

PHlight

Der Physik Newsflash

Neuigkeiten, Wissenswertes und
Kurioses aus der Welt der Physik

Quantencomputer

Schon längere Zeit versuchen Physiker einen Computer herzustellen, der bestimmte Probleme der Informatik effizienter lösen kann als ein klassischer Rechner. **Veronika Beshara** hat mit **Dr. Johannes Majer** über die Zukunft der Informationstechnologie gesprochen.



Ein Quantencomputer ist ein Computer der mit den Gesetzen der Quantenmechanik arbeitet. Im Gegensatz zu einem normalen Rechner basiert der Quantencomputer auf den quantenmechanischen Zuständen, die weithinaus über die Regeln der klassischen Physik gehen.

Wie bei den klassischen Vorgängen in einem Computer ist auch beim Quantencomputer die Grundeinheit der Informationsverarbeitung auch hier ein Bit, in diesem Fall aber ein Quantenbit (Qubit). Für ein klassisches Bit sind jedoch nur zwei Zustände möglich: 0 **oder** 1. Dadurch, dass die Quantenmechanik aber Zustände in Wellen angibt sind für ein Quantenbit auch Überlagerungen möglich, das bedeutet ein Qubit kann sich im Zustand 0 und gleichzeitig auch im Zustand 1

befinden. Dieser Zustand wird meistens als Punkt auf einer Kugeloberfläche dargestellt, wobei der Nordpol dem Zustand 0 und der Südpol dem Zustand 1 entspricht. Alle anderen Positionen auf der Kugel sind sogenannte Überlagerungen.

Mehrere Qubits können zu einem Quantenregister zusammengeführt werden. Dieses Register kann sich in alles möglichen Zuständen gleichzeitig befinden und zwar wenn alle Qubits in einer Superposition (Zwischenzustand eines Bits) befinden. Diese Superposition verfällt jedoch durch eine Messung und die Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Zustand zu messen immer gleich bleibt, d.h. wenn ein Quantenregister, das aus zwei Quantenbits besteht (Mögliche Zustände: $|0\rangle|0\rangle$, $|0\rangle|1\rangle$, $|1\rangle|0\rangle$, $|1\rangle|1\rangle$)

durch eine Messung aus seiner Superposition ‚gerissen‘ wird, besteht die Wahrscheinlichkeit für jeden Zustand $\frac{1}{4}$ gemessen zu werden. Wenn man jetzt ein Gatter (Elementaroperation) auf ein Quantenregister oder ein Qubit, das sich gerade in einer Superposition befindet, anwendet, dann betrifft diese Änderung alle Zustände die sich gerade in der Superposition befinden. Selbst mathematische Funktionen kann man mit Hilfe des Elementargatters leichter lösen. Durch die Verwendung des Gatters hintereinander in der richtigen Reihenfolge bleibt zwar die Superposition erhalten und das Register enthält nach diesem Vorgang die jeweils dazugehörigen Ergebnisse.

In einem Quantencomputer kann, logischerweise, auch normale klassische Algorithmen verwenden aber diese würden zum klassischen Rechner keinen großen Vorteil machen, weil die besonderen Eigenschaften des

Quantencomputers dann nicht genutzt werden. Spezielle Quantenalgorithmen können aber wesentlich schneller sein als klassische und somit lassen sich Probleme lösen wofür der klassische Rechner viel zu lange braucht.

Bis jetzt gibt es noch keinen Quantencomputer mit vielen Qubits und man weiß auch nicht ob es jemals einen geben wird. Klar ist jedoch, dass falls es jemals einen Quantenrechner geben wird, dass dieser unseren heutigen Computer nicht ersetzen wird. Er wird nur für spezielle Anwendungen in der Forschung und Wissenschaft eingesetzt werden.

Dr. Johannes Majer hat an der ETH, in Zürich, Physik studiert. Nach seinen Forschungs-ausenthalten in den USA (Yale University) und Holland (TU Delft) ist er jetzt wissenschaftlicher Assistent am Atominstitut der TU Wien.

Mit Lichtgeschwindigkeit im Datenverkehr



Forscher schaffen es Licht, welches sich im Vakuum mit rund 300.000 km/s ausbreitet, abzubremsen und Lichtsignale sogar zu speichern. Mit neuen optischen Technologien, wie etwa Bauelementen mit geringem Energieverbrauch, soll unser Datenverkehr deutlich beschleunigt werden. **Heidrun Obermeyer** hat in der Ausgabe 01/12 des *Spektrums der Wissenschaften* nachgelesen.

Die Glasfaserkabel und Router die momentan noch für den Datenverkehr verwendet werden, wandeln optische Impulse zu elektronischen Signalen und dann wieder zurück in optische Impulse. Dieses langsame Verfahren ist mit teuren Geräten und einem hohem Energieverbrauch verbunden.

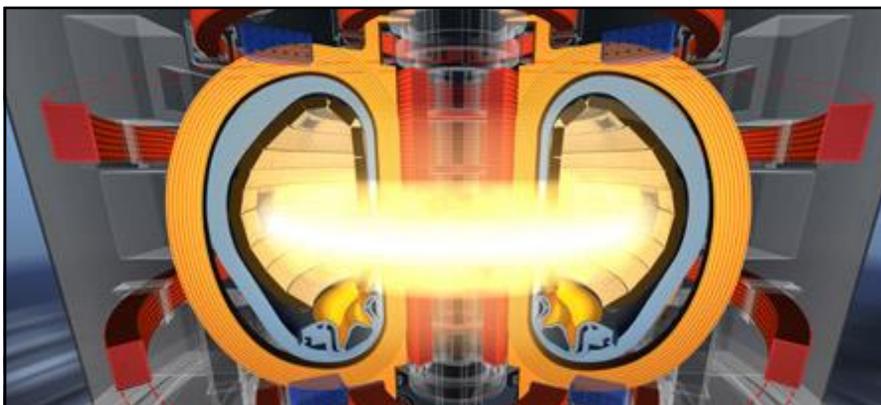
Um Licht für einen schnelleren Datenverkehr zu verwenden und Staus zu verhindern, muss es abgebremst werden. Man kann die Informationen in diesem „langsamen Lichtsignal“ beliebig lange

speichern. So müssen die optischen Signale nicht kompliziert umgewandelt werden.

Wie wird Licht gebremst?

Das Licht ist in verschiedenen Medien unterschiedlich schnell. So beträgt die Lichtgeschwindigkeit im Wasser 225.000 km/s, in manchen Gläsern *nur* 160.000 km/s und im Vakuum ist Licht etwa 300.000 km/s schnell!

