

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 10 (1965)
Heft: 90

Artikel: Neues von neuen Sternen
Autor: Wild, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900040>

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: 06.05.2025

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

ORION

Mitteilungen der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

MAI - JULI

Nr. 90

3. Heft von Band X - 3^{ème} fascicule du Tome X

NEUES VON NEUEN STERNEN

Von Paul WILD, Bern

Im Sommer 1954 machte der junge Astronom M. F. WALKER bei lichtelektrischen Beobachtungen am 100-Zöller auf Mt. Wilson die überraschende Entdeckung, dass der Stern DQ Herculis, die einstige helle Nova von 1934, ein Bedeckungs-Veränderlicher ist, d.h. also ein enges Doppelsternpaar mit gegenseitiger Bedeckung bei jedem Umlauf (Abb. 1). Die Umlaufszeit beträgt nur $4^h 39^m$, die Tiefe des Hauptminimums rund 1 Grössenklasse, und aus dem Fehlen eines deutlichen Nebenminimums kann geschlossen werden, dass der Begleiter viel dunkler ist als der Hauptstern. Alle Versuche, aus der Lichtkurve und weiteren Beobachtungsdaten eindeutig die Bahnelemente und die Radien und Massen der beiden Komponenten herzuleiten, schlugen fehl. Die Lichtkurve ist leicht unsymmetrisch und ändert überdies ab und zu ihre Form ein wenig. Walker schloss, dass das System nicht nur die beiden Sterne, sondern ausserdem eine beträchtliche Menge lose strömenden heissen Gases enthalten müsse. Bestätigung und näheren Aufschluss vermochten die Spektren zu geben, die mehrmals mit den grossen Reflektoren in Kalifornien während eines ganzen Umlaufs aufgenommen wurden. Sie lassen folgende Anteile erkennen: (1) die Emissionslinien der dünnen, das ganze System einschliessenden Novahülle, die jetzt noch, 30 Jahre nach dem Ausbruch, sich mit einer Geschwindigkeit von 300 km/sec weiter ausdehnt; (2) ein schwaches Kontinuum, das während der Bedeckung fast ganz verschwindet; (3) breite Emissionslinien, die in der Lichtwechsel-Periode von $4^h 39^m$ eine variable Dopplerverschiebung von etwa 150 km/sec Amplitude erleiden, vor der Bedeckung gegen Rot, nach der Bedeckung gegen Violett. Der leuchtende

