später und ist durch die zwischenzeitlich stattgefundene Raumvergrößerung in seiner Wellenlänge mitgedehnt, also rotverschoben worden. Diese Rotverschiebung beruht nun nicht auf einer Bewegung der rechten Galaxie sondern auf der Skalierung des Raumes: Wie man an den einzelnen Raumquadraten sehen kann, ruhen die Galaxien, keine bewegt sich aus ihrem Quadrat heraus. Der Urknall ist also keine „Galaxiegranate“, die in den leeren Raum hinein „explodiert“ und die Galaxien in alle Richtungen wegschleudert. Er beschreibt vielmehr den sich ausdehnenden Raum zwischen ruhenden Galaxien, die nicht gravitativ aneinander gebunden sind. Im Nahbereich unseres Virgo-Superhaufens merken wir nichts von der Raumausdehnung und schon gar nichts davon im Bereich unseres Sonnensystems.

Wenn sich heute etwas ausdehnt, muss es früher enger beieinander gewesen sein und noch früher noch

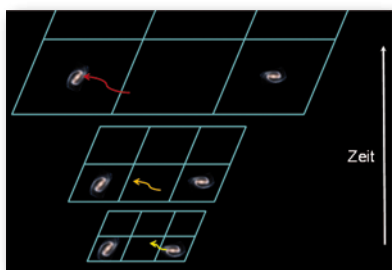


Abb. 5: Raumdehnung. Grafik: Lars Hoppe

enger. Die Beobachtung der sich von einander entfernenden Galaxien deutet also darauf hin, dass es einen Anfang des Universums gegeben haben muss und dieses daher nicht unveränderlich sein kann. Gehen wir in der Zeit von Abb. 5 noch weiter zurück, erreichen wir die Zeit, als sich die ersten Galaxien und davor die ersten Sterne aus im sichtbaren Universum nicht ganz gleich verteiltem Gas entwickelt haben, etwa 300 Millionen Jahre nach dem Beginn. Der Raum war damals kleiner, alles war enger beieinander, aber auch damals war alles in Ruhe. Lediglich das Universum hatte kleiner skaliert (Abb. 6).

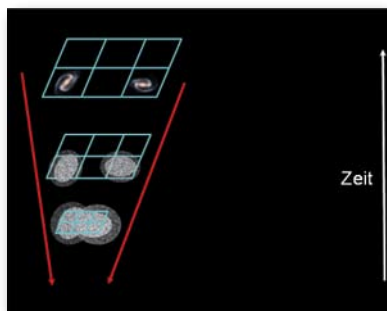


Abb. 6: Zeitliche Entwicklung. Grafik: Lars Hoppe

Man sieht, dass sich die Galaxien/Gaswolken noch immer nicht bewegen, nur der Raum um sie herum schrumpft. Dies führt zu Ende gedacht zur Annahme eines sehr heißen, energiereichen und räumlich kleinen Zustandes des sichtbaren Universums, der sich bis zu einer bestimmten Grenze auch mathematisch beschreiben lässt. Die später von Fred Hoyle abfällig als „Urknall“ bezeichnete Theorie war geboren. An dem Wort ist mindestens „Knall“ falsch, weil damals nichts geknallt hat oder explodiert ist.

Gibt es nun noch andere Beobachtungen neben der Ausdehnung des sichtbaren Universums, die diese Theorie stützen?

Ja, die gibt es. Der aus der Sowjetunion vor dem stalinistischen Terror in die USA geflüchtete Physiker Gamow berechnete bereits 1946 mit dem zur eben erläuterten Theorie der Ausdehnung des sichtbaren Universums gehörenden mathematischen Gleichungssystem, dass es heutzutage eine sehr gleichförmige Strahlung im Weltall geben sollte, die mit einer Temperatur von etwa 4 bis 10 K im Mikrowellenbereich liegen müsste. Und diese aus der Theorie vorhergesagte Strahlung wurde 1965 von Arno Penzias und Robert Woodrow Wilson von den Bell Laboratories tatsächlich gefunden! Und zwar völlig zufällig, die beiden wussten nichts von Gamows Berechnungen. Sie konnten mit der von ihnen gemessenen Strahlung nichts anfangen, sprachen aber zum Glück mit anderen Physikern, die das konnten. Penzias und Wilson bekamen 1978 den Physik-Nobelpreis für Ihre Entdeckung. Wir wollen uns nun anschauen, wieso Gamow zu dieser Vorhersage kam. Dazu drehen wir die Zeit von heute wieder zurück und sehen, wie sich das sichtbare Universum verändert. Hierzu schauen wir uns die rein schematische Abbildung 7 (nächste Seite) an, bei der weder Größen noch Zeiten noch Räume im richtigen Verhältnis zueinander dargestellt sind, die aber das schön darstellt, worauf es mir im Folgenden ankommt:

Die weiße Linie auf der rechten Seite stellt das Heute dar, das sichtbare Universum liegt zwischen den beiden schrägen roten Linien (Ja, das Universum ist größer, als wir jemals sehen können). Die Galaxien bilden heute Haufen und Superhaufen, getrennt durch große leere Bereiche, die Voids. Nach links bewegen wir uns in der Zeit zurück. Wenn wir dies weit genug

tun, kommen wir in den gelb-orangen dargestellten Bereich. Damals ist das sichtbare Universum sehr viel kleiner als heute. In dem uns nun interessierenden Zeitabschnitt ist seine Energiedichte so hoch, dass Protonen keine Elektronen

zwischen dem gelb-orangen und dem grauen Teil der Abbildung 7. Durch die dabei stattfindende Ausdehnung des Universums kühlte es sich auf etwa 3.000 K ab. Diese Temperatur ist nun so niedrig, dass die Protonen die

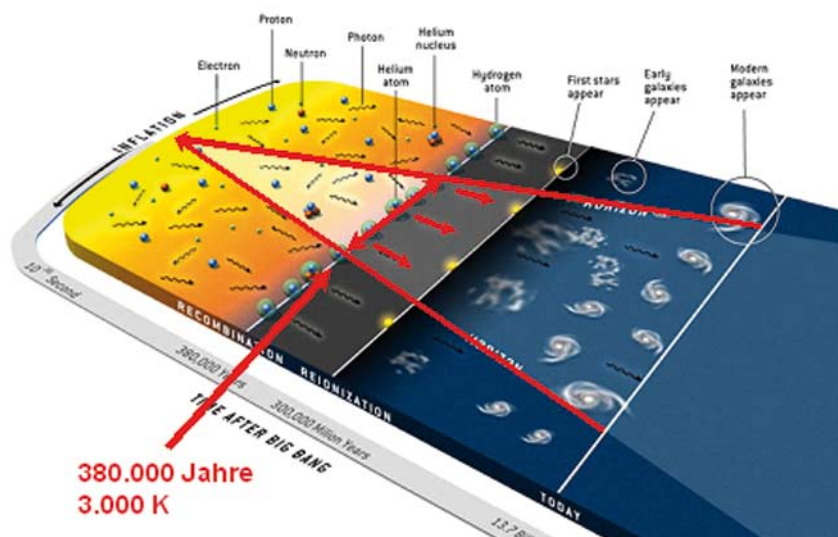


Abb. 7: Schematische Darstellung des Urknalls. Quelle: University of Chicago, Department of Astronomy and Astrophysics, Bryan Christie Design

binden konnten, es gab damals also freie Protonen, freie Elektronen und Strahlung, die sich ständig an den freien Elektronen streut oder von diesen absorbiert und emittiert wird. Das ist ein wenig so wie mit Fernlicht und Nebel: das Fernlicht wird ständig an den Nebeltröpfchen gestreut und kann sich daher nicht weit ausbreiten. Natürlich war das Universum damals nicht orange, die Farbe soll bloß eine hohe Energiedichte symbolisieren. Die Temperatur des Universums zu diesem Zeitpunkt liegt bei mehr als 10^{12} K, also mehr als einer Billion °C. Ausgeschrieben ist das: 1.000.000.000.000 K. Trotzdem war es für unsere Augen stockfinster, da es keine Photonen mit der für uns sichtbaren Wellenlänge gab. Jetzt lassen wir die Zeit wieder in Richtung Heute laufen und nähern uns daher von links der rot markierten Grenze

freien Elektronen einfangen können, es entstehen neutrale Atome. Da es jetzt keine freien Elektronen mehr gibt, kann sich die Strahlung von nun an frei ausbreiten, der Nebel verzieht sich gleichsam, das Fernlicht dringt durch. Dies ist durch die drei roten Pfeile in Richtung Heute symbolisiert. Seit dem hat sich das Universum etwa um den Faktor 1.000 ausgedehnt, die Wellenlänge der Strahlung wurde entsprechend mitgedehnt, so dass sie heute statt bei 3.000 K etwa bei 3-10 K liegen sollte, also bei etwa -270°C . Und genau diese von mir eben umschriebenen Vorgänge hatte Gamow präzise berechnet und aus seinen Rechnungen vorhergesagt, dass man heute diese Strahlung messen können müsste. Außerdem hatte er noch berechnet, dass die Strahlung auch sehr gleichmäßig sein sollte. Dichter an den Anfang als mit die-

ser Strahlung können wir übrigens nicht sehen, elektromagnetische Strahlung aus der Zeit davor kann uns nicht erreichen.

Genau das ist übrigens eine wissenschaftliche Theorie: Man misst einen Ist-Zustand und überlegt sich, wie sich dieser physikalisch korrekt und widerspruchsfrei mathematisch beschreiben lässt. Aus der so erhaltenen Mathematik, beispielsweise einem komplexen Satz von Gleichungen, lassen sich dann bisher noch nicht beobachtete Erscheinungen in einem früheren, im heutigen oder im zukünftigen Zustand ableiten. Wird eine solche rein mathematisch begründete Vorhersage experimentell erfolgreich bestätigt, ist auch die Theorie bestätigt oder besser, ein wenig erhärtet. Werden weitere Vorhersagen errechnet und dann experimentell bestätigt, wird die Theorie soweit erhärtet, bis kein vernünftiger Zweifel an ihrer Richtigkeit mehr besteht. Das allererste reproduzierbare und überprüfte Experiment, das einer Vorhersage widerspricht, stürzt die Theorie und führt zu deren Änderung. Hieran wirkt der Theorieersteller übrigens selber tatkräftig mit.



Abbildung 8: gemessene Mikrowellenstrahlung durch das Balloon-Experiment; Quelle: Nasa

Hätten wir Augen für Mikrowellen, sähe unser Himmel in etwa so aus wie in Abbildung 8 (vorherige Seite unten). In diesem Fall wären wir wohl auch schon viel früher auf den Urknall gestoßen.

Genauere Messungen des Mikrowellenhintergrundes aus dem Jahr 2012 mit dem Satelliten Planck ergeben das nebenstehende Bild (Abb. 9), wobei die Mikrowellen am Himmelsglobus nach Art einer Weltkarte dargestellt sind:

Die mittlere Temperatur der Mikrowellenstrahlung beträgt 2,73 K und liegt damit im vorhergesagten Bereich. Sie ist extrem gleichförmig verteilt, zwischen den blau dargestellten kältesten und den rot dargestellten heißesten Stellen liegen weniger als 0,00001 K. Auch dies ist eine experimentell bestätigte Vorhersage aus der Theorie.

Wir haben als experimentelle Bestätigung des Urknalls also bereits die gemessene Ausdehnung des Universums und das Vorhandensein und die gemessene Gleichförmigkeit der Mikrowellenstrahlung. Beide haben rein gar nichts miteinander zu tun und bestätigen unabhängig voneinander die Theorie. Es gibt aber noch eine dritte experimentelle Bestätigung, die wir uns jetzt ansehen wollen.

Betrachtet man den orange-farbenen Bereich in Abb. 7 etwas genauer, so fallen einem einzelne blaue und rote Kügelchen und Kugelgruppen aus blauen und roten Kugeln auf. Blau steht hierbei für Protonen, Rot für Neutronen und Kugelgruppen für den Atomkern von Helium. (Helium wurde übrigens erstmals in der Sonne gefunden). Man kann nun aus der Mathematik der Urknalltheorie berechnen, wie sich das Verhältnis von Protonen zu Neutronen zu He-

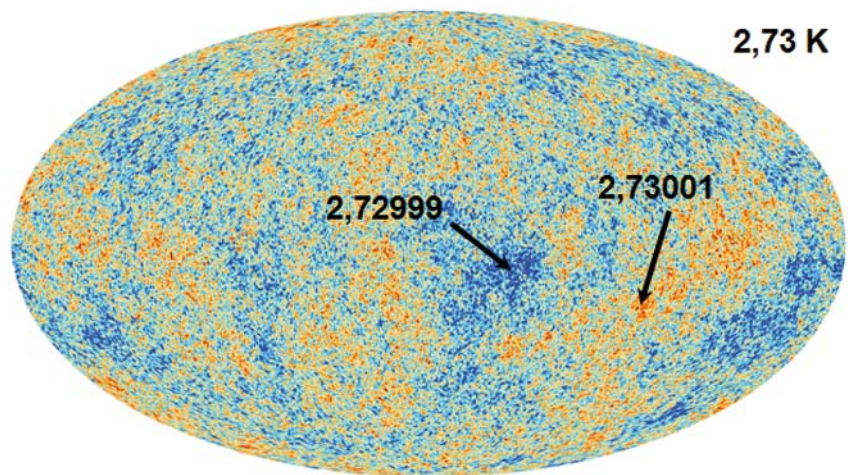


Abb. 9: Mikrowellenhintergrund, Planck; ESA

liumkernen mit fallender Temperatur des Universums ändern sollte: 0,000001 s nach dem Beginn lag die Temperatur schon bei weniger als 10 Billionen K, so dass die grundlegenden Bausteine unserer Materie - die Quarks - nicht mehr frei existieren konnten und sich zu Protonen und Neutronen zusammenschlossen, die sich wiederum ineinander umwandeln konnten. Als die Temperatur 1 s nach dem Beginn auf 10 Milliarden K gefallen war, ging dies nicht mehr. Nun konnten sich nur noch Neutronen in Protonen umwandeln, so dass es von den Neutronen immer weniger gab. Als nach 10 s die Temperatur auf weniger als eine Milliarde K gefallen war, lagerten sich die restlichen Neutronen an die Protonen an und bilden so Atomkerne von Deuterium. Als die Temperatur wenige Minuten nach Beginn noch weiter gefallen war, ging auch dies nicht mehr, vielmehr schlossen sich nun zwei Deuteriumkerne zu einem Heliumkern zusammen. Dies geschah bei etwa 10 Millionen K. Als die Temperatur noch weiter gefallen war, ging auch das nicht mehr. Am Ende hatten sich fast alle zwischenzeitlich entstandenen Deuteriumkerne in Heliumkerne umgewandelt, es blieb nur ein ganz kleiner Rest.

380.000 Jahre nach dem Beginn war das Universum auf etwa 3.000 K abgekühlt, so dass die positiven Atomkerne die negativen freien Elektronen einfangen konnten und elektrisch neutrale Atome bildeten (an der roten Trennlinie, siehe oben). Die Wasserstoffatome sind also zugunsten von Heliumatomen weniger geworden, wobei das Zwischenprodukt Deuterium nur noch in Spuren vorhanden sein sollte. Diese erste Bildung von Atomen nennt man auch die primordiale Nukleosynthese.