Also kann man, wenn man den Lichtimpuls durch ein bestimmtes Material sendet, die Geschwindigkeit von Licht nach Belieben variieren lassen.

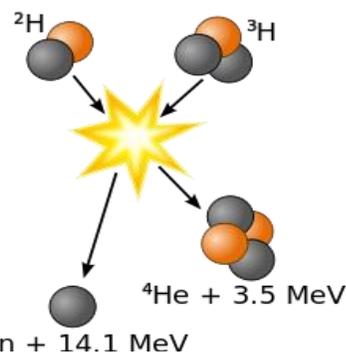


Kernfusion – Die Energie der Zukunft ?

Die Kernfusion wird als die Möglichkeit schlechthin für die Energiegewinnung der Zukunft gesehen. Aber ist sie wirklich so sauber wie alle denken? Und wie groß ist die Gefahr die von solchen Kraftwerken ausgehen würde? **Vinzenz Halhammer** hat mit **Assoz. Prof. Dr. Alexander Kendl** offene Fragen diskutiert.

Die Möglichkeit der Energiegewinnung durch Kernfusion wurde schon in den 1960er Jahren angedacht als es schon die ersten Atomkraftwerke gab. Man dachte damals, dass man praktisch das Gegenteil der Kernspaltung, die Kernfusion, ähnlich schnell zur Energieerzeugung nutzen könnte. Allerdings stellte sich bald heraus, dass dies bei weitem nicht so einfach war und es vorher einige Hürden zu überwinden galt. Da die auf der Sonne ablaufende Proton-Proton Reaktion nicht effizient genug für die Energieerzeugung auf der Erde ist, muss man auf eine Deuterium-Tritium Reaktion zurückgreifen. Diese zwei Wasserstoffisotope verschmelzen zu Helium und geben dabei ein Neutron und die für uns notwendige Energie frei. Das Problem ist allerdings, dass diese Reaktion erst ab einem bestimmten Druck beziehungsweise einer bestimmten Temperatur abläuft. Da auf der Erde bei weitem nicht so ein großer Druck wie in der Sonne aufgebaut werden kann, muss man eine Temperatur von mehreren Millionen Grad Celsius erreichen. Diese Temperaturen sind nicht leicht zu erreichen und noch viel schwerer ist es ein Plasma mit dieser Temperatur unter Verschluss zu halten. Das Plasma wird durch große Magnetfelder eingeschlossen, allerdings wird ein Plasma bei sehr hohen Temperaturen sehr turbulent und es wird schwierig es eingeschlossen zu halten. Mit all diesen Problemen beschäftigen sich die Wissenschaftler seit Jahrzehnten und vermutlich auch noch die nächsten Jahrzehnte.

Ein weiteres Problem sind die Ausgangsstoffe, oder besser gesagt Tritium. Deuterium ist in ausreichenden Mengen in den Weltmeeren vorhanden und kann ohne große Schwierigkeiten aus Meerwasser extrahiert werden. Tritium allerdings ist auf der Erde kaum oder gar nicht vorhanden und muss künstlich hergestellt werden. Dieses Problem kann allerdings relativ einfach gelöst werden indem man mit Hilfe der bei der Kernfusion entstehenden Neutronen und Lithium,



Fusion von Deuterium und Tritium zu Helium, einem Neutron und die für uns notwendige Energie, die unsere Energieprobleme lösen könnte

Tritium gewinnt. Dann bräuchte man nur noch zu Beginn eine kleine Menge an Tritium, weil die später benötigte Menge selbst produziert werden würde. Durch diesen einfachen aber sehr effektiven Trick kann die Kernfusion, ohne mühsam zu produzierendes Tritium, ablaufen. Diese Herstellung von Tritium ist allerdings bisher nur theoretisch erwiesen. Ein Fusionsreaktor müsste, um wirtschaftlich zu arbeiten,

seinen Eigenbedarf an Tritium selbst decken. Ansonsten wäre der wirtschaftliche Betrieb von Fusionskraftwerken wahrscheinlich nicht möglich. Deshalb muss die technische Machbarkeit dieses Vorgangs noch in einem Experimentalreaktor erwiesen werden.

Im Moment wird davon ausgegangen, dass das erste, nicht zu Experimentalzwecken gebaute Fusionskraftwerk, frühestens 2050 in Betrieb gehen dürfte. Der sich momentan im Bau befindliche Fusionsreaktor ITER soll 2020 in Betrieb gehen. Erste Experimente mit Deuterium und Tritium sind für 2027 zu erwarten. Diese Experimente sollen weitere Erkenntnisse über die Machbarkeit größerer Experimente und auch die prinzipielle Machbarkeit eines wirtschaftlich arbeitenden Kraftwerkes liefern.

Der große Vorteil der Kernfusion wäre, dass weder radioaktive Abfallstoffe, noch umweltschädliche Abgase entstehen. Das einzige Abfallprodukt wäre Helium, welches allerdings unbesorgt in die Atmosphäre abgelassen werden könnte, da die geringen Mengen die bei der Kernfusion entstehen, die Atmosphäre in keiner Weise verändern würden. Auch fallen im Gegensatz zur

Kernspaltung keinerlei radioaktive Abfälle an, die mühsam entsorgt werden müssen. Von den theoretischen Bedingungen wäre die Kernfusion perfekt, allerdings scheitert es derzeit noch an der technischen Umsetzung und oft auch an den finanziellen Mitteln. Der Experimentalreaktor ITER zum Beispiel kostet ungefähr 5 Milliarden US-Dollar. Andere Experimente kosten ähnlich viel und deshalb kommt man oft nur so langsam voran. Bis sich für ein neues Projekt genug Geldgeber gefunden haben dauert es oft Jahre. Dazu kommen dann noch einige Jahre für die Planung und den Bau. Deshalb schreitet die Erforschung der Kernfusion so langsam voran.

Die Kernfusion bleibt trotz all dieser Probleme eine der aussichtsreichsten Energieformen der Zukunft und falls wir diese Probleme in den Griff bekommen sollten, wird sich auch die Frage der Energieversorgung klären. Bis dahin ist es aber noch ein langer, und vor allem für all die Wissenschaftler und Förderer, ein schwieriger Weg.

