



15  

---

07/08

ISSN 1861-2547

Zu Besuch bei den Schwarzen Löchern  
**CERN in Genf und DESY in Hamburg**

Bizarre Welten im Universum  
**Von Schwarzen Löchern und Konsorten**

# Die Himmelspolizey

Jahrgang 4, Nr. 15

Lilienthal, Juli 2008

## Inhalt

Die Sterne.....3	Es ist keine Ordnung mehr... .. 19
DESY und CERN – Zwei Teilchenbeschleuniger ....4	Das neue Bild vom Mars..... 20
Deep Sky – Bizarre Objekte im Universum (Teil 1) ..... 11	HUBBLE und SPITZER fotografieren M 81... 22
Der Sternenhimmel im Sommer..... 17	Termine ..... 23
	Astro-Nachrichten..... 24

## Titelbild

Seit der Ladung diverser Raumsonden in den letzten 10 Jahren rückt der Mars immer mehr ins Blickfeld der Menschheit. Immer realistischer werden Planungen, bemannte Sonden zum Roten Nachbarn hinüberzuschicken. Am 26. Mai landete Phoenix auf dem Mars. Die Sonde ist der Nordpolregion gelandet, um dort nach Wassereis zu suchen, das vorhergehende Missionen entdeckt zu haben scheinen.

Im Frühjahr war in Berlin eine Ausstellung über 3-D-Photographien verschiedener Marsmissionen in Berlin zu sehen. Ute Friedrich berichtet über das neue Bild vom Mars, das sie nach einem Besuch in der Ausstellung hat. Doch nicht nur von den Planeten erfahren wir immer mehr. Auch in der Teilchenphysik wird ausgiebig geforscht, wie Georg Selber ab Seite 4 berichtet.

Bild: NASA, HST

„Die Himmelspolizey“ ist die Mitgliederzeitschrift der Astronomischen Vereinigung Lilienthal e.V. (AVL). Sie erscheint regelmäßig alle drei Monate. Sie wird in Papierform und online unter [www.avl-lilienthal.de](http://www.avl-lilienthal.de) veröffentlicht. Mitarbeiter der Redaktion: Alexander Alin. E-Mail: [hipo@avl-lilienthal.de](mailto:hipo@avl-lilienthal.de). Redaktionsschluss für die nächste Ausgabe ist der **31. August 2008**. Später eingeschickte Artikel und Bilder können erst für spätere Ausgaben verwendet werden. Die Redaktion behält sich vor, Artikel abzulehnen und ggf. zu kürzen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht zwangsläufig die Meinung der Redaktion wieder. Durch Einsendung von Zeichnungen und Photographien stellt der Absender die AVL von Ansprüchen Dritter frei.

Verantwortlich im Sinne des Presserechts ist Alexander Alin, Hemelinger Werder 24a, 28309 Bremen

ISSN 1861-2547

Nur für Mitglieder

## Ansprechpartner der AVL:

### Vorsitzender:

Peter Kreuzberg ..... (04202) 88 12 26

### Stellv. Vorsitzender:

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

### Pressereferat:

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

### Sternwarte Würden:

Hans-Joachim Leue..... (04793) 28 67

### Schatzmeisterin:

Magret König..... (0421) 27 35 58

### Schriftführung:

Ursula Proffe ..... (04298) 69 86 32

### Redaktion der Himmelspolizey:

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

### AG Astrophysik:

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

### Freundeskreis Telescopium:

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

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

DIE STERNE stehen unveränderlich am Himmel. Keine (irdische) Macht ist in der Lage, daran etwas zu ändern. Ihr Erscheinungsbild wird nicht manipuliert, um etwas vorzugaukeln, das bestimmten Gruppen angenehmer ist als die Wirklichkeit. Die Sterne sind die Wahrheit. Doch diese Wahrheit ist keine reine Wahrheit. Die Welt, die wir dort draußen im Universum sehen, ist eine Welt, die so niemals existiert hat!

Die wahre Welt um uns herum ist eine unendliche Abfolge von Kugelschalen der Gleichzeitigkeit. Wir sind im Zentrum dieser Schalen. Die auf ihrer Oberfläche stattfindenden Ereignisse sind auf Grund der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit zur gleichen Zeit auf der Erde sichtbar. Alle anderen trotzdem zum selben Zeitpunkt eintreffenden Informationen von anderen Kugelschalen sind ihrerseits bereits geschehen, aber möglicherweise *nachdem* das Ereignis auf der erwähnten Schale stattfand! Mathematisch ausgedrückt ist die Wirklichkeit abhängig vom Abstand.

Doch was ist Wirklichkeit? Eine gut vorgetäuschte Illusion? Oder eine Welt, die nur so scheint wie sie ist, weil wir es von klein auf so erlernt haben und nicht in Frage zu stellen wagen? Tatsächlich erkennen wir die Welt ja auch nur soweit, wie unsere Sinne reichen. Eine scheinbar einfarbige Blüte erstrahlt im ultravioletten Licht in deutlich mehr „Farben“. Eine Wiese, gesehen mit den Augen einer kleinen Biene, stellte sich uns als völlig fremde Welt dar. Aber selbst wenn wir etwas wahrnehmen, müssen wir erst lernen, diese Sinneseindrücke als etwas Ungewöhnliches zu erkennen und ihrem Grund nachzugehen. Der Himmel ist blau, das sehen wir jeden Tag (außer bei Regen), aber die Frage nach dem Warum wird uns erst die große Wirklichkeit darin zeigen.

Gerade die Astronomie zeigt uns, wie klein der Ausschnitt der sichtbaren Welt ist und wie viel dabei Nichtwissen ist. Unsere Nachbargalaxie, der Andromedanebel, M 31, ist mit 2,5 Millionen Lichtjahren Entfernung gerade noch mit bloßem Auge zu erkennen. Doch dieser Abstand macht gerade mal 0,2 ‰ der Strecke bis zum Rand des Weltalls aus.

Außerhalb der Erde sehen wir nur einen winzigen Ausschnitt der wahren Welt. Im Infraroten sähen wir im Schützen das strahlendhelle Zentrum der Galaxis. Nun, unser Auge kann nur Licht von weniger als 750 nm Wellenlänge aufnehmen. Daher ist das Zentrum der Galaxis unsichtbar hinter einer Staubwolke verborgen. Wir entwickeln uns ein Universum nach menschlichen Vorstellungen. Mit der Hilfe modernster Technik merken wir erst, wie unvollständig das Weltbild ist. Seit Menschengedenken werden Weltbilder aufgebaut, um wenig später wieder als unhaltbar in der Versenkung zu verschwinden.

Dabei stellt sich nur die Frage, wer diese Weltbilder entwickelt und der Allgemeinheit zur Verfü-

gung stellt. Seriöse Wissenschaft hat die Aufgabe, die Welt vom Kleinsten ins Größte zu erforschen und ohne Vorurteile die Ergebnisse zu interpretieren. Oftmals ist es gar nicht vorhersagbar, welche Folgen eine Entdeckung haben wird. Aus der bloßen Feststellung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit folgten allgegenwärtige Dinge, die wir im Wohnzimmer stehen haben, wie etwa der Fernseher. Betrieben wird das Gerät mit Strom, der unter Umständen durch Kernspaltung gewonnen wird.

Jedes neue Weltbild wird zunächst angefeindet. Einerseits gibt es die durchaus konstruktiven Diskussionen der Wissenschaft, die Sinn und Unsinn der neuen Anschauung durchleuchten und ihr dadurch auch zum verdienten Erfolg verhelfen können. Wie lange hat es etwa gedauert bis Charles Darwins Ansichten als Allgemeingut akzeptiert wurden? Erst heute, im Zeitalter der Genetik wird der Darwinismus weiterentwickelt oder gar verworfen! Doch es gibt auch die destruktiven Kritiker. Giordano Bruno und beinahe auch Galileo Galilei wurden für ihre Weltansichten von den damals Mächtigen verbrannt. Kants Kritiken durften in katholischen Ländern nicht gelesen werden. Heute wird man als Wissenschaftler zwar nicht mehr verbrannt aber durch Nichtbeachtung und vorauseilemdem Gehorsam der Medien in der Öffentlichkeit aus der Sicht der Allgemeinheit gerückt. Wer dabei im Hintergrund das Sagen hat, ist schwer zu fassen. Manchmal sind es tatsächlich die Politik oder Lobbyisten, denen neueste Erkenntnisse der Wissenschaft nicht gefällt, weil sie dadurch an Macht und – schlimmer noch – Geld verlieren. Die Wahrheit wird gerne hinter festen Riegeln gehalten, weil sie denjenigen, die die Welt führen und verändern können, nicht gefällt.

Um so wichtiger ist es, jedermann eine umfassende Bildung zur Verfügung zu stellen. Denn nur wer es zu verstehen weiß, Argumentationen gegeneinander abzuwägen und offensichtlich gefälschte „Wahrheiten“ zu durchschauen, ist in der Lage, eine Opposition gegenüber falschen Versprechungen einzunehmen. Daher ist es geradezu erschreckend, wenn Bildung zu einem Luxusgut verkommt. Wenn Schüler (und nicht nur sie) von heute alles für bare Münze nehmen, was in drittklassigen Fernsehdokumentationen oder anonymen Web-Sites „bewiesen“ wird, ohne auf die Idee zu kommen, Behauptungen in anderen Publikationen gegen zu prüfen, dürfen wir uns nicht wundern, wenn die Menschen irgendwann jeder inhumanen und diktatorischen Idee jubelnd aufsitzen. Deshalb ist es besonders wichtig, dass wir, auch wenn wir nur ein kleiner, lokal begrenzter Verein sind, unseren Beitrag zur Verbesserung der Allgemeinbildung bringen. 24 Seiten dieses Beitrages halten Sie in den Händen.

Alexander Alin

## DESY und CERN: Zwei Teilchenbeschleuniger

von GEORG SELBER, Bremen

Teilchenphysiker werden noch in diesem Jahr am Forschungszentrum CERN eine Anlage in Betrieb nehmen, die verspricht, erstmals Belege für die bizarren Theorien über die Beschaffenheit des Universums zu liefern. Die Abkürzung CERN steht für den französischen Namen „Conseil Européen pour la Recherche Nucleaire“, auf Deutsch „Europäischer Rat für Kernforschung“, benannt nach dem Gründungsrat im Jahr 1954. Europa lag nach dem 2. Weltkrieg weit abgeschlagen hinter der USA und der Sowjet Union, was die naturwissenschaftliche Spitzenforschung betraf, und die Politiker fürchteten um die Zukunft der europäischen Grundlagenforschung. Außerdem wurde eine Versöhnung zwischen den ehemals verfeindeten Staaten angestrebt. Seitdem hat sich die Europäische Organisation für Kernforschung zu einem herausragenden Vorbild internationaler Arbeit entwickelt. Heute hat CERN 20 Mitgliedsländer und Kooperationsabkommen mit über 30 weiteren Ländern. Die Gründung des CERN durch 12 europäische Staaten sollte in der Zeit des Kalten Krieges vor allem ein Signal der Versöhnung zwischen ehemals verfeindeten Nationen sein. Heute finden wir hier Wissenschaftler und Ingenieure aus aller Herren Länder, wie Europäer, Amerikaner, Israelis, Palästinenser..., davon Christen, Juden, Moslems... in Jahrzehnte langer friedlicher Zusammenarbeit. Ein weiterer Grund für die gemeinsame Arbeit war aber, dass einzelne Länder den Bau von Beschleunigern zur Erforschung von Atomkernen und Elementarteilchen meist nicht finanzieren konnten.

Österreich	2,2	Finnland	1,4
Italien	11,4	Slowakei	0,4
Belgien	2,7	Frankreich	14,9
Niederlande	4,5	Spanien	8,3
Bulgarien	0,2	Deutschland	19,4
Norwegen	2,7	Schweden	2,6
Tschechien	1,0	Griechenland	1,8
Polen	2,3	Schweiz	3,0
Dänemark	1,8	Ungarn	0,8
Portugal	1,1	Verein. Königr.	17,4

Tabelle 1: Mitgliedsstaaten mit finanzieller Beteiligung (%) [1]

Diese Großforschungseinrichtung liegt in der Nähe von Genf und erstreckt sich mit ihrem größten und leistungsstärksten 27 Kilometer weiten ringförmigen Teilchenbeschleuniger LHC (Large Hadron Collider) vom Genfer See weit über die schweizerisch-französische Grenze hinweg nach Frankreich in das Pays de Gex hinein. Die Idee des LHC entstand um 1980. Man wollte nicht mehr ungezielte

Grundlagenforschung betreiben, sondern den tiefen Zusammenhang zwischen der Teilchenphysik und dem Ursprung und der Evolution des Universums ergründen. Mehr als 7000 Gastwissenschaftler von Universitäten und Forschungsinstituten aus den Mitgliedsländern des CERN sowie aus 65 weiteren Ländern der Erde sind an dieser großen Forschungsstätte tätig. CERN ist damit zum Weltlabor geworden.

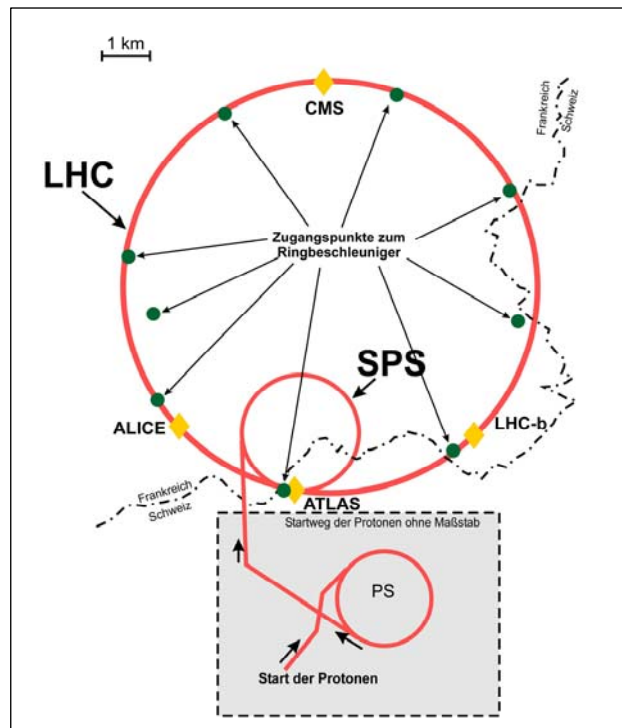


Abb. 1: LHC - Der größte und leistungsstärkste Speicherring weltweit. Bild: A. Alin, AVL

Das Forschungszentrum DESY, das Deutsche Elektronen-Synchrotron, wurde 1959 also 5 Jahre nach dem CERN als Stiftung des bürgerlichen Rechts in Hamburg gegründet. Ursprünglich begann DESY seine Karriere als Teilchenphysik-Einrichtung für die bundesdeutschen Hochschulen; inzwischen hat es sich zu einem Forschungszentrum von internationalem Rang entwickelt. Das Stammpersonal umfasst 1390 Mitarbeiter. Weit über 1200 Physiker(innen) aus 25 Ländern forschen am DESY. Pro Jahr kommen noch weitere Gäste – Physiker, Mathematiker, Geophysiker etc. aus 33 Ländern hinzu, um im Hamburger Synchrotronstrahlungs-Labor HASYLAB Experimente in verschiedenen Bereichen durchzuführen. Im Gegensatz zum CERN hat man sich am DESY nicht einer solch großen Aufgabe wie das Betreiben des LHC verschrieben, sondern es wird Grundlagen- und angewandte Forschung betrieben,

wenn auch auf höchstem Niveau. Beide Forschungseinrichtungen arbeiten auf manchem Terrain kooperativ zusammen. Es findet ein reger Erfahrungsaustausch statt mit dem besonderem Vorteil vom CERN, dass in der Schweiz so manches „Rad“ nicht zum zweiten Mal erfunden werden muss. Naturwissenschaftler, Ingenieure und Manager wechseln problemlos von Hamburg nach Genf und umgekehrt.