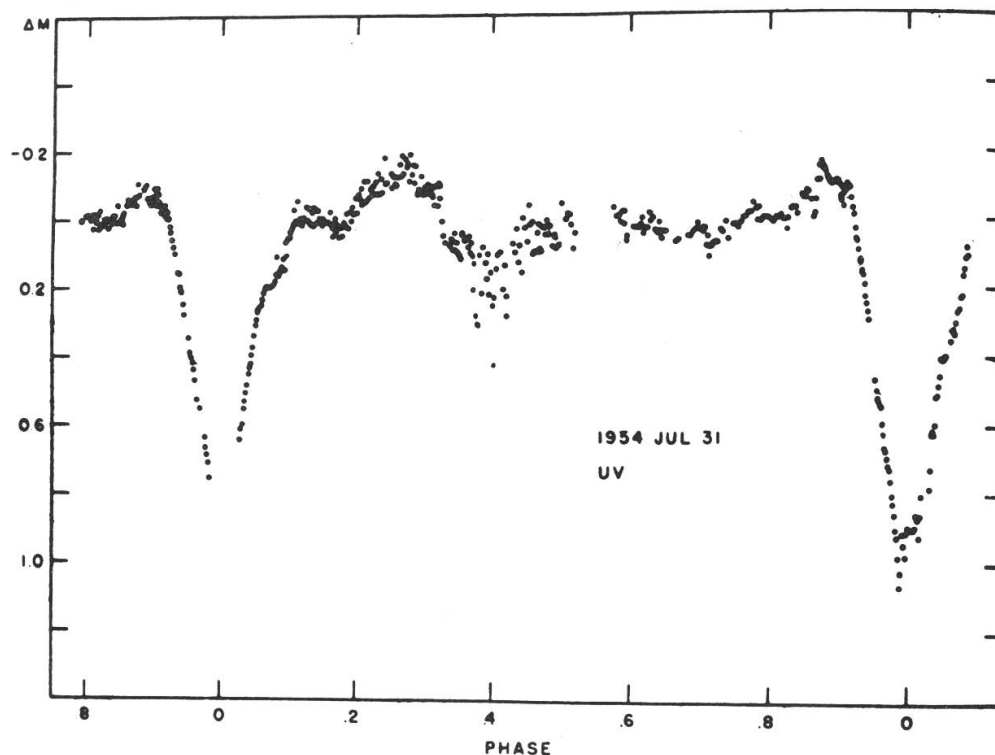


Abbildung 1: Ultraviolette Lichtkurve des Bedeckungs-Veränderlichen DQ Herculis (Nova Herculis 1934).

Körper, der diese Emissionen erzeugt, läuft offensichtlich auf einer Bahn von mindestens $279 \times 60 \times 150$ km Umfang (eventuell etwas mehr, da nicht die volle Radialgeschwindigkeit gemessen wird, falls wir die Bahn nicht genau von der Kante sehen). Die Breite dieser Linien ist ganz beträchtlich; sie entspricht einem Bereich von 900 km/sec in Radialgeschwindigkeit. Am interessantesten ist ihr Verhalten zur Zeit der Bedeckung: Während des Lichtabfalls verschwindet nach und nach von jeder dieser hellen Linien die kürzerwellige Hälfte (die aus einem auf uns zu sich bewegendem Gebiet stammt); nach dem Minimum dagegen taucht zuerst ebendiese Hälfte wieder auf und bleibt die andere, längerwellige (die ihren Ursprung in einem weglaufernden Gebiet hat) länger verborgen. Das einfachste Modell, das diese ziemlich komplexen Erscheinungen einigermaßen zu erklären vermag, wurde vom amerikanischen Astronomen R. P. KRAFT vorgeschlagen und ist in Abb. 2 dargestellt. Verfinsternder Körper ist ein grosser, kühler Stern, so lichtschwach, dass sein Spektrum bisher noch nicht gefunden werden konnte. Das Kontinuum wird erzeugt von einem wesentlich kleineren, blauen, heissen zweiten Stern. Dieser ist in der Bahnebene, die wir fast von der Kante sehen, von einem Ring oder einer Scheibe leuchtenden Gases umgeben, dessen innerste Partien mit 450 km/sec rotieren und das mit

seinen breiten Emissionslinien am meisten zum Gesamtlicht des Systems (ausserhalb der Bedeckung) beiträgt. Die wirkliche Strahlungsquelle ist freilich der heisse Zentralstern; seine reichliche Ultraviolett-Strahlung regt das Gas in seiner Umgebung zu fluoreszierendem Leuchten in sichtbarem Licht an. — Welche Komponente die Nova ist, steht nicht wirklich eindeutig fest, doch wurde bis jetzt als fast

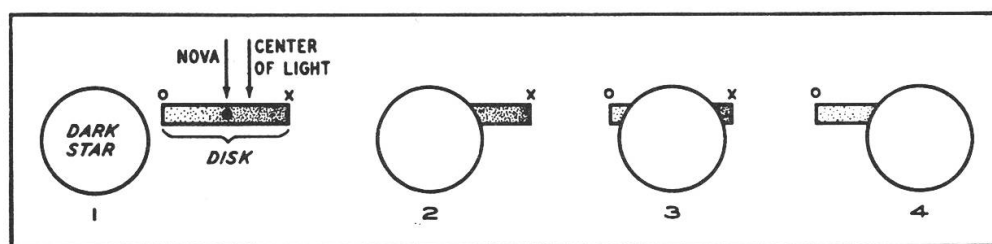


Abbildung 2: Schematisches Modell des Systems DQ Herculis.

selbstverständlich angenommen, dass es der blaue, kleinere Stern sei. Er ist nämlich auch jetzt, lange nach dem Abklingen des Novaausbruchs, nicht ruhig, sondern sein Licht schwankt regelmässig um etwa 0.05 Grössenklassen mit einer strikte eingehaltenen Periode von nur 71 Sekunden. Während der Bedeckung, wenn also der blaue Stern verfinstert ist, verschwindet diese Erscheinung.