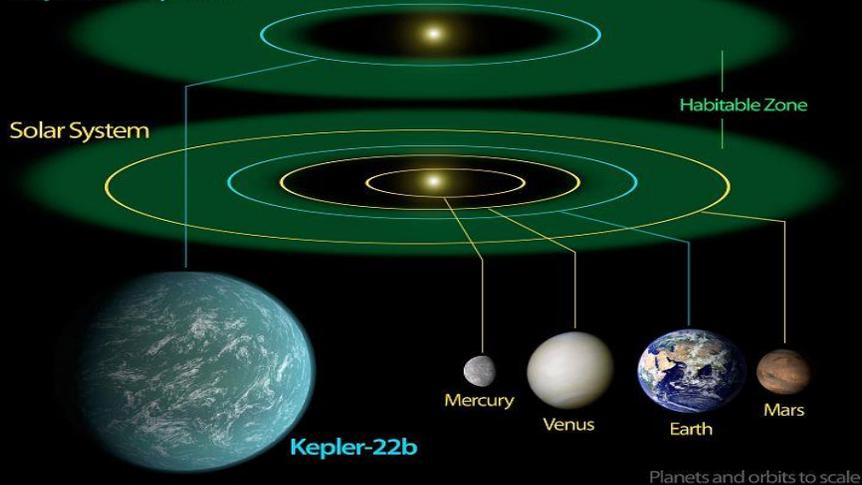
Assoz. Prof. Dr. Alexander Kendl arbeitet am Institut für Ionophysik und Angewandte Physik der Universität Innsbruck

Sind wir allein?

David Schneider hat sich mit in einer detaillierten Recherche mit dieser Frage beschäftigt gibt uns hier einen Überblick über seine Erkenntnisse.

Kepler-22 System

Solar System



Es ist eine der ältesten Fragen der Menschheit, doch was ist die Antwort? Wir wissen zwar nicht, ob es außer uns wirklich noch andere Lebensformen gibt, doch alleine in unserer Galaxie vermuten Wissenschaftler des Harvard-Smithsonian-Zentrums für Astrophysik (CfA),

auf Grund von Datenanalysen des Weltraumteleskops Kepler, mehrere Milliarden erdähnliche Planeten, von denen theoretisch jeder Leben beherbergen könnte und die Milchstraße ist nur eine von circa 100 Milliarden Galaxien im beobachtbaren Universum. So gesehen scheint es sehr wahrscheinlich, dass wir nicht die

einzig sind, aber Leben, so wie wir es kennen, ist auch an sehr enge Bedingungen geknüpft.

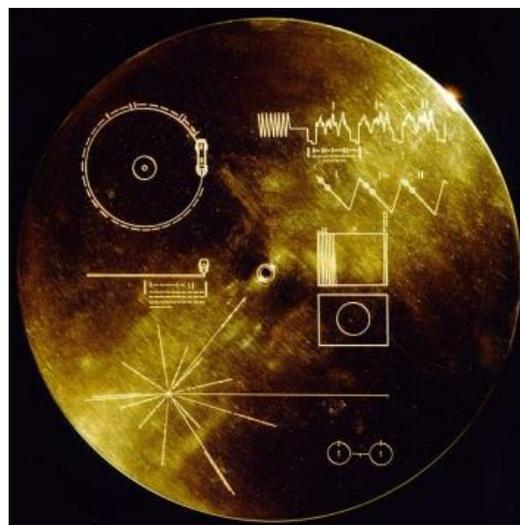
Ein wichtiger Begriff dabei ist die sogenannte habitable Zone. So wird jener Bereich genannt, in dem sich ein Himmelskörper um einen Stern befinden muss, damit Wasser in flüssiger Form vorliegt, so dass erdähnliches Leben auf dem Planeten existieren kann. Diese hat aber oft nicht viel Spielraum. Gemessen in Astronomischen Einheiten (AE; $1 \text{ AE} \cong 149.6 \text{ Mio. Kilometer}$ = Abstand Erde – Sonne) liegt zum Beispiel die habitable Zone unseres Sonnensystems zwischen 0.958 AE und 1.004 AE. Würde also der Sonnenabstand der Erde, oder auch von anderen Planeten nur minimal abweichen, wären sie entweder zu nahe an dem von ihnen umkreisten Stern, oder zu weit von ihm entfernt und es wäre dementsprechend zu heiß oder zu kalt für Lebewesen um zu existieren.

Leben auf extrasolaren Planeten, oder auch Exoplaneten, also Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, in einem Orbit um andere Sterne, muss aber nicht so wie hier auf der Erde aussehen. Es ist möglich, dass andere Planeten auch andere Lebensformen beherbergen. Man unterscheidet hierbei zwischen menschenähnlichen, humanoiden, und erdähnlichen Lebensformen, niederen Lebewesen und komplett anderen Arten, als alle uns bekannten. Außerirdisches Leben kann in der Theorie auch auf ganz anderen chemischen Elementen basieren als unseres. Aber auch wenn wir keine intelligenten Wesen, sondern „nur“ Bakterien oder andere Mikroorganismen auf einem anderen Planeten entdecken würden, wäre das für Forscher ein Sensationsfund. Doch wie wird überhaupt nach Leben geforscht?

Das schon am Anfang erwähnte Weltraumteleskop Kepler wurde im März 2009 gestartet um nach Exoplaneten Ausschau zu halten. Ein spezielles Ziel dabei ist es, vergleichsweise kleine Planeten, wie die Erde und somit auch potentiell bewohnbare Planeten zu finden. 2011 wurde mit Kepler-22b der erste Planet innerhalb der habitablen Zone entdeckt. Im selben Jahr fand man auch mehrere erdähnliche Planeten. Die Suche nach intelligentem außerirdischem Leben wird Search for Extraterrestrial Intelligence, oder kurz SETI genannt. Hauptsächlich werden Radioteleskope zur Kontaktaufnahme eingesetzt. Der Physiker und Astronom Frank Drake erkannte während den 50er

Jahren, dass sich diese hervorragend zur Verständigung eignen, da man Signale aus der ganzen Galaxie sowohl empfangen, als auch abschicken kann. Durch das zunehmende Rauschen von Handys und anderen Geräten, die schwache Signale von Außerirdischen überstrahlen würden, geht die Zeit von SETI aber langsam zu Ende. Es gibt jedoch schon Pläne für eine SETI-Station auf der Rückseite des Mondes.

Ein anderer Versuch der Kontaktaufnahme sind die Voyager Golden Records. Das sind Datenplatten mit Audio- und Bildinformationen, die an den 1977 gestarteten Raumsonden Voyager 1 und Voyager 2 befestigt wurde. Außer der Anweisung zur Abspielung der Platte, befinden sich Informationen zur Position unserer Sonne, analog gespeicherte Bilder, sowie Aufnahmen von gesprochenen Grüßen in verschiedenen Sprachen, ausgewählte Musik und Geräusche, wie Wind, Donner und Tierlaute.



