

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 50 (1992)  
**Heft:** 253

**Artikel:** Novae : von den heftigen Folgen einer Zweierbeziehung  
**Autor:** Nussbaumer, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-899014>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

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



# Novae - von den heftigen Folgen einer Zweierbeziehung

H. NUSSBAUMER

Redigierte Fassung des Hauptvortrages gehalten an der Jahresversammlung vom 16. Mai 1992 in Zürich.

**Kurzfassung:** Novae faszinieren durch ihr plötzliches Erscheinen, wie auch durch ihr schnelles Verblassen. Sie zeigen, dass auch die Gestirne sich ändern und dass diese Änderungen dramatisch verlaufen können. Klassische Novae werden recht häufig entdeckt. Es gibt eine weitere Klasse von Novae, die symbiotischen, von denen bis heute nur sieben bekannt sind. Grundsätzlich dürfte für den Ausbruch bei beiden dieselbe Physik verantwortlich sein. Vorgeschichte, Ablauf und Weiterentwicklung sind aber bei klassischen und symbiotischen Novae verschieden. - Novae sind Doppelsternpaare in einer fortgeschrittenen Phase ihres Lebens. Ein bereits ausgebrannter kleiner Stern, ein Weisser Zerg, kreist um einen anderen Stern, der ständig Masse verliert. Der ausgebrannte Stern holt sich einen Teil oder die Gesamtheit der verlorenen Masse. Die gewonnene Materie lagert sich an der Oberfläche des Weissen Zerges an. Erreicht der Zuwachs einen bestimmten Grenzwert, so setzt an der Oberfläche des ausgebrannten Sterns Kernfusion ein, die als schnelle oder langsame Explosion dem Stern eine sehr grosse Leuchtkraft erteilt. Im Gegensatz zur klassischen Nova, die nach einigen Wochen schon fast erloschen ist, dauert die symbiotische Nova Jahrzehnte. - Dieses Forschungsgebiet hat dank der Beobachtung mit künstlichen Satelliten in den letzten Jahren einen bedeutenden Aufschwung erlebt.

## 1. Einführung

Novae wurden schon in der Antike als besondere Ereignisse erkannt. Ihren Namen beziehen sie daraus, dass sie als neue Sterne an einem Ort erscheinen, wo vorher kein Stern gesehen wurde.

Der Titel deutet es an, Novae sind nicht Einzelsterne, Novae sind Ereignisse in Doppelsternpaaren, und der Novaausbruch ist eine Episode in dieser Zweierbeziehung. Um Novae zu verstehen, muss man die Entwicklung der Einzelsterne kennen. Diese soll deshalb zusammenfassend kurz geschildert werden, worauf wir uns den Besonderheiten der Doppelsternentwicklung zuwenden. Bei der Besprechung der Novae werden wir die symbiotischen Novae als interessante Unterklasse vorstellen, deren Kenntnis von den Beobachtungen mit künstlichen Satelliten ganz besonders gewonnen hat.

## 1. Das Leben eines Sterns

Bereits zu Beginn des 18. Jahrhunderts wurde vermutet, dass Sterne nicht gleichförmig im Kosmos verteilt sind, sondern in Galaxien existieren. Diese Vermutung war allerdings noch zu Beginn unseres Jahrhunderts stark umstritten und wurde erst um 1920 bewiesen. Wir beobachten aber auch, dass innerhalb der Galaxie die Sterne oft in Haufen beisammen sind.

Man weiss nun, dass Sterne nicht einzeln entstehen, sondern in Haufen, und dass sie erst im Lauf der Zeit ihre Einzelwege gehen und sich damit ungefähr gleichmäßig über die Galaxie verteilen. Allerdings lösen sich diese Haufen selten vollständig

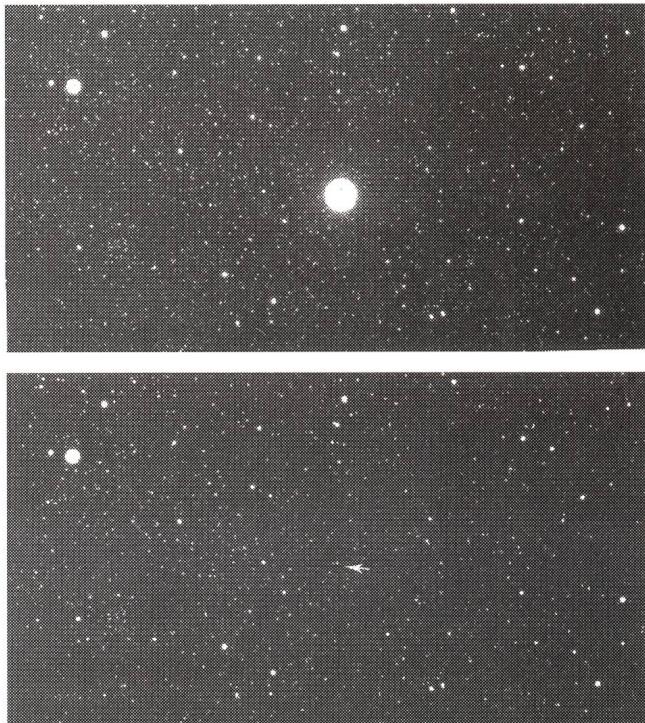
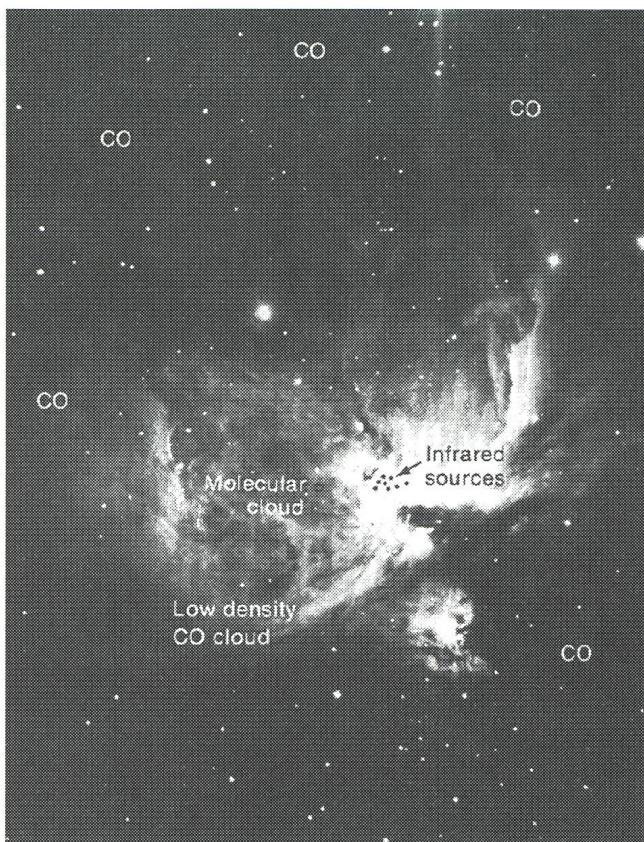