Die Geschichte von DQ Herculis erregte begreiflicherweise Aufsehen unter den Astronomen. Es erhob sich sofort die Frage, ob der Stern schon vor dem Novaausbruch von 1934 doppelt gewesen sei. Auf alten Photographien fanden sich tatsächlich einige schwache Anzeichen für einen Bedeckungs-Lichtwechsel, doch waren sie nicht sicher genug zu verbürgen. Unterdessen hat sich aber gezeigt, dass DQ Herculis nicht ein Ausnahmefall ist, sondern dass viele — wenn nicht gar überhaupt alle — Exnovae und novaähnliche Veränderliche enge Doppelsterne sind. In der Tabelle (S. 104) sind einige belangreiche Daten zusammengestellt, die man in den letzten Jahren mit photometrischen und spektrographischen Untersuchungen an diesen sehr interessanten Sternen hat gewinnen können. Die sehr knappen Anmerkungen dazu mögen schon ein wenig die Schwierigkeiten andeuten, die einer zuverlässigen Bestimmung der physikalischen und der geometrischen Elemente dieser Sternpaare im Wege stehen. Alle Zahlen der hinteren Tabellenhälfte sind unsicher, und die vielen Lücken muss man sich vorläufig mit Fragezeichen gefüllt denken. Die Liste ist aber auch in

Stern	Ausbrüche	Min.	Max.	Spektren	Umlaufs- zeit	BV	i	Massen	a	R	M _v	Bem.
a) gewöhnliche Novae :												
DQ Her	1934	14 ^m	14 ^m	sdBe + Q	4 ^h 39 ^m	ja	77°	{ 0.12 0.20 }	0.40 0.24	? 0.25	+8½ >+9	1)
T Aur	1891	16	4		4 ^h 54 ^m	ja					? >+5	2)
GK Per	1901	13	0	sdBe +K2+Q	45 ^h 42 ^m	nein?		{ >1.3 >0.55 }	>1.7 >3.8		? +4½	3)
V 603 Aql	1918	11	-1	sdBe	3 ^h 20 ^m	nein?		{ }	>0.07 ?		? >+5	
b) rekurrente Novae :												
T CrB	1866/1946	11 ^m	2 ^m	sdBe+gM3+Q	227 ^d 6	streifend?	68°	{ 2.6 3.7 }	115 80	0.15 90	+4½ -½	4)
WZ Sge	1913/1946	15	7	sdBe + Q	1 ^h 22 ^m	ja	≈90°	{ ? 1.2 }			? >+11	5)
c) novaähnliche Veränderliche :												
SS Cyg	alle	50 ^d	12 ^m	8 ^m	6 ^h 38 ^m	nein	klein	{ >0.18 >0.20 }	>0.46 >0.44	0.1 0.6	+9½	
U Gem	"	100 ^d	15	10	4 ^h 14 ^m	ja	≈90°	{ }	0.63 ?			6)
RU Peg	"	70 ^d	13	11	8 ^h 54 ^m			{ >0.27 >0.32 }	>0.70 >0.57			7)
Z Cam			14½	10	ca. 7 ^h	ja	≈90°					
RX And	alle	14 ^d	13½	10	5 ^h 05 ^m				{ >0.20 ? }			
SS Aur	"	55 ^d	15	10½	3 ^h 30 ^m				{ >0.09 ? }			