Die Berechnung aus der Theorie besagt: es sollte 75 % Wasserstoff, 25 % Helium und weniger als 0,0001 % Deuterium geben. Und was misst man, wenn man sehr weit entfernte und damit sehr alte Gaswolken untersucht? Genau das: 75 % Wasserstoff, 25 % Helium und weniger als 0,0001 % Deuterium!!!

Hier erlaube ich mir drei Ausrufezeichen. Die Theorie sagt Konzentrationen über mehr als sechs Größenordnungen vorher und genau das wird gefunden! Bei einigen Nebenprodukten der primordialen Nukleosynthese wie ^3He und ^7Li stimmt die Theorie sogar über zehn Größenordnungen. Im Übrigen lassen sich am LHC in Cern Energiedichten erzeugen,

die etwa 10^{15} K entsprechen, also einer Billion $^{\circ}\text{C}$. Damit lässt sich die Theorie experimentell bis 0,000000001s nach dem Beginn überprüfen und Cern hat die zuvor geschilderten Abläufe bei der primordialen Nukleosynthese experimentell bestätigt.

Fassen wir also zusammen:

Als experimentelle Bestätigung des Urknalls haben wir die Ausdehnung des Universums, das Vorhandensein und die Gleichförmigkeit der Mikrowellenstrahlung sowie die Häufigkeit von Elementen im Universum. Keines der drei hat mit den anderen zu tun, sie stellen voneinander unabhängige Bestätigungen des Urknalls dar. Andersherum formuliert, erklärt die Theorie vom Urknall gleichzeitig drei völlig verschiedene heutige Erscheinungen, die ansonsten nicht erklärbar wären. Jede Alternative zur Urknall-Theorie muss also diese drei heutigen Beobachtungen gleichermaßen in der gleichen Präzision vorhersagen. Eine solche ist nicht gefunden und auch nicht in Sicht.

Jetzt kennen wir die wichtigsten Beobachtungen und Experimente, die die Theorie des Urknalles stützen und erhärten. Das versteckt sich also hinter der Annahme eines

Urknalls, der zumindest bis sehr nah an den Anfang beschrieben und berechnet werden kann.

Dieser Artikel sollte vor allem die Beobachtungen erläutern, die zur Urknalltheorie geführt haben und diese stark stützen. Natürlich interessieren auch die Fragen, was den Urknall angetrieben hat, wieso es ihn überhaupt gab und ob etwas davor war. Das Problem ist, das wir noch dichter am Beginn in Energiebereiche vorstoßen, bei denen unsere jetzigen physikalischen Gesetze nicht gültig sein müssen und die wir auf absehbare Zeit nicht experimentell überprüfen können. Beispielsweise erreichen wir jetzt Temperaturen von 10^{15} K, wir müssten aber mehr als 10^{32} K erreichen, also noch mal eine Milliarde mal eine Billion Kelvin heißer werden, um ganz dicht an den Beginn heranzukommen. Es ist also zur Zeit nicht möglich, belastbare wissenschaftliche Antworten zu diesen Fragen zu geben. Es gibt jedoch Ansatzpunkte für Antworten.

Als Antwort auf die erste Frage nach dem Antrieb für den Urknall können Physik und Mathematik spontane Symmetriebrechungen bei höchsten Energien anbieten und für die zweite Frage nach

dem warum des Urknalls zulässige Quantenfluktuationen, da das völlige Nichts (also die Abwesenheit von Raum, Materie, Strahlung und Feldern und nicht das Vakuum des Weltraums!) instabil ist. Beide Antworten lassen sich zumindest berechnen und stehen in keinem Widerspruch zu einer der bisherigen Beobachtungen oder zu den bekannten Gesetzen der Physik. Für die Antwort auf die dritte Frage nach dem Davor gibt es nur Ideen ohne funktionierende Mathematik, also keine wissenschaftliche Theorie sondern nur Spekulationen. Dies gilt auch für die Stringtheorie, die noch keine experimentell überprüfbare Vorhersage gemacht hat und deren Mathematik noch nicht völlig verstanden ist. Ob etwas vor dem Urknall war, lässt sich zur Zeit also nicht beantworten.

Zumindest werden uns in wenigen Jahren aber Gravitationswellenexperimente und die Bestimmung der Polarisation des Mikrowellenhintergrundes zumindest Informationen darüber geben, wie es noch etwas näher am Beginn gewesen war. Die Wissenschaftler arbeiten daran... ■



Michelle, Klasse 4b
Grundschule Pöcking

Auf ein zweites Mal ... Rundreise durch den Süden Namibias

ein Reisebericht von Sabrina Gall

Wie bereits im letzten Reisebericht über Namibia, im Astro-Amateur 01/2014, angedeutet begannen unsere Planungen für den nächsten Trip kurz nach unserer Rückreise aus Namibia. Wir, also Timm Kasper, Jens Hackmann und ich, waren so fasziniert von diesem Land, dass wir einfach noch den südlichen Landesteil bereisen mussten.

Die Planung gestaltete sich dieses Mal etwas schwieriger, der Mondzyklus für die Astronächte musste eingeplant werden, Unterkünfte auf Verfügbarkeit angefragt und mit der geplanten Route abgeglichen werden. Schnell stellte sich heraus, dass wir wohl eine Hauptreisezeit für Namibia erwischten und so kam es nicht selten vor, dass unsere „Wunsch-Unterkünfte“ schon ausgebucht waren. Umplanen und Umbuchen, das gehört alles dazu, wenn man so eine Reise selber organisiert, aber darin haben wir ja mittlerweile Übung. Auch die mittlerweile doch große Bekanntheit der Astrofarm Kiripotib war nicht unbedingt hilfreich, am Ende hatten wir dann aber doch alles geplant und gebucht. Mittlerweile war es Januar 2014, wir sollten aber erst am 22. Sept. fliegen und so begann das Warten. Von wegen „Vorfreude ist die schönste Freude“ begannen wir schon bald die Monate, Wochen und Tage zu zählen.

Um 21. September machte sich Jens Hackmann, unser Reisebegleiter von der Astronomischen Vereinigung Weikersheim, dann auf ins Allgäu. Die Nacht vor unserem Abflug verbrachte er in Otto-beuren, was sich im Nachhinein auch als sehr gute Entscheidung

erweisen sollte. Eigentlich wollten wir an diesem Tag schon unsere Koffer packen und das Gewicht abgleichen, Gepäck umverteilen und noch kleine Bastelarbeiten für die Ausrüstung erledigen. Geschafft haben wir davon nicht viel, aber den Koffer packen konnten wir auch noch am Abflugtag, da wir erst um 21 Uhr losflogen. Zu allem Überfluss plagten Jens nachts auch noch starke Zahnschmerzen und er musste am Abflugtag noch zum Zahnarzt. Trotz allem schafften wir es pünktlich, mit ganzem Gepäck und behandeltem Zahn nach München zum Flughafen. Und so führte uns unser Weg am 22.09. via Johannesburg nach Windhoek.

Auf Namibischem Boden wurden wir dann erstmal einer Temperaturkontrolle unterzogen (auch hier ist das Thema Ebola sehr präsent). Das Visum bekamen wir ohne Probleme und auch der Zoll ließ uns passieren. Direkt am Flughafen wollten wir unseren

Mietwagen abholen, was dann leider nicht ganz so einfach war. Zuerst wurde uns erzählt, dass unser gebuchtes Auto nicht da sei und wir einen Polo nehmen sollten, was wir komplett ablehnten, dann stand nach vielem hin und her doch unser gebuchtes Auto, ein Toyota Hilux 4x4, vor uns, nur leider nicht mit den richtigen Papieren (Unsere Reise sollte uns für 2 Tage nach Südafrika führen, dafür waren spezielle Papiere der Mietwagenfirma nötig).

Nach 1,5 Std. hin und her war es dann doch geschafft, wir machten uns in unserem gebuchten Auto und mit den richtigen Papieren auf den Weg zur Kiripotib Astrofarm. Mittlerweile war es 17 Uhr und so langsam wurden wir nervös. 120 Km lagen noch vor uns und wir wollten nicht an unserem ersten Tag schon im Dunkeln fahren, was in Namibia aufgrund der Wildtiere einfach gefährlich ist.

Dank unserem Auto und den Fahrerfahrungen der letzten Reise



Kiripotib Astrofarm: „Himmelsbeobachtung auf eigene Gefahr“

erreichten wir unser erstes Ziel um 19 Uhr, also kurz nach Einbruch der Dunkelheit. Leider, oder auch Gott sei Dank, meinte es das Wetter nicht gut mit uns, Wolken waren aufgezogen und es fielen auch vereinzelte Regentropfen. So wurde die erste Nacht auf Kiripotib als nicht nutzbar für die Astrofotografie abgehakt.

Nach einer sehr erholsamen Nacht lernten wir beim Frühstück die anderen Astronomen kennen. Eine Gruppe aus Paderborn und ein Paar aus Baden-Württemberg. Die Gruppe aus Paderborn zog sich schnell wieder auf die Zimmer zurück, und nachdem die Ausrüstung auf den Plattformen für die kommende Nacht aufgebaut war, sollten wir auch schnell herausfinden, warum sich hier, bis auf Brigitte aus Baden-Württemberg, niemand am Pool aufhielt. Deutsche Touristen fallen überall auf, sogar in der Wüste in Namibia. Liegen reservieren und endloses, sinnloses Gequatsche am Pool gibt es sogar hier. Vor allem für Jens sehr anstrengend, aber dadurch ließen wir uns den Urlaub nicht verderben.

Ein schöner Sonnenuntergang ließ Vorfreude auf die Nacht aufkommen. Dieses mal ganz ohne Wolken und mit einer guten Ausbeute an Fotos. Bis kurz vor der Morgendämmerung nutzten Jens und Timm die Nacht aus, was auch gut war. Der Wettergott meinte es nämlich nicht gut mit uns. Von den geplanten vier Beobachtungsnächten waren nur anderthalb wolkenlos. Naja, so ist das mit der Astronomie und eben auch in Afrika kann es passieren, das einem die Wolken einen Strich durch die Rechnung machen. Nichts desto trotz ließen wir uns die Laune nicht verderben und genossen das Drumrum auf der Astrofarm.

Nach vier Nächten auf Kiripotib war es dann aber auch genug und wir starteten mit unserer Rundreise durch den Süden Namibias.

Unser erster Weg führte uns zum Hardap Dam, dem größten Stausee Namibias. Auch letztes Jahr machten wir hier halt, nur leider konnten wir mit dem Polo damals nicht alles erkunden was wir wollten. Diesmal testeten wir zum ersten Mal den Allrad unseres Hilux, vor allem mir machte es riesigen Spaß und wir wurden mit grandioser Landschaft belohnt.

Weiter ging unser Weg in die Tiefen der Kalahari. Zwei Nächte verbrachten wir in der Bagatelle Kalahari Game Ranch, umgeben von tiefroten Sanddünen. Vor allem zur Morgen- und Abenddämmerung intensivieren sich die Farben. Tiefroter Sand und tiefblauer Himmel sind grandiose Fotomotive, aber auch die Milchstraße in der Nacht ist nicht weniger beeindruckend. Abends und nachts klickten die Kameras auf dem ganzen Farmgelände, was den Security-Leuten ungläubig die Köpfe schütteln ließ.

Auch das Cheetafeeding ließen wir uns nicht entgehen. Mit

vier Safari-Jeeps fuhren wir ins Gehege der drei Geparden. Als unser Guide uns dann bat, aus dem Auto zu steigen und uns davor zu stellen wurde uns etwas mulmig. Als die Geparden dann auf uns zukamen und kurz vor uns stehen blieben, war uns dann schon richtig mulmig. Angst bekamen wir dann, als sich einer der Geparden ca. einen halben Meter vor mich hinstellte, mich anfauchte... und dann aber wieder wegging. Puh, 30 Touristen blieb das Herz stehen, aber ich zuckte nicht mal mit der Wimper.

Als die Guides dann die Tiere mit Fleisch fütterten, beruhigten sich unsere Nerven auch wieder und wir konnten den Erklärungen lauschen. In Namibia gibt es kaum noch Geparden in freier Wildbahn. Werden welche gesichtet, so versuchen die Farmer meist sie zu schießen, da sie das Wild auf dem Farmgelände vertreiben. Deshalb wird versucht, Geparden in abgezaunte Bereiche unterzubringen, wo sie geschützt leben können, so wie es hier auf der Bagatelle Kalahari Game Ranch gemacht wird.

Der nächste Tag führte uns am Brukkaros-Krater (ein 1.590 m ho-



Bagatelle Kalahari Game Ranch mit Milchstraße.

her Berg bei Keetmanshoop) vorbei zum Mesosaurus Camp. Bekannt ist die Gegend um Keetmanshoop für den Köcherbaumwald. Diesen brauchten wir aber gar nicht zu besuchen, da auf dem Gelände des Mesosaurus Camp ebenfalls viele dieser faszinierenden Bäume wachsen. Eine Rundfahrt auf dem Gelände brachte dann auch ganz viele Fotos und wieder lustige Allrad-Erlebnisse mit sich.

Nach einer Stärkung mit selbstgegrilltem Fleisch (wir versuchten uns hier mal als Selbstverpfleger, was bei der Ausstattung der Hütten auch kein Problem war), zeigte sich die Nacht ziemlich kalt. Ein eisiger Wind pfiff uns um die Ohren und machte die Nacht ziemlich ungemütlich. Trotzdem entstanden tolle Fotos von nächtlichen Köcherbäumen mit der Milchstraße im Hintergrund. Dick in viele Decken eingepackt und mit viel Kleidung am Leib überstanden wir auch diese Nacht und freuten uns morgens über die ersten wärmenden Sonnenstrahlen. Besonders in diesen Tagen erlebten wir wieder die Wechselhaftigkeit des Wetters, untermittags durchaus heiß, wobei wir einen stetigen Wind hatten, nachts frostig kalt mit ca. 3° C.

Die Annahme, in Afrika sei es nur heiß, ist somit vollkommener Quatsch. Für eine solche Reise muss man durchaus dicke, warme Kleidung mitnehmen, da es nun mal in der Wüste nachts empfindlich kalt wird. Unsere zweite Nacht im Mesosaurus Camp war etwas wärmer und unser Lagerfeuer wärmte uns zusätzlich. Wir verbrachten einen unvergesslichen Abend. Mit einer Tasse heißem Kaba saßen wir am Lagerfeuer, grillten Marshmallows und genossen die Stille, die Einsamkeit und den nächtlichen Sternenhimmel.

Wir ließen die Köcherbäume hinter uns und machten uns auf den Weg nach Südafrika, wir wollten uns den Augrabies Falls National Park anschauen. Wir fuhren durch einen extrem ruhigen, südlichen Teil Namibias. Ca. 150 Km vor dem Grenzübergang begegnete uns das letzte Auto und wir fühlten wieder die Einsamkeit Namibias. Gute Pad's auf Namibischer Seite ließen uns gut vorankommen und wir erreichten nach 400 Km den Grenzübergang. Die Ausreise aus

Namibia war einfach und auch die Einreise in Südafrika kein Problem. Nachdem wir mit den Grenzbeamten über den Sieg der Deutschen Nationalmannschaft gegen Brasilien diskutiert hatten und uns der Beamte erzählte, dass er Schweinsteiger und Lahm ganz toll fände, durften wir einreisen und die letzten 120 km für diesen Tag in Angriff nehmen.