Bild von Nova Cygni (1975)

auf, und mehr als die Hälfte aller Sterne existiert in Zweiergruppen. Die beiden Sterne kreisen dann als Doppelsternpaar umeinander. - Die Sonne ist ein Einzelgänger. - Das Leben in einer Zweierbeziehung öffnet den Sternen qualitativ grundverschiedene Möglichkeiten, verglichen mit dem Leben als Einzelstern, und das Studium der Novae ist eigentlich ein Studium über das Schlussstadium dieser Möglichkeiten. Ich möchte kurz die allgemeinen Züge eines Sternlebens charakterisieren.

Orion ist ein Gebiet des Himmels, das der Amateurastronom wohl besser kennt als seine Hosentasche. Orion ist ein faszinierendes Gebiet. Wir finden dort interstellare Wolken mit genügend Materie, um daraus Hunderttausende von Sternen zu bilden. Durch Gravitationskollaps entstehen aus diesen Wolken junge Sterne. Gravitationskollaps heißt, dass eine Gaswolke sich wegen der gegenseitigen Anziehung der Materie verkleinert will. Sie verkleinert sich soweit, bis der innere Gasdruck eine weitere Verkleinerung unmöglich macht. Während der Verkleinerung steigen Temperatur und Teilchendichte im Innern der Wolke, bis schlussendlich wegen der hohen Temperatur und Dichte Kernfusion im Zentrum des Sterns beginnt. Damit wird eine Energiequelle geöffnet, die dem inneren Gasdruck eine Unterstützung bringt, gegen die



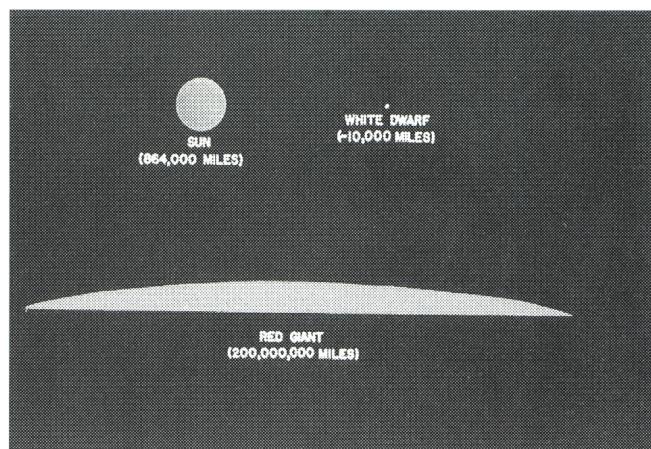
Orion mit Infrarot Quellen

die Gravitation keine weitere Kontraktion zustande bringt. Die so verandelte Gaswolke nennen wir Stern. Allerdings entsteht aus einer interstellaren Gaswolke nicht ein einzelner Stern. Während der Kontraktion zerfällt die Wolke in kleinere, so dass aus einer grossen Wolke stets hunderte oder tausende von Sternen entstehen, die meisten etwa von der Grösse der Sonne. Aus dieser Entstehungsgeschichte versteht man auch, dass sich Doppelsternepaare sehr leicht bilden.

Sterne verbringen den längsten Teil ihres Lebens in jenem ruhigen Zustand, wo im Zentrum des Sterns Wasserstoff in Helium verwandelt wird, und durch diese Fusion ein für lange Zeit reichender Energievorrat langsam aufgebraucht wird. In diesem Zustand befindet sich die Sonne, deren Alter wir auf 4.5 Milliarden Jahre sch tzen, und die auf dieselbe Weise wohl nochmals solange weiterlebt, bis ihr zentraler Energievorrat erschöpft ist.

Wenn der Stern im Kern seinen Wasserstoff erschöpft hat, so geschehen Dinge, die den Stern aus dem Innern heraus verändern.

Der Kern kontrahiert langsam zu höheren Dichten und höheren Temperaturen, der aussere Teil bl ht sich auf, wie ein Kuchen, der beim Backen im Zentrum teigig und massig wird, während der aussere Teil luftiger und luftiger wird. Weil die Oberfläche des Sterns bei der Ausdehnung k hler wird, ändert er seine Farbe gegen rot, er wird zu einem Roten Riesen. Der Durchmesser kann über 100 Sonnenradien betragen, die Oberfläche wird k hler, die Temperatur beträgt noch etwa um die 3000K. Wenn die Sonne das tut, werden wir auf der Erde Temperaturen von etwa 2000K haben.