Voyager Golden Records

Eine häufig gestellte Frage ist, warum Außerirdische, wenn es sie gibt, noch keinen Kontakt mit uns aufgenommen haben. Ein Grund dafür sind die riesigen Distanzen im Weltraum, die wir nicht einmal annähernd überwinden können und so könnte es auch mit Außerirdischen sein. Ein anderer Grund wäre zum Beispiel, dass sie, wenn sie uns entdeckt haben, einfach kein Interesse an uns haben. Aber vielleicht entdecken wir irgendwann einmal Leben auf einem anderen Planeten und nehmen möglicherweise auch Kontakt auf.

Leben im Weltraum & Verschwörungstheorien



Drake-Gleichung hin oder her, ich war schon seit dem Kindergarten davon überzeugt, dass irgendwo im Universum, eine Galaxie, mit einem Sonnensystem, mit einem Planeten, mit flüssigen Wasser und anderen, für die Entwicklung von Leben, essenziellen Gegebenheiten existiert. Außerdem überlege ich mir oft, auch wenn es nie passieren wird, wie es wäre, einer intelligenten außerirdischen Lebensform gegenüber zu treten. Aber nur, weil es bei uns nicht der Fall ist heißt es nicht, dass es das auch sonst nirgendwo im unendlichen und sich ständig expandierenden Universum nicht gibt. Man stelle sich ein Sonnensystem vor, in dem sich gleich zwei oder drei Planeten in einer habitablen Zone befinden. Dort könnte sich das Leben auf den Planeten parallel entwickeln und irgendwann nach einer Reihe von Mutationen, (so wie wir) mit der Evolution soweit zu sein, um mit den Lebewesen des anderen Planeten kommunizieren zu können. Möglicherweise würde, dann sogar Handel betrieben, Rohstoffe ausgetauscht, auf Aktien des anderen Planeten spekuliert und interplanetarische Friedensverträge unterzeichnet werden. Eine andere Möglichkeit wäre: Sie führen Krieg.

Merlin Mayer

Der Bombenanschlag auf das World Trade Center, der Holocaust, die Ermordung Kennedys, der Rücktritt des Papstes, der Atomunfälle in Tschernobyl und Fukushima, der Amoklauf in Newton und viele weitere Katastrophen und Geschehnisse sollen die sogenannten Reptiloiden zu verantworten haben. Doch wer sind diese Reptiloiden? Was machen sie auf der Erde? Was wissen wir schon über diese Wesen? Warum sollen sie für diese weltbewegenden Katastrophen und Ereignisse verantwortlich sein?

Reptiloiden. Dieser Begriff steht hauptsächlich für intelligente und echsenähnliche Lebewesen. Durch die Kreuzung von Menschen mit außerirdischen reptiloiden Rassen aus dem Sternbild „Alpha Draconis“ sollen diese Wesen entstanden seien. Diese Rasse wurde hauptsächlich vom englischen Verschwörungstheoretiker **David Icke**, welcher schon mehrere Werke über die verschiedensten Verschwörungen verfasst hat, durch seine Theorien und Bücher geprägt.

Laut Icke können sich die Reptiloiden in jedes beliebige Lebewesen verwandeln. In deren normalen Gestalt sind diese Tiere den Reptilien und dem Menschen sehr ähnlich. Sie haben eine schuppenähnliche Haut, oval förmige schwarze Pupillen umgeben von einer kleinen grünen Iris, keine Nasen, sondern Nüstern wie bei einem T-Rex und sie haben nur vier Finger. Da sie keine Menschen sind, besitzen sie auch keinen Bauchnabel.

Aufgabe. Die Reptiloiden streben nach der Weltbeherrschung um eine komplett neue Weltanordnung zu etablieren. Deswegen seien sie an viele Katastrophen Schuld, wie zum Beispiel die beiden Weltkriege, Völkermord, schwarze Magie und vieles mehr. Nebenbei führen diese auch noch heimlich satanischen Rituale, wie Drogenpartys oder Kindermissbrauch, durch um die Gestalt des Menschen zu verwahren. Viele Anhänger dieser Theorie versuchen auf Fotos von Prominenten nach Hinweisen der Existenz der Reptiloiden zu suchen

Um es zusammenzufassen, die Reptiloiden-Theorie ist eine verrückte Hirnspinnerei von David Icke mit einem großen Mangel an Beweisen. Ob man dem Glauben schenken sollte ist jedem selbst überlassen.

Marilyn Magoo

Fun PHlash	<i>Gehen zwei Neutronen in einen Club. sagt der Türsteher: heute nur geladene Gäste</i>	<i>Theorie: alles funktioniert und jeder weiß warum. Labor: nichts funktioniert und jeder weiß warum. Praxis: nichts funktioniert und keiner weiß warum.</i>	<i>Ein Physiker ist jemand, der jeden technischen Defekt erklären, aber nicht reparieren kann.</i>

Der LHC das CERN und das Higgs-Boson



Der Innsbrucker Teilchenphysiker Patrick Jussel, ein Nutzer des *Large Hadron Collider*, war so freundlich, in einem Interview mit Fabian Haberhauer etwas über den LHC und dessen Bezug zum berühmten Higgs-Boson zu erzählen.

Herr Jussel, könnten Sie, als Mitglied des ATLAS-Experimentes und damit Nutzer des LHC, kurz dessen Funktionsweise erläutern?

Also, man versucht am LHC grundsätzlich, neue Teilchen zu entdecken. Das Ganze funktioniert, indem man einen Ring baut, in welchem Teilchen zur Kollision gebracht werden. Die dabei entstehende Kollisionsenergie wird nach der Relativitätstheorie ($E=mc^2$) in neue Teilchen umgewandelt. Der Grund, warum es ein Ring ist, ist, dass die Teilchen, in diesem Fall Protonen, hier immer wieder rundherum laufen können, und an gewissen Kollisionspunkten haben Sie dann immer wieder diese Kollisionen. An diesen Punkten wird dann jeweils ein riesiger Detektor herum gebaut. Der muss deshalb so groß sein, weil die Teilchen, die da entstehen, hohe Energien haben, und dadurch Materie durch-

dringen, in diesem Fall auch den Detektor. Man versucht einfach, alle Teilchen, die hier entstehen, zu detektieren und zu messen.

Welche wissenschaftlichen Erfolge konnten denn bisher am LHC gefeiert werden?