Schon nach wenigen Kilometern stellten wir fest, dass die Straßen in Südafrika um einiges



Milchstraße mit Großer Magellanscher Wolke

schlechter sind, als in Namibia. Dafür ist die Landschaft aber um vieles grüner. Das Wasser des Oranje wird hier für die Bewässerung der Felder verwendet. Auch unsere Unterkunft, die Dundie Lodge, war eine kleine grüne Oase. Mit einem großartigen, aber sehr kalten Pool, Palmen, Gras und wunderschönen Blumen.

Am folgenden Tag stand der Augrabies Falls National Park auf dem Programm. Hier fällt der Oranje in einem Wasserfall 56 m in die Tiefe. Weiter gräbt er sich auf einer Länge von 18 km in eine 200 m tiefe Felsschlucht. Auch wenn wir Wasserfälle und Felsschluchten aus dem Allgäu kennen, so ist dies trotzdem extrem beeindruckend. An mehreren Aussichtspunkten konnten wir in die Schlucht schauen und uns von der gewaltigen Kraft des Wassers in Erstaunen versetzen lassen. Nicht nur die Felsschlucht, sondern auch die Landschaft rundherum bot viele Möglichkeiten des Staunens.

So schnell wir in Südafrika angekommen waren, so schnell ging es auch schon wieder zurück. Die längste Etappe unserer Fahrt führte uns nach 570 km an den Rand des Fish River Canyons. Dieser ist, nach dem Grand Canyon in den USA, der zweitgrößte Canyon der Welt. Er ist 160 km lang, bis zu 27 km breit und 550 m tief.

Zwei Nächte wollten wir hier am Rande des Canyons verbringen. Da wir natürlich wieder etwas Besonderes wollten, hatten wir uns in der Fish River Lodge eingebucht, der einzigen Lodge auf der West-Seite des Canyons. Die Anfahrtsbeschreibung klang für uns anfangs etwas übertrieben, 2 Stunden für 100 km? Wir waren ja schon einiges gewöhnt, aber das glaubten wir dann doch nicht, wir rechneten mit maximal

1,5 Std. Die ersten 81 km gingen auch gut und ohne Probleme, doch dann kam die Einfahrt zur Lodge und so langsam dämmerte uns, warum diese Beschreibung dann wohl doch der Wahrheit entspricht. 19 km Allrad lagen vor uns, Steine, Speedbumps und ein richtig schlechter Weg führten dazu, dass wir schlussendlich wirklich 2 Stunden für 100 km brauchten.

Am Hauptgebäude der Lodge angekommen war das alles aber schnell wieder vergessen, der Blick von der Terrasse, einfach unglaublich. Wir befanden uns direkt am Rand des Fish River Canyons und der Blick in den Canyon machte uns mehr als sprachlos. Die Lodge besteht aus einem Haupthaus und rechts und links davon 20 kleinen Häuschen direkt am Canyonrand. Unsere Koffer wurden uns von hilfsbereiten Angestellten direkt in unser Häuschen getragen. Dort angekommen kamen wir aus dem Staunen gar nicht mehr raus, eine Terrasse am Canyonrand, eine verglaste Front, die direkt vom Bett aus einen atemberaubenden Blick auf den Canyon bot. Und wem dass dann noch nicht reichte, eine Dusche im Freien, natürlich auch

mit Blick auf den Canyon. Sofort war klar, was wir den nächsten Tag tun würden, einfach nur den Blick genießen... Nur rumliegen ist aber auch nicht unsere Sache, deshalb wanderten wir auch noch ein bisschen am Rand entlang und ließen uns beim Sundowner Drive von David mit kalten Getränken und leckeren Snacks verwöhnen. Nicht nur die einzigartige Lage, sondern auch die extreme Freundlichkeit des Personals macht diese Lodge so außergewöhnlich.

Nach zwei Nächten war es aber doch Zeit, uns zu verabschieden und uns langsam aber sicher auf den Weg Richtung Küste zu machen. Nach einer gewittrigen Nacht in Aus (ja es gibt wirklich Gewitter und die haben manchmal auch unangenehme Folgen, wie wir bald noch merken sollten), waren wir an den Ausläufern der Namib gelandet. 20 km hinter Aus, bei Garub, lernten wir noch eine Besonderheit dieses Landes kennen: Wildpferde.

Woher die Namib-Wildpferde kommen, ist nicht ganz klar, es gibt verschiedene Gerüchte darüber. Klar ist aber, dass hier ca. 180 Wildpferde leben. Sie haben sich im Laufe der Jahre an ihre Umwelt



Fish River Canyon im abendlichen Licht von der Lodge aus gesehen

angepasst und können z. B. bis zu 6 Tage ohne Wasser überleben. Außerdem wirken sie eher wie Ponys. 3 Stunden beobachteten wir das Kommen und Gehen der Pferde, auch die eine oder andere Oryx ließ sich blicken.

Dann führte uns unsere Reise an die Küste nach Lüderitz. Im schönen Cairos Cottage mit nur 5 Zimmern bereitete uns Cristo einen „warmen“ Empfang, was besonders Jens etwas nervös machte. Er erzählte uns, welche Annehmlichkeiten die kleine aber sehr schön gelegene Unterkunft bietet, informierte uns aber auch darüber, dass es seit heute Nacht keinen Strom gäbe. Hmm, ok. In einer deutschen Stadt mit 13.000 Einwohnern würde wohl das Chaos ausbrechen, aber wir befanden uns ja in Namibia und da passiert so etwas wohl öfter. In der vergangenen Gewitternacht hatte ein Blitz die einzige Leitung, die nach Lüderitz führt, getroffen und beschädigt, sodass die Stromversorgung unterbrochen war und nur das Nötigste durch Notstromaggregate am Laufen gehalten wurde, so z. B. die Scanner-Kassen im Spar-Supermarkt oder dann später auch das WiFi in der Unterkunft. Einzelne Restaurants hatten auch geöffnet, im Kerzenlicht wurde gegessen und auf Gasherden gekocht. So mussten wir wenigstens nicht hungern, sondern genossen die urige Atmosphäre in einem Surfer-Pub.

Am Morgen weckte uns Cristo mit Klaviermusik und Gesang, wir fragten uns mal kurz ob wir mitten in „Namibia sucht den Superstar“ gelandet sind, freuten uns dann aber schlussendlich einfach über die Abwechslung. Strom war auch wieder da und so konnten wir mit einem stärkenden Frühstück in den Tag starten.

Etwas außerhalb von Lüderitz liegt die Geisterstadt „Kolmans-

kuppe“. Die Stadt entstand um 1908, als in der Nähe Diamanten gefunden wurden. Im Rausch dieser Zeit entstanden hochherrschaftliche Häuser nach deutschem Vorbild. Zur Infrastruktur gehörten auch ein Krankenhaus, ein Schwimmbad und eine Eisfabrik. Nachdem die naheliegenden Diamantenfelder abgebaut waren und der Abbau 1930 ganz eingestellt wurde, verließen die Bewohner den Ort. Sie überließen die Häuser und die Einrichtung der Wüste ringsherum, die sich nun alles langsam aber sicher zurückerobert.

In dieser Geisterstadt erlebt man hautnah mit, was passiert, wenn der Mensch nicht mehr da ist. Manche Häuser sind verfallen und der Sand reicht bis zum Dach, in anderen bis zur Decke des Erdgeschosses. Diese Szenen haben ihren ganz eigenen Reiz, Licht und Schattenspiele sind vor allem für Fotografen ein Meer der Möglichkeiten. So machten wir hier hunderte von Fotos, die zu Hause dann aussortiert und bearbeitet werden mussten. Weiter führte uns unser Weg zum Diaz Point, eine Spitze der Lüderitz-Halbinsel. Wir erkundeten den Weg entlang des Meeres und nutzten einmal mehr die Allrad-Fähigkeiten unseres Autos. Natürlich gab es auch noch etwas Sightseeing in Lüderitz, wobei es da, außer der Felsenkirche nicht wirklich viel gibt. Trotzdem ein nettes kleines Städtchen, in dem wir uns sehr wohl fühlten.

Nach 2 Tagen Zivilisation freuten wir uns wieder auf die Einsamkeit und Weite der Namib. Der Süden Namibias lag hinter uns, was noch vor uns lag, kannten wir schon vom letzten Jahr, war uns aber so gut in Erinnerung geblieben, das wir es nochmal sehen wollten. So zum Beispiel die Pad C27 durch das Namib Rand Nature

Reserve am Rande der Namib. Eine Straße, die pure Einsamkeit verspricht. Stellenweise gibt es hier nicht mal mehr Büsche. Überraschend für uns waren jedoch die vielen Tiere die wir diesmal sahen. Springböcke, Strauße, Oryx und Zebras standen am Straßenrand oder mitten in der Landschaft. Unter vereinzelt Bäumen stand je ein Oryx, die einzige Möglichkeit für diese Tiere ein klein bisschen Schatten in der Hitze zu finden und für uns ein unvergessliches Bild. Geplant war anschließend eine Fahrt ins Deadvlei, wo wir den Sonnenuntergang und den Mondaufgang fotografieren wollten, nur leider durften wir das nicht. Wir konnten den Wächter am Tor zum Sossusvlei nicht dazu überreden, dass er für uns das Tor länger auflässt (Öffnungszeiten dieses Gebietes sind von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang) Also ließen wir den Tag ruhig ausklingen und gingen früh schlafen.

Der Wecker klingelte um 4.30 Uhr. Wir wollten zu Sonnenaufgang am Sossusvlei-Tor stehen um dann auf direktem Wege ins Deadvlei zu gelangen. Vom Tor bis zum Deadvlei sind es 60 km auf einer geteerten Straße, 5 km durch tiefen Sand und dann noch 1,5 km zu Fuß. Die Teerstrecke brachten wir schnell hinter uns (die erlaubten 60 km/h interessieren hier eh niemanden) und auch anfangs ging es mithilfe des Allrad gut durch den Sand. Leider wurde irgendwann das Auto vor uns langsamer und so kam es, wie es kommen musste, wir blieben im tiefen Sand stecken. Mithilfe der Fußmatten (die wir vor die Reifen legten) und festem Schieben ging es dann doch wieder weiter und wir atmeten auf, als wir den Parkplatz am Deadvlei erreichten. Rucksäcke auf dem Rücken und Stative in den Händen marschierten wir

Richtung Deadvlei. Besonders in den Morgenstunden, wenn die Farben durch den Sonnenstand noch intensiver sind ist dieses Gelände besonders beeindruckend. Das Deadvlei ist eine Ton-Pfanne mit abgestorbenen Akazienbäumen, umgeben von Dünen der Namib. Leuchtendes Rot, stahlblauer Himmel, das Weiß der Ton-Pfanne und die Schwärze der Bäume sind eine beeindruckende Mischung, die uns schon letztes Mal fasziniert hat und auch diesmal nicht weniger Faszination hatte. Störend auch dieses Jahr wieder die Touristen, aber gegen die kann man ja leider nichts machen. Trotzdem entstanden nette Gespräche mit einem Guide einer Touristengruppe oder einem Franzosen der sich mit „*Sorry for my bad english, I'm French*“ für die Verständigungsprobleme entschuldigt hat.

Um die Mittagszeit wurde es uns dann aber doch zu heiß und wir machten uns auf den Rückweg zum Auto. Die Rückfahrt verlief dann auch ohne größere Probleme und nach einem Burger zum Mittagessen konnten wir uns auf dem Weg zum Camp Gecko machen. Hier waren wir schon letztes Jahr. Mehrstöckige Zelte machen dieses Camp zu etwas ganz Besonderem, kein Strom, heißes Wasser nur wenn man vorher Feuer macht. Dafür Ruhe, Einsamkeit und Erholung, die wir nach diesem Tag auch nötig hatten. Leckeres Essen und ein schöner Sonnenuntergang krönten diesen anstrengenden aber trotzdem unvergesslichen Tag.

Nach einer sehr erholsamen Nacht und einem reichhaltigen Frühstück stand unsere „Horrorstrecke“ aus dem letzten Jahr auf dem Programm. Die Pad C14 führt durch den Namib-Naukluft Park

und war 2013 in einem schrecklichen Zustand. Damals konnten wir mit dem Polo nur langsam fahren und wurden ziemlich durchgeschüttelt. Wir machten uns also auf alles gefasst. Je weiter wir fuhren desto überraschter waren wir, die Straße war in einem super Zustand, wir hatten uns also ganz umsonst Sorgen gemacht. So konnten wir auch die Landschaft viel mehr genießen, Fotostopps machen und waren nicht komplett durchgeschüttelt, als wir in Swakopmund ankamen.

Swakopmund, eine kleine Stadt mit 44.000 Einwohnern, begeisterte uns schon im letzten Jahr, die deutschen Wurzeln sind noch an vielen Ecken zu sehen, an der Promenade herrscht ein ganz eigene Atmosphäre. Die Einheimischen sind nett aber auch ein bisschen verrückt (sie baden bei 10° C Wassertemperatur mit ihrer Straßenkleidung im Meer). Einziger Wehrmutstropfen: Im letzten Jahr aßen wir im Namigos Restaurant die besten Steaks, da wollten wir auch diesmal wieder hin. Leider ist das Namigos eine Woche vor unserer Ankunft in Swakopmund abgebrannt.

Schon während der Planung für die Reise hatten wir uns entschieden, in Swakopmund an einer Tour teilzunehmen. „Tommy's Living Desert Tour“ stand auf dem Programm. Diese Halbtagestour führt in die Namib hinein. Dort bekommt man dann von Tommy erklärt, wie lebendig die Wüste ist und wie viele Tiere in dieser eigentlich lebensfeindlichen Umgebung leben. Anschaulich und mit viel Witz erfuhren wir welche Techniken die Tiere entwickelt haben, um an Wasser zu gelangen oder auf welche Spuren man

achten sollte, um bestimmte Tiere zu finden. Gecko's, Chamäleons, Käfer, Spinnen und Schlangen wurden von Tommy gefangen oder ausgegraben. Abenteuerlich gestaltete sich dann am Ende die Rückfahrt. Dünen rauf und runter, unser Fahrer mit Spitznamen Mr. Adrenalin machte seinem Namen alle Ehre.

So langsam aber sicher waren wir fast am Ende unserer Reise angekommen, ein Highlight sollte aber noch kommen. Auf dem Weg nach Windhoek fuhren wir an den H.E.S.S-Teleskopen vorbei. Dort bekamen wir eine spannende und informative Führung, hierzu aber der gesonderte Artikel (Seite 50).

Nach einer Nacht in Windhoek war es dann am 13.10. leider soweit: Nach 21 Tagen Namibia und Südafrika, 4.500 km und ca. 10.400 Fotos flogen wir wieder via Johannesburg zurück nach München.