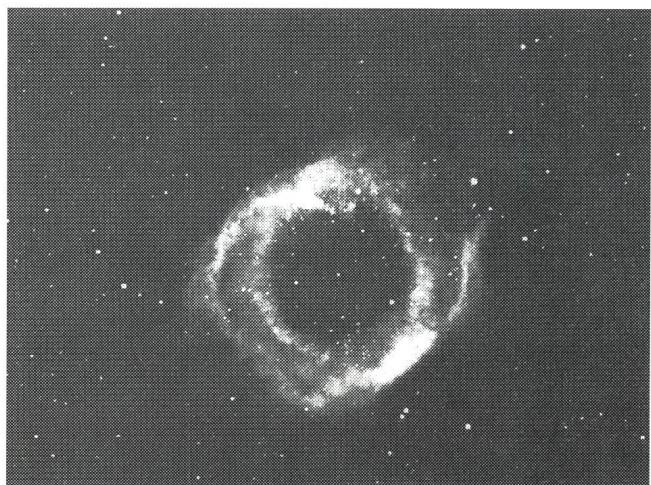
Grössenverhältnisse Sonne, Riese, Zwerg

In der Phase des Roten Riesen verliert der Stern einen bedeutenden Teil seiner Materie; das kann die Hälfte oder mehr sein. Diese Materie entweicht über einen starken Sternwind in den interstellaren Raum. Und wenn der Wind besonders stark bläst, sehen wir einen Planetarischen Nebel.

Indem sich die H lle langsam vom Kern des Sterns ablöst, sehen wir in stets heissere Regionen des Sterninneren: Wir sehen einen Stern der heisser und kleiner wird. Er schrumpft auf einen Radius der schlussendlich noch einen hundertstel des Sonnenradius beträgt, der Stern schrumpft so etwa auf die Grösse der Erde, die Temperatur an der Oberfläche kann aber um 100 000K betragen. Obschon dieser Stern sehr heiss ist, besitzt er keinen Brennstoff, um neue Energie zu gewinnen.

Das kann, muss aber nicht das Ende einer Sternentwicklung sein. Wenn nach dem Verlust der H lle der Stern noch immer eine Masse besitzt, die grösser als  $1.4M_{\odot}$  ist, ist der Druck auf die Materie derart gross, dass Elektronen und Protonen ineinander gepresst werden und neue Teilchen entstehen: Die Neutronen. Das neue Teilchen benötigt nur einen geringen Bruchteil des Platzes, den die ursprünglichen Teilchen einnahmen. So stürzt der ganze Stern in sich zusammen auf eine

#### Planetarische Nebel



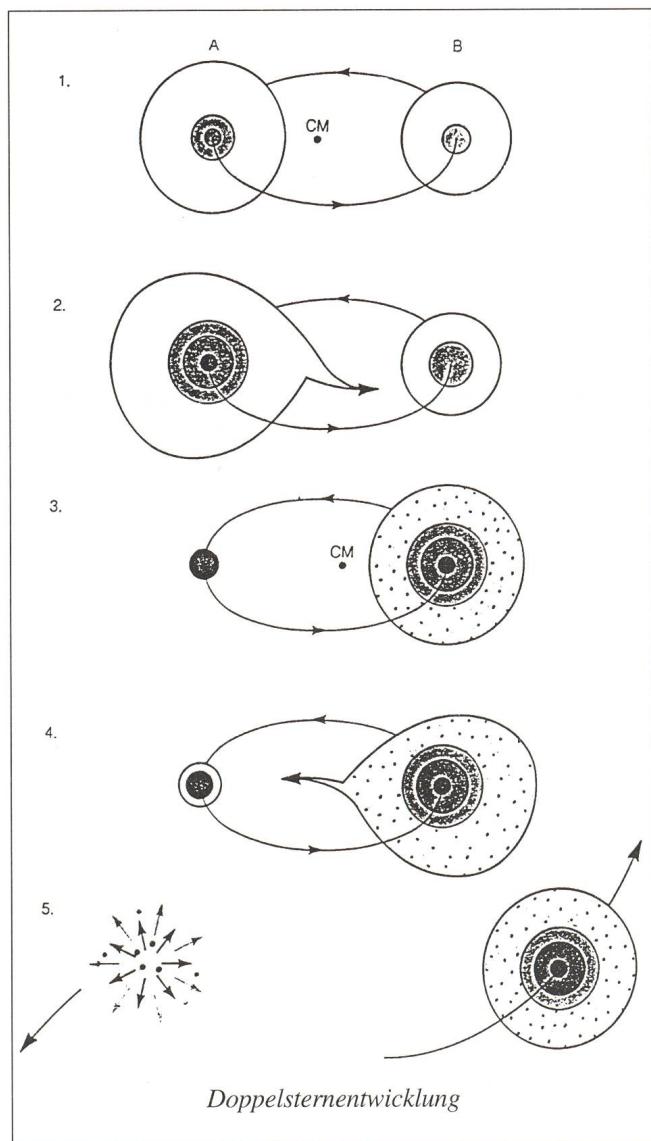


Grösse von etwa 10 - 20 km. Das Ereignis wird als Supernova bezeichnet. Die durch den Zusammensturz frei werdende Energie ist derart gewaltig, dass eine Supernova so hell ist, wie alle Sterne einer Galaxie zusammen. Während des Zusammensturzes werden auch neue Elemente gebildet, zum Beispiel Fe. Das konnte man bei der 1989 explodierenden Supernova in der Grossen Magellan'schen Wolke gut verfolgen.