Da wäre erstens das Higgs-Boson zu nennen, das würde ich als eine der größten Entdeckungen der Teilchenphysik der letzten 20 Jahre, wenn nicht sogar generell der gesamten Physik ansehen. Es sind aber auch viele andere Messungen durchgeführt worden, wie beispielsweise spannende neue Erkenntnisse im Bereich der CP-

Verletzung. Dabei geht es um die Frage, warum es im Universum Materie, aber kaum **Antimaterie** gibt. Daneben hat man auch noch weitere Entdeckungen gemacht. Etwas ernüchternd war vielleicht, dass die **Supersymmetrie** bisher nicht nachgewiesen werden konnte. Dazu muss man allerdings sagen, dass der LHC erst einen ganz kleinen Teil seiner Laufzeit hinter sich hat, also noch einiges kommen kann.

Wie Sie bereits erwähnten, ist es ja ein primäres Ziel des LHC, das Higgs-Boson nachzuweisen. Könnten Sie in kurzen Worten darlegen, was es denn

CP-Verletzung

Unter CP-Verletzung (C für engl. charge Ladung bzw. charge conjugation Ladungskonjugation; P für parity Parität) versteht man die Verletzung der CP-Invarianz, die wiederum besagt, dass sich alle physikalischen Gesetze nicht ändern sollten, wenn alle Teilchen durch ihre Antiteilchen ersetzt werden und gleichzeitig links und rechts vertauscht wird. Wenn also eine CP-Verletzung vorliegt, dreht sich zum Beispiel ein Antiteilchen andersherum als das dazugehörige Teilchen, obwohl man die selbe Drehrichtung vermutet hätte.

Antimaterie

Antimaterie ist die Sammelbezeichnung für Antiteilchen und alles, was aus ihnen aufgebaut ist, so wie die „normale“ Materie aus „normalen“ Teilchen besteht. Antimaterie kann die Form von Atomen und Molekülen haben, die gebundene Systeme aus Positronen, Antiprotonen und ggf. Antineutronen sind.

In der beobachtbaren Welt ist Antimaterie sehr kurzlebig, weil beim Aufeinandertreffen eines Teilchen-Antiteilchen-Paares sich beide gegenseitig unter Energiefreisetzung vernichten.

Einige leichte Antiteilchen sind in der Natur allgegenwärtig, aber Atome oder Moleküle aus Antimaterie kommen, soweit bekannt, nicht natürlich vor.

Supersymmetrie

Die Supersymmetrie (SUSY) ist eine hypothetische Symmetrie der Teilchenphysik, die Bosonen und Fermionen ineinander umwandelt, wobei die umgewandelten Teilchen Superpartner genannt werden.

Aufgrund ihres Potenzials, offene Fragen der Teilchen- und Astrophysik zu beantworten, sind supersymmetrische Theorien insbesondere in der theoretischen Physik sehr populär. Die meisten Großen Vereinheitlichten Theorien und Superstringtheorien sind supersymmetrisch. Die minimal mögliche, mit bisherigen Erkenntnissen kompatible Erweiterung des Standardmodells der Teilchenphysik (SM), ist das Minimale Supersymmetrische Standardmodell (MSSM).

Allerdings konnte trotz vielversprechender theoretischer Argumente bis heute kein experimenteller Nachweis erbracht werden, dass Supersymmetrie tatsächlich in der Natur existiert – insbesondere wurden noch keine Superpartner bekannter Teilchen beobachtet.

eigentlich mit diesem Teilchen auf sich hat?

Also, um das Higgs-Boson zu verstehen bedarf es einer relativ langen Antwort, aber ich versuche es jetzt einfach mal ganz kurz zusammenzufassen: Der sogenannte **Higgs-Mechanismus** beschreibt, wie Teilchen untereinander durch massive (= Masse besitzende) **Bosonen** wechselwirken. Diese Bosonen, die W- und Z-Bosonen, wurden erst in den 80er-Jahren entdeckt. Eine Sache, die dabei von Peter Higgs festgestellt wurde ist, dass, wenn dieser Mechanismus funktioniert, ein weiteres massives Boson hervorkommen muss. Higgs hat also damals, vor etwas weniger als 50 Jahren, dieses Higgs-Boson, das eben im Juli letzten Jahres entdeckt wurde, postuliert.

Welche wären denn die postulierten Eigenschaften des

Higgs-Bosons?

Nun ja, eine Eigenschaft wäre eben die Masse. Relativ spektakulär ist, dass es das einzige Boson ist, das den Spin 0 hat, da ja alle anderen Bosonen den **Spin 1** haben. Des Weiteren sollte es neutral sein. Außerdem koppelt es an die Masse der verschiedenen Teilchen, also je größer die Masse eines Teilchens, desto stärker koppelt das Higgs-Boson an dieses Teilchen. Für den Physiker, der versucht, dieses Boson zu entdecken, heißt das, wenn ein Higgs-Boson zerfällt, zerfällt es immer in die schwerstmöglichen Teilchen. Was man sich also merken kann, ist, das hat wirklich ganz viel mit der Masse zu tun, dieses Higgs-Boson.

Welche Antworten erwartet man sich denn von diesem Teilchen?