Bei jedem Stern bezieht sich die erste Zeile auf die blaue Komponente, die zweite auf die rote.

a) Allgemeine Erläuterungen:

- Für die novaähnlichen Veränderlichen (heute auch gelegentlich Zwergnovae oder Novoeide genannt) sind in der Kolonne «Ausbrüche» die mittleren Zeitintervalle von einem Ausbruch zum nächsten angegeben; die einzelnen Intervalle schwanken ganz erheblich um diese Mittelwerte herum. (d steht für dies = Tag).
- Der Praefix g vor dem Spektraltyp bedeutet giant = Riese, d bedeutet dwarf = Zwerg, sd subdwarf = Unterzwerg. e heisst «mit Emissionslinien» (aus der Sternatmosphäre), und mit Q bezeichnet man das reine Emissionslinienspektrum leuchtenden zirkumstellaren Gases.
- Unter BV ist angegeben, ob der betreffende Stern ein Bedeckungs-Veränderlicher sei oder nicht.
- Die Umlaufzeit ist in erster Linie aus dem Bedeckungs-Lichtwechsel abgelesen, in zweiter Linie oder als Ersatz aus den Dopplerverschiebungen der Spektrallinien.
- i ist die Bahnneigung, d.h. der Winkel zwischen der Bahnnormalen und dem Visionsradius. (0° für senkrechten Einblick, 90° für Kantenansicht der Bahn).
- Die Massen sind in Einheiten der Sonnenmasse angegeben.
- a sind die Bahnradialen (Abstände vom Schwerpunkt), in Mio. km.
- R sind die Sternradialen, in Mio. km.
- M ist die visuelle absolute Helligkeit. Sie wurde in den meisten Fällen aus der statistischen Beziehung zwischen Leuchtkraft und Steilheit des Helligkeitsabfalls nach dem Novaausbruch bestimmt.
- > bedeutet «grösser als» (bei Helligkeiten also «schwächer»!).

b) Individuelle Bemerkungen:

- 1) Der B-Stern im System DQ Herculis ist von einem leuchtenden Gasting umgeben.
- 2) Von T Aurigae liegen wegen seiner geringen Helligkeit noch keine Spektren hoher Dispersion vor.
- 3) Das Spektrum der roten Komponente von GK Persei variiert erratisch zwischen demjenigen eines Riesen und demjenigen eines Zwergsterns.
- 4) Es gibt gewisse Anzeichen dafür, dass im System T Coronae Borealis just streifende Bedeckungen stattfinden. Die Bahnneigung von 68° und alle weiteren Grössen beruhen auf dieser Annahme. Ist die wirkliche Neigung kleiner, so sind die Massen und die Bahnradialen grösser als hier angegeben; es ist $M \sin^3 i = 2.1$ und $2.9 M_{\odot}$, $a \sin i = 105$ und 75 Mio. km.
- 5) Das Spektrum von WZ Sagittae ist sehr komplex und noch nicht befriedigend gedeutet. Die B-Komponente ist ein typischer Weissler Zwerg mit sehr verwaschenen Absorptionen, deren Verschiebung nicht gemessen werden kann. Die Emissionen scheinen von einem leuchtenden Ring zu stammen, mit einem besonders hellen Knoten, der jeweilen bedeckt wird.
- 6) Die Helligkeit von U Geminorum steigt jedesmal im letzten Drittel vor der Bedeckung beträchtlich an; man vermutet als Ursache einen hellen Flecken auf dem heissen Stern oder aber einen einseitigen, besonders stabilen leuchtenden Gasstrom.
- 7) Die G-Komponente von RU Pegasi zeigt uns stets zur Zeit des Lichtminimums, wenn wir also auf die dem blauen Stern abgewandte Seite blicken, das Spektrum eines Zwergsterns, bei der untern Konjunktion des blauen Sterns dagegen dasjenige eines Riesen! Der G-Stern ist offensichtlich stark deformiert infolge der Nähe seines Partners.

