

Zeitschrift: Historischer Kalender, oder, Der hinkende Bot
Band: 303 (2020)

Artikel: Über das Leben der Sterne
Autor: Prohaska, Marcel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-869411>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 27.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über das Leben der Sterne

Das nächtliche Firmament vermittelt uns das Gefühl von Ruhe, Stabilität, vielleicht sogar von Unveränderlichkeit. In präzisen Wiederholungen ändert sich zwar das Licht des Mondes und ziehen die Wandelsterne ihre Bahnen. Die Fixsterne aber scheinen unverrückbar fest in einer beinahe übernatürlichen und unwandelbaren Ordnung zu verharren. Doch der Schein trügt, und so sind selbst die Sterne dem natürlichen Lauf der Dinge unterworfen: Geburt, Leben und Tod. Darüber gibt es schier Unglaubliches zu berichten.

Die Unveränderlichkeit

Etwa 3000 Sterne sind es, die in jeder Nacht zu sehen sind. Kein neuer Stern kommt dazu, keiner erlischt, und keiner bewegt sich. Beobachtungen über Generationen hinweg scheinen diese Regel zu bestätigen. Daher ist es naheliegend, dass Sterne als unveränderlich, ja geradezu als fest und in der Zeit als unendlich betrachtet worden sind. Zu glauben, dass die Sterne als Lichtpunkte an die Innenseite einer gigantischen Kugel angeheftet sind, in deren Zentrum sich der Mensch befindet, erscheint als naheliegend. Man wusste es nicht besser.

War dem wirklich so? In chinesischen Chroniken sind Aufzeichnungen zu finden, die im Jahr 185 vom Erscheinen eines neuen Sterns berichten. Über wenige Monate hinweg war der neue Stern – von der Helligkeit vergleichbar mit dem hellsten Stern *Sirius* – am Himmel zu sehen, bevor er wieder verschwand. In den Jah-

ren 386 und 393 geschah Gleiches, und erst im Jahr 1006 finden wir auch in westlichen Chroniken Zeugnisse zu solch einem Ereignis. Die Unveränderbarkeit war gebrochen, aber das Verschwinden des neuen Sterns stellte die himmlische Ordnung und die bestehende Vorstellung vom Kosmos wohl wieder her.

Zwei weitere Novae, d. h. neue Sterne, lassen sich 1054 und 1181 in den Chroniken finden, bis 1572 der grosse Astronom *Tycho Brahe* (1546–1601) Augenzeuge eines solchen Ereignisses wurde. Er entdeckte den neuen Stern – so hell wie die Venus – im Sternbild der Kassiopeia. Fast ein Jahr lang war der Stern fest an seiner Position zu sehen, bevor er wieder verschwand. In *Brahe* reifte der Gedanke, dass dies ein Fixstern sein musste und dass damit die althergebrachte Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Fixsternsphäre nicht länger haltbar sein konnte. Ein kühner und mutiger Gedanke, der *Brahe* grosses Ansehen brachte. Zu Recht, wie wir heute wissen.

Die Sonne

Was ist ein Stern? Diese Frage ist so schlicht, fast schon unbeholfen – und dennoch, sie ist die zentrale Frage, die es zu beantworten gilt. Bereits *Aristarch von Samos* (vermutlich 310–230 v. Chr.) versuchte sich daran, die ersten kosmischen Distanzen zu messen. Seine Feststellung war, dass die Sonne 19-mal weiter von der Erde entfernt sei als der Mond. Da Sonne und Mond praktisch gleich gross am Himmel zu sehen sind, war für ihn klar, dass die Sonne also 19-mal grösser als der Mond sein muss. Gleichzeitig schätzte er die Grösse des Mondes anhand seiner Bewegung durch den Erdschat-

* Sternwarte Planetarium SIRIUS in Schwanden ob Sigriswil und Observatorium Zimmerwald der Universität Bern

ten bei Mondfinsternissen ab, was eine Mondgrösse von 35% derjenigen der Erde ergab. Was schliesslich bedeutete, dass die Sonne 6,6-mal grösser als die Erde sein muss.