Der Verfasser dieses Artikels war Ende 2006 am DESY und im Mai dieses Jahres mehrere Tage am CERN. Von diesen beiden Großforschungseinrichtungen konnte er sich ein gutes Bild machen, zumal die Aufnahme sowohl in Hamburg als auch in Genf außergewöhnlich gut war. So konnte er unter sachkundiger Begleitung nicht nur die beiden Ringanlagen betreten werden, sondern auch die darin befindlichen riesigen Detektoren staunend besichtigen. Auch der Zutritt zu den Rechenzentren und so manchem Labor, Forschungseinrichtung und Werkstätte wurde großzügig erlaubt.

Vor etwa 13,7 Milliarden Jahren entstanden aus einer ursprünglichen Singularität gemeinsam Materie, Raum und Zeit - unser Universum. Während der Abkühlung und Ausdehnung verbanden sich die Elementarteilchen zu Atomen. Die Gravitation verband die Atome zu Sternen und die Sterne zu Galaxien. In den Sternen bildeten sich unter großem Druck und hohen Temperaturen schwere Elemente bis zum Eisen.

Bei Explosionen von riesigen Sternen (Supernovae) entstanden durch die kurzzeitigen ungeheuren Druck-Temperaturbedingungen noch über 50 schwerere Elemente, wie Silber, Gold, Platin und Uran, um nur einige zu nennen, welche wieder in den Weltraum geschleudert wurden. Vor etwa 4,5 Milliarden Jahren entstand unsere Sonne aus dem Restwasserstoff eines solchen explodierten Sterns und die Erde aus Gas, sowie Sternstaub und Trümmern, welche von der Sonne eingefangen wurden, sie umkreisten und sich verdichteten. Das erste Leben – Bakterien, Einzeller – entstand vor rund zwei Milliarden Jahren. Daraus entwickelten sich die höheren Lebewesen – Pflanzen, Fische, Vögel, Säugetiere – und die ersten menschlichen Knochenfunde sind etwa 3 Millionen Jahre alt. Wir bestehen aus Teilchen, die 14 Milliarden Jahre alt sind.

ZEIT	EREIGNIS
0	Urknall, bzw. Plasma in kleinstem Raum
300 ka	Die ersten Atome
1 Ga	Die ersten Galaxien
8 Ga	Entstehung der Erde
10 Ga	Erstes Leben auf der Erde
vor 4 Ma	Der Mensch besiedelt die Erde

Tab. 2: Ereignisse in der Geschichte des Universums [2]

**Menschliche Erkenntnisse über die Entstehung und das Wesen von den Weltbausteinen**

Vor etwa 30 Jahren entwickelten Physiker das Standardmodell der Elementarteilchenphysik, geleitet von der Quantenphysik und mathematischen Symmetrieprinzipien. Es enthält 17 Bausteine: 12 Materieteilchen (Fermionen), 4 Teilchen, die immer dann ins Spiel kommen, wenn Kräfte wirken (Bosonen) und das Higgs-Boson, das allen anderen auf recht undurchsichtige Weise ihre Masse verleiht.

FERMIONEN (Materie)		BOSONEN	
Leptonen	Quarks	Kräfte	Masse
Elektron	up	Photon	Higgs
Elektron-Neutrino	down	W-Boson	
Myon	charm	Z-Boson	
Myon-Neutrino	strange	Gluon	
Tau	top		
Tau-Neutrino	bottom		

Tab. 3: Die Weltbausteine

**Die vier fundamentalen Kräfte der Physik, auch Wechselwirkungen genannt**

Zwischen den Elementarteilchen gibt es Wechselwirkungen, welche durch spezifische Feldteilchen übertragen werden.

1. Die Quarks im Proton und im Neutron werden von der **starken Wechselwirkung** zusammengehalten. Ihre Feldteilchen nennt man „Gluonen“.
2. Die **schwache Wechselwirkung** erlaubt die Umwandlung von Quarks in andere Quarks und von Leptonen in andere Leptonen. Für diese Wechselwirkung sind die W- und Z-Bosonen zuständig. Sie wurden 1983 am CERN entdeckt, wofür zwei Forschern, Carlo Rubbia und Simon van der Meer, der Nobelpreis verliehen wurde.
3. Die **elektromagnetische Wechselwirkung** wirkt zwischen elektrisch geladenen Teilchen. Sie wird durch den Austausch von Photonen beschrieben.
4. Die vierte und schwächste Wechselwirkung ist die **Gravitation**, durch deren Einfluss Sterne, Planeten, Sonnensysteme und Galaxien geformt werden.

Bis auf „Gravitonen“ wurden alle Feldteilchen experimentell nachgewiesen. Das Phänomen der Gravitation ist somit noch weitgehend ungelöst.

Vergleicht man die vier fundamentalen Kräfte der Physik: Gravitation, elektromagnetische, schwache



sowie starke Kraft und setzt die Gravitation mit 1 an, so ergibt sich  $1:10^2: 10^{13}: 10^{38}$

Mit dem Beginn der Expansion und damit dem Ende der „Planck – Ära“,  $10^{-46}$  s, spaltete sich die Gravitation als eigenständige Kraft ab, die Starke Wechselwirkung nach  $10^{-36}$  s und nach  $10^{-12}$  s spaltete sich die elektroschwache Kraft in die Schwache und elektromagnetische Wechselwirkung auf.

Das empfindliche Gleichgewicht zwischen den oben aufgeführten vier verschiedenen Kräften wurde also schon während eines Bruchteils der ersten Sekunde der Expansion im Universum festgelegt. Teilchenphysiker versuchen nun in ihren Experimenten diesen Zustand nachzustellen, um zu verstehen, was damals geschehen ist. Sie vermuten, dass sich unter den extremen Bedingungen unmittelbar nach dem Urknall die vier Kräfte wie eine einzige „Vereinheitlichte“ Kraft, GUT- Kraft (Grand Unified Theorie), verhalten haben. Als das Universum abkühlte und sich ausdehnte, trennten sich diese vier Erscheinungsformen von dieser einen Kraft. Die kommenden Experimente am LHC des CERN sollen zeitlich so nahe an die Ausgangsbedingungen des Urknalls herangeführt werden, dass dann nur die aus den vier besprochenen Teilkräften „Vereinheitlichte“ Kraft in diesem „Urplasma“ wirkt. Wenn dieses gelungen ist, soll die Experimentier- und Beobachtungskunst so verfeinert werden, dass in kleinsten Schritten nachvollzogen werden kann, wie sich die vier Kräfte aus dieser Urkraft herausbilden. Dabei wird eine ungeheuer große Zahl von Einzelergebnissen der verschiedensten Parameter anfallen. Damit umzugehen, erfordert Rechen- und Koordinationsleistungen, die alle bisherigen in den Schatten stellt.

**Funktion des LHC Prinzip** Der LHC schießt zwei Strahlen, die aus Teilchen gleicher Sorte bestehen (entweder Protonen oder Blei-Ionen) frontal aufeinander. Detektoren messen unterschiedliche Eigenschaften der neu erzeugten Teilchen.

In einer Vorbeschleunigerkette werden Protonen auf  $99,999728$  % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zu Bunches (Teilchenpaketen) gebündelt, von denen jedes ungefähr 100 Milliarden Protonen enthält. Jeder Strahl besteht aus fast 3000 Bunches. Die Bunches werden nun gegenläufig in die zwei unter Hochvakuum stehenden Strahlrohre eingespeist und weiter beschleunigt.

Dieser Kreisbeschleuniger hat zwei Hauptkomponenten. Die erste Komponente sind acht Beschleunigungsmodule, in denen die Teilchen durch ein elektrisches Wechselfeld mit einer Stärke von einigen Volt pro Meter beschleunigt werden. Diese Module sind auf beiden Seiten mit den 27 km langen LHC-Stahlrohren verbunden. Überall herrscht ein

Hochvakuum, so dass die Teilchen nicht mit einem Gasatom zusammenstoßen und dabei die zugeführte Bewegungsenergie wieder verlieren.

Die zweite Hauptkomponente sind Magnete, die die Strahlrohre umgeben und zwar 1232 Dipolmagnete, deren Feld die Teilchen auf eine Kreisbahn zwingt, sowie 9000 Quadrupol- und Sextupolmagnete, womit die Umlaufbahnen der Bunches und deren Geometrie genau kontrolliert werden. 1124 mal pro Sekunde umkreisen sie den Beschleuniger und durchqueren bei jedem Umlauf die insgesamt acht Beschleunigermodule, wo sie weiter an Energie gewinnen. Nach ungefähr einer halben Stunde haben sie ihre Endenergie erreicht und dabei eine Wegstrecke zurückgelegt, die weiter ist als die Distanz von der Erde zur Sonne und wieder zurück, wobei sie einen erheblichen Massezuwachs erhalten haben. In Ruhe hat ein Proton eine Energie von 0,94 Giga-Elektronenvolt (GeV). Bei ihrer Endgeschwindigkeit von  $99,9999991$  % der Lichtgeschwindigkeit ist ihre Energie um das Siebentausendfache, also auf rund 7000 GeV gewachsen. Wenn man – rein hypothetisch – eine Person mit 100 kg Masse im LHC auf diese Geschwindigkeit beschleunigen könnte, dann wäre ihre Masse am Ende 700.000 kg.



Abb. 2: Georg Selber tief unten im Ringtunnel des LHC  
Bild: Pritesh Mistry

An vier Stellen im Ring befinden sich riesige Detektoren. Bevor die beiden gegenläufigen Strahlen diese Experimentierzonen erreichen, werden sie so abgelenkt, dass sie beim Durchlaufen derselben den Platz wechseln, der innere Strahl läuft ins äußere Strahlrohr und der äußere Strahl ins innere. Genau in der Mitte des Detektors kollidieren die Strahlen unter einem Winkel von  $1,5$  Grad. Um die Energie von Kollisionen zu erhöhen, hat ein Bunch einen Durchmesser von kleiner als 15 Tausendstel Millimetern, bewegt sich fast mit Lichtgeschwindigkeit und hat die gleiche Bewegungsenergie wie ein Elefant von 1000 kg Gewicht, der mit einer Geschwindigkeit von 50 Kilometer in der Stunde läuft.

An den Kreuzungspunkten einer der vier riesigen Detektoren ALICE, ATLAS, CMS oder LHCb können nun die Bunches abgerufen und zur gegenläufigen Kollision gebracht werden. Diese Detektoren registrieren, was geschieht, wenn die Protonen zusammenstoßen. Die energiereichen Kollisionen erzeugen eine Fülle von neuen Teilchen, wenn sich die Energie gemäß Einsteins Gleichung  $E = m \cdot c^2$  in Materie umwandelt, wobei E die Energie, m die Masse und c die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet. Die verschiedenen Schichten eines Detektors messen unterschiedliche Eigenschaften der neu erzeugten Teilchen. Spurdetektoren machen die Flugbahnen der am Kollisionspunkt erzeugten Teilchen sichtbar, andere Schichten, die so genannten Kalorimeter, messen die Energie der Teilchen. Magnete lenken die elektrisch geladenen Teilchen ab und helfen somit bei der Identifizierung derselben.

### Die vier im LHC integrierten Detektoren

**ALICE** *A Large Ion Collider Experiment* Dieser Vielzweckdetektor wurde konzipiert für Kollisionen von Schwermetall-Ionen bei denen extrem hohe Energiedichten eintreten und speziell optimiert für den Einsatz von Blei-Ionen.

Beim ALICE werden Blei-Ionen im LHC- Ring gegenläufig auf über 99 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zur Kollision gebracht, wobei eine Temperatur 100.000 Mal heißer als im Innern der Sonne erreicht wird. Dabei wird ein Plasma erzeugt, wie es kurz nach dem Urknall, so es ihn je gegeben hat, wohl vorhanden war.

Die uns umgebene Materie besteht aus Atomen, verfeinert gesagt aus Molekülen und Ionen. Diese wieder haben im Kern Protonen und Neutronen. Um den Kern befinden sich Elektronen. Die Protonen und Neutronen bestehen aus Quarks, welche von den Gluonen, acht verschiedene sollen existieren, zusammengehalten werden. Diese unglaublich starke Bindung ist die Ursache, dass isolierte Quarks bisher noch nicht gefunden wurden.

Die Physiker hoffen nun, dass unter den LHC-Bedingungen bei der Kollision die Protonen und Neutronen der Blei- Ionen regelrecht „schmelzen“, die Quarks also von den Gluonen befreit werden. Es wird also ein sogenanntes Quark-Gluonen-Plasma erzeugt. Ziel bei diesem Experiment ist, dieses erzeugte Plasma während der Expansions- und Abkühlungsphase kontinuierlich zu beobachten, um daraus Schlüsse zu ziehen, wie die uns heute umgebene Materie entstanden ist.

Mehr als 1.000 Physiker, Ingenieure und Techniker von 94 Instituten aus 28 Ländern arbeiten an diesem Experiment.