anderer Hinsicht sehr unvollständig. Einerseits wurden bis jetzt noch lange nicht alle Exnovae überhaupt untersucht. Andererseits konnten einige nicht als Doppelsterne erkannt werden, z.B. die Novae Ophiuchi 1848, Lacertae 1910, Lyrae 1919 und die rekurrente Nova RS Ophiuchi (1898, 1933 und 1958). Es ist anzunehmen, dass wir diese Systeme mehr oder weniger en face sehen (Bahnneigung klein); dann wird eben die Radialgeschwindigkeits-Komponente praktisch null und auch eine Bedeckung unmöglich. Bei RS Ophiuchi würde überdies eine nicht besonders tiefe Bedeckung wahrscheinlich unbemerkt untergehen in den andauernden beträchtlichen und unregelmässigen Schwankungen seiner Helligkeit und seines Spektrums. Aehnlichen Schwierigkeit begegnet man mit dem novaähnlichen Veränderlichen AE Aquarii, bei dem in schneller, aber unregelmässiger Folge ein Ausbruch den andern jagt. Spektrum und Lichtkurve dieses Sterns sind sehr schwer zu deuten; sicher sind Ströme leuchtenden Gases in seiner Umgebung vorhanden, ähnlich wie z.B. bei DQ Herculis und WZ Sagittae. Ferner sollten in die Tabelle eigentlich noch einige enge Doppelsterne aufgenommen werden, die physikalisch sehr den hier besprochenen gleichen, aber noch nie bei einem novaähnlichen Ausbruch ertappt wurden. Von ihnen verdient besondere Erwähnung das System UX Ursae Majoris, das fast identisch ist mit DQ Herculis, samt dem Gasstrom um die blaue Komponente.

Trotz allen Mängeln und Unsicherheiten ist aus der Tabelle folgendes ersichtlich: Die Novae und ihre Verwandten sind relativ enge Paare von je einem heissen, blauen und einem kühleren, gelben oder roten Stern. Die blauen Komponenten sind teils richtige Weisse Zwerge, teils noch von etwas höherer Leuchtkraft, jedenfalls aber im Hertzsprung-Russell-Diagramm *unter* der Hauptreihe gelegen. Unter den kühleren Komponenten kommen Riesen und mehr oder weniger normale Hauptreihensterne vor; immer aber ist ihr Durchmesser von der gleichen Grössenordnung wie der gegenseitige Abstand der beiden Sterne. Eine solche Ehe eines kühlen Riesen mit einer feurigen Zwergin ist kein stabiler Zustand, und hierin liegt möglicherweise eine der Ursachen der Novaausbrüche. Um das zu verstehen, müssen wir sowohl etwas Himmelsmechanik als auch ein bisschen Astrophysik zu Hilfe nehmen.

Abbildung 3a zeigt die Flächen gleichen Potentials im kombinierten Schwerfeld eines Doppelsterns. Wird ein dritter Körper von sehr geringer, selber nicht störender Masse von einem der beiden Sterne ausgeschleudert, so muss er bei ungenügender kinetischer Energie an seinen Mutterstern gebunden bleiben (Grenzflächen seiner Bewegung sind separate Ellipsoide um jede Komponente), bei grösserer (doch wieder nicht allzu hoher) Anfangsgeschwindigkeit dagegen kann er auf komplizierter Bahn um beide Sterne fliegen (hantelförmige Grenz-