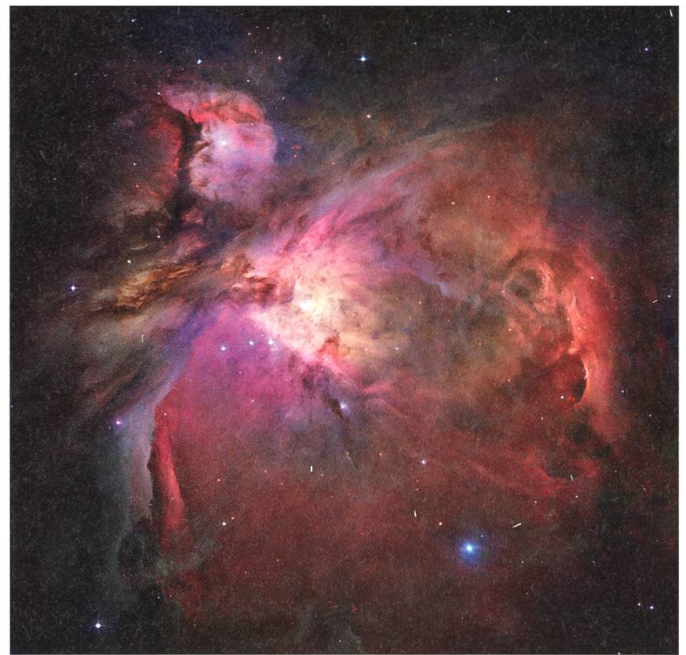
Eine erstaunliche Aussage, gemacht vor fast 2300 Jahren! Heutige präzise Messungen zeigen, dass die Sonne sogar 109-mal so gross wie die Erde ist. Da es *Aristarch* gleichzeitig nicht gelang, die Grösse auch nur eines Sternes zu messen, nahm er an, dass die Sterne unglaublich weit von uns entfernt sein mussten. Bringen wir die nun bekannte Grösse der Sonne, ihr helles Leuchten und ihre Hitze zusammen, so könnte es doch sein, dass Sterne von der gleichen Art sind wie unsere Sonne. Ein grosser Gedanke, den damals nur wenige zu akzeptieren bereit waren!

Es dauerte viele Jahrhunderte, bis die Distanzen zu den Sternen gemessen werden konnten. Erst 1838 gelang es *Friedrich Wilhelm Bessel* (1784–1846) nach einjähriger Messung, die Distanz zum Stern 61 im Sternbild des Schwans von 11,4 Lichtjahren oder 107 852 Milliarden Kilometern zu messen – für die Reise zu diesem Stern bräuchte ein heutiges Raumschiff übrigens mehr als 200 000 Jahre. Weitere Messungen zu anderen Sternen zeigen, dass der nächste Stern 4,2 Lichtjahre oder 40 152 Milliarden Kilometer von uns entfernt ist. Alle anderen Sterne sind weiter weg.

Das Bild der Sterne vervollständigte sich, als es 1920 gelang, die Grösse eines Sterns präzise zu messen. Beteigeuze, der rote Stern in der linken Schulter im Sternbild des Orions, ist rund 800-mal so gross wie die Sonne! Weitere Messungen an anderen Sternen zeigen, dass unsere Sonne in Grösse und Erscheinung keinen Unterschied zu einem normalen Stern zeigt – die Sonne ist also ein Stern!

Das Innere der Sonne

Woher kommt das Licht der Sterne, warum geht von Sternen Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung wie eben dem Licht ab? 1919 erkannte *Francis William Aston* (1877–1945), dass die Kerne von Atomen in



Der Orionnebel ist eine Sternentstehungswolke in rund 1500 Lichtjahren Distanz. Im hellen Zentrum sind mehrere neu entstandene Sterne zu sehen.

Bild NASA, ESA, Hubble Space Telescope

ihrer Masse nicht mit der gesamten Masse aller im Kern enthaltenen Elementarteilchen übereinstimmen. Dieser Massendefekt ist eine Seltsamkeit der Natur, die es ermöglicht, dass zum Beispiel aus zwei Atomkernen von Wasserstoff in einer Art Verschmelzung ein Atomkern von Helium entsteht. 1920 wandte *Arthur Eddington* (1882–1944) diese Idee auf das Innere der Sonne an. Denn bei diesem als Kernfusion bezeichneten Prozess wandelt sich nicht nur der im Sonneninneren vorhandene Wasserstoff allmählich in Helium um, sondern bei jeder einzelnen Kernfusion wird Energie freigesetzt, die sich in mehreren Abläufen bis zur Oberfläche der Sonne fortbewegt, um schliesslich in Form von Strahlung von der Oberfläche der Sonne abgestrahlt zu werden.

Ein fantastischer Prozess, bei dem in jeder Sekunde im Sonnenzentrum vier Millionen Tonnen Materie in Energie umgewandelt werden. Denn die Energie, die in der Kernfusion freigesetzt wird, stammt aus Umwandlung der scheinbar fehlenden Masse des Massendefekts in Energie. Die so populäre Formel von *Albert*

Einstein (1879–1955) $E = m \cdot c^2$ beschreibt exakt diesen Umstand. Dies bedeutet wirklich, dass die Sonne in jeder Sekunde um exakt diese vier Millionen Tonnen leichter wird! Und nun ist es ein einfacher Schritt, zu erkennen, dass vermutlich irgendwann in ferner Zukunft der vorhandene Wasserstoff aufgebraucht sein wird, die Fusion also stoppen wird und die Sonne erlöschen könnte.