Der ALICE-Detektor in Zahlen: Länge 26 m, Breite 16 m, Höhe 16 m, Gewicht 10 000 t, Design:

Zentrale Walze mit Halterung für Myonen-Spektrograph. Standort: St. Genis-Pouilly, Frankreich

**ATLAS** *A Toroidal Lhc Apparatus* ATLAS soll hochenergetische Proton-Proton-Kollisionen untersuchen und dem Higgs-Teilchen auf die Spur kommen.

Mit einer Länge von 46 m, einer Höhe von 25 m und einer Länge von 25 m ist er der größte und einer der komplexesten Detektoren der Teilchenphysik, die je gebaut wurden und würde gerade ins Innere der Notre-Dame-Kathedrale in Paris passen. In aufeinander folgenden Schichten des Detektors werden die Spuren geladener Teilchen rekonstruiert und die Energie der meisten geladenen und neutralen Teilchen gemessen. Die Krümmung von Teilchenbahnen im magnetischen Feld gibt Aufschluss über Impuls und elektrische Ladung der Teilchen. Nur wenige der fast einer Milliarde Kollisionen pro Sekunde haben das Potenzial für neue Entdeckungen. Das Triggersystem selektiert in Echtzeit nur solch viel versprechende Ereignisse und vermeidet es somit, riesige Mengen uninteressante Daten speichern zu müssen.

ATLAS besteht aus vier Hauptbestandteilen:

1. Der innere Detektor misst den Impuls der geladenen Teilchen.
2. Das Kalorimeter misst die Energie der Teilchen.
3. Das Myon-Spektrometer identifiziert und misst Myonen.
4. Das Magnet-System krümmt die Bahnen der geladenen Teilchen für die Impulsbestimmung. Der Solenoid-Magnet umschließt den inneren Magneten.

Mit ATLAS stößt die Physik in experimentelles Neuland vor. Am aufregendsten wäre das Unerwartete: Neue Prozesse und Teilchen, die unser Verständnis von Masse und Energie vervollständigen könnten, wie auch das der fundamentalen Kräfte, welche unser Universum seit Beginn der Zeit geformt haben.

Gibt es zum Beispiel zusätzliche Dimensionen des Raumes oder winzige Schwarze Löcher?

**CMS** *Compact Myon Solenoid* Es sollen wie bei ATLAS ebenfalls Proton-Proton-Kollisionen untersucht werden. Eine Besonderheit ist ein Kalorimeter aus Blei-Wolframat-Kristallen für hochenergetische Photonen sowie zusätzlichen Halbleiterspurdetektoren und ein Myon-Nachweissystem.

CMS und ATLAS sind so konzipiert, dass sie eine gegenseitige Überprüfung wissenschaftlicher Resultate garantieren.

**LHCb** *Large Hadron Collider beauty experiment* (beauty steht für Bottom Quark) Dieser Detektor ist ein Spezialist für „Bottom-Quarks-Experiments“ und soll Messungen zur CP-Verletzung (Charge Parity) bei B-Mesonen vornehmen in Verbindung mit seltenen Zerfällen von Hadronen, die das schwere Bottom-Quark enthalten. Die CP-Verletzung (Charge Parity) beschreibt die Symmetrie-Verletzung von Materie und Antimaterie während ihrer Entstehungsphase im Universum, wobei die Materie aus bisher unerklärlichen Gründen mäßig geringfügig bevorzugt wurde.

### Drei Forschungsziele werden am CERN verfolgt:

#### 1. Existenz des Higgs-Teilchens

Vor etwa 50 Jahren setzte sich die Erkenntnis durch, dass man die elektromagnetische, die schwache und die starke Wechselwirkung aus einem bestimmten Symmetrieprinzip ableiten kann, das man „Eichinvarianz“ nannte. Doch diese Theorie konnte nur die Wechselwirkungen von Teilchen beschreiben, die keine Ruhemasse besitzen, was aber nicht mit der beobachteten Realität übereinstimmt, denn Elektronen und Quarks besitzen durchaus eine Masse. Peter Higgs machte folgenden Vorschlag: Der Zustand masseloser Teilchen wäre nicht der energieärmste Zustand des leeren Raumes sondern der Zustand eines instabilen Gleichgewichts. Diesen Mechanismus taufte die Physiker mit dem Namen „spontane Symmetriebrechung“. Aussage der Theoretischen Physik: Das Higgs-Teilchen verhält sich zum Higgs-Feld wie reelle zu virtuellen Photonen. Am CERN hofft man durch Kollision von zwei äußerst energiereichen Protonen im LHC das Higgs-Teilchen nachzuweisen. Es zerfällt in einer solch kurzen Zeit, dass während seiner Lebensdauer ein Lichtstrahl es nicht schafft, mehr als ein Hundertstel eines Protonendurchmessers zu durchqueren. Dabei kann es in ein beliebiges Teilchen-Antiteilchen-Paar zerfallen, aber mit einer Wahrscheinlichkeit, die die Masse der Tochterteilchen proportional ist. Es sollte der Theorie nach besonders häufig in Teilchen mit großer Masse zerfallen. Zum Nachweis ist also eine höchste „Experimentierkunst“ vonnöten, denn wie gesagt, das Higgs-Teilchen ist äußerst instabil zerfällt unglaublich schnell, weil es mit allen anderen Elementarteilchen in Kontakt steht, denen es schließlich ihre Masse gibt.

Am 5. April dieses Jahres war Prof. Dr. Peter Higgs am CERN. Er war beeindruckt vom LHC und sagte tief unten im Ringtunnel vor Ort des riesigen ATLAS-Detektors, dass er überzeugt sei, dass das von ihm postulierte Teilchen in den nächsten Jahren entdeckt werden kann. Die Gruppe mit Peter Higgs,

zu der auch der Verfasser gehörte, konnte dann noch über Tage einen Blick in das Rechenzentrum werfen und den Ausführungen des dortigen Abteilungsleiters zuhören. Dieser erklärte uns, wie man in einer Sekunde das Interessante aus 600 Millionen Ereignissen herausfiltert. Es sind nur die exakt frontalen Proton-Proton-Kollisionen interessant, wobei viel Energie auf sehr kleinem Raum konzentriert wird und dabei gemäß der Gleichung von Albert Einstein  $E = m \cdot c^2$  neue schwere Teilchen produziert werden, welche meist eine sehr kurze Lebensdauer haben und im Bruchteil einer Sekunde in viele kleinere schon bekannte Teilchen zerfallen. Diese hunderte Teilchen laufen dann mit fast Lichtgeschwindigkeit durch den Detektor, an welchem dann der Impuls und die Energie aller Teilchen gemessen werden. Die Auswertekunst besteht darin, das ganze Ereignis lückenlos detailliert zu rekonstruieren.

Fazit: Ohne das Higgs-Feld hätten die Teilchen keine Massen und könnten sich deshalb nur mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen. Es gäbe also keine Atome, Moleküle, keine Planeten und Sterne. Falls die Higgs-Theorie richtig ist, sollte das Higgs-Teilchen am LHC entdeckt werden.



Abb. 3: Peter Higgs bei der Besichtigung des Teilchenbeschleunigers LHC am CERN  
Bild: AFP

#### 2. SUSY-Supersymmetrie

Es soll vorerst anhand eines Beispiels die spontane Symmetriebrechung beschrieben werden. Wenn man versucht, einen Bleistift mit der Spitze zuerst auf den Tisch zu stellen, bleibt dieser meist nicht stehen, sondern wird umfallen. Im Prinzip kann ein perfekt symmetrisch gefertigter Bleistift auf der Spitze stehen bleiben. Diese Situation wird als labiles Gleichgewicht bezeichnet. Die geringste Erschütterung jedoch lässt den Bleistift umfallen, weil er im liegenden Zustand eine geringere Gesamtenergie hat als im stehenden. Man weiß aber vorher nicht, in welche Richtung er fallen wird. Am Anfang steht also eine Symmetrie (alle Richtungen sind gleich-



berechtigt) und am Ende ist die Symmetrie gebrochen, weil der Bleistift die Möglichkeit des Umfallens in eine nun vorliegende Richtung gewählt hat. So sehen wir die Situation vor dem Urknall. Der Anfangszustand war (wahrscheinlich) völlig symmetrisch und kurz danach wurde diese Symmetrie während der Abkühlungsphase gebrochen.

Nun stellt sich die Frage, ob es eine fundamentale Symmetrie zwischen Materie und Feld-Teilchen gibt, genannt die **Supersymmetrie** (SUSY). In dieser Theorie gibt es für jedes Materieteilchen ein zugehöriges Feldteilchen. So sollte ein Elektron ein supersymmetrisches Gegenstück haben, das man „Selektron“ benannt hat und das Photon ein „Photina“. Alle zwölf bekannten Materieteilchen besäßen ihre jeweiligen Spiegelteilchen. Bisher hat man noch keines der postulierten supersymmetrischen Teilchen entdeckt. Als Hauptargument der Existenz solcher Teilchen scheint der notwendige Schritt zur Vereinigung aller Wechselwirkungen bei sehr hohen Energien zu sein. Hinzu kommt noch, dass das Higgs-Teilchen nur erklärbar ist, wenn seine Masse die der W- und Z- Bosonen ungefähr entspricht.

### 3. Gravitation

Der schwierige Nachweis von Gavitonen liegt hauptsächlich darin, dass die Gravitationskraft zwischen Elementarteilchen extrem klein ist. Wenn alle Wechselwirkungen vereinigt sind, haben sie an diesem Punkt auch alle die gleiche Stärke. In der Theoretischen Physik wird erklärt, dass eine Vereinigung von Gravitation mit den drei anderen Wechselwirkungen bei den „Planck-Energien“ von  $10^{19}$  GeV stattfinden wird. Diese sollten im LHC erreicht werden. Und wenn diese nicht ausreichen sollten, dann wird das Experiment später am schon in der Planungsphase stehenden internationalen Linearbeschleuniger ILC durchgeführt.

### Der neue „Herr der Ringe“

Ein international anerkannter Wissenschaftler und Manager, Prof. Dr. Rolf-Dieter Heuer, wird CERN-Generaldirektor und sein Amt am 1. Januar 2009 antreten. Er sieht seiner neuen Aufgabe erwartungsvoll entgegen und teilte mit, dass in diesem Jahr am CERN mit dem Large Hadron Collider der weltweit größte Teilchenbeschleuniger in Betrieb gehen wird und ein völlig neues Zeitalter der Teilchenphysik anbrechen wird. Er freue sich auf die spannenden nächsten Jahre.

Auch Deutschland ist im Rahmen einer Zusammenarbeit der Teilchenphysik erheblich an diesem Großbeschleuniger beteiligt. Weiter sagte Heuer, dass DESY für die Zukunft in Deutschland und weltweit sehr gut aufgestellt sei. Durch die

Beteiligung am LHC, die wichtigen Beiträge zum geplanten internationalen Linearbeschleuniger ILC und die Helmholtz-Allianz „Physik an der Terravolt-Skala“ wird DESY eine deutliche Akzeptanz in der Teilchenphysik setzen. Er begrüße weiterhin eine gute Zusammenarbeit von CERN und DESY.

Rolf-Dieter Heuer (59 Jahre) forschte am CERN zwischen 1984 und 1998. Er wechselte dann zu DESY nach Hamburg, wo er Direktor für den Bereich Teilchenphysik und Astroteilchenphysik wurde. In dieser Funktion hat er DESYs Rolle in der Teilchenphysik geprägt und gestaltet, indem er eine Beteiligung am LHC und die Helmholtz-Allianz „Physik an der Terraskala“ auf den Weg brachte sowie die starke Beteiligung am ILC weiter ausbaute (siehe Olbers Nachrichten, Ausgabe 213, April 2006). Besonders hervorzuheben ist außerdem, dass durch die von ihm geförderte enge Zusammenarbeit bezüglich Wissenschafts- und technischem „Know-how“-Transfer zwischen diesen beiden Großforschungseinrichtungen so manches „Rad“ am gewaltigen LHC nicht zum zweiten Mal erfunden werden musste.

Das nächste große Zukunftsprojekt der Teilchenphysik ist der International Linear Collider ILC, in dem Elektronen und ihre Antiteilchen (Positronen) mit Energien von 500 bis etwa 1000 Milliarden Elektronenvolt kollidieren. Bei einem Ringbeschleuniger entsteht für Elektronen das Problem der Synchrotronstrahlung, die die Teilchen während des Umlaufs einen nicht unerheblichen Energiebetrag als Synchrotronstrahlung verlieren lässt. Die abgestrahlte Leistung nimmt mit zunehmender Beschleunigung erheblich zu. Bei Elektronen ist die Grenze der Wirtschaftlichkeit bei 100 GeV erreicht. Will man Elektronen auf höhere Energien beschleunigen, muss das mittels eines Linearbeschleunigers geschehen, der nun gebaut werden soll. DESY beteiligt sich maßgeblich an diesem „Weltbeschleuniger“, der zusammen mit dem LHC einmalige Chancen eröffnen wird, zentrale naturwissenschaftliche Fragen des 21. Jahrhundert zur Natur von Materie, Energie, Raum und Zeit sowie zur dunklen Materie und zur dunklen Energie und Existenz von Extra-Dimensionen zu untersuchen. Unabhängig von der noch nicht geklärten Standortfrage arbeiten Teilchenphysiker von Beschleunigerzentren aus Amerika, Asien und Europa, darunter CERN und besonders DESY in Hamburg im Rahmen der Global Design Initiative GDI derzeit an der technischen Planungsstudie für den künftigen Linearcollider, der 2015 in Betrieb gehen soll. Für den ILC soll supraleitende Beschleunigungstechnologie eingesetzt werden. Diese wurde von der internationalen Technologie Collaboration, der sogenannten TESLA, gemeinsam entwickelt und am DESY Hamburg unter

der Federführung von Prof. Dr. R.-D. Heuer bereits experimentell erfolgreich getestet.