Das war die Entwicklungsgeschichte eines Einzelsterns. Bei klassischen und in symbiotischen Novae haben wir es mit Doppelsternsystemen zu tun, die einen Weissen Zwerg enthalten. Der Weisse Zwerg ist, wie wir eben sahen, ein ausgebrannter Stern, der kaum mehr Energiereserven besitzt. Wir werden verfolgen, wie durch die Wechselwirkung mit dem andern Stern der Weisse Zwerg in einen Jungbrunnen taucht, aus dem er neues Leben bezieht.

## 2. Doppelsterne und deren Wechselwirkung

Wir skizzieren hier kurz die Besonderheiten der Entwicklung im Doppelsternsystem.



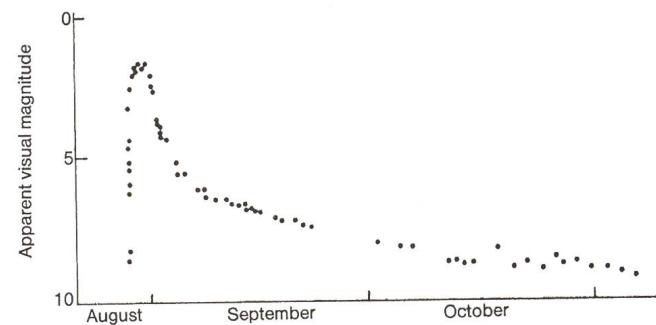
Wenn der massereichere der beiden Sterne seinen Energievorrat im Kern erschöpft hat, wird er zum Roten Riesen und dann zum Weissen Zwerg. Einen Teil der verlorenen Masse mag dabei der andere Stern eingefangen haben. Achten wir auf den Weissen Zwerg. Den mag man sich als glühende Kohlekugel vorstellen, die nicht mehr weiter zusammengepresst werden kann. Vom Nachbarstern fliest dieser Kugel neues Gas zu, das vor allem Wasserstoff enthält. Masseverluste des Nachbarsterns können in weiten Grenzen liegen. Auch die Sonne verliert Masse durch den Sonnenwind, der ständig von der Sonne wegbläst und dabei auch die Erde trifft. Dieser Verlust ist für die Sonne zurzeit sehr gering. Im späten Entwicklungsstadium haben Sterne aber Winde, die ihnen bereits in 100 000 Jahren die gesamte Masse wegblasen.

Wir haben damit zwei für die Sternentwicklung wichtige Vorgänge. Der Masseverlust ist der eine, der Massegewinn des andern Sterns ist der andere. Je weiter die beiden Sterne voneinander entfernt sind, umso geringer wird der Gewinn ausfallen. Die angesammelte Masse legt sich als langsam anwachsende Schale um den Weissen Zwerg. In dieser Schale werden wir die Ursache der Nova finden.

## 3. Beobachtungsmässige Unterschiede zwischen klassischen und symbiotischen Novae

Zu den Novae! Klassische Novae laufen explosiv, symbiotische Novae verlaufen eher langsam.

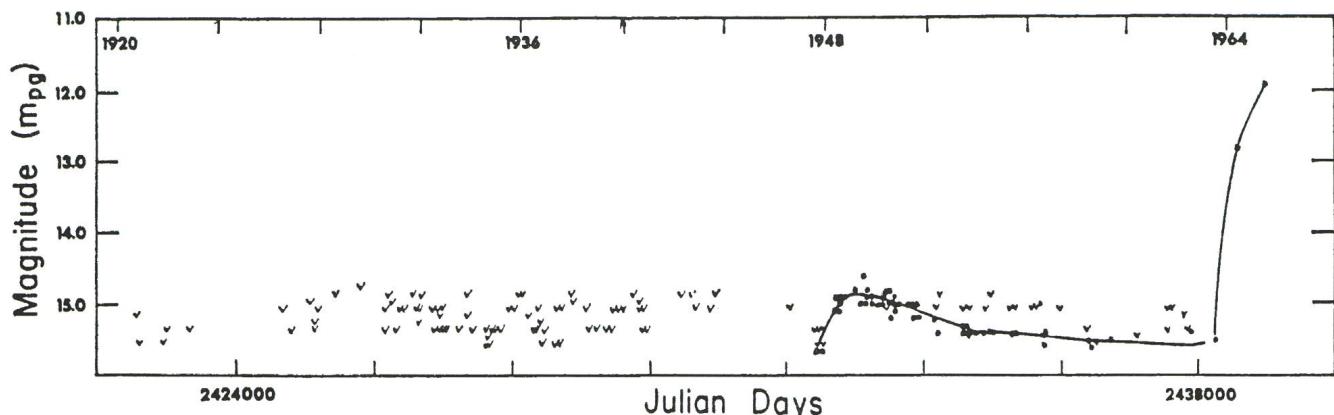
Wenn Novae entdeckt werden, zieht man frühere Fotografien des Himmels bei, um die Stelle, wo der neue Stern auftauchte genau zu untersuchen. Dabei stellt man fest, dass an jener Stelle schon früher ein Stern stand, und dass die Nova etwa 10 000 mal heller strahlt als der frühere Stern. Der Helligkeitsanstieg erfolgt in etwa 2 bis 3 Tagen. Die grosse Helligkeit dauert nicht sehr lange, kaum beim Maximum angelangt, wird die Nova schon wieder schwächer. Innerhalb eines Jahres ist die Helligkeit bereits auf 1/100 des maximalen Wertes gesunken.



Lichtkurve der Nova V1500 Cyg (1975).

Ganz anders die symbiotische Nova. Der Ausbruch ist etwas weniger hell, als jener der Nova, etwa  $10\,000\,L_\odot$ , dauert dafür aber etwa 100 Jahre.