Trotz mancher Schwierigkeiten, oder auch gerade deswegen, waren die Tage in Afrika wieder unvergesslich. Auch dieses Mal gab es Überraschendes für uns. Der Süden Namibias ist auf jeden Fall eine Reise wert. Egal ob die Landschaft, die Menschen oder die Unterkünfte, Namibia hat für uns einen ganz speziellen Zauber. Welcher Teil des Landes, ob der Norden oder der Süden nun schöner ist? Für uns ist jeder Teil schön und sehenswert, manches kann man auch einfach nicht beschreiben sondern muss man einfach selber sehen. Unsere Tipps für Namibia-Reisende: warme Kleidung einpacken und lieber weniger Orte planen und sich dafür viel Zeit lassen und es richtig genießen! ■

Zu Besuch bei einem Riesen

Das H.E.S.S. Projekt in Namibia

von Timm Kasper

Dieser Artikel ist der Auftakt zu einer Serie über interessante und auch eher unbekanntere Teleskopprojekte. In den kommenden Ausgaben des Astro Amateur stellen wir je ein Projekt genauer vor, beleuchten die Funktionsweise, den Forschungsauftrag und die bisherigen Ergebnisse. Wir werden genauer auf die Hintergründe eingehen und sie so dem Leser näher bringen.

Im Khomas Hochland in Namibia steht auf dem Gelände der Farm Göllschau das H.E.S.S.- Teleskop-Projekt, etwa 100 km südwestlich der Hauptstadt Windhoek. Das H.E.S.S. ist ein System von fünf abbildenden Tscherenkow-Teleskopen zur Untersuchung von kosmischen Gammastrahlen.

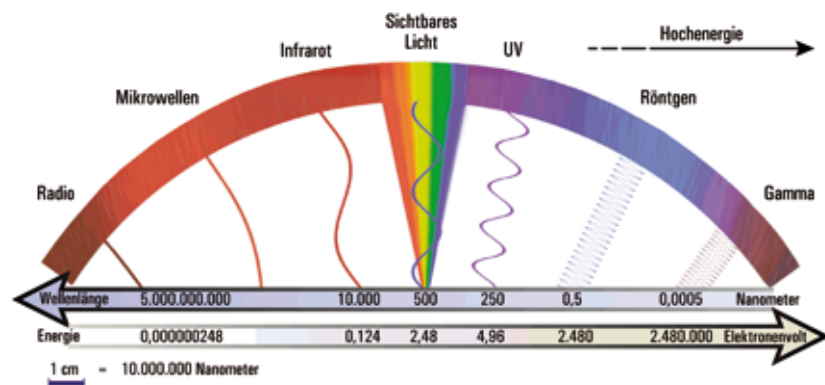
Unser sichtbares Licht stellt nur einen kleinen Teil der elektromagnetischen Strahlung dar. Bei der Gammastrahlen-Astronomie widmen sich die Forscher dem hochfrequenten und damit hochenergetischen Teil des Spektrums. Nach dem sichtbaren Licht kommt die ultraviolette Strahlung, gefolgt von der Röntgenstrahlung und dann erst kommt die Gammastrahlung. Die Einheit, in der die „Stärke“ dieser Photonen gemessen wird, nennt man Elektronenvolt (eV). Das sichtbare Licht hat etwa 1,5...3 eV, die Gammastrahlung liegt in dem Bereich von über 300 keV. Die höchste, bisher beobachtete Photonenenergie von 16 TeV hatte ihre Quelle in dem Blazar Markarjan 501.

Gammastrahlen sind also die energiereichste Form der elektromagnetischen Strahlung. Gamma-Photonen haben 100.000 mal mehr Energie als die Photonen des

sichtbaren Lichtes. Anders als die elektromagnetische Strahlung in den meisten anderen Wellenlängenbereichen können Teilchen im Gammastrahlenbereich nicht thermisch erzeugt werden; nur im Urknall waren die Temperaturen kurzzeitig hoch genug. Aber zu dieser Zeit war das Universum für Gammastrahlung nicht transparent und die resultierende Strahlung wurde sofort wieder absorbiert.

zer Löcher in die Zentren aktiver Galaxien zurückdiffundieren.

Könnten unsere Augen die Gammastrahlung im Universum wahrnehmen, würden wir nachts keine, für uns unbewegten Sterne sehen, sondern sich dauernd verändernde Strukturen und Objekte wahrnehmen. Wir würden Sonneneruptionen, Supernovae, Neutronensterne, Schwarze Löcher und aktive Galaxienkerne sehen können.



Oben:
Abb. 1: Spektrum elektromagnetischer Strahlung. *Quelle: MPI für extraterrestrische Physik*

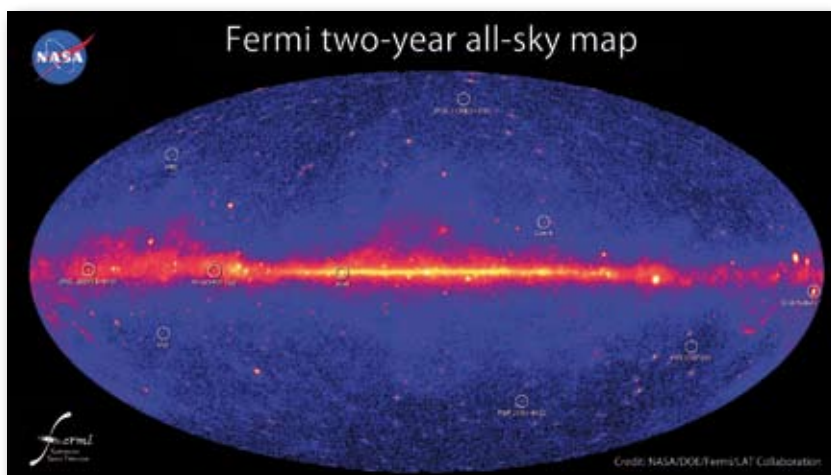
Rechts:
Abb. 2: Die ersten 3 Sekunden. *Quelle: MPI für Astronomie*

Die heute sichtbare Hochenergiestrahlung muss daher durch andere, nichtthermische Prozesse erzeugt werden. Man geht davon aus, dass stattdessen kollektive nichtthermische Mechanismen für die Beschleunigung verantwortlich sind. Geladene Teilchen gewinnen zunehmend an Energie, wenn sie immer wieder in die Schockfronten von Supernovaexplosionen oder die Plasmajets aus der unmittelbaren Umgebung Schwar-



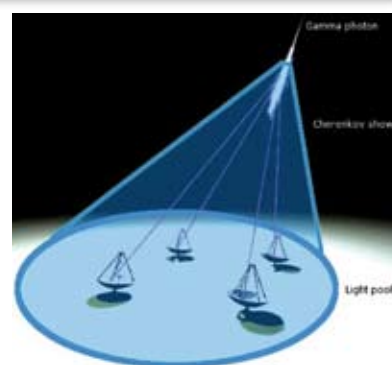
Die direkte Beobachtung von kosmischen Gammastrahlen ist nur mit Weltraumdetektoren möglich, da unsere Erdatmosphäre diese Gammastrahlen absorbiert. Aber auch im Weltraum lassen sich die Gammastrahlen nicht mit herkömmlichen Linsen- oder Spiegelteleskopen beobachten, da diese hochenergetische Strahlung nicht von Linsen gebrochen oder Spiegeln reflektiert werden kann. Man verwendet hierzu geschichtete Szintillationszähler. Bei diesen wird während des Durchgangs eines Gammaphotons ein Lichtblitz erzeugt. Diese Lichtblitze werden detektiert und so kann eine Richtungsabschätzung der einfallenden Gammaphotonen auf ein paar Grad genau gemacht werden.

Es ist allerdings auch möglich, Gammastrahlen indirekt vom Erdboden aus zu beobachten, indem man die Reaktion der Gammastrahlen mit der Erdatmosphäre beobachtet. Hierbei entstehen beim Zusammenprall der Gammaphotonen mit den Atomen der Hochatmosphäre Sekundärteilchenschauer. Fliegt ein Gammaquant innerhalb der irdischen Atmosphäre an einem Atomkern vorbei, so kann es sich spontan in ein Elektron und dessen Antiteilchen (Positron) umwandeln. Auf ihrer Reise durch die Luft gelangen diese Teilchen in die Felder weiterer Atomkerne, wobei wieder Gammaquanten entstehen, die erneut Atomkerne treffen können. Ein einziges kosmisches Gammaquant kann auf diese Weise eine Kaskade von 1000 und mehr Sekundärteilchen erzeugen. Dieser eng gebündelte Teilchenschauer erstreckt sich entlang der Flugrichtung des ursprünglichen Gammaquants über mehrere Kilometer in der Atmosphäre, erreicht aber den Erdboden



Oben:
Abb. 3: Gammablick auf den Nachthimmel. *Quelle: NASA/DOE/Fermi/LAT Collaboration*

Unten:
Abb. 4: Der Tscherenkov-Lichtpool. *Quelle: www.spie.org*



nicht. Die sekundären Elektronen und Positronen, die fast mit Lichtgeschwindigkeit unterwegs sind, senden dabei normales blaues Licht aus, das Tscherenkov-Licht. Es beleuchtet auf dem Erdboden dann einen Kreis von etwa 250 m Durchmesser.

Tscherenkov-Licht ist das optische Analog zum akustischen Überschallknall und entsteht, wenn die Geschwindigkeit eines Teilchens über der Lichtgeschwindigkeit in einem örtlichen Medium liegt. Der entstehende blaue Blitz ist extrem kurz (etwas einige Milliardstel Sekunden) und sehr lichtschwach (etwa 100 Lichtquanten pro Quadratmeter). Mit dem bloßen Auge ist es nicht wahrzunehmen. Bekannt ist der Tscherenkov-Effekt auch aus Atomreaktoren und deren Abklingbecken.

Hier kommen nun die Tscherenkov-Teleskope, die IACT, ins Spiel. IACT steht für Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope. Ein optisches Spiegelsystem mit großer Fläche und einer empfind-

lichen Kamera mit extrem kurzen Belichtungszeiten kann den Lichtblitz fotografieren und ein Bild des Teilchenschauers erzeugen. Das Bild eines Teilchenschauers kann man sich wie eine Leuchtspur eines Meteoriten vorstellen, die zurück auf die Quelle am Himmel zeigt.

Aus einer einzelnen Aufnahme eines Teilchenschauers kann man aber nicht dessen Lage im Raum rekonstruieren. Dazu ist eine zweite Aufnahme mit anderer Perspektive notwendig, genau wie beim menschlichen Sehen. Daher beobachtet man diesen Teilchenschauer mit mehreren Teleskopen. Es klingt sehr einfach, erfordert jedoch extrem komplexe Technik. Erstmals wurde diese Technik beim HEGRA Teleskop angewandt. Es bildete die Basis für das heutige H.E.S.S. Projekt. H.E.S.S. steht für High Energy Stereoscopic System. Auch spielt die Bezeichnung H.E.S.S. auf den

österreichischen Physiker Viktor Hess (1883 - 1964) an. Viktor Hess entdeckte während 10 Ballonaufstiegen zwischen 1911 und 1913 die kosmische Strahlung und erhielt hierfür 1936 den Nobelpreis für Physik. Fast 100 Jahre nach dieser Entdeckung sind die Quellen und Beschleunigungsmechanismen der kosmischen Strahlung noch immer heiß umstritten. Diese Fragestellung ist eines der zentralen Themen des H.E.S.S. Experiments.

Wie bei herkömmlichen astronomischen Teleskopen haben auch die H.E.S.S. Teleskope einen Hauptspiegel, der das Tscherenkow-Licht auf einen Detektor, die Kamera, fokussiert. Die Kamera sitzt, getragen von vier Masten, dort, wo üblicherweise der Fangspiegel sitzt.

Die H.E.S.S. Struktur besteht aus den vier „kleinen“ H.E.S.S.-I-Teleskopen, angeordnet in einem Quadrat mit einer Seitenlänge von 120 m und dem „großen“ H.E.S.S.-II-Teleskop auf dem Schnittpunkt der Diagonalen. So werden immer mindestens zwei Teleskope von dem Teilchenschauer aus 10 km Höhe beleuchtet. Der Abstand ermöglicht einen räumlichen Blick auf den Teilchenschauer und lässt so Rückschlüsse auf seine Ursprungsrichtung zu. Die Diagonalen des Vierecks sind in Richtung Nord/Süd bzw. Ost/West ausgerichtet.

Strukturaufbau der H.E.S.S.-I-Teleskope:

Das Teleskop hat einen Durchmesser von 13 m (Spiegelfläche 107 m²), aufgeteilt in 380 Einzelspiegel mit je 60 cm Durchmesser. Die Spiegel bestehen aus Aluminium beschichtetem Glas mit einer Schutzschicht aus Quarz. Die Brennweite beträgt 15 m und das Öffnungsverhältnis $f/0,87$.



Abb. 5: Die H.E.S.S.-Teleskope in Namibia. *Quelle: Wikipedia*

Spezialfirmen aus der Tschechei und Armenien haben die Spiegel angefertigt. Da jeder Spiegel individuell justiert werden muss, besitzt jeder der 380 Spiegel 2 Stellmotoren, die auf einige Tausendstel Millimeter genau verfahren werden können. Es wurde eine kostengünstige Lösung durch die Verwendung von Fensterhebermotoren aus dem Automobilbau erzielt.

Die optische Qualität von Tscherenkow-Teleskopen ist nicht mit denen „normaler“ optischer Teleskope zu vergleichen, da hier nur die diffuse Struktur eines Teilchenschauers aufgezeichnet werden muss. So liegt die Qua-

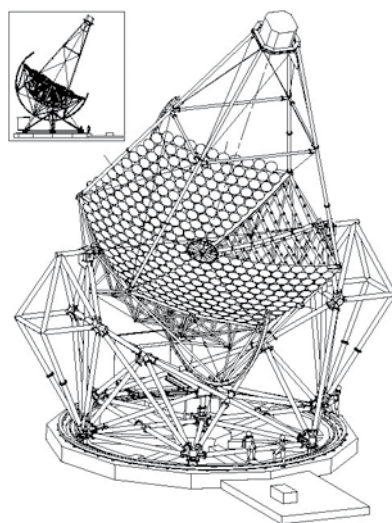


Abb. 6: H.E.S.S.-I-Struktur. *Quelle: MPI für Kernphysik*

lität etwa um den Faktor 100 unter der anderer astronomischer Teleskope.

Montiert ist die gesamte Konstruktion auf einer azimutalen Montierung. Sie kann auf jeden Punkt am Himmel ausgerichtet werden.

Die Höhe der Elevationsachse beträgt 10 m. Die Basis rotiert auf einem Stahlring mit dem Durchmesser von 14 m. Beide Achsen werden von einem Servomotor angetrieben. Es gibt noch einen batteriebetriebenen Gleichstrommotor für den Notfall. Mit einer Schwenkgeschwindigkeit von 100°/min erreichen die H.E.S.S.-I-Teleskope ihre Objekte sehr schnell, obwohl die gesamte Struktur jedes Geräts 60 Tonnen wiegt. Die großen Schwenkbereiche, im Azimut von 540° und in der Elevation von -125° und +90° aus der Vertikalen, erlauben auch das extrem schnelle Anfahren bei einem festgestellten Gammastrahlen-Ausbruch durch „überschwenken“. Die Positionskontrolle erfolgt mit Hilfe von optischen Encodern auf beiden Achsen. Zusätzlich überwacht ein optisches Teleskop mit CCD Kamera das exakte Anfahren.