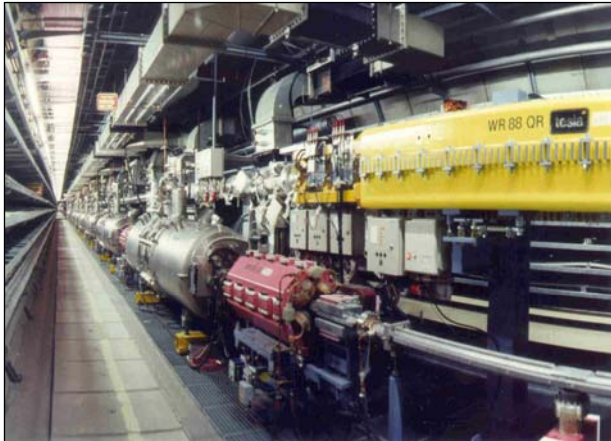


Abb. 4: Blick in den HERA-Tunnel am DESY in Hamburg.  
Bild: DESY Hamburg

### Die Suche nach der Weltformel

Es sind seit der Antike Überlieferungen bekannt über die Suche des Menschen nach der realen Wirklichkeit. Mit den „Ionischen Naturphilosophen“ wagt es der Mensch, sich vom herkömmlichen Mythos allmählich zu befreien und nur mit Hilfe des vernünftigen Denkens, die Natur und soziale Wirklichkeit zu erfassen. Scheinbare philosophische Lösungen der Vergangenheit erzeugen neuen Widerspruch, damals wie heute. Mit jedem Schritt auf dem langen Weg der Philosophie kommt der Mensch näher an seine Wirklichkeit heran. Vergessen wir auch nicht, dass aus der Philosophie heraus jene Wissenschaften entstanden, welchen wir so viel verdanken.

Mit dem Übergang vom Mythos zur Philosophie wird nun der Schritt von der bildhaft-anschaulichen zur begrifflich-abstrakten Vereinheitlichung der mannigfaltigen Erscheinungen vollzogen. [3]

Die Ehre, der erste Philosoph des Abendlandes zu sein, gebührt Thales aus Milet (um 600 v. Chr.). Er stellte sich die Frage, wohl weil ihm Zweifel am Wahrheitsgehalt der Mythen gekommen sind, ob der Urgrund der Welt, das Prinzip aus dem alles entsteht und sich zurückverwandelt, der „Weltstoff“ nach dem er sucht, nicht das Wasser sei (Wasser ist in allem, es ist fest (Eis) (= Tod?); flüssig, d. h. lebendig, Dampf = Seele/Geist?). Dieser Gedankengang enthält wichtige Elemente aller späteren Philosophie. Wenn nämlich alles aus Wasser entstanden ist, dann sind alle Dinge Umwandlungen ein und desselben Stoffs. Das im Wandel Beharrliche wurde später „Substanz“ genannt, so dass sich sagen lässt, dass der Substanzbegriff bei Thales seinen Anfang findet. Dieser Substanzbegriff wurde in der Antike weiterentwickelt von den „Atomisten“ Leukipp und Demokrit. In der Renaissance des Abendlandes erfolgte die Trennung von der Philosophie und den Natur-

wissenschaften. Von da an bis zur Physik Newtons und zum „Periodischen System der Elemente“, dann weiter über die Relativitäts- und Quantentheorie, erweitert der Mensch sein Wissen über die Phänomene der Natur immer mehr, wobei er zunehmend Experimente ausführt, welche aus den Aussagen von Theoretikern abgeleitet werden und immer gewaltigere Ausmaße haben.

Wissenschaft ist zunächst allgemein zu definieren: als der Versuch, menschliche Erkenntnis zu sammeln und zu ordnen. Die Ordnung wird nach Gesetzmäßigkeiten in einen Begründungszusammenhang gebracht. Anders formuliert: Wissenschaft abstrahiert und verallgemeinert Einzelphänomene zu allgemeinen Gesetzen.

Ob allerdings in dem Fall der Beschreibung der Entstehungsphase des Universums die Experimentier- und Beobachtungskunst sowie die sprachlichen Fähigkeiten des menschlichen Geistes ausreichen, aus den zu erwartenden Ergebnissen die lang ersehnte Weltformel zu entwickeln, ist wohl einer der größten Herausforderungen der Menschheit. Die „vereinigte Theorie“ oder die „Theorie von Allem“ wäre dann eine hypothetische mathematische Formel, die das Wie und das Warum aller fundamentalen Phänomene der Natur vollständig erklärt. Aus der Weltformel könnte man aber nicht das Verhalten komplexer Systeme ableiten.

*Denn nehmt ernstlich an, die Welt habe keinen Anfang, so ist sie für euren Begriff zu groß; denn dieser, welcher in einem sukzessiven Regressus besteht, kann die ganze verfllossene Ewigkeit nicht erreichen. Gesetzt, sie habe einen Anfang, so ist sie wiederum für euren Verstandesbegriff in dem notwendigen empirischen Regressus zu klein. [4]*

\*

Der Verfasser dankt Herrn Dr. Philippe Louret und seinem Team am CERN und Herrn Dr. Thomas Zoufal am DESY für die freundliche Aufnahme.

### Quellen und Zitate:

- [1] Web site des CERN, [www.cern.ch](http://www.cern.ch)
- [2] ka = kilojahr = 1000 Jahre  
Ma = Megajahre = 1 Million Jahre  
Ga = Gigajahre = 1 Milliarde Jahre
- [3] gemäß Wolfgang Röd
- [4] Immanuel Kant. Kritik zur reinen Vernunft  
(Skeptische Vorstellung der kosmologischen Fragen durch alle vier transzendentalen Ideen)

## Deep Sky

### Bizarre Objekte im Universum (Teil 1)

VON PETER KREUZBERG, Achim

**Die Sonne und andere Sterne** Fühlen Sie sich wohl, liebe Leserinnen und Leser? Und auch sicher? Von Mauern umgeben und gut geschützt? Prima! Obwohl – etwas schwindelig müsste es Ihnen schon sein. Schließlich bewegen Sie sich gerade mit ungefähr 370 m/s nach Osten, außerdem rast dieses Karussell Erde mit 30 km/s um die Sonne und diese wiederum bewegt sich mit allen Körpern im Sonnensystem (also auch mit Ihrem Körper) mit einer Geschwindigkeit von 220 km/s um das galaktische Zentrum. Geht's Ihnen immer noch gut? Na fein, dann komplizieren Sie doch Ihre gleichzeitig stattfindenden Bewegungen in Ihrer aktuellen Raumzeit und steigen im Heidepark Soltau in die Achterbahn oder lehnen Sie sich entspannt zurück und wir schauen gemeinsam in den wirklich „tiefen Himmel“ – den Deep Sky.

Oft beschrieben, aber deshalb nicht weniger wahr, empfinden wir Menschen den Sternenhimmel als unveränderlich. Die Erlebniszeit des Menschen ist zu kurz, um Veränderungen am Sternenhimmel wahrzunehmen. Bis auf jahreszeitlich bedingt veränderte Himmelsausblicke, steht der Sternenhimmel als Garant für die Ewigkeit. Und doch ist jedem Himmelskörper nur eine bestimmte Zeit zugemessen. Den Sternenhimmel hat es nicht immer gegeben und es wird ihn nicht immer geben. Dies ist die wichtigste Erkenntnis einer Wissenschaft, die seit Jahrtausenden die Köpfe und Seelen der Menschheit bewegt – die Astronomie.

Die Sterne sind Gebilde des Wandels, obwohl ihre „Lebenszeit“ in kosmischen Äonen gemessen werden kann. Aus Wasserstoff geboren schenken sie uns in ihrem „Tod“ alle Elemente, denen die Planeten und das Leben auf ihnen ihre Existenz verdanken. Es ist ein ebenso einfacher wie genialer Schöpfungsplan. Ein Proton und ein Elektron – in Wechselwirkung miteinander gemeinhin als Wasserstoffatom bekannt. Während der Abkühlung des Universums nach dem Urknall, wurde vom Genius der Natur das Proton und das Elektron gezeugt. Das Proton für sich allein ist so genannter Ionisierter Wasserstoff – gemeinsam mit einem Elektron bildet es den neutralen Wasserstoff. Über 78 % der gesamten Masse der normalen Materie des Universums, ist Wasserstoff. Mehr als 90 % aller Atome des Universums sind Wasserstoffatome. Daraus entstanden alle Sterne und letztlich die Planeten und alles Leben und alles was wir sind und dazu die übrige Natur. Ein Proton und ein Elektron – seine Eigenschaften, seine Masse und das Energiepotential seiner Bindungskräfte sind die einzigen Zutaten. Aus den Wasserstoffatomen einer Gaswolke entsteht ein Stern. Ein tosendes

Energiemonster wie die Sonne. Nur hier, im Inneren des Atomfeuers eines Sterns, entstehen alle höheren Elemente und eben auch die Grundbausteine des Lebens. Der Kohlenstoff für die komplexe Chemie der Lebewesen dieser Erde und für die begehrten Diamanten ebenso, wie der Stickstoff und der Sauerstoff, den wir atmen und das Eisen für die Stahlträger unserer Hochhäuser.

Obwohl die Sterne auf diese Weise Leben spenden sind sie zutiefst lebensfeindlich. Denn wäre die Erde ein Haus, so rate ich dringend davon ab, vor die Tür zu treten. Es gibt nur zwei wichtige Gründe, warum wir und alles Leben hier auf der Erde nicht vernichtet werden – die Mauern unseres Häuschens namens Erde bestehen aus einem starken Magnetfeld und unser „Haus“ besitzt eine Atmosphäre. Unser „Haus“ steht ziemlich dicht an einem Himmelskörper von dem es mehr als 200 Milliarden weiterer Exemplare in unserer Galaxis gibt. Ein Stern, den wir Sonne nennen. Um seine Größe zu erfassen, bemühen wir unsere Fantasie und stopfen 1,3 Millionen Planeten von der Größe der Erde hinein, um ihn zu füllen. Dieser gigantische Atomfusionsreaktor überschüttet uns mit einem ständigen Teilchenstrom und unter anderem mit harter Ultraviolett-, Röntgen- und Gammastrahlung.

Zur Strahlengefahr der Sonne gesellt sich auch die Strahlung anderer Sterne – z.B. die Strahlung der Sterne unserer Nachbarschaft. Die nur ca. 4,3 Lichtjahre entfernten Sterne Alpha A und Alpha B Centauri zum Beispiel. Doch deren todbringende Strahlung wird vom Energie- und Teilchenwind unseres Sterns, der Sonne, zu einem Teil von uns fort geblasen. Wir sitzen mit unseren Nachbarplaneten genau in der Mitte einer Energiewindblase, die unser Stern produziert, der sogenannten Heliosphäre. Dieser „Sonnenschirm“ schützt uns vor den kosmischen Strahlen andere Himmelskörper. Aber der Schutz ist trügerisch und unvollkommen. Sowohl die Heliosphäre unserer Sonne als auch das Magnetfeld der Erde kann uns nicht vor allen denkbaren „himmlischen“ Ereignissen beschützen – beispielsweise vor der (aus astrophysikalischen Gründen eher unwahrscheinlichen) Explosion von Alpha Centauri. Viele Bizarre und rätselhafte Vorgänge umgeben uns sowohl in unserer Galaxis als auch in fernen Galaxien – im Deep Sky. Fast immer sind Sterne die Verursacher, und unsere Instrumente zeichnen Informationen auf, die überwiegend von extremen und dramatischen Ereignissen berichten. Die Astrophysik hat bei der Forschung zur Funktionsweise der Sterne ein großes Gesamtver-

ständnis erarbeitet, nicht zuletzt auch durch die enormen Aufwendungen der Teilchenphysiker. Betrachten wir also unseren Stern, die Sonne, etwas genauer, um zu verstehen, wie Sterne funktionieren und wie sie zu bizarren Objekten mutieren.

Die Sonne, unser Heimatstern! Seiner lyrischen Entsprechung in unseren Liedern, Gedichten und in unserer Mythologie, wird dieser Stern in Wahrheit nicht gerecht. Das Leben auf diesem Planeten ist nur geborgt – es muss zurückgegeben werden. Irgendwann einmal wird die Sonne alles Leben in ihrem Planetensystem vernichten. Und gäbe es das Magnetfeld der Erde nicht und ihre dichte Atmosphäre, hätte ihre Strahlung von Beginn an auch kein Leben zugelassen. Als Lebensspender besungen, ist dies jedoch nur die halbe Wahrheit. Es ist zwar richtig, dass die Sterne mit ihrer harten Strahlung in Verbindung mit elektromagnetischen Prozessen bereits in den dichten Gas- und Staubwolken ihrer Nachbarschaft schon im Weltraum komplexe Moleküle, wie sie das Leben als Bausteine benötigt, entstehen lassen. Ohne weitergehende, auf der Erde selbst begründeten Vorgängen und „zufälligen“ Ereignissen aber wäre das Leben mit der harten Strahlung der Sonne nicht fertig geworden und dem zur Folge auch nicht entstanden. Aber irgendwann einmal, in etwa 6 Milliarden Jahren, ist mit allen Tricks, die das Leben gegen die Sonne aufzubieten imstande ist, endgültig Schluss. Wir wissen heute ziemlich genau was dann passieren wird. Und uns kann eigentlich nur eins davor bewahren: nämlich zu diesem Zeitpunkt nicht „zu Hause“ zu sein.

Es ist also „sonnenklar“: wenn in diesem Artikel von bizarren Objekten im Universum die Rede ist, kommen wir nicht an den Sternen und ihren Eigenschaften vorbei. Wie entwickelt sich unsere Sonne? Wohin führt sie der Weg ihres Milliarden Jahre langen Lebens?

**Weißer Zwerge** Einige Vertreter dieser Art sehen Sie in Abb. 1. Die Leuchtkraft der hier gezeigten Himmelskörper ist rund 1 Milliarde mal schwächer, als das menschliche Auge sie noch wahrnehmen kann. Einsam, oft aus anderen Sternenverbänden herausgerissen, fristen sie ein Dasein, das mit dem Kältetod in ca. 1 Milliarde Jahren endet. Ehemals strahlende Sonnen sind dann nur noch Sternenasche. Dies ist auch das Schicksal, das unsere Sonne erwartet.

Was macht Sterne zu Weißen Zwergen? Versetzen wir uns ungefähr sechs Milliarden Jahre in die Zukunft und beziehen einen Beobachtungsposten, der aus Sicherheitsgründen fünf Lichtjahre von unserer augenblicklichen Position entfernt ist und richten alle Instrumente auf den winzigen fernen Lichtpunkt, der gelblich-weiß leuchtet und unser

Heimatstern ist und Sonne heißt. Und wenn wir schon mit unserer Fantasie so weit reisen können, beherrschen wir sicherlich auch noch die Zeit und lassen das Geschehen, das wir beobachten wollen, viele Tausend mal schneller ablaufen.