Also, im Moment ist es einfach ein starker Hinweis, dass

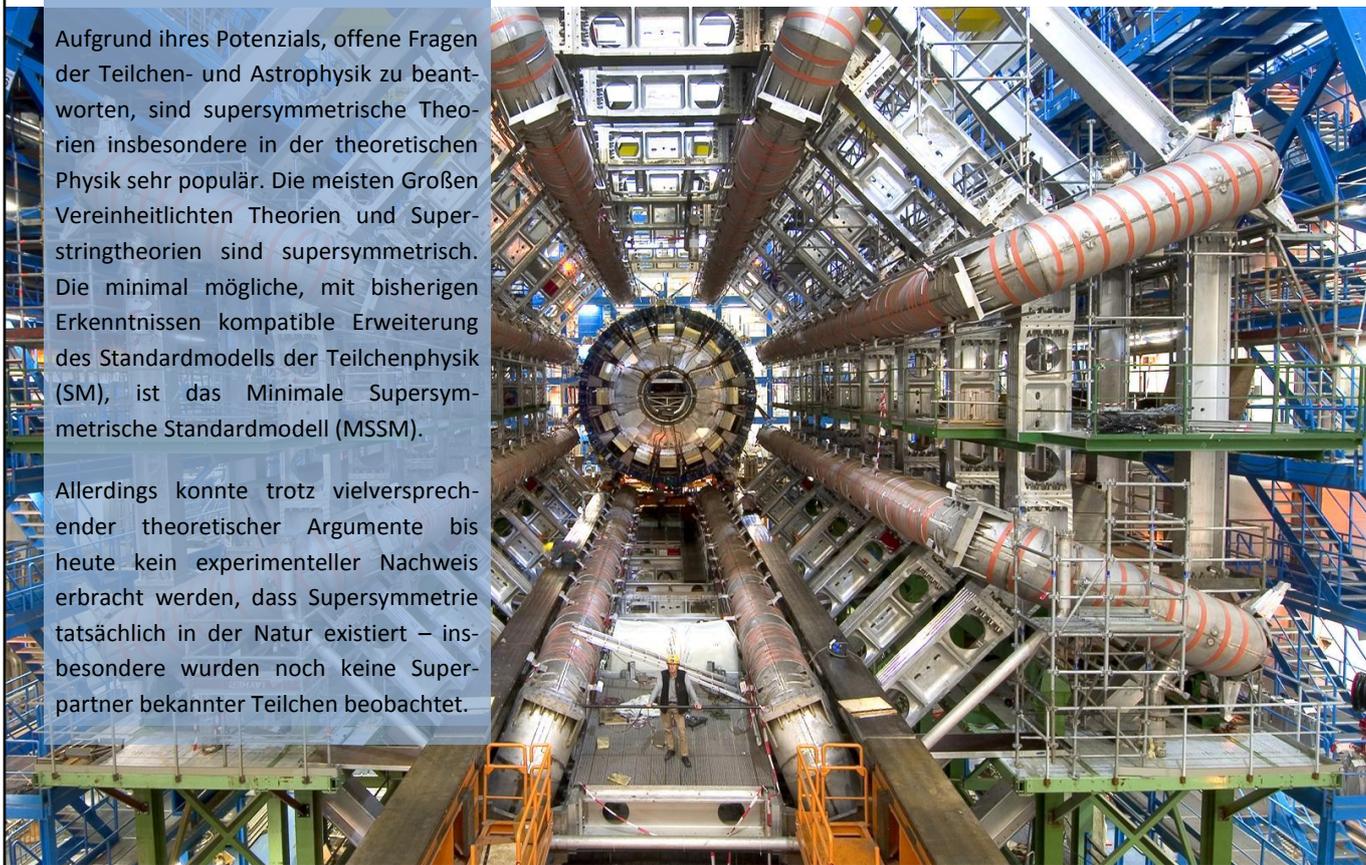


Abbildung 1 - ATLAS-Detektor des LHC

Bisher bekannte Bosonen der Wechselwirkung (Eichbosonen)

Name	Symbol	Masse	Ladung	Spin
Photon	γ	0	0	1
Gluon	g	0	0	1
Z-Boson	Z^0	91,2 GeV	0	1
W^+ -Boson	W^+	80,4 GeV	+1	1
W^- -Boson	W^-	80,4 GeV	-1	1

dieser Higgs-Mechanismus, der die Masse von allen Teilchen erklären soll, stimmt. Die Frage, warum Teilchen eigentlich eine Masse haben, und warum haben sie genau diese Massen, die sie haben, ist ja schließlich keine triviale. Warum ist ein Elektron so schwer, wie es ist? Der Higgs-Mechanismus könnte eben diese extrem fundamentale Frage klären.

In den letzten Monaten hieß es ja immer wieder, das Higgs-Boson wäre am LHC gefunden worden, was aber offiziell nicht bestätigt wurde. Was ist hier der aktuelle Stand?

Die Physiker waren sich, von Anfang an, eigentlich schon relativ bewusst, dass das Teilchen, das entdeckt wurde, ein Higgs-Boson ist. Ein Wiener Kollege hat das sehr schön formuliert: „Es läuft wie a Ente, es quakt wie a Ente, es schmeckt wie a Ente, es wär doch irgendwie eigenartig, wenn's ka Ente wär.“ Aber natürlich ist die Möglichkeit da, dass es sich um etwas Anderes handelt. Um also festzustellen, ob es auch wirklich das Higgs-Boson ist, muss man die Eigenschaften ganz genau untersuchen. Letzten November hat man dann das erste Mal die Eigenschaften von diesem Boson genauer gekannt, und vor einem Monat hat man es zum ersten Mal wirklich Higgs-Boson genannt. Das CERN nennt dieses Teilchen jetzt offiziell auch „Stand-

ard-Model-Like Higgs-Boson“. Also ein Higgs-Boson, das aussieht, als ob es im Standardmodell vorkommen würde.

Das Higgs-Boson hat ja eine äußerst geringe „Lebensdauer“, es ist also nur Sekundenbruchteile im Beschleuniger vorhanden, wie kann man denn nachweisen, dass es da war?

Also, das trifft eigentlich auf die meisten Teilchen zu, die wir in der Teilchenphysik haben. Die Teilchen, die wir hier in Innsbruck untersuchen, haben eine Lebensdauer von 10^{-12} Sekunden. Man identifiziert sie daher über ihre Zerfallsprodukte. Was wir jetzt im Endeffekt in dem Detektor haben, sind sogenannte Spuren von geladenen Teilchen, das heißt, die hinterlassen irgendwelche Signaturen. Wir haben zum Beispiel Photonen, Elektronen oder Myonen, aber auch Neutrinos. Diese können wir allerdings nicht direkt messen, man kann jedoch auf Grund von fehlender Energie auf das Vorhandensein von Neutrinos rückschließen. Diese ganze Information wird dann genommen, und es wird zurückgerechnet, was da am Anfang war. Das heißt, man kombiniert die ganzen Teilchen, die man im Detektor hat und versucht zu rekonstruieren, was war da am Anfang. Zusätzlich dazu messen wir einen riesigen Untergrund und ein kleines, darauf liegendes Signal. Das ist der Teil, wo dann die Statistik zum Tragen kommt. Das Higgs-Signal ist dabei eine exponentiell abfallende Kurve mit so einem kleinen Nippel drauf.

Nun gibt es ja, laut MSSM, nicht nur ein Higgs-Boson sondern gleich fünf. Was ist der Unterschied zwischen den einzelnen?

Dazu muss man einmal sagen, dass MSSM derzeit auf extrem wackeligen Beinen steht. Generell hätten in einem supersymmetrischen Modell alle Teilchen sogenannte supersymmetrische Partner. Das Higgs-Boson hätte dann entsprechend seine supersymmetrischen Partner, die verschiedene Massen haben und auch geladen sein können. Es gibt aber derzeit, wie gesagt, keinerlei Hinweis, dass MSSM wirklich zutrifft.

In den LHC und die Suche nach dem Higgs-Boson werden ja bekanntlich Unsummen an (auch österreichischen) Steuergebern gesteckt. Da stellt sich wohl bei so manchem Steuerzahler die Frage, was bitte bringt mir persönlich der LHC? Gibt es denn darauf eine Antwort?