Was geschieht während dieses Ausbruchs. Die Spektren zeigen, dass die klassische Nova tatsächlich mit einer Explosion assoziiert werden darf, wo Materie weggeschleudert wird, und zwar mit Geschwindigkeiten zwischen 1000 und 3000 km/s. Bei symbiotischen Novae mag Materie abgeworfen werden, es mag aber auch beim ungeheuerlichen Aufblasen der Hülle bleiben, die sich dann im Lauf der Zeit zurückbildet.



Lichtkurve der symbiotischen Nova V1016 Cyg.

Die Strahlung der Novae ist im Maximum etwa 100 000 mal so gross, wie jene der Sonne. Die übrigen Begleitumstände zeigen, dass Kernfusion die Energiequelle ist. Um die gesamte umgesetzte Energie zu produzieren, benötigt man etwa 1/10000  $M_{\odot}$ .

Die genauere Untersuchung der Beobachtungen zeigt, dass klassische Novae in engen Doppelsternsystemen mit Umlaufzeiten von einigen Stunden geschehen. Beim Doppelsternpaar handelt es sich um einen Sonnenähnlichen und einen Weissen Zwerg. Symbiotische Novae hingegen erscheinen in weiten Doppelsternsystemen mit Umlaufszeiten von mehreren Jahren, und es hat stets einen Roten Riesen im System.

#### 4. Der Mechanismus des Ausbruchs

Ich will jetzt den Grund für den Novaausbruch und für die Unterschiede zwischen klassischen und symbiotischen Novae besprechen.

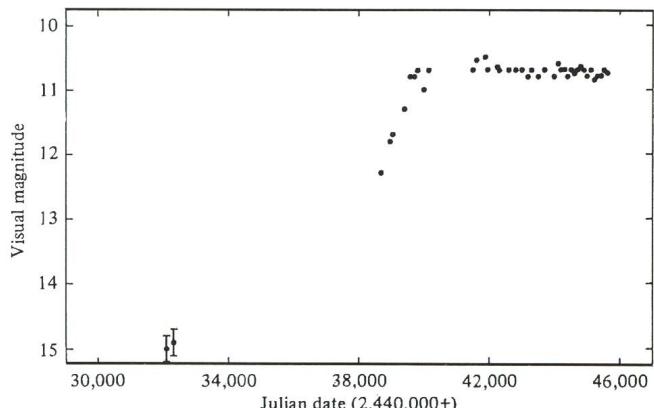
##### 4.1. Der Rahmen für einen Novaausbruch

Kernfusion ist energetisch die Hauptquelle für das Licht, das wir von den Sternen empfangen. Bei der Kernfusion gehen zwei Atomkerne eine neue Bindung ein, die sie zu einem einzigen Atomkern werden lässt. In diesem Vorgang wird Energie in Form von Strahlung frei.

Die Verschmelzung läuft nur bei hohen Energien, das heisst bei hohen Temperaturen. Solche Temperaturen haben wir etwa im Zentrum der Sonne, wo die Fusion bei ungefähr 15 Millionen Grad abläuft. Diese Temperatur genügt für Wasserstoff- Helium Fusion. Wenn aber H zu He und He zu C fusioniert ist, so reichen die erzielbaren Temperaturen nicht mehr zu weiteren Fusionen; damit ist dann auch die Fusion als Energiequelle erschöpft. - Ganz allgemein finden wir die höchsten Temperaturen im Zentrum von Sternen. Aber es gibt auch Sterne, wo bereits an der Oberfläche die Temperaturen derart hoch sind, dass Kernfusion ablaufen kann. Das kann bei Weissen Zwergen eintreten.

$$K \text{ Gravitation} = \frac{GMm}{r^2}$$

Woher kommt das? Die Gravitationsanziehung einer Kugel mit dem Radius  $R$  und der Masse  $M$  wirkt an der Oberfläche einer Kugel wie  $M/R^2$ . Die Masse des Weissen Zwergs - die hauptsächlich aus Kohlenstoff besteht - ist fast so gross wie die



der Sonne,  $R$  ist aber 100 mal kleiner. Die Anziehung - und damit der Druck - ist daher 10 000 mal grösser. Um diesem Druck standzuhalten, muss das Gas eine hohe Temperatur entwickeln. Die Temperatur knapp unter der Oberfläche des Weissen Zwergs kann auf diese Weise Werte von Dutzenden von Millionen Grad erreichen. Wenn dazu eine genügende H-Häufigkeit vorhanden wäre, hätten wir das Umfeld, in dem Fusionen ablaufen könnten. Der Weisse Zwerg hätte damit eine neue Energiequelle gefunden. Allerdings liegt diese Energiequelle an der Oberfläche des Sterns und nicht mehr im Zentrum, und vor allem besteht der Weisse Zwerg aus C und nicht aus H.

##### 4.2. Sternentwicklung und Masseaustausch

Im jungen Doppelsternpaar ist der massereichere Stern heißer und entwickelt sich schneller. So wird der grössere zum Roten Riesen und dann zum Planetarischen Nebel während der kleinere noch immer wie eine Sonne strahlt. Wenn die beiden Sterne nahe umeinander kreisen, so sind wir im Stadium, wo die klassische Nova möglich wird.

(a) In klassischen Novae ist der Massezufluss sehr gering, weil der sonnenähnliche Stern nur sehr wenig Masse verliert. Wenn pro Zeiteinheit nur wenig Masse auf den Weissen Zwerg fällt, so kann die Energie, die beim Aufprall frei wird sehr leicht abgestrahlt werden. Die Materie kann deshalb sehr dicht gepackt werden, und wenn die Kernfusion losgeht, so läuft das explosiv.