Um die Teilchenschauer aufzeichnen zu können, besitzen die H.E.S.S.-I eine Kamera mit 960

„Pixel“. Jeder „Pixel“ ist ein 8-stufiger Photoelektronenvervielfacher (Photomultiplier oder kurz PMT). Jeder PMT hat ein Bildfeld von $0,16^\circ$. Um das Lichtsammelvermögen noch zu verbessern, wurden Spiegelkonstruktionen, sogenannte Winston-Kegel, aufgesetzt. Je 16 PMT bilden eine Schublade. Die gesamte Kamera besteht aus 60 dieser Schubladen. Mit diesem Aufbau kann ein Bildfeld von 5° abgedeckt werden.



Eine Schublade mit 16 PMT's und Elektronik. Quelle: MPI für Kernphysik

Der Hauptunterschied zu fotografischen Kameras liegt in der Belichtungszeit von weniger als einer millionstel Sekunde. Um das Tscherenkov-Licht vom Hintergrundlicht des Nachhimmels unterscheiden zu können, ist diese kurze Belichtungszeit nötig. Ohnehin können die H.E.S.S. Teleskope nur in mondlosen Nächten eingesetzt werden.

Die Kameras werden von einem zentralen Auslöser gesteuert. Detektieren mindestens 2 Kameras einen Teilchenschauer, wird durch den zentralen Auslöser die Aufzeichnung gestartet.

Strukturaufbau des H.E.S.S.-II-Teleskops

Generell folgt das Design des großen Teleskopes dem der vier kleinen. Es besitzt eine Spiegelfläche von 614 m^2 , was einem Durchmesser von 28 m entspricht, aufgeteilt in 860 sechseckige Spiegel mit je 90 cm Größe (Abstand Kante-Kante) und einer Brennweite von 36 m. Auch die Justage

der Spiegel erfolgt analog zu den H.E.S.S.-I-Spiegeln.

Der azimutale Antrieb erfolgt über 12 Räder in 6 Wägen auf einer Schiene mit 36 m Durchmesser. 4 Räder werden angetrieben und erreichen bis zu $200^\circ/\text{min}$. Es können Drehwinkel von $\pm 280^\circ$ aus der Parkposition erreicht werden. Die Höhe der Elevationsachse beträgt 24 m, Schwenkbereich -125° bis 90° von der Vertikalen und Schwenkgeschwindigkeit von $100^\circ/\text{min}$. Inklusive Kamera beträgt das Gesamtgewicht 580 Tonnen.



Struktur H.E.S.S. II. Quelle: MPI für Kernphysik

Alleine die Kamera wiegt 2,8 Tonnen. Sie besteht aus 2048 PMT Elementen in 128 Schubladen und funktioniert ebenso, wie die Kameras der H.E.S.S. I. Sie nimmt bis zu 3600 Bilder pro Sekunde auf. Hier beträgt das Bildfeld $3,2^\circ$ am Himmel.

Einziger Unterschied ist, dass die Kamera während Schlechtwetterperioden vom Teleskop



Kamerawechsel am H.E.S.S. II. Quelle: MPI für Kernphysik

abgenommen wird und durch ein Dummygewicht ersetzt wird.

Das komplette H.E.S.S.-Projekt wird von einem zentralen Kontrollraum aus gesteuert und überwacht. Von dort aus können nicht nur die Teleskope, sondern auch die Wetterlagen, Temperaturen des Himmels, die Wolkenlage im Sichtfeld und auch die Datenaufzeichnung überwacht werden.

Beobachtungen und Messungen werden aktuell nur in einem Bereich von 70° bis zum Zenit gemacht, da unterhalb der Fokus und der Beobachtungswinkel Probleme machen. Aktuell laufen Simulationen, um die H.E.S.S. Teleskope auch unterhalb der 70° Höhe verwenden zu können.

Die H.E.S.S.-Teleskope arbeiten einen im Vorfeld festgelegten Beobachtungsplan ab. Meldet allerdings der Satellit FERMI einen möglichen Gammastrahlenausbruch, dann wird die aktuelle Beobachtung automatisch unterbrochen und die Teleskope schwenken selbständig zu den gemeldeten Koordinaten und beginnen ihre Aufzeichnungen. Danach nehmen sie die ursprüngliche Beobachtung wieder auf.

Auf 1800 m Höhe gelegen, erfüllt H.E.S.S. fast die errechneten Optimalbedingungen von 1600 m über Meereshöhe. Die Rechenmodelle zeigen auf dieser Höhe ideale Bedingungen für die Beobachtung des Tscherenkov-Lichts.

Neben den H.E.S.S. Anlagen werden aktuell noch zwei weitere IACT-Teleskope betrieben, zum einen die MAGIC-Teleskope auf La Palma und VERITAS auf dem Mount Hopkins in Arizona. In Planung befindet sich das CTA, das Cherenkov Telescope Array. Dieses soll aus 19 Teleskopen auf der Nordhalbkugel und 99 Teleskopen auf der Südhalbkugel

bestehen. Der Start des Betriebs ist für 2020 geplant.

Forschung am H.E.S.S.

Nachdem die vier H.E.S.S.-I-Teleskope in Betrieb gegangen sind, konnte die Zahl der bekannten Gammastrahlquellen innerhalb kürzester Zeit mehr als verdoppelt werden. Aktuell befinden sich in der „H.E.S.S. Source list“ 71 Gammastrahlquellen.

Das primäre Ziel des H.E.S.S.-Experiments war und ist die experimentelle Grundlage für ein besseres Verständnis der Beschleunigung, Ausbreitung und Wechselwirkung von nichtthermischen Teilchen zu schaffen.

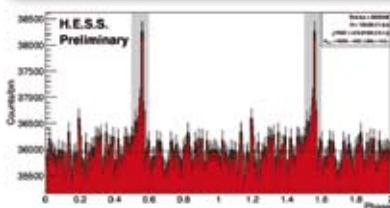
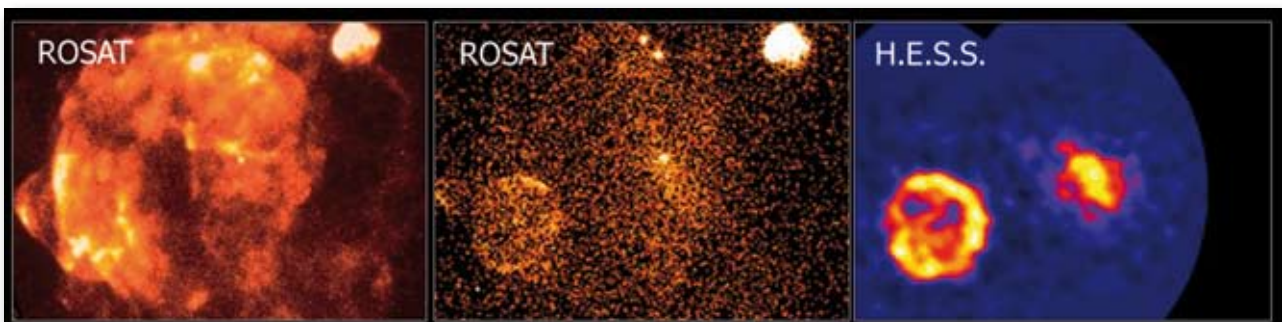
In der letzten Publikation wurden die ersten Daten des H.E.S.S.-II-Teleskops verarbeitet. Es wurde ein Pulsar im Sternbild Vela unter-

sucht. Mit Hilfe des 28-m-Spiegels konnten nun erstmals Auflösung und Empfindlichkeit so gesteigert werden, dass sich die gepulste Strahlung messen ließ. Der Vela Pulsar ist der zweite Pulsar überhaupt, den man vom Boden aus im Bereich der Gammastrahlen nachgewiesen hat. Nach der Einweihung 2012 folgten zwei Jahre intensiver Softwarearbeit, dadurch konnte ein hochempfindliches Analyseverfahren entwickelt werden, mit dem das Pulsen im Abstand von 83 Millisekunden nachgewiesen werden konnte.

Durch das H.E.S.S.-Projekt konnten inzwischen eine Vielzahl verschiedener Gammastrahlungsquellen identifiziert werden. Solche Quellen können Supernovae, Supernovaüberreste, Pulsare, Doppelsterne, große Molekül-

wolken, Sternhaufen, aktive Galaxienkerne, Schwarze Löcher und Gebiete der Sternentstehung sein.

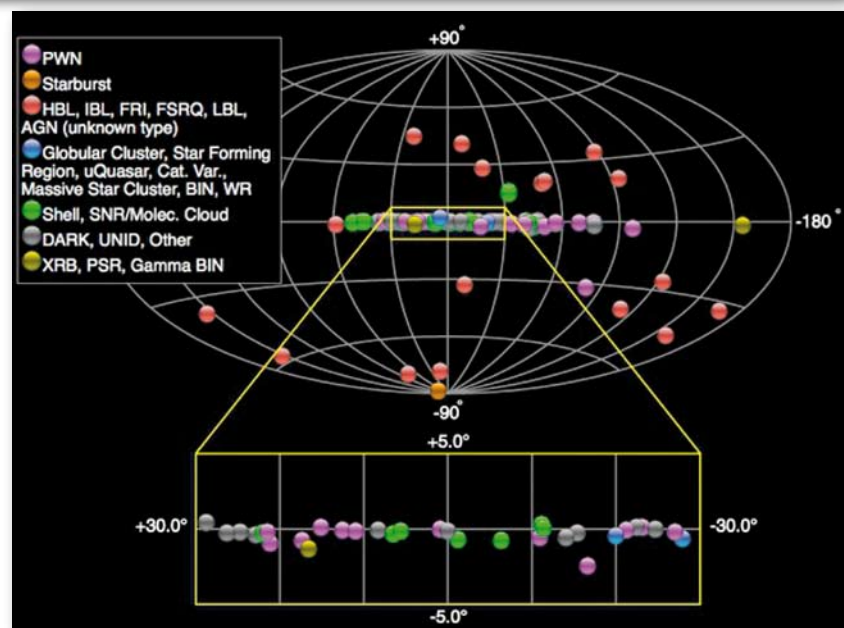
Jens, Sabrina und ich hatten während unseres Namibia Urlaubs die Gelegenheit, H.E.S.S. zu besuchen. Es war wirklich beeindruckend, das aktuell größte Spiegelteleskop live zu sehen. Wir erhielten an einem Sonntagnachmittag eine Privatführung von Albert Jahnke und seinem Kollegen. Uns wurde der Kontrollraum und eine gut verständliche Präsentation über die Arbeit am H.E.S.S. gezeigt. Danach durften wir nach draußen zu den Teleskopen gehen und auch die Kameras besichtigen. Ich möchte mich an dieser Stelle bei Toni Hanke, Albert Jahnke und Kollegen für diese einmalige Möglichkeit und natürlich für die geopferte Freizeit bedanken.



Oben: Vergleich von Aufnahmen des Vela-Pulsars mit ROSAT und H.E.S.S. Quelle: MPI für Kernphysik

Mitte: Periodische Gammastrahlenpulse des Vela-Pulsars in den Daten des H.E.S.S.-Experiments. Eine Periode entspricht 89 Millisekunden. Quelle: H.E.S.S. Kollaboration

Rechts: Die Vielzahl der Gammastrahlungsquellen im Himmel, entdeckt durch das H.E.S.S. Projekt. Quelle: MPI für Kernphysik



Glossar

BLAZAR

Bei Blazaren handelt es sich um hochenergetische galaktische Objekte, aus deren Zentrum jeweils bis zu 50 % der von der ganzen Galaxie abgegebenen Strahlung kommt. Derzeit gilt die Anschauung, dass die ausgestrahlte Energie der scheibenförmig angeordneten Materie entweicht, die ein supermassives Schwarzes Loch in der Kernzone transformiert bzw. im komplexen Prozess der Akkretion und des „Verschlinsens“ aktiviert. Die Energiestrahlung (Jetstrahl) steht senkrecht zur Ebene des Materiestroms. Bei den Blazaren schwankt die Emission von Strahlungsenergie

bzw. Teilchen viel stärker und schneller als bei Quasaren (binnen Stunden bis Wochen). Sie erscheinen uns wie eine punktförmige Lichtquelle, stark polarisiert und nahezu frei von Spektrallinien. Die Erstbeschreibung solcher Objekte erfolgte Anfang der 1960er Jahre durch Benjamin Markarjan.

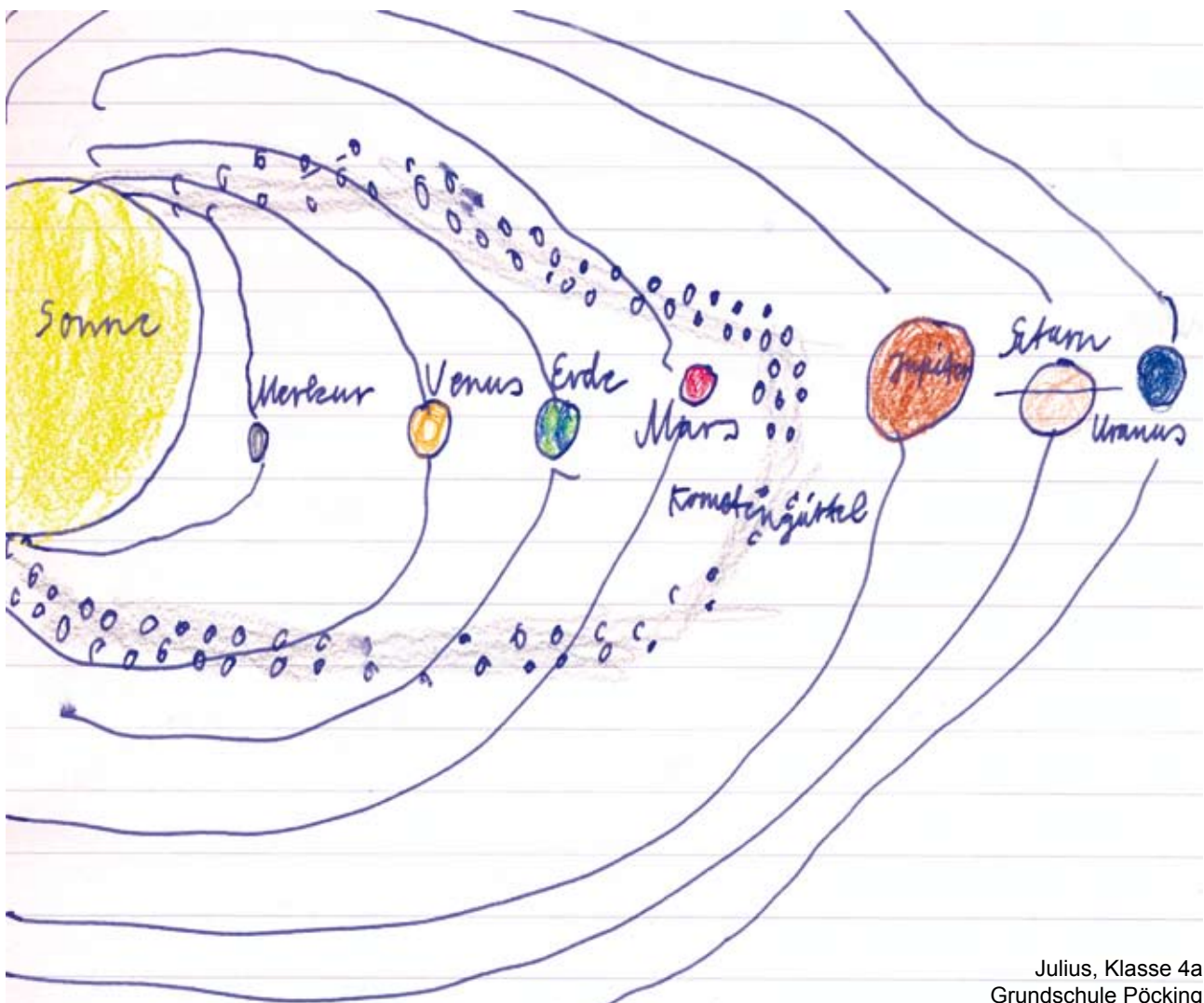
PMT

Ein Photomultiplier oder auch Photoelektronenvervielfacher (kurz: Photovervielfacher, engl. photomultiplier tube, PMT) ist eine spezielle Elektronenröhre mit dem Zweck, schwache Lichtsignale (bis hin zu einzelnen Photonen) durch Erzeugung und Verstärkung eines elektrischen Signals zu detektie-

ren. Ein Photomultiplier besteht typischerweise aus einer Photokathode und einem nachgeschalteten Sekundärelektronenvervielfacher in einem evakuierten ($10^{-6} \dots 10^{-5}$ Pa) Glaskolben.