Zuerst sehen wir, dass unser Heimatstern seine Leuchtkraft steigert und später die Größe und die Farbe ändert. Er wird zunehmend größer und röter. Wir trauen unseren Augen nicht: Merkur und Venus verschwinden in der rötlichen Atmosphäre des Sterns. Zu diesem Zeitpunkt blieb die Erde nicht verschont. Voller Wehmut wissen wir, dass das Leben auf der Erde und alles was wir kennen jetzt schon verbrannt ist. Selbst die Ozeane sind verdampft, bis auch unser Planet und sogar der Mars in der roten Sonnenatmosphäre wie in einem Nebel verschwinden. Langsam kommt der „Größenwahnsinn“ unserer Sonne zum Stillstand. Doch was passiert nun? Der Kern der Sonne stürzt in weniger als 1 Sekunde in sich zusammen. Ihre Farbe wird wieder hellgelb bis weiß, und das aufgeblähte Gas stürzt auf den ultraharten und superheißen Kern der Sonne und wird in einer gewaltigen mächtigen Explosion fort in den Weltraum geschleudert. Jetzt scheint sich die Sonne zu stabilisieren. Eine Zeitlang brennt sie ruhig vor sich hin. Bis ein erneutes kurzes Aufblähen wieder mit dem anschließenden Zusammenfall eine neue „Explosion“ auslöst. Wiederum wird eine gewaltige Sphäre aus Sonnenmaterie in den Raum geschleudert und nun schrumpft die riesige Sonne grellweiß auf einen Durchmesser von wenigen Tausend Kilometer zusammen. Unsere Sonne ist jetzt nur noch so groß, wie unsere Erde. Der ursprüngliche Drehimpuls, der unsere Sonne in ca. 26 Tagen um ihre Achse rotieren ließ, bleibt erhalten und führt zu einer extrem gesteigerten Rotation des nun viel kleineren Körpers. Ihre sehr starken Magnetfelder bewegen und formen die Gas- und Materiewolken, die sie abgestoßen hat und die sie jetzt wie einen wunderbaren farbigen Nebel umgeben, zu einem gedrillten Gebilde mit leuchtenden Ecken (siehe Abb. 2). Die Materie der Sonne ist jetzt so dicht gepackt, dass eine ungeheure Schwerkraft wirkt. Alles ist viele hunderttausend mal dichter als vor dem Kollaps. Ein Kubikzentimeter Sonnenmaterie hat jetzt eine Masse von mehr als einer Tonne. Die Oberflächentemperatur des Sonnenkörpers beträgt nun ca. 100.000 K oder mehr. Damals, als diese Sonne noch unsere Sonne war, und uns am Strand von Mallorca die Haut verbrannte, betrug die Temperatur an der Oberfläche gerade mal knapp 6.000 K. Dieser Zustand wird etwa 1 Milliarden Jahre anhalten, bevor die Sonne sehr, sehr langsam kälter und kälter wird. Unsere Sonne ist ein Weißer Zwerg geworden und wird irgendwann einmal, wenn ihr sonst nichts mehr begegnet, ein kaltes und dunkles Gebilde werden.

Kehren wir zurück in die Gegenwart und verwenden wir das erlebte Szenario als Auftakt für die Beschreibung anderer, nicht minder dramatischerer Ereignisse. Die Verwandlung unserer Sonne in einen Weißen Zwerg, also von einem riesigen Gebilde mit einem Durchmesser von fast 1,4 Millionen Kilometern in einen sehr heißen und schweren Körper mit gerade mal 10.000 Kilometer Durchmesser, und die damit verbundene gewaltige Eruption von Sonnenmaterie in das umgebende Weltall, ist das Ergebnis eines verschwenderischen Sonnenlebens. Die ungeheuerliche Masse von Wasserstoff ist verbraucht und umgewandelt zu Helium und von Helium zu Kohlenstoff, Sauerstoff und anderen Elementen. Der Verlauf des Sonnen- bzw. Sternenlebens hängt direkt mit der Masse des Sterns zusammen. Bei dem Versuch, sich die ursprüngliche Masse der Sonne im eigenen Kopf zu vergegenwärtigen, wird man wohl scheitern. Die Masse unseres Planeten, des Merkur, der Venus, der Riesenplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun und auch des kleinen „Nichtplaneten“ Pluto sowie zahlreicher Asteroiden und Kleinplaneten und die gesamte Kometenschale der Oortschen Wolke ergeben zusammen nur 1.000stel der Sonnenmasse. Vier Millionen Tonnen Materie werden pro Sekunde in diesem Atomofen verbrannt. Und dies nun schon seit 4,5 Milliarden Jahre. Und der Vorrat reicht für noch weitere mindestens vier Milliarden Sonnengeburtstage.

Im Verhalten unserer Sonne ist der Schlüssel für zahlreiche Phänomene im Universum zu finden. Das Szenario, welches sich erst in sehr ferner Zukunft ereignen wird, die Verwandlung unserer Sonne in einen Weißen Zwerg, ist allenthalben im Universum zu sehen. Weiße Zwerge wohin wir schauen. Um zu verstehen, was mit unserer Sonne während des Trips in die Zukunft geschehen ist, müssen wir verstehen, warum Sonnen überhaupt brennen. Aus einstmaligen kalten Wasserstoffwolken (mindestens 170 K/-100°C) kondensiert ein Kern: Wasserstoffteilchen driften zueinander und summieren ihre winzige Schwerkraft. Das hat Einfluss auf die nächste Umgebung. Weitere Teilchen werden angezogen – hierfür ist alle Zeit der Welt vorhanden. Das kleine Wasserstoffgebilde nimmt an Masse und damit auch an Schwerkraft zu, weil es – obwohl so klein – bereits die Raumzeit krümmt (vielen Dank, Albert!). Die unseren Winzling umgebenden Teilchen des Wasserstoffgases fallen somit in die Raumzeitdelle und wieder hat es eine Winzigkeit mehr an Schwerkraft gewonnen. Die Raumzeitdelle wird größer und jetzt geraten auch Teilchen aus der weiteren Umgebung in den Einfluss der Raumzeitkrümmung unseres Wasserstoffgebildes. Und so weiter – und so weiter. Der Prozess

beschleunigt sich. Mit wachsender Masse geht es turbulenter zu. Durch Temperaturunterschiede, und in der späteren Entwicklung des Universums auch durch andere Ereignisse verursacht, rotiert die Wasserstoffwolke und gibt somit einen Teil des Drehimpulses auch unserem kleinen Protostern mit auf seinen weiteren Lebensweg. Weiter und weiter wächst der Umfang des Winzlings. Der kleine Wasserstoffkern beginnt sich ab einer bestimmten Größe zu verändern. Die Schwerkraft des kleinen Körpers wirkt nun auch direkt auf ihn selbst. Die Teilchen rücken unter ihrer gemeinsamen Schwerkraft dichter zusammen. Nun haben Atome aber die in ihr innewohnende Eigenschaft, nichts miteinander zu tun haben zu wollen. Sie „fremdeln“ sozusagen (Anmerkung des Autors: wenn denn die Atome unseres Körpers schon nichts miteinander zu tun haben wollen, brauchen wir uns über Introvertiertheit nicht zu wundern, es scheint ein Naturgesetz zu sein). Die Teilchen wollen sich nicht zu nahe kommen. Ergo versuchen sie einander auszuweichen und geraten in Bewegung. Die Bewegung von Atomen aber ist nichts anderes als Wärme. Ergo steigt die Temperatur. Mit zunehmender Masse verstärken sich die eben beschriebenen Auswirkungen. Mehr Masse ist gleich mehr Schwerkraft. Mehr Schwerkraft bedeutet mehr Kraftausübung auf das Innere des jungen Kerns. Mehr Kraftausübung bedeutet mehr Ausweichmanöver der Teilchen – also mehr Teilchenbewegung und deshalb höhere Temperatur. Irgendwann ist die Teilchenbewegung so schnell, dass sie beginnt, der Schwerkraft entgegenzuwirken. Und so geht es weiter und weiter. Der Körper gewinnt an Masse. Die Entwicklung zu einem riesigen Gebilde ist nicht mehr aufzuhalten. So geht es ein oder zwei Millionen Jahre lang immer weiter. Bis zum Tage X. Dann ist der Druck der Schwerkraft auf die Teilchen im Inneren der Protosonne so groß geworden, dass sich die Wasserstoffatome nicht mehr ausweichen können und damit beginnen, miteinander zu verschmelzen. Es startet der Prozess der Kernfusion (ein Wunschtraum für die Menschen: könnten sie dies auf der Erde erzeugen, wären alle Energieprobleme gelöst). Die Atomkerne geben auf und bauen sich um. Aus vier Wasserstoffatomen wird ein Atom des nächst höheren Elements: ein Heliumatom. Die Masse eines Heliumatoms ist geringer als die Masse von vier Wasserstoffatomen. Es wird Energie frei, die aus dem Kern unserer Protosonne abgestrahlt wird und ihrerseits einen Druck ausübt, der dem Schwerkraftdruck entgegenwirkt – also von innen nach außen wirkt. Photonen werden freigesetzt die noch einmal Tausende von Jahren benötigen, bis sie die Oberfläche der Protosonne erreicht haben und in diesem Moment beginnt das Leuchten der Sonne. Die Schwerkraft, die nach innen wirkt und der Druck der



Kernbewegungen und der Strahlungsdruck aus der Energiefreisetzung durch die Umwandlung von Wasserstoff in Helium, die nach außen wirken, heben sich auf. Die Sonne „brennt“ stabil. Aus einem ehemals molekülgroßen Teilchen ist ein Gigant mit einem Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometer geworden.

Aber die Ruhe währt, Sie ahnen es schon, liebe Leserinnen und Leser, nur so lange, wie genug Brennstoff vorhanden ist. Das komplizierte Schwerkraft-/Druckverhältnis ist äußerst störanfällig. Was passiert, wenn einer der beiden Parameter verändert wird? Überwiegend ist es zunächst der Brennstoff der zur Neige geht. In unserem Beispiel wird zunächst der Wasserstoffvorrat im Kern zur Neige gehen. Das beendet den Prozess des Wasserstoffbrennens im Kern und zwar schlagartig. Der Strahlungsdruck der Atomkernfusion von Wasserstoff zu Helium hat aber bisher der Schwerkraft entgegengewirkt. Dieser Druck fehlt jetzt. Also kollabiert die Sonne unter der eigenen Schwerkraft. Das Verdichten des Sonnenkerns geht sehr schnell vonstatten – unter der Sonnenatmosphäre können wir es nicht sehen. Die äußere Hülle der Sonne ist kühler geworden. Deshalb verändert sich auch die Farbe der Sonne. Sie wird rötler. Aber schauen wir wieder nach innen. Das Verdichten des Kerns hat eine weitere Erhöhung des Schwerkraftdrucks zur Folge. Unter diesem noch stärkerem Druck startet der nächste Brennvorgang im Kern. Jetzt wird Helium zu Kohlenstoff fusioniert. Wieder wird Energie frei, die dazu beiträgt, dass der Schwerkraft Strahlungsdruck entgegengesetzt wird und die Sonne weiterhin relativ stabil bleiben kann. Auf der Oberfläche des Kerns hat mit zunehmender Dichte wieder das Wasserstoffbrennen begonnen. Das Wasserstoffbrennen bildet eine Schale um den wesentlich energiereicheren Prozess im Sterninneren. Der Transport der Energie von innen zur Oberfläche funktioniert nun anders. Der Stern muss wesentlich mehr Energie abstrahlen als es die Größe der Oberfläche zuließe. Folgerichtig vergrößert sich auch die Oberfläche des Himmelskörpers und sie dehnt sich dramatisch aus. Jedes nun aufeinander folgende Element wird von der Sonne produziert. Jeder Verdichtungsprozess hat die Fusionierung zum nächst höheren Element zur Folge. Für jedes Element der Elementenreihe wird mehr Energie benötigt. Also mehr Druck und mehr Temperatur. Reicht die ursprüngliche Masse der Sonne nicht aus, um weiteren Druck auf den Kern auszuüben, ist das Ende eines Sonnenlebens erreicht. Der bisher erreichte Druck auf den Kern kann die schwache Kernkraft nicht überwinden. Sie verhindert eine weitere Verdichtung. Es findet keine weitere Fusion mehr statt. Der Kern stürzt innerhalb von

Sekundenbruchteilen zusammen. Die Hülle des Sterns bekommt es etwas später mit und stürzt dann auf den ultraheißen Kern. Spontan kommt es zu wieder zu Fusionsprozessen von Elementen, denen aber kein Schwerkraftdruck mehr entgegenwirkt. Die Sonnenmaterie wird in einer gigantischen Schockwelle in den Raum geschleudert. Übrig bleibt ein heißer Weißer Zwerg. Der sitzt in der Mitte seiner abgeworfenen Sonnenmaterie und bestrahlt sie mit harter UV- und Röntgenstrahlung und bewacht sie mindestens noch 1 Milliarde Jahre lang. Dann macht er sich ans Abkühlen und wird schließlich eine dunkle Schlackekugel sein. Das Kleid des sterbenden Sterns ist wunderschön. Die Astronomen nennen es Planetarischer Nebel, weil sie im Teleskop zunächst eher wie ein Planetenscheibchen denn ein Stern aussehen. Ich kann dies nicht bestätigen. Für mich sehen Planetarische Nebel im Teleskop eher wie verwaschene Fleckchen - eben Nebelchen aus.

Das, was wir soeben gemeinsam erlebt haben, die Mutation unserer Sonne zu einem weißen Zwerg, ist trotz der Dramatik ein eher stiller Sternentod. Wesentlich extremer geht es zu, wenn der ursprüngliche Stern sehr viel mehr Masse als unsere Sonne besitzt. Unsere Sonne ist ein eher weniger spektakuläres Objekt in der Familie der Sterne. Obwohl ihre Größe für unseren kleinen menschlichen Verstand gigantisch ist, so gibt es doch wesentlich größere Sterne. Blaue Überriesen zum Beispiel. Sterne, die das 100fache (und mehr) der Größe unserer Sonne erreichen. Körper, die 150 Millionen Planeten wie die Erde locker in ihrem Inneren aufbewahren könnten. Sterne, die 300.000 mal stärker strahlen als unser Heimatstern. Um wie viel dramatischer muss sich das atomare Brenngeschehen und vor allem das Ende dieser Monster gestalten?