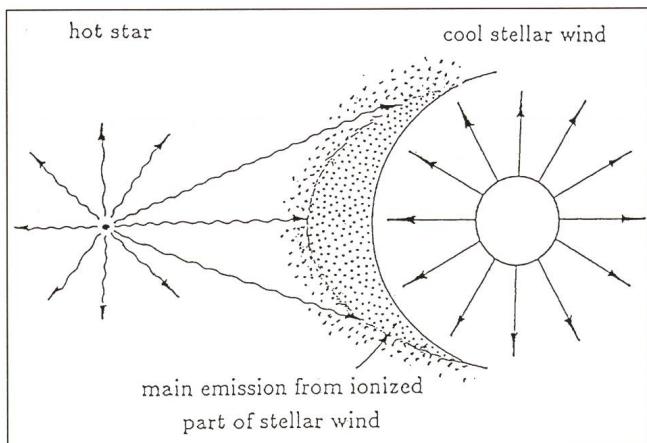
(b) Anders bei symbiotischen Novae. Da liegen die Sterne weiter auseinander. Die anfängliche Entwicklung läuft wie bei der klassischen Nova. Hingegen ist die Wechselwirkung im Stadium Weisser Zwerg + sonnenartiger Stern viel zu gering, als dass etwas bedeutendes geschehen könnte. Wenn aber der Sonnenartige zum Roten Riesen wird, ändert sich die Lage. Der grosse Masseverlust des Roten Riesen liefert genügend Materie an den Weissen Zwerg, um eine für den Novaausbruch günstige Situation zu schaffen. Weil der Rote Riese viel mehr Masse verliert als im Sonnenzustand, ist der Massezufluss auf den Weissen Zwerg grösser, obschon sie weiter voneinander entfernt sind. Die durch den Aufprall frei werdende Energie kann nicht mehr so leicht abgestrahlt werden, wodurch sich das Gas nicht so dicht packt. Wenn dann die Fusion einsetzt, geschieht das langsam.

Im nächsten Abschnitt verfolgen wir an zwei Beispielen den Ausbruch einer symbiotischen Nova. Es betrifft die jüngsten der bekannten symbiotischen Novae.

## 5. Symbiotische Novae

### 5.1. Die Beobachtung des Ausbruchs

In den letzten hundert Jahren sahen wir den Ausbruch von sieben symbiotischen Novae: AG Pegasi begann den Ausbruch zwischen 1841 und 1855, sie ist die älteste bekannte symbiotische Nova und noch immer aktiv. Die jüngste ist PU Vulpeculae, deren Ausbruch begann 1977. Dazwischen liegen die Ausbrüche von RT Ser, RR Tel, V1016 Cyg, HBV 475 und HM Sge.

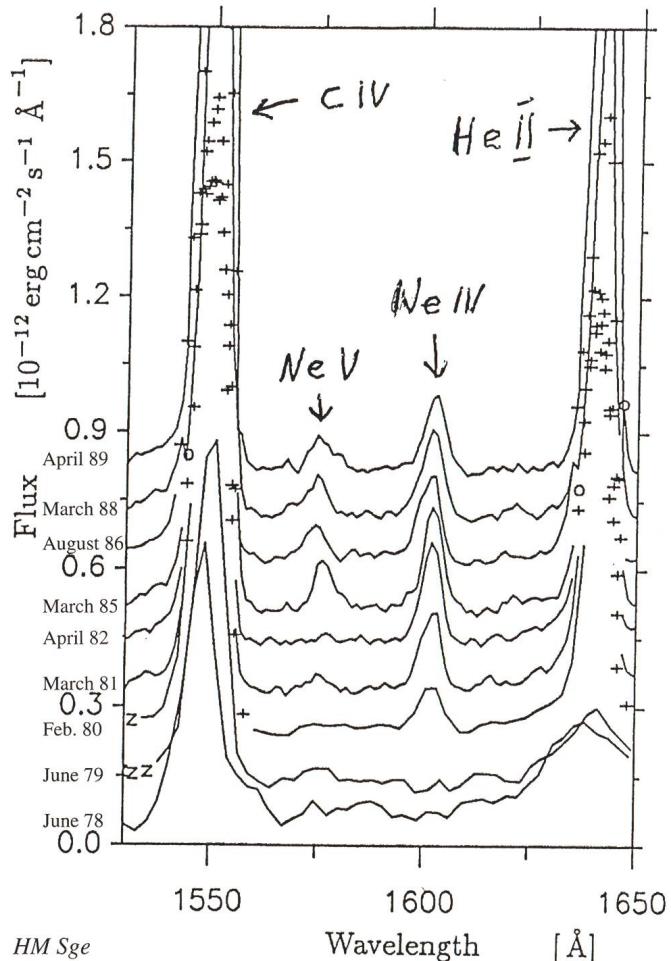


Modell eines Symbiotischen

Über einen Sternwind verliert der Rote Riese viel Materie. Der Wind bildet einen Gasnebel um das ganze System, und dieser wird vom heißen Stern ionisiert und damit zum Leuchten gebracht. Den heißen Stern selbst sieht man nur am Rande des heute gut zugänglichen UV-Spektralbereiches.

Was man über den heißen Stern weiß, lernt man hauptsächlich über das Studium des Nebels. Dazu benutzt man den erfolgreichsten aller bis jetzt geflogenen astronomischen Satelliten, nämlich IUE. Seit dem Jahre 1978 kreist dieser künstliche Satellit um die Erde und beobachtet 24 Stunden pro Tag.