FERMI

Das Fermi Gamma-ray Space Telescope (FGST, vormals Gamma-ray Large Area Space Telescope, GLAST) ist ein Weltraumteleskop für die Gamma-Astronomie. FGST ist ein Gemeinschaftsprojekt der NASA und des US-Energieministeriums, mit weiteren Beteiligungen aus den USA, Frankreich, Deutschland, Japan, Italien und Schweden. ■



Die „Mächler“ vom Bodensee

Ausflug zum Dornier- und Zeppelin-Museum in Friedrichshafen

von Harald Steinmüller

Alle zwei Jahre veranstaltet die Allgäuer Volkssternwarte Ottobeuren nun schon seit über 25 Jahren für ihre Mitglieder einen großen Vereinsausflug. Der letzte, 2013, führte uns ins Salzkammergut nach Österreich.

Für die Jahre zwischen den Ausflügen hatten wir jedoch keine konkreten Pläne, der Organisationsaufwand ist für einen jährlichen Ausflug einfach zu groß.

Aber dann kam unser Mitglied Hans-Joachim Pust auf eine glänzende Idee. Wie wäre es, so hatte er uns vorgeschlagen, mit einer Fahrt nach Friedrichshafen (dort wohnt er nämlich) und einem Besuch im Dornier-Museum?

Nach kurzer Überlegung stimmten wir dem Vorschlag zu. Das könnte ein netter eintägiger Ausflug werden, mit einem Bildungsprogramm und der natürlich notwendigen Geselligkeit. Ein Tagesausflug hat eigentlich große Vorteile. Man muss sich

nicht um Übernachtungsmöglichkeiten kümmern; man muss nur einen Samstag „opfern“, und natürlich ist das Kostenbudget überschaubar.

Das Programm, eine Führung durchs Dornier-Museum, Mittagessen im dortigen Do-X-Restaurant, anschließend Fahrt an den Bodensee und der Besuch des Zeppelin-Museums, wirkte zusammen mit einem vernünftigen Preis und einem Termin im Herbst recht attraktiv. Aber dass sich dann nur insgesamt 20 Mitglieder angemeldet hatten, war schon etwas enttäuschend. Kurzum, der große Bus wurde abbestellt. Wir buchten stattdessen zwei Kleinbusse bei einer Mietwagenfirma und fuhren mit kleinem Personal nach Friedrichshafen.

Das Dornier-Museum ...

... wurde 2009 direkt am Flughafen Friedrichshafen eröffnet und zeigt auf 5.600 m² Gebäudefläche

und einem 25.000 m² großen Landschaftspark viele Exponate und Modelle aus dem Lebenswerk Claude Dorniers und der Friedrichshafener Dornier-Werke.

Unser Museumsführer, ein ehemaliger Pilot der Bundeswehr, leitete uns fachkundig durch die Ausstellung, die mit einer Porträtgalerie der Zeitgenossen Claude Dorniers ihren Anfang nahm.

Als Sohn eines französischen Vaters und einer deutschen Mutter wurde Claude Dornier 1884 in Kempten im Allgäu(!) geboren. Nach technischem Studium in München und verschiedenen Anstellungen, begann seine „Luftfahrtkarriere“ 1910 beim Luftschiffbau Friedrichshafen.

Mit dem Namen Dornier verbindet man heute stets den Flugzeugbau. Allem voran die Flugboote, die er, trotz des alliierten Flugzeugbauverbotes nach dem ersten Weltkrieg ab 1920 entwickelte. 1928/29 wurde mit der



Die Teilnehmer der Exkursion vor der Do-31, einem Senkrechtstarter, ursprünglich entwickelt für die Luftwaffe der Bundeswehr.

Do-X das größte Flugzeug seiner Zeit (eigentlich ein „Flugschiff“) gebaut, noch heute eine Meisterleistung des Flugzeugbaus.

Die Führung durch die Luftfahrtabteilung offenbarte jedoch nicht nur die seinerzeit gebauten Flugzeuge, sondern auch die für die damalige Zeit zukunftsweisenden Konzepte.

Mehrere Flugzeuge die von den Dornier-Werken komplett bzw. mitentwickelt worden sind, laden im Außenbereich die Besucher zum Einsteigen ein. So z. B. die Breguet-Atlantik, ein ehemaliger Seefernaufklärer. In der Halle sind u. a. ein Alpha-Jet, ein Bell-UH-1D Hubschrauber, und eine Do-28

A1 ausgestellt. Letztere, passenderweise in weiß/blauer Farbe lackiert, flog Franz Josef Strauß seinerzeit als Dienstflugzeug in der Regel selbst.

Doch Dornier ist nicht nur für die Flugzeugentwicklung bekannt. Einen großen Anteil hatten die „Cleverles“ vom Bodensee auch an der Raumfahrttechnik.

Der Besucher geht auf seinem Rundgang durch ein Originalsegment eines Raumlabor mit verschiedenen Materialforschungsanlagen. Mehrere Raumsonden komplettieren die Ausstellung. Als Original-Exponat, welches bereits im Weltall war, beeindruckt die „Faint Object Came-

ra“. Diese befand sich von 1990 bis 2002 im Einsatz im Hubble Space Telescope und hatte maßgeblichen Anteil an den faszinierenden Deep Space Bildern des Weltraumobservatoriums.

Eher unbekannt hingegen sind die Entwicklungen in der Medizintechnik (ausgestellt ist ein Nierensteinzertrümmerer aus den 1970er Jahren), oder in der Umwelttechnik. Dornier spielte auch eine gewisse Vorreiterrolle in der Entwicklung von Solaranlagen.

Als nach dem 2. Weltkrieg die Alliierten den Bau von Flugzeugen verboten hatten, entwickelte Dornier zunächst in Lindau Webstühle und Textilmaschinen. Diese genießen heute Weltruf. Gleichzeitig ist die Lindauer Dornier GmbH nach der Übernahme der anderen Unternehmensteile durch EADS/Daimler Benz noch das einzige verbliebene aktive Unternehmen in Familienhand.

Links:
Das Original der „Faint Object Camera“ aus dem Hubble Space Telescope (oben mitte)

Unten:
Panaoramablick in die große Ausstellungshalle des Dornier-Museums mit zahlreichen Exponaten aus Luftfahrt-, Wehr- und Medizintechnik.



Alles in allem gibt das Dornier Museum, medial höchst interessant aufbereitet, einen faszinierenden Einblick in die Geschichte eines einstigen Weltunternehmens und in das Leben dessen Gründervaters Claude Dornier.

Zeppelin Museum

Nach dem Mittagessen ging es nach Friedrichshafen selbst. Glücklicherweise in der Tiefgarage angekommen (schließlich hatten wir Kleinbusse und die Tiefgarage war

für Fahrzeuge von max. 2 m Höhe ausgelegt), besuchten wir noch das Zeppelin-Museum.

Mit den faszinierenden Luftschiffen wird die Stadt am Bodensee eigentlich in Verbindung gebracht. Auf 4.000 m² und mehreren Stockwerken waren die unterschiedlichsten Exponate von Luftschiffteilen ausgestellt. Ein Teil eines großen Zeppelins bildete das Zentrum der Ausstellung.

Mittels Originalleiter konnten wir in den originalgetreuen Nach-

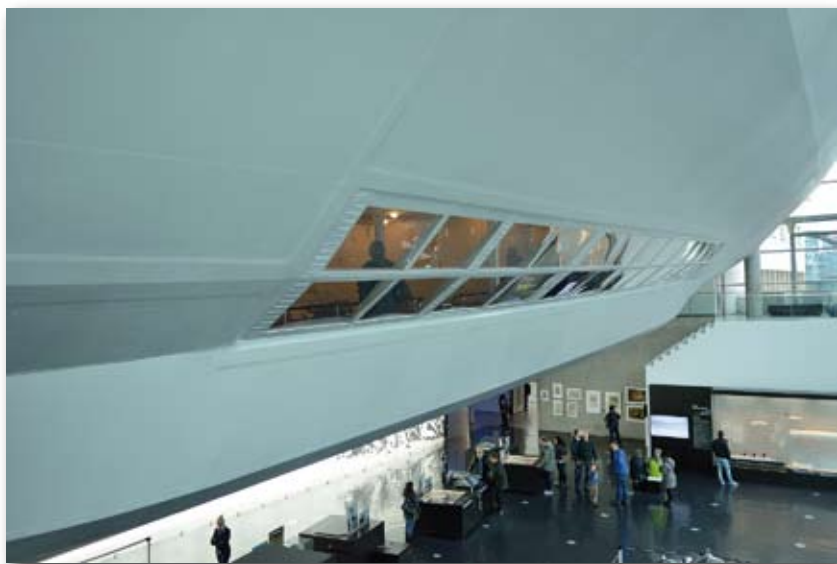
bau der Kabine des Luftschiffes LZ 129 (Hindenburg) besichtigen: Schlafkabinen für die Passagiere, den geräumigen Salon mit Aussichtsfenster. Weiter oben zeigt die nachgebaute Aluminium-Konstruktion die Bauweise der Luftschiffe.

Eine umfassende Fotoausstellung stellt die Geschichte der Luftschiffe vom Heißluftballon bis zum heute noch fliegenden Zeppelin NT eindrucksvoll dar.

Nach dem Besuch des Museums nahmen manche Mitglieder noch die Möglichkeit eines Spaziergangs entlang der Uferpromenade wahr, ehe wir uns dann wieder auf den Nachhauseweg machten.

Eine eintägige Exkursion mit einem interessanten Programm ist sicherlich eine sinnvolle Ergänzung in unserem Vereinsleben. Beim nächsten Mal würden wir uns jedoch mehr Teilnehmer wünschen. ■

Links: Die Außenhülle (Nachbildung) der LZ129 (Hindenburg) im Zeppelin-Museum



Ein Flugzeug zu erfinden, ist nichts.
Es zu bauen, ein Anfang.
Fliegen, das ist alles.

*Otto Lilienthal (1848 - 1896),
deutscher Ingenieur und Flugpionier*

Das Wetter in Ottobeuren 2014

beobachtet von Alexander Socher

Auch 2014 habe ich das Wettergeschehen, wie Temperaturen oder Schneelage im Günztal beobachtet. Der Winter 13/14 war oft sehr mild und relativ trocken. Es lag im Januar und Februar so gut wie kein Schnee. Die Langlaufloipe in Böhen konnte kein einziges Mal gespurt werden. Ansonsten waren die Temperaturen weitestgehend normal.

Die kälteste Nacht des Jahres war am 29.12.2014 mit -15°C . Diese Temperatur täuscht allerdings ein wenig über den eigentlich zu warmen Winter 13/14 hinweg, denn dieser Wert gehört bereits zum Winter 14/15. Schon ab Ende Februar 2014 wurde es tagsüber sehr mild, so dass der Schnee kaum eine Chance hatte, sich länger zu halten.

Das späte Frühjahr war allerdings wieder etwas kühler, was man vor allem am März und April beobachten konnte. Die trockenen Hochdruckwetterlagen des Winters setzten sich bis Ende April so fort. An Ostern gab es, wie im

Vorjahr, wieder Eis und Frost. Der letzte Frosttag war am 17. April mit der morgendlichen Temperatur von -3°C .

Im Gebirge oberhalb 1500 m herrschte ein fast normaler Winter, allerdings lag dort auch weniger Schnee als sonst im Allgäu üblich. Diesmal fiel der meiste Schnee an den Südalpen und am Alpenhauptkamm. Im Ötztal fielen diesen Winter oberhalb 3000 m sogar mehrere Meter Schnee.

Von heftigen Unwettern wurden wir, wie auch schon im Jahr zuvor, wieder weitestgehend verschont. Gewitter mit Sturmböen oder Hagel gab es in unmittelbarer Umgebung, wie auch schon im Jahr zuvor, kaum.

Der Hochsommer beschränkte sich auf wenige Tage im Juni mit ein paar Sommer-, bzw. Tropentagen. Die wärmsten Tage des Jahres waren am 6. Juni, sowie am 19. Juli mit $+32^{\circ}\text{C}$. Im Juli und August regnete es sehr viel und kühl war es auch. Im August konnte ich nur noch zwei Sommertage

verzeichnen. Die Badesaison fiel im wahrsten Sinne des Wortes ins Wasser.

Auf der Zugspitze gab es diesen Sommer sehr oft Schnee und Schneeregen, der zum Teil sogar öfters mal bis auf 2000 m herunter kam. Die Blätter der Bäume färbten sich etwas früher als üblich in den Farben des Herbstes, blieben aber wegen der warmen Großwetterlagen sehr lange am Baum hängen.

Der Herbst, vor allem der Spätherbst, war schon, wie in den Jahren zuvor, sehr sonnig und oftmals über den Durchschnittswerten in unseren Breiten. Bei mir im Garten blühten die Sommerblumen, wie Petunien und Geranien, bis weit in den Dezember hinein, weil es keinen richtigen Frost bis zu diesem Zeitpunkt gab. Weiße Weihnachten gab es letztes Jahr auch wieder nicht, wobei es aber dann nach Weihnachten an 2 Tagen über 40 Zentimeter schneite und es dann bis Silvester sehr winterlich blieb.