**Neutronensterne und Pulsare** Wir bemühen abermals das Wunderwerk unserer Fantasie und begeben uns auf eine Zeitreise. Diesmal zunächst in die Vergangenheit. Wir schreiben das Jahr 1967. Der Kalender zeigt den 28. November. Eine britische Studentin namens Jocelyn Bell Burnell führt Beobachtungen mit dem Radioteleskop durch. Ihre Aufgabe ist es, den Himmel nach einem Radioflackern abzusuchen. Hewish, britischer Astronom, hatte hierfür eine spezielle Radioantenne konstruiert. Ziel war es, das Radioflackern des Sonnenwinds aufzuzeichnen. Plötzlich hatte sie einen „Ups-was-ist-das-denn-Effekt“. Die Frequenzanzeige auf dem Oszilloskop zeigt ein gezacktes und sehr regelmäßiges Muster. Der Zacken wiederholte sich exakt alle 1,337011 Sekunden. Die Radioantenne zeigte auf das Sternbild Fuchsch. Es musste ein extraterrestrisches Signal sein, denn es bewegte sich mit den Sternen. Was kann ein so regelmäßiges Signal aus-

senden? Ein Stern? Möglicherweise glaubten Bell und ihr Arbeitgeber Hewish einen Augenblick lang, sie wären Zeugen eines Funkverkehrs zwischen Außerirdischen. Vielleicht gaben sie deshalb dem Signal den Namen: LGM: **L**ittle-**G**reen-**M**an. Man begab sich auf die Suche nach weiteren Signalen dieser Art und wurde reichlich fündig. Alle zeigten ein regelmäßiges absolut präzises Radiosignal im Meterwellenbereich. Aber alle mit einem unterschiedlichen aber regelmäßigem Pulsmuster. Von 0,0008 Sekunden bis zu 4,3 Sekunden pulsten die entdeckten Radioquellen. Und alle wanderten mit den Sternen. Natürlich war schnell klar, dass es sich wohl doch eher um astrophysikalisches Phänomene handelte, denn um den Funkverkehr außerirdischer Zivilisationen (schade eigentlich – mir hätte es ganz gut gefallen, Anm. des Autors). Heute weiß man, dass es sich um die Überreste sehr schwerer Sterne handelt. Nach einer gigantischen Explosion – einer sogenannten Supernova – bleibt ein Neutronenstern übrig. Nicht größer als 10-15 Kilometer im Durchmesser – Billiarden mal härter als Stahl und mit einer Innentemperatur von mehr als fünf Milliarden Kelvin. Man stelle sich das vor. Ein extrem harter Körper, so groß wie eine Stadt und mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit im Millisekundenbereich. Der Name dieser Exoten: Pulsare. Das Magnetfeld eines Pulsars ist extrem stark und kann nur in Milliarden Tesla ausgedrückt werden. Heute weiß man auch, dass man an der Rotationsgeschwindigkeit sehr gut auf das Alter dieser Sterne schließen kann. Denn die Rotation gegen das eigene Magnetfeld erzeugt ein gewaltiges elektrisches Feld, das mit einer Spannung von Billiarden von Volt arbeitet. Und entlang der Magnetfeldlinien werden Protonen und Elektronen auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und über die Magnetpole abgestrahlt. Dieser Strahl trifft die Antennen der Radioteleskope und durch die Rotation entsteht der Puls. Der Stern verliert „sehr schnell“ Rotationsenergie. Nach 10 Millionen Jahren wird er kaum noch als Pulsar erkannt werden können.

Was muss geschehen um ein derart exotisches Gebilde wie einen Neutronenstern zu erzeugen? Natürlich ist hier wieder der Todeskampf eines Sterns die Ursache. Wir haben ja schon vom zukünftigen Tod unserer Sonne gehört. Dieses Ereignis wird einen Weißen Zwerg produzieren. Wäre die Restmasse unserer Sonne nur 1,4 bis 3 mal größer gewesen, hätten wir bei unserer Zeitreise keinen sich aufblähenden Sonnenkörper beobachten können. Wir hätten eine Supernova gesehen. Ein gigantisches Schauspiel, das mit den Planeten auch nicht sanfter umgegangen wäre als der aufgeblähte rote Sonnenhöllenschlund, der schließlich zum Weißen Zwerg führte.

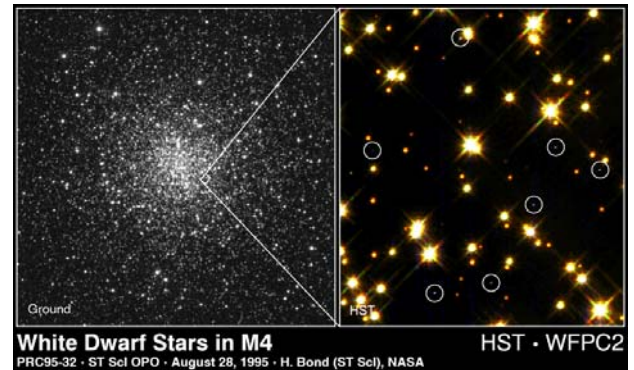


Abb. 1: Weiße Zwerge wohin wir auch schauen. Ihr extrem schwaches Lichtsignal kann nur mit großen Teleskopen aufgespürt werden.



Abb. 2: Ein Planetarischer Nebel. Der Weiße Zwerg sitzt in der Mitte und bewacht seine abgestoßene Sternenhülle.  
Bild: NASA Hubble Space Telescope

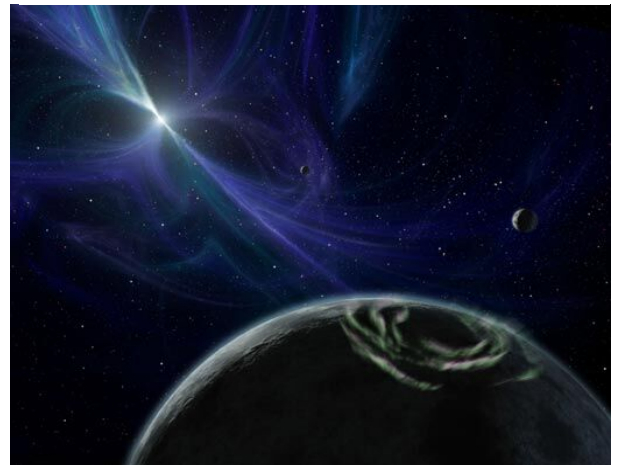


Abb. 3: Künstlerische Darstellung des Pulsars PSR B1257+12 mit einem Planeten als Begleiter  
Bild: NASA/JPL-Caltech

Die Kernfusion im Inneren eines Sterns wird ja in mehreren Phasen vom Wasserstoff zu Helium, vom Helium zum Kohlenstoff zu immer schwereren Elementen führen. Und zwar abhängig davon, wie

groß der Gravitationsdruck auf den Kern ist, und der Gravitationsdruck wiederum hängt direkt von der Gesamtmasse ab, die dem Stern zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stand. Bei der Fusion von Atomen zu einem höheren Element gibt es für Sterne gleich welcher Masse eine Grenze. Das schwerste Element, das bei einem Kernfusionsprozess in Sternen erzeugt werden kann, ist das Eisen. Um aber Eisenatome fusionieren zu können, ist mehr Energie notwendig, als jeder Stern, gleich welcher Masse, erzeugen könnte. In Sternen mit einer Restmasse vom 1,4- bis 3fachen unserer Sonne, wird der Fusionsprozess immer bis zum Eisen gehen. Ein indischer Physiker mit dem Namen Chandrasekhar hat diese Grenze bereits 1931 ausgerechnet. Deshalb heißt diese Grenze die Chandrasekhar-Grenze. Unterhalb der 1,4fachen Sonnenmasse enden Sterne als Weiße Zwerge. Kehren wir zu unserem Pulsar zurück. Der hatte nach der Fusion aller möglichen Elemente eine angenommene Restmasse, die der doppelten Restmasse unserer Sonne an ihrem Lebensende entsprach. Nachdem er seinen Kern zu Eisen verbrannt hat, wird es wirklich dramatisch. Die Fusion endet abrupt. Der Gravitation des Sterns wird keine Kraft aus dem Inneren mehr entgegengesetzt. Die Eisenkugel hat einen Durchmesser von vielleicht Erdgröße. Und die Schwerkraft wirkt jetzt ungehemmt. Sie verdichtet den Kern dramatisch. Die Temperatur steigt auf mehrere Milliarden Kelvin. Die Schwache Kernkraft hält diesen Ereignissen nicht mehr stand – sie wird überwunden. Und plötzlich werden die Eisenatomkerne zertrümmert. Es kommt zum Kollaps. Als stiller Beobachter können wir sehen, wie der erdgroße Eisenkern im Millisekundenbereich zusammenstürzt. Hierbei werden die Bausteine der Atome, die Elektronen und Protonen, so dicht aneinander gepresst, dass sie sich die negative Ladung der Elektronen mit den positiven Ladungen der Protonen aufhebt und zu Neutronen verbinden. Der Zusammensturz endet eben so schnell, wie er begonnen hat. Die Neutronen in diesem Kern lassen sich nicht mehr verdichten. Eine weitere Verdichtung des Kerns verhindert diesmal die Starke Kernkraft.

Jetzt beginnt, was wir als Supernova wahrnehmen. Machen wir uns schleunigst aus dem Staub. Die Hülle des Sterns stürzt auf seinen komprimierten und nur wenige Kilometer großen Kern. Die entstehenden Energien sind so groß, dass es zu spontanen Fusionsprozessen kommt, die schweren Elemente wie Blei, Gold und Quecksilber erzeugen. Diesen Fusionsprozessen stellt sich kein Schwerkraftdruck entgegen und es entsteht eine Schockwelle, welche die Sternenhülle in einer ungeheuerlichen Explosion ins Weltall schleudert. Die ehemalige Sternmaterie – die ver-

schiedenen gebrannten schweren Elemente – werden mit einer Geschwindigkeit von mehr 10.000 km/s ins Weltall geblasen. Die Energie ist so groß, dass sie vorübergehend heller strahlt als alle Sterne unserer Milchstraße. Der Stern, der vorher viele Millionen Kilometer im Durchmesser maß und nun nur noch vielleicht 10 Kilometer misst, hat seinen Drehimpuls beibehalten. Und abhängig von seiner vorherigen Umdrehungsgeschwindigkeit ist er jetzt viel schneller. Es geht ihm so, wie der Eislaufsportlerin, die eine Pirouette aufs Eis zaubert und jetzt ihren Umfang verringert, indem sie die Arme zunächst anlegt und dann nach oben streckt. Sie wird immer schneller. Hier wirkt das Gesetz von der Erhaltung des Drehimpulses. So auch bei unserem Neutronenstern. Er kann sich jetzt mehr als 1.000 mal pro Sekunde drehen.

Besuchen wir doch mal den Neutronenstern. Nachdem wir erfolgreich 4 Milliarden in die Zukunft gereist sind, um das Ende unserer Sonne zu erleben, werden wir es doch wohl fertig bringen, auf einem Neutronenstern zu landen. Die erste Überraschung, die ich Ihnen hier bereiten muss, ist Ihr Gewicht. Nun, auf der Oberfläche des Neutronensterns wird Ihre geschätzte Masse von vielleicht 70 Kilogramm durch die Gewichtskraft des Neutronensterns derart beschleunigt, dass eine dort aufgestellte Waage gut und gerne eine Masse von 70 Milliarden Kilogramm anzeigen wird. Ein einziger Kubikzentimeter Materie des Neutronensterns kann eine Masse von 1 Milliarde Tonnen besitzen. Die Raumzeit wird durch die Masse des Sterns so stark gekrümmt und demzufolge auch das Licht, dass Sie um den halben Stern herum sehen könnten – vielleicht auch Ihren eigenen Hinterkopf. Sollte die Neutronenkugel nicht völlig eben sein, so können Sie mit Bergen rechnen, die maximal 1 mm hoch sind. Zum Besteigen dieser Höhe brauchen Sie als Besucher auf diesem Stern mehr Energie, als zum Verlassen der Erdgravitation nötig wäre. Na gut, beschleunigen wir mal eben auf halbe Lichtgeschwindigkeit, soviel muss es schon sein, und verlassen wir diesen ungastlichen Gesellen und sehen uns zum zweiten Teil dieser Artikelreihe wieder. Machen Sie sich auf wesentlich extremere Verhältnisse gefasst.

#### **Literatur:**

LANGER, Norbert. Leben und Sterben der Sterne. Verlag C.H.Beck, München, 1995.

MAY, Brian, MOORE, Patrick, LINTOTT, Chris. BANG! Die ganze Geschichte des Universums. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart, 2007.

LESCH, Harald & MÜLLER, Jörn. Kosmologie für Fußgänger: Eine Reise durch das Universum. Goldmann-Verlag, München, 2001.

Sowie Zahlreiche Ecken meines Gedächtnisses



## Der Sternenhimmel im Sommer

VON ALEXANDER ALIN, Bremen

**Allgemeines** Hoch im Zenit steht im Sommer die Milchstraße. Ihr Band zieht sich von Nordost (vom Fuhrmann) durch den Zenit nach Südwest (zum Schützen). Dort, im Sternbild Schütze befindet sich das Zentrum der Milchstraße. Es ist etwa 26.000 Lichtjahre (8 kpc) weit entfernt. Da es durch eine Staubwolke verdeckt wird, erscheint die Milchstraße hier aber entgegen der Erwartung deutlich dunkler.

Der Zenit wird vom Schwan beherrscht. Mit dem Hauptstern Deneb steht in über 80° Höhe ein recht auffälliges Objekt von 1,3<sup>m</sup> Helligkeit. Der Schwan ist eines der wenigen Sternbilder, anhand dessen Form man die Namensgebung verstehen kann. Ein langer Körper mit noch längerem Hals (mit dem Kopfstern  $\beta$  Cygni, Albireo) wird von den zwei Flügeln gekreuzt. Wegen seiner Form wird das Sternbild auch Kreuz des Nordens genannt. Seine Flugrichtung geht Richtung Südwesten. Dort trifft der Schwan auf den Adler, der ihm entgegenfliegt. Der Kopfstern, Atair, ist mit 0,9<sup>m</sup> der hellste Adlerstern. Sein Name stammt aus dem Arabischen und bedeutet „Der Herabstürzende“. Zusammen mit Wega im Sternbild Leier bilden die beiden hellen Sterne Deneb und Atair das Sommerdreieck, das um diese Jahreszeit hoch im Süden steht.

Zwischen beiden Sternbildern, etwa in der Mitte zwischen Deneb und Atair, findet man das kleine Sternbild Pfeil. Es besteht aus vier hellen Sternen, die zusammen das drittkleinste Sternbild am Nachthimmel bilden. Sie liegen dicht beisammen und scheinen einen Pfeil zu bilden, da  $\alpha$  und  $\beta$  Sagittae nebeneinander liegen, während  $\gamma$  und  $\delta$  Sagittae sich auf einer Linie vor beiden befinden.