Also diese Unsumme, mag man besser mal in Relation stellen, im Falle von Österreich sind das pro Jahr in etwa 20 Mio. €, die, als jährlicher Mitgliedsbeitrag als Staat Österreich, an den CERN gezahlt werden. Diese Summe kann man jetzt mit anderen Sachen vergleichen, sei es Infrastruktur, sein es Schulen, sein es Universitäten, was auch immer. Es sind aber ziemlich viele Österreicher dort angestellt

MSSM

Das minimale supersymmetrische Standardmodell (MSSM) ist die bezüglich des Teilcheninhalts kleinstmögliche Wahl, das bestehende Standardmodell der Elementarteilchenphysik (SM) zu einem supersymmetrischen Physikmodell zu erweitern.

und es arbeiten auch in Österreich ziemlich viele Physiker am CERN. Was einem der CERN persönlich bringt, das kann ich definitiv nicht beantworten, aber, was er generell bringt, das ist relativ offensichtlich, nämlich Wissen. Man könnte jetzt natürlich sagen, dass uns Wissen nichts bringt. Wir könnten auch mehr Geld sparen und zum Beispiel alle Studenten Österreichs ins Ausland studieren schicken, das wäre um einiges billiger als die Universitäten in Österreich. Aber im Endeffekt würde Österreich dadurch langfristig wissenschaftlich, technologisch, aber auch kulturell wirklich zur Wüste werden. Aber gerade ein so wissenschaftlich,

technologisch und kulturell florierendes Land ist definitiv erstrebenswert. Der CERN, kann sicherlich kein Versprechen liefern, dass der Steuerzahler irgendwie einen persönlichen Vorteil davon haben kann. Natürlich kann es immer wieder Spin-Offs geben, zum Beispiel das World Wide Web, oder die Beschleunigertechnologie des CERN, die beispielsweise in Wiener Neustadt, im **MedAustron**, zur Behandlung von Tumoren eingesetzt wird. Im Endeffekt ist aber der Hauptgrund für ein Projekt wie den CERN weiterhin der Wissensgewinn. Grundlagenforschung ist, würde ich sogar sagen, ein Menschenrecht. Der Mensch hat ein Recht auf die

Möglichkeit hat, zu forschen, und die Welt und das Universum besser zu verstehen. Der CERN ist im Prinzip nichts anderes als eine Möglichkeit, wie man das machen kann. Da diese großen Experimente als Einzelstaat nicht leistbar wären, werden sie von einem Konsortium an Staaten gemeinsam finanziert und getragen. Da wird einfach geforscht. Für den einzelnen Österreicher, würde ich mal sagen, sehe ich insofern nicht einen direkten Gewinn in den nächsten, keine Ahnung, zwei, drei Jahren, aber, meines Erachtens, hat Grundlagenforschung nicht die Anforderung, dass sie genau das erfüllen muss.

MedAustron

Mit MedAustron entsteht in Wiener Neustadt eines der modernsten Zentren für Ionentherapie und Forschung in Europa. Die Bestrahlung der Patientinnen und Patienten wird dabei mit Kohlenstoffionen oder Protonen erfolgen. Derzeit befindet sich dieses Zentrum in der Bauphase. Schon ab 2013 startet der Testbetrieb und ab 2015 die ersten Behandlungen. Ab dann werden jährlich bis zu 1.400 Menschen von internationaler Spitzenmedizin profitieren. Dank MedAustron haben viele Krebspatienten bald eine neue Chance auf wirksame Behandlung durch die schonende Ionentherapie.

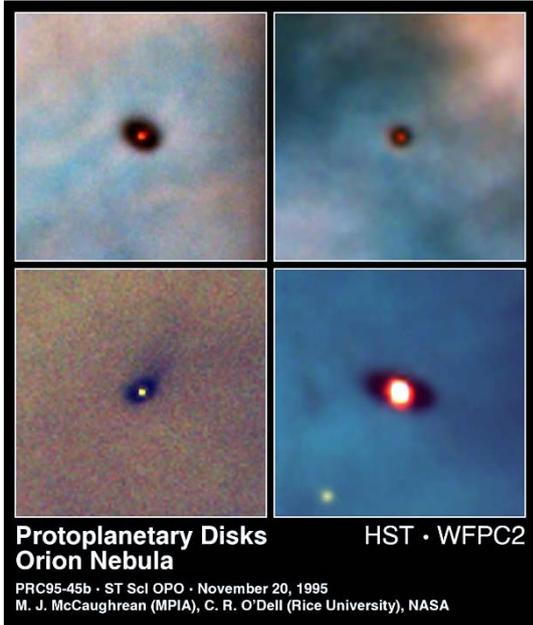
Sterngeburt in Riesenmolekülwolken

Nicole Rautner hat mit **Univ. Prof. Dr. Roland Wester** und **Dr. Konstanze Zwintz** gesprochen und einiges über die Entstehung von Sternen herausgefunden.



In interstellaren Wolken entstehen unter bestimmten Bedingungen neue Moleküle, die bei der Entstehung von Sternen eine bedeutende Rolle spielen. Diese Moleküle verdichten sich über einen Zeitraum von mehreren Millionen Jahren, bis es schließlich zu einer Implosion der Riesenmolekülwolke kommt. Mit Hilfe modernster Techniken erforscht der Innsbrucker Molekularphysiker Professor Roland Wester, wie diese Moleküle auf verschiedene Lichtquellen reagieren und wie sich Sternenlicht auf interstellare Wolken auswirkt.

Interstellare Wolken sind Verdichtungen der Materie im Weltraum, die aufgrund zahlreicher Prozesse immer kälter und dichter werden, bis es schließlich wegen der Gravitation zu einer Implosion der Gaswolke kommt. Hierbei fällt die Wolke in sich zusammen, woraufhin sich das Gas aufgrund des Zusammenpralls der Gasmoleküle wieder aufheizt. Die Voraussetzung für die Sternentstehung ist eine genügend kalte und dichte Gaswolke. Wenn diese nun eine bestimmte Temperatur, Dichte und Größe erreicht hat, kollabiert sie und es entstehen



Sternenhaufen, die aus einigen hundert Sternen bestehen. Diese haben zwar dieselbe chemische Zusammensetzung, doch andere Massen. Die Sterne des Sternenhaufens leuchten dann in unterschiedlichen Farben und Helligkeiten. Planetensysteme entstehen in sogenannten Staubscheiben, wie zum Beispiel im Orion Nebel.