Jahr	Tage mit geschlossener Schneedecke	Nächte mit wolkenlosem Himmel	Sommertage (über $+25^{\circ}\text{C}$)	Tropentage (über $+30^{\circ}\text{C}$)	Frosttage	Eistage (Tage mit Dauerfrost)	weisse Weihnachten in Ottobeuren
2002	–	–	43	6	75	23	nein
2003	91	148	80	21	126	42	ja
2004	84	132	35	1	120	41	ja
2005	91	129	34	4	120	62	ja
2006	93	139	45	7	113	53	nein
2007	57	153	27	4	88	22	ja
2008	49	134	35	2	101	25	nein
2009	66	138	32	3	105	39	ja
2010	112	106	32	9	121	64	ja
2011	39	148	35	3	100	25	nein
2012	63	117	38	9	110	38	nein
2013	37	113	37	13	122	44	nein
2014	16	119	22	4	79	6	nein

Im Jahr 2014 lag nur an 16 Tagen eine geschlossene Schneedecke. Frosttage gab es auch nur 79. Unter Frosttagen versteht man in der Meteorologie Tage mit einem Temperaturminimum von 0° C. Hiervon waren 6 Tage Eistage, d. h. Tage mit einem Temperaturmaximum von 0° C. Von Januar bis Februar 2014 war die tiefste Temperatur nur -6 °C. Der fehlende Schnee kam dann, wie im Vorjahr, zu Ostern. Da wollte

ihn dann auch niemand mehr haben. Im Februar zog dann noch ein Sturm über die Nacht hinweg mit einem Spitzenwert von ca. 90 km/h.

Sommertage, also Tage mit einer Temperatur von über +25°C gab es im Jahr 2014 22-mal. Davon waren vier Tage Tropentage, also Tage mit einer Temperatur von über +30°C.

Wolkenlose Nächte, die wir Hobbyastronomen ja so schätzen,

gab es leider nur 119. Die Jahresdurchschnittstemperatur im Günztal lag im Jahre 2014 bei ca. +9,6°C. Somit war das Jahr 2014 vom Jahresmittelwert her gesehen wieder viel zu mild. Der Normalwert liegt in unserer Gegend bekanntlich bei +8°C.

Für alle, die sich genauer für meine Beobachtungswerte interessieren, habe ich wieder ein paar Tabellen zusammengestellt. ■

Monatsmittelwerte und Jahresmittelwert für Ottobeuren

Jahr	Jan.	Febr.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres-Mittelwert
2002	-1,1	4,8	6,3	8,0	13,7	19,3	18,9	18,1	11,7	9,3	6,1	2,2	9,8
2003	-1,0	-4,0	5,6	7,7	14,7	21,3	18,8	21,6	13,4	5,6	5,2	0,1	9,1
2004	-0,7	1,0	2,7	8,3	10,7	15,5	17,1	18,6	13,6	11,1	3,8	-0,8	8,4
2005	-0,6	-3,6	2,5	8,0	12,7	16,9	17,5	15,4	14,9	10,3	2,2	-1,7	7,9
2006	-4,8	-2,0	0,6	7,7	12,7	16,6	21,3	14,8	16,0	12,0	6,3	2,5	8,6
2007	3,8	4,0	4,8	11,3	14,0	17,4	17,3	16,5	11,6	8,9	1,3	1,3	9,2
2008	1,9	2,5	3,6	7,3	14,4	16,5	17,3	17,5	11,9	9,4	3,3	-0,6	8,8
2009	-2,5	-1,1	2,6	10,1	14,3	15,0	18,0	18,5	14,4	8,8	6,6	-0,2	8,7
2010	-3,5	-0,9	3,5	7,9	11,2	15,7	19,2	16,5	11,6	7,8	4,2	-2,3	7,6
2011	-0,2	1,5	5,4	10,8	13,6	16,4	16,1	18,3	15,1	8,5	4,3	2,8	9,4
2012	0,2	-5,6	6,0	7,9	13,5	15,6	17,6	18,5	13,3	8,6	5,0	0,8	8,4
2013	-0,1	-3,3	1,1	8,1	10,1	15,2	19,3	17,6	14,0	10,8	2,9	1,2	8,0
2014	2,1	3,4	5,8	9,4	11,4	16,4	17,2	15,7	14,0	11,5	5,9	2,1	9,6

Böses Wetter, böses Wetter!
 Es entladen sich die Götter,
 Reinigen ihr Wolkenhaus,
 Und die Menschen badens aus.

*Franz Grillparzer (1791 - 1872),
 Wiener Hofkonzipist und Burgtheaterdichter*

Jahresabschluss der SAG Rheintal

von Robert Blasius

Zum diesjährigen Jahresabschluss der SAG Rheintal lud Reinhold Grabher diesmal nach Berneck zur Besichtigung der Küferei Thurnheer und zum anschliessenden gastronomischen Beisammensein in das nahegelegene Restaurant Brauerei.

In einem geschickten Schachzug erwähnte er in der Einladung, dass der Anlass um zwei Wochen vorverlegt sei und bereits schon am 8. November stattfindet, was dazu führte, dass man sich sofort anmelden musste.

Wie wir später erfuhren, war das nur eine Notlüge, damit sich die Leute auch tatsächlich schnell anmelden. Chapeau Herr Grabher!

Von der AVSO entschlossen sich Udo und Sophie Marx, Frank Hegemann sowie Martina und Robert Blasius dazu unseren Verein auf diesem Abschluss zu vertreten.

In der Küferei wurden wir von dem Firmenchef und einzigem ständigen Arbeiter Martin Thurnheer begrüsst.

Seit 1854 werden in der Küferei Thurnheer in Berneck Lagerfässer, Barriques, Gärständen, Holzbadewannen und weitere Fassgebilde hergestellt. Der kleine Familienbetrieb wird bereits in der 5. Generation geführt. Die Fässer und Barriques werden mehrheitlich von Schweizer Winzern verwendet, um ihren Wein mit einem besonderen Holzaroma zu bereichern.

Umso erstaunlicher ist es, dass die Arbeit vom Holzeinkauf bis zum fertigen Fass in der Hauptsache durch den Firmenchef selber erledigt wird, lediglich die Buchhaltung und die Kundenaquise übernehmen seine Mutter und Schwester.

In präziser Handarbeit stellt der Küfer Martin Thurnheer dabei unter anderem Barriques

auch mit Zertifizierung „Terroir Chêne“, Lagerfässer, Gärständen und Holdbadewannen her. Nach der Führung konnten wir uns die Werkstatt bei einem Gläschen Wein aus der Region und kleinen Häppchen noch genauer anschauen, bevor wir gegen 16 Uhr in das Restaurant Brauerei in der Ortsmitte aufbrachen.

Bei Kaffee und Tee konnten wir uns aufwärmen und uns in gemütlicher Atmosphäre unterhalten bevor noch einige Nachzügler eintragen.

An diesem Abend gab es in der Brauerei eine Schlachtpartie, wo die meisten begeistert zugriffen. Mit gefülltem Bauch unterhielt es sich dann auch sehr nett über die Astronomie, Fotografie, Politik und alles was man sich zusagen hat.

Alles in allem war es ein sehr gelungener Jahresabschluss der SAG und mit den Freunden der Vorarlberger Amateurastronomen war die Gruppe mit über 30 Mann auch recht gross.

Die Abschlüsse der SAG, die Reinhold Grabher organisiert, sind immer sehr launig und unbedingt eine Empfehlung. An dieser Stelle auch einen Dank von den Mitgliedern der AVSO für die Einladung und die Durchführung dieser Events. ■

Astronomisches Dreiländertreffen mit Teilnehmern aus der Schweiz, Vorarlberg und dem Allgäu.



Astronomie in L.A.

Besuch beim Griffith Observatory und des California Science Centers

von Wolfgang Forth

Bei meiner letzten USA-Reise war eine Station die Stadt Los Angeles in US-Bundesstaat Kalifornien. Hier gibt es für jeden astronomisch Interessierten zwei Plätze, die man unbedingt besuchen sollte:

An erster Stelle steht natürlich ein Besuch im Griffith Observatory auf der Liste. Und zweitens das California Science Center mit dem Space Shuttle Endeavour.

Das Griffith Observatory liegt hoch im Griffith Park nördlich von Los Angeles, man erreicht es am besten über die Vermont Avenue. Da das schön gelegene Observatorium sehr gut besucht ist, sollte man jede Gelegenheit bei der Anfahrt nutzen, um einen freien Parkplatz zu ergattern. Der Zugang zum Observatorium ist kostenfrei und die Terrassen bieten einen fantastischen Ausblick auf die Metropole L. A. Die gut ausgestatteten Ausstellungsräume beherbergen viele Modelle, welche die Grundlagen der Astronomie anschaulich darstellen.

Griffith J. Griffith soll bei der Betrachtung des Saturn durch das

60-Zoll-Teleskop auf dem Mt. Wilson inspiriert gesagt haben: „*If all mankind could look through that telescope, it would change the world.*“ So fasste er den Plan, Wissenschaft mehr für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen und bot 1912 der Stadt Los Angeles an, für 100.000 \$ eine öffentliche Sternwarte auf dem Mount Hollywood zu bauen, welche dann in den Besitz der Stadt übergehen und auch von dieser betrieben werden sollte. Seine wegweisende Vision, die Welt zu ändern, war, dass jeder Mensch die Möglichkeit haben sollte, durch ein Fernrohr zu schauen, um seinen Stellenwert im Weltall zu erkennen.

Die Stadt L. A. nahm das Projekt an, aber durch politische Debatten wurde das ehrgeizige Projekt verzögert und Griffith erkannte, dass er es in seinem verbleibenden Leben nicht mehr verwirklichen konnte. So legte er in seiner Hinterlassenschaft fest, dass das Projekt nach seinem Willen durchgeführt werden müsse. Am 6. Juli 1919 verstarb Griffith und es verging bis zum Startschuss für

das Projekt noch weitere zehn Jahre, und nach knapp weiteren fünf Jahren Planung und Bau konnte das Observatorium im November 1934 eingeweiht werden. Grundsatz der Planung war damals, das beste und modernste Vorhandene in den Bau zu stecken, damit ein langlebiger und erdbebensicherer Betrieb möglich ist.

Auch heute ist das Observatorium, sowohl von der Lage, als auch von der Ausstattung her, eine der besten öffentlichen Sternwarten der Welt. Über die vielen Jahrzehnte des Betriebs wurde die Ausstattung laufend erneuert und auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Auch die zeitlose und ausgefallene Architektur des Gebäudes trägt natürlich dazu bei, dass in den letzten 75 Jahren ca. 73 Millionen Interessierte die Sternwarte besucht haben. Auch der Wunsch von Griffith der freien Teleskopbeobachtung wurde bis heute beibehalten, und man muss als Besucher nur für die Vorführungen im supermodernen Planetarium bezahlen. Alle anderen Bereiche sind frei zugänglich und es werden von fachkundigem Personal entsprechende Führungen durch die Ausstellung angeboten.

Montags ist das Observatorium geschlossen, ansonsten an allen anderen Tagen von 12:00 bis 22:00 Uhr abends geöffnet. Mehr Infos gibt es unter <http://www.griffithobservatory.org>

Weiter ging es zum California Science Center, wo ich nur vor hatte, das Space Shuttle Endeavour zu sehen. Für zwei Dollar Eintritt



Links: Das Griffith Observatory in Los Angeles.

kann man den Samuel Oschin Pavillion besuchen, der nur für die Endeavour gebaut wurde, welche dort seit Oktober 2012 ausgestellt wird.

Zuerst kommt man durch eine Ausstellungshalle, in der das Rocketdyne Operations Support Center (ROSC) nachgebildet ist. Ebenso findet man die originalen Reifen des Shuttles und die Toilettenanlage für die Astronauten. Nachdem man die Ausstellung für die Endeavour gesehen hat, wird man zur Halle mit dem Shuttle weiter geleitet. Hier wird man erst mal von der Größe des Shuttles erschlagen, und wenn man die neuen eintretenden Besucher beobachtet, sieht man in deren Gesichtern den „Boah“-Effekt.

Das Shuttle wurde auf dem originalen Transportsystem belassen. Hier sind auch die drei Verankerungspunkte zu sehen, an welchen das Shuttle an dem großen Tank beim Start befestigt war. So wurde das Shuttle auf Stahlsäulen ca. 3 m über den Besuchern platziert, so dass man sich auch das Hitzeschild genau betrachten kann.



Das beeindruckende Space Shuttle Endeavour

Zusätzlich ist in der Halle ein original SSME-Haupttriebwerk ausgestellt, welches eine Gasaustrittsgeschwindigkeit von 15.400 km/h erzeugt.

An den Wänden findet man ausführliche Tafeln zu den 25 Missionen der Endeavour und ein Spacehab, welches 18-mal als Weltraumlabor und zusätzlichem Wohnraum mitgeführt wurde. Ich denke, wenn es nur aus dem

Fernseher und von Bildern her kennt, ist es schon sehr beeindruckend ein Space Shuttle einmal live zu sehen, da das Programm in der Raumfahrtgeschichte sehr wegweisend war.

Somit kann ich jedem Reisenden in Los Angeles, neben den vielen anderen Plätzen empfehlen, diese beiden Sehenswürdigkeiten zu besuchen. ■



Florian, Klasse 4a
Grundschule Pöcking

Berichte aus Sternwartenbetrieb und Vereinsleben

Redaktioneller Beitrag

Vereinsaktivitäten

Die Physik von Star Trek

Am 21. März 2014 besuchte eine Abordnung der Allgäuer Volkssternwarte einen Vortrag des Wissenschaftsastronauten Prof. Dr. Ulrich Walter mit dem Titel „Beam Me Up, Scotty! - Die Physik von Star Trek“. Eingeladen hatte hierzu die Astronomische Vereinigung Augsburg (Sternwarte Diedorf).

Vor dem Vortrag besichtigten wir noch die begleitende Fotoausstellung zum Thema „Amateurastronomie heute“ und trafen dabei auch zahlreiche Kollegen anderer südbayerischer Sternwarten. Es entwickelte sich bei einem kleinen Imbiss dann ein reger Erfahrungsaustausch.

Der abendliche Vortrag in einem vollbesetzten Hörsaal der Hochschule Augsburg entwickelte sich dann zu einem äußerst spannenden und interessanten Ausflug in die Science-Fiction-Welt. Deren technische Möglichkeiten (z. B. Raumschiffsantriebe) wurden von einem rhetorisch äußerst versierten Prof. Walter mit wissenschaftlichen Fakten ad absurdum geführt. Nach einem lang anhaltenden Applaus beantwortete der Wissenschaftsastronaut anschließend geduldig zahlreiche Fragen der Zuhörer.

Luftgewehrschießen:

An der 15. Marktmeisterschaft im Luftgewehrschießen vom 3. bis 5. April 2014 nahmen leider nur sechs Mitglieder teil. Die Sternwarte landete letztendlich auf Platz 45 bei der Marktmeisterschaft des Schützenvereins Günztal-Eldern, bei der es mehr um den Spaß als

um Ergebnisse geht. Ein Teil des Startgeldes wurde vom Schützenverein Eldern für einen wohltätigen Zwecken gespendet.

Mitgliederversammlung

Bei der Mitgliederversammlung am 04. April 2014 konnte den 29 anwesenden Mitgliedern ein umfangreicher Rückblick auf das Jahr 2013 gegeben werden.

Harald Steinmüller berichtete über die Exkursion der VVA zum Furka Joch und den Besuch mehrerer Mitglieder beim Vortrag des Astronauten Dr. Ulrich Walter bei der Astronomischen Vereinigung Augsburg. Er gab noch einen kurzen Rückblick auf den gelungenen Vereinsausflug in das Salzkammergut und stellte den Vorschlag von Hans-Joachim Pust vor, das Dornier-Museum in Friedrichshafen zu besuchen.