Wir müssen also erkennen, dass die Sonne nur über eine beschränkte Lebenszeit verfügt. Was bedeutet, dass die Sonne zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Vergangenheit zu leuchten begann. Doch wann war das? Aus der Untersuchung von Meteoriten wissen wir, dass diese auf die Erde gefallenen Brocken aus Gestein oder Eisen eigentlich abgeschlagene Bruchstücke von durch das Sonnensystem ziehenden Asteroiden sind und dass diese Meteoriten rund 4,56 Milliarden Jahre alt sind. Das Gestein hat sich also in ferner Vergangenheit gebildet. Es ist naheliegend und physikalisch erklärbar, dass sich das gesamte Sonnensystem zusammen und gleichzeitig gebildet hat. Alle Planeten, Monde, Asteroiden, Kometen und die Sonne sind in einem gemeinsamen Prozess gebildet worden.

Unsere Sonne besteht also seit mindestens etwa 4,6 Milliarden Jahren. Ein stattliches Alter, das perfekt zu den Berechnungen der Kernfusion passt. Diese lassen übrigens eine Lebensdauer der Sonne von etwa 13 Milliarden Jahren erahnen. Es gibt also keinen Grund für eine überstürzte Flucht von der Erde, oder doch? Hoffen wir, nicht.

Geburt und Leben

Sterne sind Sonnen, das wissen wir. Schätzen wir ebenfalls die Lebensdauer der Sterne ab, so zeigt sich, dass weder alle gleichzeitig entstanden sind noch dass keine neuen Sterne mehr entstehen. Wir finden an vielen Orten innerhalb unserer Milchstrasse riesige Wolken aus Gas und Staub. Wir sehen auch, dass die Materie in den Wolken in grösster Unordnung und Unregelmässigkeit ist, sich verwirbelt und durchströmt. Dabei kommt es nun leicht zu

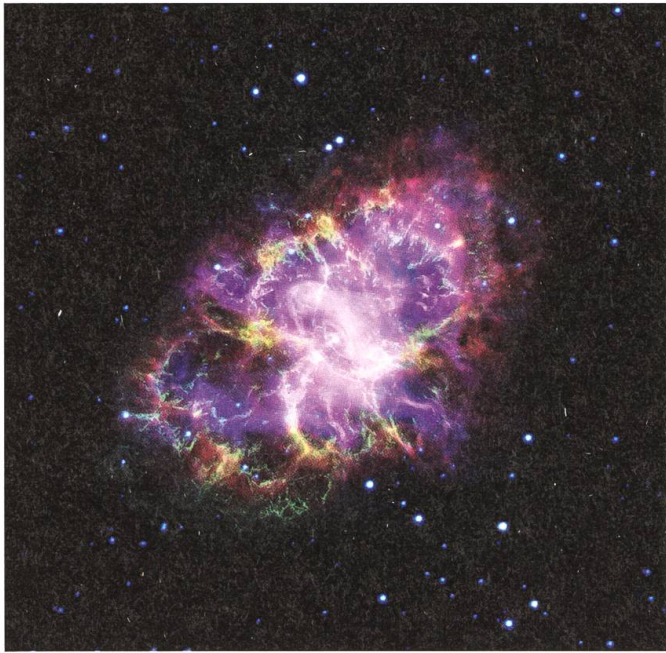
Verklumpungen, bei denen sich die Materie schlicht zusammenballt. Gibt es eine Verklumpung, so sammelt sich Materie an. Dies führt dazu, dass die Klumpen wegen ihrer nun verstärkten Gravitationskraft weitere Materie an sich binden können. Der Klumpen wächst an, verdichtet sich und erreicht nach etwa einer Million Jahren die Grösse eines Sterns. Nun drückt das gesamte Material dieses noch dunklen Gebildes schwer auf den Kern. Die Temperatur steigt auf rund 15 Millionen Grad Celsius, der Druck auf über 200 Milliarden bar. Dies sind die Bedingungen, die nötig sind, damit die Kernfusion in Gang kommt.

Die Kernfusion startet, Atomkerne wandeln sich um, Energie wird freigesetzt und strahlt an der Oberfläche des Sterns ab. Ein Stern ist entstanden. Über Millionen von Jahren, bei leichten Sternen wie unserer Sonne sogar Milliarden von Jahren, leuchtet der Stern und ermöglicht Leben auf den Planeten, die sich um den Stern aus den Resten der nicht in den Stern gefallenen Wolkenmaterie gebildet haben.