IUE nimmt Spektren auf. Ich zeige Ihnen einen schmalen Ausschnitt aus dem Spektrum von HM Sge. Dieser Stern steigerte zwischen April und September 1975 seine Helligkeit um etwa einen Faktor 100. Die einzelnen IUE Beobachtungen sind an sich nicht spektakulär, hingegen zeigt die Serie eine faszinierende Entwicklung.

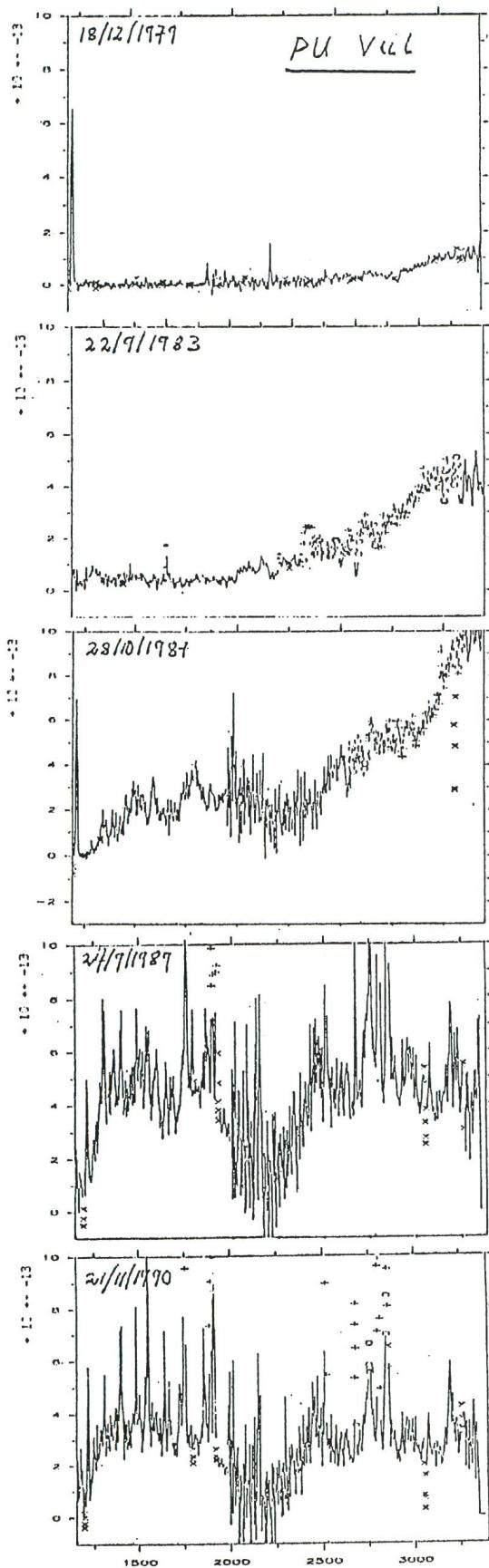


Die Beobachtungen zeigen eine Entwicklung zu höheren Ionisationsstufen und suggerieren daher eine über die Jahre steigende Strahlungstemperatur. Anderseits blieb sich die Leuchtkraft, also die gesamte Helligkeit seit 1976 immer etwa gleich. Der Verlauf von  $[\text{Ne IV}] \lambda 1601 / [\text{Ne V}] \lambda 1575$  weist auf eine stets wachsende  $T^*$ , mit  $T^* \approx 150000\text{K}$  für 1986.

Der  $T^*$ -Verlauf ist das eine, wie steht es mit der gesamten Helligkeit und mit dem Radius des heißen Sterns? Die Gesamtheit der Beobachtungen ist mit der Annahme verträglich, daß in erster Näherung die Gesamtleuchtkraft seit 10 Jahren ungefähr erhalten blieb. Mit der Zunahme in  $T^*$  bedeutet das natürlich eine Abnahme in  $R^*$ : Der heiße Stern in HM Sge wird heißer und kleiner.

Die jüngste symbiotische Nova ist PU Vul. Sie begann ihren Ausbruch 1978. Die Veränderung von Jahr zu Jahr wurde mitverfolgt. Die Abbildung zeigt das Spektrum zu fünf verschiedenen Zeiten. Ohne in Einzelheiten zu gehen, ist es ganz klar, dass hier gewaltige Veränderungen vor sich gehen.

(Siehe Bild nächste Seite).



Colliding winds

## ◀ Evolution of the spectra of PU Vul

Als das System nach einigen Monaten den Höhepunkt des Ausbruchs erreicht hatte, sah man einen Stern, etwas heißer als die Sonne, also um die 6 000 K, der im Laufe der folgenden Jahre heißer, aber auch kleiner wurde. Im letzten Jahr dürfte er etwa 40 000 K erreicht haben. Diesen Vorgang verfolgen wir weiter, und wir vermuten, dass der heiße Stern in einigen Jahren um die 100 000 K heiß sein wird. Dieser Stern ist aber noch aus einem andern Grund hoch interessant. Die relative Elementenhäufigkeit von C/N/O ist für einen Roten Riesen ganz anders, als für eine Nova. Während alle andern symbiotischen Sterne die Elementenhäufigkeiten der Roten Riesen zeigen, finden wir in PU Vul jene der Novae.



Aber was geschah und geschieht nun in diesen beiden Objekten, HM Sge und PU Vul? Ein normaler Stern ändert seinen Radius nicht um einen Faktor 20 innerhalb von 10 Jahren mit einer konstanten Leuchtkraft von  $10^4 L_\odot$ . Die Vermutung eines nova-ähnlichen Vorgangs drängt sich auf Aus den besprochenen Beobachtungen glauben wir den Ablauf einer symbiotischen Nova rekonstruieren zu können.