Geschäftsführer Wolfgang Forth ging auf alle durchgeführten Arbeiten, Aktionen und Anschaffungen im Jahr 2013 ein und dankte dabei allen aktiven Helfern für Ihre umfangreiche Unterstützung.

Kassier Frank Hegemann stellte den Kassenbericht vor und im Kreis der anwesenden Mitglieder wurde trotz hoher Ausgaben eine solide Finanzlage festgestellt und der Vorstand von den Mitgliedern einstimmig entlastet.

Der Vorstand wurde in der bisherigen Konstellation einstimmig wiedergewählt und alle Gewählten nahmen die Wahl an.

Grillfest

Am Samstag den 26. Juli 2014 fand unser alljährliches Vereinsgrillfest statt. Mehrere Mitglieder

fanden den Weg zur Sternwarte, obwohl das Wetter nicht besonders war. Im Laufe des Abends mussten wir die Feier komplett in den Vortragsraum verlagern.

Besuch der AME

Vier Mitglieder der Führungsmannschaft der Sternwarte besuchten am 13.09. die Astronomiemesse in Villingen-Schwenningen. Hier bot sich wieder die Möglichkeit, diverse Neuigkeiten des Astronomiemarktes live zu sehen und manch einen Astronomiekollegen zu treffen.

Sternwarte Trebur

Vorsitzender Harald Steinmüller hatte Anfang Oktober 2014 die Gelegenheit, die Sternwarte Trebur (Hessen) zu besuchen. Das „T1T“ („Treburer-1-m-Teleskop“) ist mit einem Hauptspiegeldurchmesser von 1,20 m das größte öffentlich zugängliche Teleskop Deutschlands (Bild unten). Für eine Sternwarte ungewöhnlich ist der Standort auf dem Dachgeschoss eines Wohnhauses für betreutes Wohnen. Betreiber der Sternwarte nahe Frankfurt ist



eine Stiftung. Neben öffentlichen Führungen wird an der Sternwarte auch im Auftrag von Universitäten geforscht.

Vortrag für aktive Mitglieder

Für ein besonderes, aber nicht ganz einfaches Thema konnte unser Mitglied Dr. Dieter Egger zu einem Vortrag am 15.11.2014 gewonnen werden.

Mit dem Thema „Hyper-Kugeln und ihre Oberflächen“ stellte Dr. Dieter Egger seinen Weg zu einer anschaulichen Kosmologie vor. Am Anschluss gab es eine rege Diskussion über das postulierte kosmologische Modell.

Öffentlichkeitsarbeit Sonnensontage:

Sieben Termine konnten für den Sonnensontag 2014 angesetzt werden, drei davon waren auf dem Marktplatz geplant. Die Termine 03.05. und 27.08. konnten auch bei schönstem Wetter durchgeführt werden.

Besucherstatistik

Im vergangenen Jahr besuchten insgesamt 3670 Personen die Führungen und Veranstaltungen der Allgäuer Volkssternwarte. Damit ist insgesamt wieder ein Anstieg der Besucherzahlen zu verzeichnen, auch wenn eine Sonderveranstaltung mit 720 Interessierten hier zu Buche schlägt.

Während 141 Führungen wurden von den aktiven Mitgliedern 1.045 ehrenamtliche Freizeitstunden für die volksbildende Astronomie aufgewendet. Nicht enthalten in dieser Zahl sind die Zeiten für die fachliche Vorbereitung und die Ausarbeitung neuer Vorträge.

Rund 32 %, nämlich 1181 Personen besuchten 2014 die Sternwarte im Rahmen eines Jugendherbergsaufenthalts (43 Gruppen).

Über 50 % der Sternwartenbesucher kamen im Rahmen einer Gruppenführung. Dies sind Jugend- und Erwachsenengruppen aller Art: Schulklassen, Kindergarten, Vereine, Familien, Geburtstagsgesellschaften, Firmen usw. Der Nachteil hierbei ist, dass vereinbarte Sondertermine eingehalten werden müssen, auch wenn es regnet. Leider war im letzten Jahr nur an 58 Führungen (41 %) das Wetter zur Himmelsbeobachtung geeignet.

An 52 Freitagabenden ist die Sternwarte für die Öffentlichkeit zugänglich – auch ohne Anmeldung. Gerade in den Sommermonaten eignet sich bei guter Witterung ein Spaziergang durch den Bannwald mit anschließender Himmelsbeobachtung als interessantes Abendprogramm. Aber auch Sonnensontage mit Tagbeobachtung unserer Sonne werden regelmäßig angeboten.

Infoblatt

Wir danken unserem Vorstand Frank Hegemann für die quartalsweise Erstellung des Infoblatts. Es liegt in den Touristikämtern Ottobeuren, Bad Grönenbach, Memmingen und in der Sternwarte aus. Es kann ebenfalls von unserer Homepage als PDF Datei heruntergeladen werden.

Astro-Amateur

Ebenso danken wir den Autoren der diversen interessanten Artikel für unseren Astro-Amateur und Harald Steinmüller für die umfangreiche Gestaltung des Layouts für unsere Vereinszeitschrift. Der Astro-Amateur ist Arbeitsbericht und Vereinschronik zugleich.

Internet

Wolfgang Forth hält die Termine bei Facebook auf dem Laufenden und versorgt die inte-

ressierten Leser zusammen mit Robert Blasius mit aktuellen Infos über die Sternwarte und sämtliche astronomische Neuigkeiten. Inzwischen hat die Facebook-Seite schon 255 Likes, was uns sehr motiviert.

Arbeitsbericht Quartalsputz:

Am 12.04. und am 18.10. wurden unsere großen Frühjahrs- und Herbst-Quartalsputze durchgeführt. Die Sternwarte wurde gründlich über das normale Maß hinaus geputzt und die Außenanlagen in Ordnung gebracht. Wir danken allen Helfern, die an den Tagen tatkräftig mitgeholfen haben. Ebenso danken wir dem Bauhof der Gemeinde, für die Abholung der Gartenabfälle und Abfahrt zur Kompostieranlage.

Neuanschaffungen

Da unsere Rasenfläche sich gegenüber früher stark vergrößert hat haben wir beschlossen einen Elektrorasenmäher mit einer breiteren Schnittbreite anzuschaffen.

Für die zukünftige Allsky-Kamera wurde eine ASI USB Kamera gekauft. Das passende Gehäuse wird momentan von Timm Kasper gebaut und wird Anfang 2015 in Betrieb gehen.

Für die diversen Kleinteile und optischen Gerätschaften hat Frank Hegemann einen Schrank gebaut, der genau unter den Treppenaufgang zur Besucherplattform passt.

Auch diverse Verschleißteile wie die Video-Beamer-Lampe und der Akku unserer USV mussten ausgetauscht werden.

Spender / Zuschüsse

Wir möchten uns bei allen Spendern für das entgegengebrachte Vertrauen bedanken, die unsere ehrenamtliche Arbeit mit

Ihren Geld- und Sachspenden unterstützen.

Besonders danken wir dem Deutsch-Chinesischen Verein, der auf Grund seiner Auflösung auch unseren Verein mit einer größeren Geldspende bedacht hat.

Weitere Spender:

- Andreas König, Ottobeuren
- Dr. med. Franz und Barbara Fackler, Ottobeuren
- Erwin Schmid, Ottobeuren
- Fa. Garnisch, Memmingen
- Heinrich und Renate Forth, Ottobeuren
- Dr. Hartmut Renz, Kempten
- Georg Fickler, Erkheim
- Vrony Rohner, Widnau/CH
- Florian Schnür, München
- Dr. Dieter Egger, München
- Lydia Heim, Genhofen
- Wilhelm Kölbig, Ottobeuren
- Otto Wanner, Ottobeuren

Sachspende Teleskop aus Nachlass

Im Dezember 2014 erreichte uns ein besonders erfreulicher Brief von Herrn Prof. Bernhard Hill, den Bruder unseres im Januar 2013 verstorbenen Mitgliedes Frau Dr. Ursula Hill-Samelson. Sie besaß ein Teleskop in Südfrankreich, welches nach Wunsch ihres Bruders in fachkundige Hände kommen sollte. Herr Prof. Hill wollte uns das Teleskop bei Interesse, so schrieb er, kostenlos überlassen.

Am 10.02.2015 durften Timm Kasper und Heinz Forth das Teleskop, ein Meade LX200EMC, 16“, f/10 in München entgegennehmen. Es wird voraussichtlich künftig



in unserer Kuppel zum fotografischen Einsatz kommen.

Wir bedanken uns ganz herzlich bei Herrn Prof. Hill für dieses Geschenk, welches wir im Andenken an Frau Dr. Hill-Samelson in Ehren halten wollen.

Astro-Kissen

Unser Neumitglied Katharina Socher hat mittlerweile die Sammlung der Sitzkissen mit astronomischen Motiven für die Eckbank im Aufenthaltsraum komplettiert. Die Motive gehen von Mond, den Planeten bis hin zu Raumfahrtmotiven. Manches aktives Mitglied hat bereits sein „Lieblingskissen“ auserkoren.

Für diese tolle Idee und deren zeitaufwendige Umsetzung danken wir Katharina sehr herzlich und wünschen ihr als unser neues Mitglied viele schöne Stunden in unserem Kreis.

Jubilare

Wir gratulieren folgenden Mitgliedern nachträglich zu ihren runden Geburtstagen und wünschen weiterhin viel Gesundheit und Spaß an der Astronomie.

80 Jahre

Hans-Joachim Pust
Günther Miller

70 Jahre

Heinrich Forth
Prof. Dr. Erich Nagel

60 Jahre

Otto Wanner
Engelbert Kienle

30 Jahre

Timm Kasper
Ralph Kleinschek
Manuel Herzog

Langjährige Mitgliedschaft

Die Allgäuer Volkssternwarte bedankt sich bei folgenden Mitgliedern für ihre langjährige

Mitgliedschaft und Unterstützung der Sternwarte:

45 Jahre

Prof. Dr. Erich Nagel
Dieter Berghofer (†)

30 Jahre

Frank Hegemann
Harald Steinmüller

25 Jahre

Leonhard Berghofer (†)
Thomas Förg
Günther Tiebel

10 Jahre

Johannes Pfluger
Martin Schweiger
Bernhard Renz
Wolfgang Schnalke

Gratulation

Zu einem besonderen Jubiläum dürfen wir unseren „Nachbarn“ und Kollegen des Planetariums und der Volkssternwarte Laupheim gratulieren:

Vor 40 Jahren, am 6.2.1975 wurde die „Astronomische Arbeitsgemeinschaft Sternwarte Laupheim“ gegründet. Ab 1978 wurde die Sternwarte einem größeren Publikum bekannt durch die regelmäßig veranstaltete Astronomiemesse, die Amateurastronomen aus nah und fern anzog.

Anfangs befand sich die Sternwarte noch auf dem Dach des Laupheimer Gymnasiums. 1990 wurde schließlich das neue Gebäude, in dem sich neben der Sternwarte nun ein absolut sehenswertes Planetarium befindet, eingeweiht.

Somit feiert nicht nur der Verein sein 40-jähriges Jubiläum, sondern das Planetarium kann auch bereits auf stolze 25 Jahre zurückblicken.

Treibende Kraft der Laupheimer Astronomen war deren langjähriger „Chef“ Robert Clausen, der zusammen mit seiner Gattin Ursula einen überaus aktiven Verein aufgebaut hatte.

Alle Planetariumsshows wer-

den in Laupheim selbst produziert. Darüber hinaus wird der Sternwartenbetrieb aufrecht erhalten. Vor einigen Jahren erhielt ein Planetoid den Namen „7167 Laupheim“.

Wir gratulieren unseren Freunden und Kollegen in Laupheim zu ihrem Doppeljubiläum herzlich und wünschen ihnen weiterhin viel Erfolg mit ihren tollen Planetariumsshows, die wir immer gerne auch unseren Besuchern weiterempfehlen.

Nähere Informationen gibt es im Internet unter:

<https://www.planetarium-laupheim.de/>

Neue Mitglieder

Wir begrüßen unsere Neuen Mitglieder und wünschen ihnen viel Freude in unserem Verein:

- Martin Dietzel, Langenau
- Constanze Effenberg, Memmingen
- Andreas König, Ottobeuren
- Katharina Socher, Ottobeuren
- Markus Freundorfer, Memmingen

Vereinstätigkeiten

Buchführung

Wir danken Renate Forth, für die jährliche Buchhaltung der Sternwarte und für die fachgerechte Aufbereitung für unseren Kassenprüfer Peter Keppeler. Dieser erstellte für den Verein wieder kostenlos den Finanzbericht, der die Grundlage für den Kassenbericht für die Mitgliederversammlung bildet. Herzlichen Dank für diese wichtige jährliche Tätigkeit.

Putzdienst

Wir danken den fleißigen aktiven Mitglieder für den wöchentlich durchgeführten Putzdienst. Dieser ist schon seit vielen Jahren wichtiger Bestandteil für den Erhalt unseres Sternwartengebäudes.

Spendenaufruf

Wir bitten alle Mitglieder und Förderer der Allgäuer Volkssternwarte um eine Spende, um unseren Verein bei den vielfältigen und notwendigen laufenden Ausgaben zu unterstützen. Wir sind über jede finanzielle Hilfe sehr dankbar.

Termine

Vortragsprogramm im April

Fr. 17.04. - 19.30 Uhr:

Venus

Fr. 24.04. - 19.30 Uhr:

Der Urknall

Vortragsprogramm im Mai

Fr. 01.05. - 19.30 Uhr:

Jupiter - Gigant am Himmel

So. 03.05. - 14.00 - 17.00 Uhr:

Sonnensontag in der Sternwarte

Fr. 08.05. - 19.30 Uhr:

Die Venus

Fr. 15.05. - 19.30 Uhr:

Unser Sonnensystem

Fr. 22.05. - 19.30 Uhr:

Die ältesten Sterne

Fr. 29.05. - 19.30 Uhr:

Planetarische Nebel

Sonnensontage - Ort

So. 03.05. - Sternwarte

So. 07.06. - Sternwarte

So. 05.07. - Marktplatz

So. 02.08. - Marktplatz

So. 06.09. - Marktplatz

So. 04.10. - Sternwarte

Zu guter Letzt

Sternwarte bekommt neue Adresse

Damit künftig auch die Sternwarte auch in Navigationssystemen angezeigt werden kann, haben wir nunmehr eine offizielle Adresse beantragt. Die Verwaltungsgemeinschaft Ottobeuren hat uns vor kurzem die Adresse „Wolferts 40“ zugeteilt.

Grund hierfür ist, dass die Sternwarte auf der Gemarkung

der früheren Gemeinde Haitzen (Ortsteil Wolferts) liegt.

Der Dr.-Friedrich-Kuhn-Weg, der vom Parkplatz zur Sternwarte führt und dort eigentlich endet, war nie eine offiziell eingetragene Adresse.

Als Postanschrift bleibt jedoch weiterhin die Adresse der Geschäftsstelle: Bgm.-Hasel-Str. 17.

Spiegelteleskop außer Betrieb

Wegen eines mechanischen Defekts am Antrieb unseres 60-cm-Spiegelteleskops kann dieses derzeit nicht benutzt werden. Bis zur Lösung des Problems werden wir den Führungsbetrieb mit unserem Dobson Lightbridge sowie unserem Myauchi-Fernglas bestreiten. ■