Östlich von Pfeil und Adler zieht der Delphin seine Kreise am Himmel. Er ist in dunklen Nächten als Trapez mit nach Süden auslaufendem Schwanz zu sehen. Man stellt sich darunter einen springenden Delphin vor. Das gesamte Sternbild ist recht dunkel, selbst der Hauptstern Sualocin ist nur 3,9<sup>m</sup> hell. Rückwärts gelesen ergibt der Name des Sternes den (lateinisierten) Vornamen Nicolaus des Astronomen Niccolò Cacciatore der als Leiter der Sternwarte zu Palermo dem Stern den Namen gab. Den gleiche Trick hat Cacciatore auch bei  $\beta$  Del angewandt: Rotanev ist rückwärts gelesen Venator, die lateinische Version von Cacciatore (der Jäger).

Im Westen, im Untergang begriffen, finden wir die halbkreisförmig angeordneten Sterne der Nördlichen Krone und den Bärenhüter mit dem 0,2<sup>m</sup> hellen Arkturus. Noch recht hoch steht der Herkules westlich der Leier. Hierin eingebettet findet sich der bekannte Kugelsternhaufen M 13.

Wenn wir unseren Blick gen Osten wenden, steigen dort bereits das Herbstviereck, Pegasus, und die Sternkette der Andromeda auf.

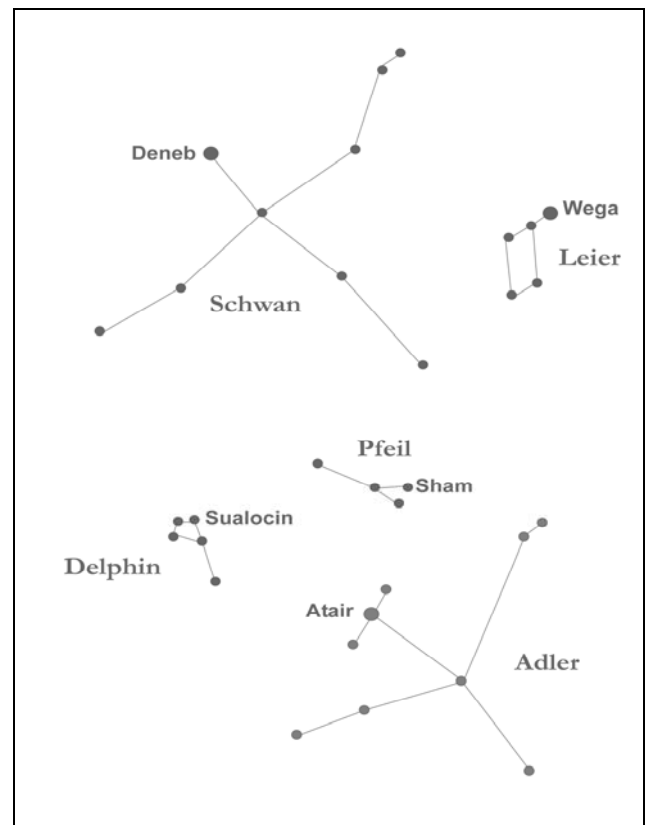


Abb. 1: Das Sommerdreieck mit den Sternbildern Delphin und Pfeil.

**Die Planeten** MERKUR bleibt den Sommer über unsichtbar.

VENUS wird am Mitte August langsam wieder am Abendhimmel sichtbar. Am 15. August geht sie um 21:30 Uhr unter, 40 Minuten nach der Sonne. Bis 30. September geht sie zwar immer früher auf, an diesem Datum um 19:52 Uhr, doch da sie dabei der Sonne folgt, erfolgt der Untergang etwas weniger als eine Stunde nach Sonnenuntergang.

MARS verschwindet in den ersten Juliwochen vom Nachthimmel. Am 1. Juli geht der 1,6<sup>m</sup> helle Planet noch nach Mitternacht unter, doch bereits drei Wochen später wird er in der Abenddämmerung unsichtbar.

JUPITER kommt am 9. Juli im Schützen in Opposition. Seine Helligkeit beträgt an diesem Tag  $-2,7^m$ . Den Mond einmal ausgenommen, ist er das hellste Objekt am Nachthimmel. Er geht allerdings schnell immer früher unter – am 22. September bereits vor Mitternacht.



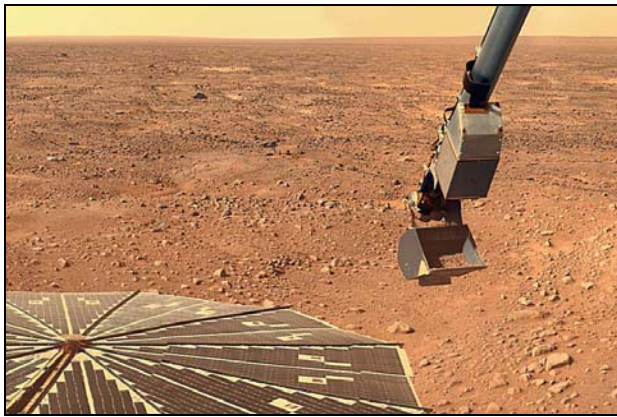


Abb. 2: Der am 25. Mai 2008 gelandete Phoenix Lander bereitet sich auf die Entnahme von Bodenproben vor.  
Bild: Phoenix Mission Team, NASA

SATURN steht Anfang Juli wie der Mars im Löwen und verabschiedet sich mit diesen vom Nachthimmel. Am 1. Juli geht der 0,8m helle Ringplanet noch um 0:17 Uhr unter, doch auch er ist drei Wochen später in der Dämmerung verschwunden.

URANUS kommt am 13. September im Wassermann in Opposition. An diesem Tag ist er 5,7<sup>m</sup> hell. Aber bereits im Juli ist der Planet beinahe die ganze Nacht über sichtbar.

Neptun kommt schon am 15. August in Oppositionsstellung. Er erreicht sie, 7,8<sup>m</sup> hell, im Steinbock. Bis Ende September geht er bereits kurz nach 3 Uhr morgens unter.

**Zwergplaneten und Plutoiden (1)** CERES stand Ende Juni in Konjunktion. Erst Mitte August wird sie langsam im Krebs stehend wieder sichtbar. Am 15. August geht der 8,8<sup>m</sup> helle Zwergplanet um 3:19 Uhr auf, am 30. September bereits um 2:05 Uhr.

(3) JUNO stand im Juni in Opposition im Schlangenträger und ist zunächst die ganze Nacht sichtbar, obwohl nur 10,2<sup>m</sup> hell. Anfang August geht sie bereits um 3:16 Uhr unter, Ende September schon vor Mitternacht, um 23:13 Uhr.

(134340) PLUTO stand ebenfalls im Juni in Opposition im Schlangenträger. Mitte August geht der 13,9<sup>m</sup> „helle“, nun zu den Plutoniden zählende Himmelskörper, um 2:10 Uhr unter, Ende September um 23:08 Uhr.

**Kometen** haben sich zur Zeit keine hellen Exemplare angekündigt.

**Meteore** In der Nacht vom 12. auf den 13. August werden die Perseiden erwartet. Das Maximum mit etwa 100 Sternschnuppen pro Stunde wird gegen Mitternacht erwartet, wenn der Radiant etwa 40° hoch steht.

**Sonne und Mond** Am 1. August findet eine totale Sonnenfinsternis statt. Der Finsternisfad führt von

Nordkanada über Kap Morris Jessup auf Grönland durch das Nordpolarmeer nach Sibirien und die Mongolei. Die einzige Großstadt, in der die Sonnenfinsternis total zu sehen ist, wird Nowosibirsk sein. In Lilienthal ist die Sonne gegen 11:30 Uhr MESZ zu 29% vom Mond bedeckt. Die nächste Sonnenfinsternis in Lilienthal findet am Vormittag des 4. Januar 2011 mit einem Bedeckungsgrad von 80% statt.

Datum	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang
1. Juli	4:59	21:59
1. August	5:40	21:22
1. September	6:35	20:15
22. September	7:12	19:23

Tab. 1: Sonnenauf- und -untergangszeiten (in MESZ) in Lilienthal.

erstes Viertel	Vollmond	letztes Viertel	Neumond
			3. Juli
10. Juli	18. Juli	25. Juli	1. August
8. August	16. August	23. August	30. August
7. Sept.	15. Sept.	22. Sept.	29. Sept.

Tab. 2: Daten der Mondalter.

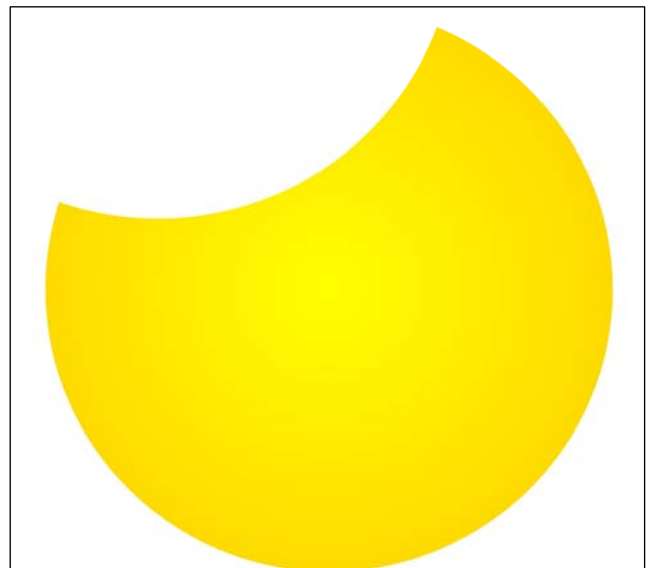


Abb. 3: Ansicht der Sonne während der Sonnenfinsternis am 1. August 2008 gegen 11:30 Uhr MESZ.

In der Nacht vom 16. zum 17. August findet eine partielle Mondfinsternis statt. Um 23:31 Uhr MESZ wird der Mond zu 81 % vom Erdschatten verdunkelt.



Beginn der Finsternis	10:37:05
Maximum der Bedeckung	11:30:58
Ende der Finsternis	12:24:54
Maximale Bedeckung	18 %

Tab. 3: Daten der partiellen Sonnenfinsternis vom 1. August 2008.

Beginn der Finsternis	21:39
Maximum der Bedeckung	23:31
Ende der Finsternis	00:43
Maximale Bedeckung	81 %

Tab. 4: Daten der partiellen Mondfinsternis vom 16. August 2008.

### Das besondere Objekt: Deneb ( $\alpha$ Cygni)

Deneb ist mit  $1,3^m$  der lichtschwächste der drei Sterne des Sommerdreiecks. Er ist wie alle drei Sterne ein weißer Stern, jedoch wird er zu den Blauen Riesen gerechnet. Seine absolute Helligkeit (berechnet auf die Standard-Entfernung von 32,6 Lichtjahre) beträgt dagegen  $-8^M$  bis  $-9^M$ . Denebs extreme Leuchtkraft fällt auf, wenn man ihn mit Wega vergleicht. Beide Sterne erscheinen fast gleichhell, doch ist Wega nur 25,3 Lichtjahre entfernt, Deneb hingegen 2100±500 Lichtjahre. Auf Grund seiner großen Entfernung ist die direkte Abstandsmessung mittels der Parallaxenmethode nicht möglich. Die genaueste Messung von Hipparcos ergab eine Parallaxe von  $1,01 \pm 0,57$  Millibogensekunden[3]. Der wahre Wert ist also äußerst unsicher und nur mit einem Fehler von 60 % bekannt. Der Abstand des Sternes zur Erde wird daher durch sein Spektrum und dem Vergleich mit anderen Sternen in der vermuteten Entfernung bestimmt.

Deneb gilt als einer der hellsten Klasse-A-Sterne der Galaxis. Seine Leuchtkraft ist 200.000 Mal größer als die der Sonne. Um die selbe Lichtmenge wie beim status quo zu bekommen, wäre die Erdumlaufbahn um Deneb etwa in 400 AE (60 Milliarden km) Abstand. Bei der Umwandlung der Sternenmasse in Energie verliert der Stern  $1,7 \pm 0,4 \cdot 10^{-7}$  Sonnemassen pro Jahr [4]. Auf unsere Sonne umgerechnet hieße dies, die Sonne hätte sich in 600.000 Jahren in Energie aufgelöst. Dennoch liegt die Oberflächentemperatur von  $\alpha$  Cygni bei lediglich 8400 K. Der Stern hat seinen Wasserstoffvorrat aufgebraucht und sich zu einem Überriesen aufgebläht, in dessen Volumen die Erdbahn leicht Platz hätte. Wahrscheinlich wird mittlerweile im Kern Helium in Kohlenstoff fusioniert. Wenn Deneb so weitermacht wie bisher, wird er innerhalb einiger Millionen Jahren in einer spektakulären Supernova enden.

Die Oberfläche von Deneb schwingt leicht und sehr unregelmäßig. Die Leuchtkraft schwankt nur um  $0,07^m$  und ist somit quasi-konstant. Änderungen findet man im Spektrum.

#### Literatur:

- [1] KALER, James B. The hundred greatest stars. S. 82f. Copernicus Books. New York, 2002.
- [2] www.imo.net (International Meteor Organizer)
- [3] ESA PUBLICATIONS DIVERSION (Hrsg.). The Hipparcos and Tycho Catalogues. Volume 9:  $19^h - 23^h$ , 93201 - 118322. Noordwijk, 1997.
- [4] KUNASZ, Paul B. & MORRISON, Nancy D. Mass loss in Alpha Cygni: Synthetic H-Alpha Profiles. The Astrophysical Journal, **263**: 226 – 238, 1.12.1982.



Es ist keine Ordnung mehr jetzt in die Stern',  
 D'Kometen müßten sonst verboten wer'n;  
 Ein Komet reist ohne Unterlaß  
 um am Firmament und hat kein' Paß;  
 Und jetzt richt' so a Vagabund  
 uns die Welt bei Butz und Stingel s'grund;  
 Aber lass'n ma das, wie's oben steht,  
 Auch unt' sieht man, daß's auf'n Ruin losgeht.

Aus: *Johann Nepomuk Nestroy*  
 „Der böse Geist Lumpazivagabundus“

## Das neue Bild vom Nachbarn Mars von UTE FRIEDRICH, Berlin

Am Mittwoch, dem 9. April 2008 machten sich in Berlin vier Astronomieinteressierte (Alexander, Micha, Tanja und Ute) auf eine bemannte Marsmission via öffentlichen Nahverkehr, was aufgrund Schienenersatzverkehr „spannender“ wurde als zunächst gedacht, aber bei Weitem nicht mit so großen Schwierigkeiten verbunden war, wie es eine echte „Marsmission“ gewesen wäre...