Im Gegensatz zur klassischen Nova läuft die Fusion in der symbiotischen Nova nicht explosiv, sondern während Dutzenden von Jahren ungefähr gleichmäßig. Aber während dem kurzen Ausbruch der klassischen und dem langen aber etwas weniger heftigen Ausbruch der symbiotischen Nova wird von beiden Systemen ungefähr gleichviel Energie abgestrahlt.

## 6. Was passiert zwischen den beiden Sternen ?

Als Letztes möchte ich Ihnen zeigen, wie symbiotische Novae den interstellaren Raum verändern.

Der Rote Riese verliert Materie durch einen Wind, der mit etwa doppelter Überschallgeschwindigkeit vom Stern wegfliegt. Wenn während des symbiotischen Nova-Ausbruchs der heiße Stern Masse verliert, so geschieht das mit etwa 100-facher Schallgeschwindigkeit. Dieser neue Wind schafft sich seine eigene Domaine, und es gibt eine Kollisionszone, die sich immer weiter in den interstellaren Raum ausbreitet. (Siehe vorige Seite)

Das kann den interstellaren Raum nachhaltig verändern. Da kann die Temperatur auf 1000 000 Grad hinaufschwellen; diese Regionen sind dann die Quelle von Röntgenstrahlung.

Die Erforschung dieser Phänomene ist noch jung. An der ETH in Zürich möchten wir mit einem Forschungsprojekt auf diesem Gebiet Pionierarbeit leisten.

## 7. Gesamtbild der Novae

### 7.1. Zusammenfassung der präsentierten Erkenntnisse

Der Nova-Ausbruch geschieht in einem Doppelsternsystem das einen Weissen Zwerghalt. Der Weisse Zwerghalt besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff. Seine Masse - ungefähr  $0.5 - 1 M_\odot$  - ist zu gering, als dass der Kohlenstoff zu noch schwereren Elementen fusionieren könnte. Aber im Doppelsternsystem kann der Weisse Zwerghalt vom andern Stern Wasserstoff aufnehmen, falls der andere Masse verliert. Wenn auf diese Art sich auf dem WZ etwa  $10^{-4} M_\odot$  H angelagert hat, setzt Kernfusion ein. Dieses Prinzip gilt für klassische wie für symbiotische Novae.

Bei der klassischen Nova ist das Doppelsternsystem sehr eng. Es besteht aus einem Hauptreihenstern und einem WZ. Der Hauptreihenstern verliert aber sehr wenig Masse. Diese fliesst über eine Akkretionsscheibe auf den WZ.

Die Akkretionsrate ist sehr gering, so dass die Impaktenergie stets weggestrahlt wird und die einfallende Materie sich sehr dicht gepackt anlagert. Wenn die Kernfusion einsetzt, ist sie explosiv heftig, und es ist anzunehmen, dass die vorher angelagerte Materie weggeschleudert wird. Das Doppelsternsystem setzt dann sein früheres Leben fort.

Das symbiotische System ist viel weiter getrennt. Der zweite Stern ist dort ein Roter Riese mit sehr grossem Masseverlust. Wegen der grossen Distanz zwischen den beiden Sternen wird nur ein sehr geringer Teil der verlorenen Masse vom WZ aufgenommen. Immerhin scheint die so gewonnene Masse so gross zu sein, dass sie sich auf dem WZ nicht so dicht packt, wie im Fall der klassischen Nova. Deshalb läuft der Fusionsprozess, wenn er einsetzt, eher langsam ab.



Akkretionsscheibe

Es scheint, dass in Bezug auf den Masseverlust der symbiotische Ausbruch an einer Grenze liegt, wo der Ausbruch sich entweder mit einem starken Aufblähen begnügt, oder wo Masseabwurf wie bei der klassischen Nova einsetzt, allerdings in geringerem Masse.

Beim Ausbruch einer Nova werden Energien frei, die der Abstrahlung der Sonne während 40 000 - 100 000 Jahren entsprechen. Das geschieht in der klassischen Nova innerhalb einiger Monate, bei der symbiotischen Nova ist der Ausbruch auf etwa 100 Jahre verteilt.

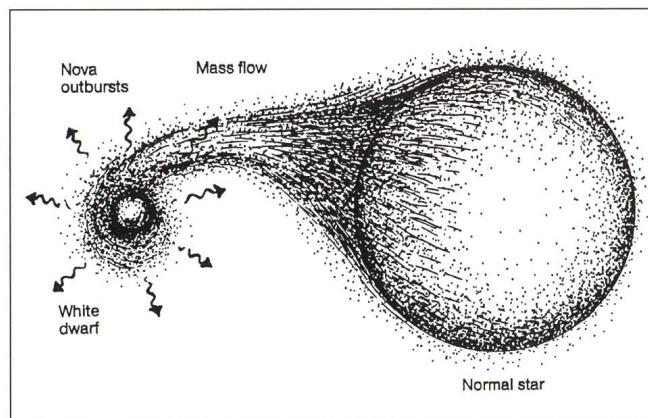


Bild: Roter Riese und ausbrechender Weisser Zwerghalt

Der Nova-Ausbruch ist die letzte Folge mehrerer Episoden von Masseaustausch zwischen zwei Sternen. Das geschieht im System der klassischen Novae aus nächster Nähe mit einschmeichelnder Sanftheit, aber mit explosiven Folgen. Im System der symbiotischen Novae geschieht es aus grösserer Distanz, aber dafür heftiger. Die Folgen sind nicht weniger dramatisch, aber das Drama erstreckt sich auf 100 Jahre statt auf 6 Monate.

PROF. H. NUSSBAUMER  
Institut für Astronomie  
ETH Zentrum  
8092 Zürich