Ionen spielen bei der Entstehung elementarer Moleküle in interstellaren Wolken eine wichtige Rolle, denn sie sorgen dafür, dass sich erste Kettenmoleküle aus Kohlenstoff und Wasserstoff bilden können. Außerdem würden Wasserstoffmoleküle alleine nicht genügend kalt werden, weswegen die Ionen eine bedeutende Rolle bei der Kühlung spielen. Die Milchstraße und die Galaxien in unserer unmittelbaren Nachbarschaft sind von einer kosmischen Strahlung versetzt, die man auch auf der Erde messen kann.

Diese Strahlung ist für die Ionisation von H_2 – Molekülen verantwortlich, wodurch geladene

Teilchen entstehen. Zwischen diesen geladenen Teilchen wirken stärkere Kräfte, sodass chemische Prozesse gestartet werden können.

Die Frage, die sich die Forscher stellen, ist, welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, bevor ein Kollaps der Gaswolke eintritt? Dort setzen Professor Wester und seine Forschungskollegen an und versuchen die Moleküle isoliert zu betrachten. Eine der modernen Techniken, die bei der Forschung zum Einsatz kommt, ist die Ionenfalle, mit deren Hilfe die Wissenschaftler die Entstehungsprozesse isoliert voneinander betrachten können. Die Ionenfalle ist ein experimenteller Apparat, der aus Metallelektroden besteht, zwischen denen einige hundert Ionen gespeichert und abgekühlt werden. Ein weiteres technisches Hilfsmittel, das zum Einsatz kommt, ist das Massenspektrometer, mit dessen Hilfe man die Arten und mögliche Veränderung der gespeicherten Moleküle bestimmen kann.

Des Weiteren werden die Moleküle in verschiedenen Laserquellen ausgesetzt, um eine Anregung oder Fragmentation herzustellen. Dies soll den Wissenschaftlern helfen, eine Vorhersage über die Intensität der Lichtquellen und die mögliche Wirkung des Sternenlichtes auf interstellare Wolken zu machen. Mit Hilfe dieser modernen Techniken und Beobachtungen können die Wissenschaftler mit den neuen Parametern Modelle der gesamten Evolution schaffen und dadurch die Entwicklung interstellarer Wolken besser verstehen.

Univ. Prof. Dr. Roland Wester ist Physiker und lehrt seit Oktober 2010 am Institut für Ionenphysik und Angewandte Physik der Universität Innsbruck. Dr. Konstanze Zwintz ist Astronomin und beschäftigt sich mit der Astroseismologie. Sie forschte jahrelang am Institut für Astronomie der Universität Wien und arbeitet momentan in Belgien.

Bildquellen PHlight Ausgabe 1:

<http://www.majer.ch/johannes/>

<http://www.mbezold.de/quantencomputer/pdf/quantencomputer.pdf>;

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3b/Deuterium-tritium_fusion.svg/220px-Deuterium-tritium_fusion.svg.png;

http://www.wdr5.de/fileadmin/user_upload/Sendungen/Leonardo/2010/01/Beitragsbilder/fo100129Kernfusionsreaktor.jpg;

<http://us.123rf.com/400wm/400/400/alperium/alperium0811/alperium081101058/3855492-green-alien-portrait-isolated-on-white.jpg>

http://www.wehype.com/fileadmin/user_upload/hypes/images/881_images_0.jpg

http://www.rote-erleuchtung.de/wp-content/uploads/2011/09/et_echt.jpg

http://www.startrek.com/legacy_media/images/200307/spock01/320x240.jpg

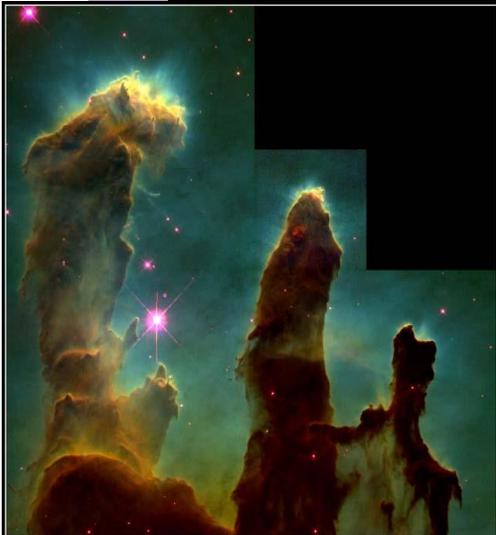
http://images2.wikia.nocookie.net/_cb20080815045821/starwars/images/7/73/Chewbaccaheadshot.jpg

http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2004/07/the_iridescent_tapestry_of_star_birth/9508943-4-eng-GB/The_iridescent_tapestry_of_star_birth_medium.jpg

Sternengeburt

(Überblick von Nicole Rautner)

Sterne entstehen bei einer Temperatur von ca. 10 Kelvin aus Riesenmolekülwolken, die wiederum aus sehr dünnem Gas bestehen. Wenn dieses Gas nun einen Impuls von außen bekommt, zum Beispiel durch die Druckwelle einer Supernova, werden Klumpen gebildet. Man erhält nun einen Protostern, der die Überreste der Riesenmolekülwolke an sich zieht und somit immer dichter und größer wird. Auch im sogenannten Adlernebel entstehen gerade neue Sterne. (siehe links)



Gaseous Pillars · M16 HST · WFPC2
PRC95-44a · ST ScI OPO · November 2, 1995
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA

Die Dauer eines Sternenlebens hängt von der Masse des Sterns ab. Je mehr Masse ein Stern besitzt, desto länger lebt er, da er mehr Reserven von Wasserstoff hat - doch jedes Leben nimmt einmal ein Ende. In einem Doppelsternsystem beispielsweise kommt es zu einer Nova, wenn sich der eine Stern zu einem kleinen Zwerg zusammenzieht und der andere sich zu einem Roten Riesen aufbläht. Hierbei wird eine Explosion der Oberfläche hervorgerufen. Meistens ist der Stern zu schwach, um ihn mit freiem Auge sehen zu können, doch nach einer Nova ist er leicht sichtbar.

Christmas Tree Cluster NGC 2264

Wenn man das Bild um 90 Grad im Uhrzeigersinn dreht, lässt sich ein Weihnachtsbaum erkennen.



Schwingungen der Sterne

Unter Astroseismologie versteht man die Lehre der Schwingungen von Sternen. Dr. Konstanze Zwintz ist Astronomin und forscht auf dem Gebiet der Astroseismologie. Hierbei wird beispielsweise ein Stern kontinuierlich über einen bestimmten Zeitraum beobachtet und schließlich erhält man eine Lichtkurve, die charakteristische Variationen aufzeigt. Mithilfe dieser Informationen lassen sich Rückschlüsse auf den Aufbau des Sternes ziehen.



Logo: Rafael Gavrilovic
Editor Ausgabe 1: Olivia Fischer