Tod

Irgendwann ist der Vorrat an Atomkernen, die von der Kernfusion verwendet werden können, aufgebraucht. Die Kernfusion kommt ins Stocken und kann die Last der Materie, die auf das Sternzentrum drückt, nicht mehr halten. Der Stern beginnt in sich zusammenzufallen. Dabei steigen im Zentrum Druck und Temperatur auf noch höhere Werte, was die nächste Stufe der Kernfusion ermöglicht. Das im Sternzentrum gebildete Helium verschmilzt nun zu Kohlenstoff. Dadurch wird der Sternenkern wieder stabil und vermag die Last des Sternenmaterials wieder zu tragen. Das Zusammenfallen des Sterns stoppt.

Um das Zentrum herum bildet sich eine Schale, in der die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium weiterhin abläuft. Ist ein Stern schwer, das heisst, verfügt er über eine grosse Masse, so können weitere Kernfusionen ablaufen. Die wichtigsten der nun ablaufenden Kernfusionen sind das Kohlenstoffbrennen zu Sauerstoff, das Sauerstoffbrennen zu Silizium und



Die immer noch sichtbare Trümmerwolke der Supernova vom 4. Juli 1054 im Sternbild Krebs.

Bild NASA, ESA, Hubble Space Telescope

das Siliziumbrennen zu Eisen. Doch nun ist Schluss, es können keine schwereren Elemente als Eisen fusioniert werden. Der Vorrat an fusionierbaren Atomkernen ist aufgebraucht, die letzte im Sterninneren noch laufende Kernfusion stoppt, der Stern fällt wieder in sich zusammen.

Kleine Sterne wie unsere Sonne vermögen lediglich das Stadium des Heliumbrennens zu erreichen. Nur schwere Sterne mit einer Masse von mindestens etwa der achtfachen Sonnenmasse durchlaufen alle Kernfusionen. Während die kleinen Sterne leicht in sich zusammenfallen und danach wirklich langsam erlöschen, schlägt bei den schweren Sternen die äussere Materie beim Zusammenfallen auf einen kompakten und harten Sternkern auf. Die von aussen aufprallende Materie komprimiert sich, Druck und Temperatur steigen innert Sekunden auf Werte an, bei denen nun auch schwerere Atome als Eisen fusionieren können, und die herabfallende Materie prallt am Kern ab und wird vom Stern weggeschleudert!

In diesem ungeheuerlichen Moment der Energiefreisetzung leuchtet der Stern nochmals auf.

Heller als jemals zuvor, so hell, dass selbst ein Stern, der zuvor von blossen Auge gar nicht gesehen werden konnte, nun heller als alle anderen Sterne gesehen wird. Erinnern wir uns. Der neue Stern, den *Brahe* 1572 gesehen hat, war exakt eine solche Sternenexplosion. Heute nennen wir so ein Ereignis eine *Supernova*.

In der Trümmerwolke, die der explodierende Stern von sich abwirft, sind nun die Atome zu finden, die in der Explosion selbst fusioniert wurden. Atome wie Gold, Silber oder Uran, die praktisch ausschliesslich nur in einer Supernova gebildet werden. Diese Trümmerwolke dünnt sich nun aus, und das Material verteilt sich über die Umgebung des explodierten Sterns. Es bilden sich neue Wolken, in denen sich neue Sterne bilden. Vor mehr als 4,5 Milliarden Jahren hat sich unsere Sonne aus so einer Wolke gebildet, umgeben von den sich ebenfalls aus diesem Material gebildeten Planeten. Und so stammt das Gold, das Silber und zum Beispiel das Uran aus einem explodierenden Stern. Wahrlich, Material von unermesslichem Wert!

Nach dem Tod

Trotz der heftigen Explosion einer Supernova wird nicht das gesamte Material des ursprünglichen Sterns ins Weltall geschleudert. Der kompakte Sternkern, auf den die einfallende Materie aufgeschlagen hat und der die eigentliche Explosion ausgelöst hat, ist durch die Supernova nicht zerstört worden. Der Kern wird unter der Wirkung der ungeheuren Wucht der Explosion förmlich zusammengepresst. Die Materie durchlebt hierbei Veränderungen, die in keinem Laboratorium nachvollzogen werden können.

Elektronen werden in die Protonen gepresst und wandeln sich zu Neutronen um. Der Sternkern verwandelt sich schlagartig in einen Neutronenstern. Ist genügend Materie verblieben, so verdichtet sich dieser Materieball weiter, und es kann nun sogar ein schwarzes Loch entstehen. Ein Gebilde, so geheimnisvoll und mit Legenden umrankt, dass diese Geschichte ein anderes Mal erzählt werden muss.