Mit einer guten halben Stunde Verspätung trafen wir in der Ausstellung „Das neue Bild vom Nachbarn Mars“ im Foyer des Gebäudes der Pflanzenphysiologie, Biochemie und der Pflanzen und Mikrobiologie in der Königin-Luise-Straße 12-16a in Berlin-Dahlem ein (Laufzeit der Ausstellung: 26. Februar bis 22. Mai 2008, Eintritt frei).

Die Autorin amüsierte sich zunächst über die höchst irdische Unterbringung der Ausstellung: neben der Cafeteria mit geschmierten Brötchen für die an der FU Studierenden. Außerdem hatten die Ausstellungsmacher die vorhandenen Automaten (für Kaffee etc. sowie höchst „irdisches“ *Mars*) notgedrungen (Platzmangel) in die Ausstellung integriert, was dem aufmerksamen Beobachter auf Abbildung 2 rechts auffallen dürfte und bei uns Vieren für Erheiterung sorgte!

Trotz nicht ganz optimaler Rahmenbedingungen für die Präsentation der großen 3D-Fotos (es wurden neben den Eingängen Rot-/Cyan-Brillen zur Verfügung gestellt), haben uns diese begeistert! Es macht eben schon einen Unterschied ob man sich derartige Fotos im Internet auf dem heimischen PC ansieht oder formatfüllend vor der eigenen Nase hat. In Kooperation mit dem DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) hat die Arbeitsgruppe der FU Berlin schöne Aufnahmen unter anderem vom Nandedi Valles (siehe Bildhintergrund von Abbildung 1 mit Alexander) präsentiert; ich tauchte in eine völlig andere Welt ab.



Abb. 1. Redaktionsmitglieder auf dem Mars

Zunächst habe ich mir alle großformatigen Fotos mit der allgemein bekannten „Rot-Grün-Brille“ und die dazugehörigen Erklärungen angesehen. Nach diesem spielerischen Genuss und interessanten Eindrücken von der Marsoberfläche, die Dank des HRSC (High Resolution Stereo Camera) an Bord der europäischen Raumsonde Mars Express aufgenommen werden konnten, habe ich mich ein wenig mit der in Bild und teilweise komponentenartig in echt (!) ausgestellten Technik auseinandergesetzt.

Das HRSC hat den Auftrag, Daten zu sammeln, um neue Erkenntnisse in den Bereichen Geologie, Mineralogie und Atmosphäre des Mars zu gewinnen. Das Hauptziel der Mission ist die Suche nach Spuren von Wasser, das in der Frühzeit des Planeten in großen Mengen über dessen Oberfläche geflossen sein muss, was von den Experten ja lange Zeit bezweifelt worden war und nun allgemeine Lehrmeinung zu sein scheint. Es sind geologische Strukturen gefunden worden, die man sich nur durch Gletschereis oder fließendes Wasser entstanden erklären zu können meint. Außerdem gibt es auch heutzutage noch Wassereis auf dem Mars wie den Besuchern in einer schönen Aufnahme des Einschlagkraters (35 km im Durchmesser) Vastitas Borealis vor Augen geführt wird. Die Bildunterschrift verheißt: „Im Zentrum des Kraters sticht das weiße Eis deutlich hervor. Wassereis kann sich aufgrund der Druck- und Temperaturbedingungen ganzjährig ohne Sublimation (Übergang vom festen in den gasförmigen Zustand) halten. Kohlendioxid-Eis ist zur Zeit der Bildaufnahme (später Marssommer) nicht mehr vorhanden. Die Mächtigkeit des Wassereises mit dem unterlagernden Dünenfeld beträgt etwa 200 m.“

Das Forscherteam betreffend des HRSC besteht aus 32 Institutionen aus 10 Nationen, hierunter sind auch Wissenschaftler der FU Berlin und des DLR zu finden wie anfangs erwähnt wurde.

Man muss kein Technikfreak sein, um von den heute vorhandenen technischen Möglichkeiten und ihren Resultaten beeindruckt zu sein! Seit Januar 2004 umkreist die Raumsonde Mars Express unseren Roten Nachbarplaneten Mars und „scant“ mit Hilfe von HRSC geradezu dessen Oberfläche: in neun Abtastfeldern aufgefächert (sowohl in als auch entgegen der Flugrichtung sowie lotrecht) gleichzeitig tastet das Ger- die Marsoberfläche ab und sammelt Daten, die Dank Computerleistung zusammengesetzt und ausgewertet werden.

Das HRSC wurde mit einem Schwerpunkt in Sachen Kartographie konzipiert, um multispektrale

und Mehrfachstereo-Bilddaten der Marsoberfläche in hoher Auflösung und in Farbe zu liefern, um die Ableitung präziser Geländemodelle und die Erstellung eines großformatigen Kartenwerks zu ermöglichen. Betrieben wird die Kamera vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof. Die heutige Rechnerleistung ermöglicht nicht nur die Erstellung großformatiger 3D-Bilder vom Mars, sondern ebenso Flugsimulationen über die Marsoberfläche, die in einem eigens abgetrennten Bereich der Ausstellung gezeigt wurden.

Interessant fiel vor allem der Vergleich zwischen Flugsimulation über die Alpen und Simulation der Marsoberfläche aus: In die Marssimulation wurde der „Alex“ (Funkturn auf dem Alexanderplatz von Berlin) als Größenmaßstab eingeblendet: der hatte Spielzeuggröße im Vergleich zu den riesigen Marskratern! Ich habe mir diese Filmsequenzen gleich zweimal angesehen, weil ich sie dermaßen faszinierend fand. Eine zweite Filmreihe (auf Besucherseite unter Verwendung von Polarisationsbrillen) konnte ich mir leider nicht mehr ansehen, weil meine Mitstreiter sich in die unendlichen Weiten außerhalb der Ausstellung aufmachen wollten und unruhig wurden (das Mittagessen wartete).

Die in der Ausstellung dargestellte Geschichte der Marsforschung (die ja bekanntlich schon -zig Jahre auf dem Buckel hat), die präsentierte Technik, die

Modelle von Olympus Mons im Vergleich zu irdischen Inselketten vulkanischen Ursprungs und die Infopoints, an denen sich die Besucher selbst mit Informationen aus rechnergestützten Systemen versorgen konnten, werden mir lange im Gedächtnis bleiben. Eine gelungene Ausstellung! Weitere Informationen über die Mars Mission und die Arbeitsgruppe der FU Berlin finden sich unter: <http://www.fu-berlin.de/planeten> sowie unter <http://hrscview.fu-berlin.de>. Viel Spaß dabei!



Abb. 2: Marsausstellung mit Marsbildern und Marsriegeln



Abb. 3: Das Ius Chasma, ein Grabensystem, das seinerseits Teil des größten Grabensystems auf dem Mars, der Valles Marineris ist. Bild: HRSCview. Freie Universität Berlin and DLR Berlin, <http://hrscview.fu-berlin.de>



## Weltraumteleskope photographieren M 81



Die große Abbildung ist ein Komposit aus Aufnahmen der Weltraumteleskope Hubble und Spitzer. Die Aufnahmen wurden bei Wellenlängen von  $8\ \mu\text{m}$  bzw.  $135 - 175\ \text{nm}$  belichtet. Die kleine Aufnahme wurde im Röntgen-Spektrum vom Chandra-Observatorium aufgenommen und zeigt das Schwarze Loch im Zentrum von M 81.

Bild: NASA/JPL-Caltech/S. Willner, HST, CXC/Wisconsin

Termine auf der Erde

**Termine im Sommer 2008**



- Beobachtung: Freitag, 1. August 2008, ab 10:30 – 12:30 Uhr  
**Partielle Sonnenfinsternis**  
 Sternwarte, Würdten 17, Lilienthal
- Beobachtung / Sommerfest: Sonnabend, 16. August 2008, ab 20 Uhr  
**Grillen und Mondfinsternis**  
 Sternwarte, Würdten 17, Lilienthal
- Beobachtung: Sonnabend, 6. September 2008, ab 20 Uhr  
**Bundesweiter Astronomietag**  
 Vortrag und Himmelsbeobachtungen  
 Vereinsheim Würdten 17, M111
- Vortrag: Donnerstag, 18. September 2008, 19:30 Uhr  
**Telescopium Lilienthal – Ein europäisches Projekt zwischen Irland und Spanien**  
 Klaus-Dieter Uhden, Telescopium Lilienthal Foundation
- Reise: Mittwoch, 1. Oktober bis Sonntag 5. Oktober 2008  
**Vereinsfahrt nach Irland**  
 Leider schon ausgebucht
- Stammtisch: **Jeden dritten Dienstag im Monat**  
 am 15. Juli., 19. Aug. und 16. Sept. ab 19:30 Uhr  
 Gäste sind herzlich willkommen.  
 Gaststätte Klosterhof, Lilienthal
- AG: **Arbeitsgemeinschaft Astrophysik**  
 Jeden zweiten Freitag im Monat  
 am 11. Juli, 8. Aug. und 12. Sept. ab 19:30 Uhr  
 Gäste sind herzlich willkommen.  
 Vereinsheim Würdten 17, M111

Termine am Himmel

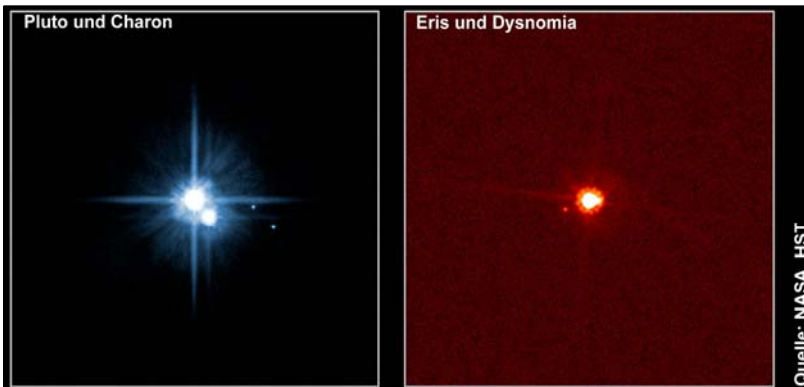
- Mittwoch, 9. Juli  
**Jupiter in Opposition** (siehe Seite 17ff)  
*sichtbar*
- Freitag, 1. August  
**partielle Sonnenfinsternis** (siehe Seite 17ff)  
*sichtbar*
- Freitag, 15. August  
**Neptun in Opposition**  
*sichtbar im Teleskop*
- Sonnabend, 16. August  
**partielle Mondfinsternis** (siehe Seite 17ff)  
*sichtbar*
- Sonnabend, 13. September  
**Uranus in Opposition**  
*sichtbar im Teleskop*
- Montag, 22. September  
**Tag- und Nachtgleiche: Herbstanfang**  
*unsichtbar*



# Zwischen Großem Bären und Kreuz des Südens

## Astro - Nachrichten

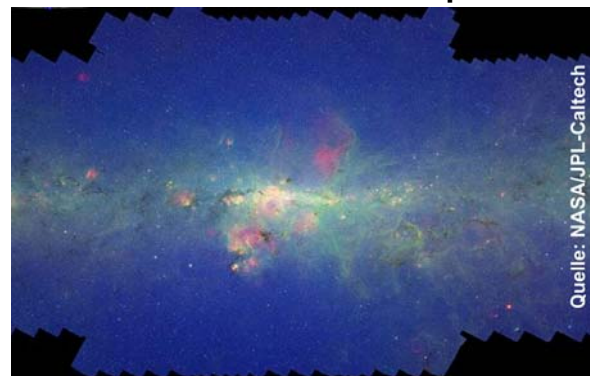
### Neue Unterklasse für Zwergplaneten



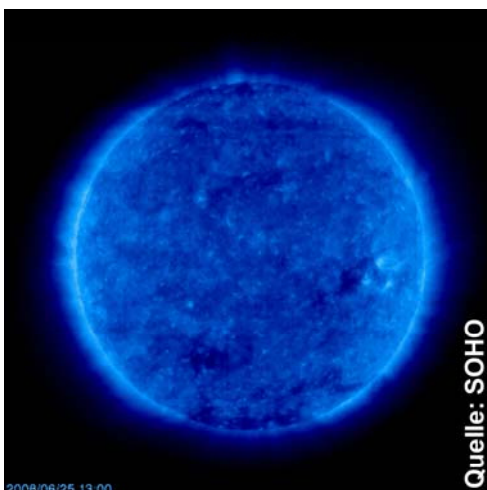
Auf der Versammlung der IAU im Juni in Oslo wurde eine neue Unterklasse von Zwergplaneten eingeführt. Demnach fallen alle Objekte, die außerhalb der Neptunbahn um die Sonne kreisen, annähernd kugelförmig sind und ihre Umlaufbahn nicht vollständig von weiteren Körpern freigeräumt haben, unter die *Plutoniden*. Zur Zeit ist die Klasse sehr übersichtlich, da nur Pluto und Eris darunterfallen. Der Zwergplanet Ceres erfüllt das Kriterium des transneptunischen Orbits nicht.

Nach der Auswertung von Photographien des SPITZER-Teleskopes scheint die Milchstraße nur zwei Spiralarme zu haben, statt wie bisher vermutet vier. SPITZER nahm dafür 800.000(!) Einzelaufnahmen von 110 Millionen Sternen als Grundlage für die Berechnung. Die beiden „verschwundenen“ Arme bestehen hauptsächlich aus Gas und jungen Sternhaufen, während der Scutum-Centaurus- und der Perseus-Arm mit Sternen aller Generationen angefüllt sind. Gegenteilige Meinungen sprechen allerdings nur von geometrischen Abweichungen der zwei kleinern Arme.

### Milchstraße verliert zwei Spiralarme



### Sonnenfleckennminimum dauert zu lange



Im Januar freuten sich die Helionomen über die ersten Sonnenflecken, nachdem im 11-jährigen Zyklus der Sonnenfleckenhäufigkeit das Minimum durchlaufen schien. Seitdem tut sich auf der Sonne aber herzlich wenig. Auf einer Tagung im US-Bundesstaat Montana wurden erste Ängste laut, die Sonne könnte ein extensives Aktivitätsminimum durchlaufen, wie sie es zur Zeit des Maunder-Minimums zwischen 1645 und 1715 tat, als das Klima auf der Erde deutlich abkühlte. Möglicherweise ist dieses Fehlen der Sonnenflecken aber auch nur auf ein extrem fleckenarmes Minimum zurückzuführen. Die nächsten Monate wird die Sonne garantiert auf neue Flecken und Fleckengruppen durchforscht.

← Die Sonne am 25.6.08, 13 Uhr UT