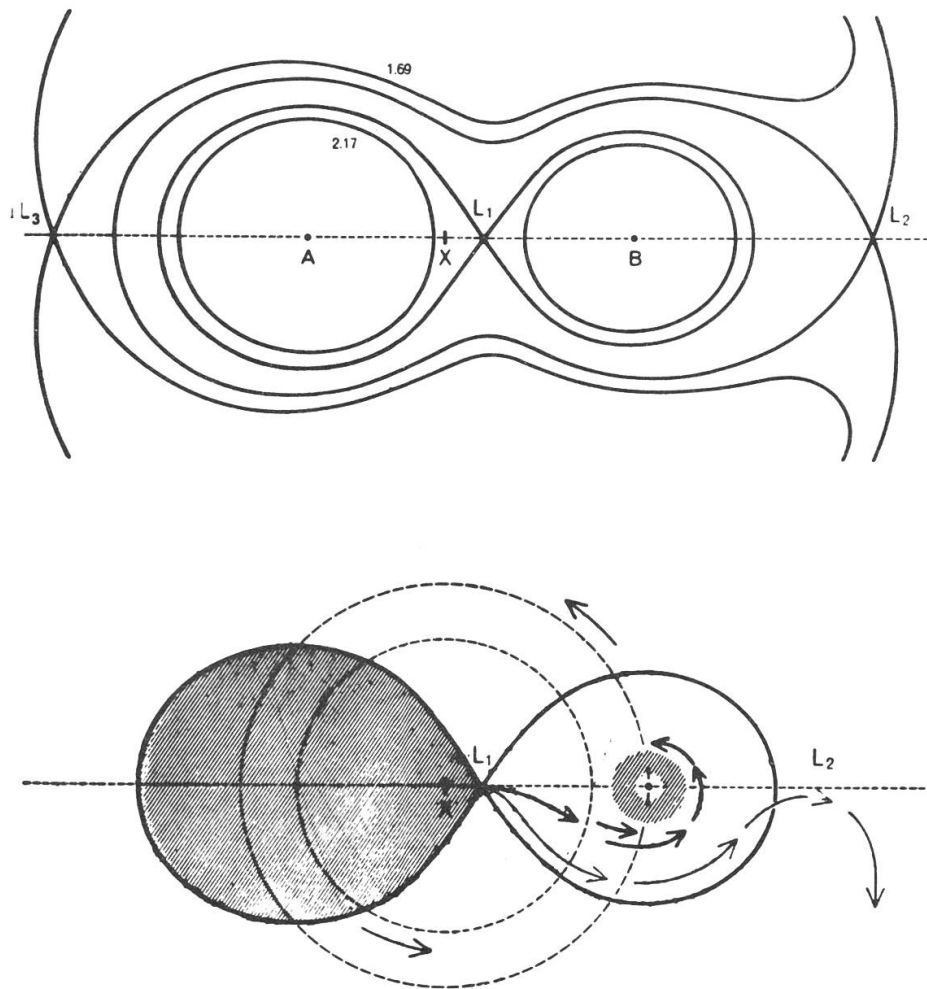


Abbildung 3:

- a) Die Flächen konstanten Potentials (Grenzflächen der Bewegung eines dritten, masselosen Körpers) im kombinierten Schwerefeld zweier Sterne A und B, für verschiedene Werte der Energie. Die Fläche, die den inneren Librationspunkt L_1 enthält (als singulären Punkt), wird die Rochesche Fläche des Systems genannt.
- b) Schematisches Modell eines Doppelstern-Systems, in welchem die eine Komponente ihren Teil der Rocheschen Fläche ausfüllt. Durch den Punkt L_1 strömt Materie gegen den kleineren Stern hinüber; ein Teil davon umgibt diesen mit einem Ring, ein Teil geht durch den äusseren Librationspunkt L_2 dem System verloren.

flächen). Der Uebergang von einer Bewegungsart zur andern geschieht bei der Energie, für die der Querschnitt der Grenzfläche die Form einer Acht hat. Die gemeinsame Spitze der beiden Schleifen heisst der innere oder erste Librationspunkt des Systems (L_1 in der Figur). Er ist nicht identisch mit dem Punkt, in dem die Anziehungskraft der beiden Sterne gleich gross ist, liegt aber wie dieser zwischen dem Schwerpunkt und dem weniger massiven Stern. Die spezielle Grenzfläche, die diesen Punkt enthält, heisst die Rochesche Fläche des betrachteten Doppelsternsystems. Nun sind gerade die Oberflächen der Sterne Flächen

gleichen Potentials, und jede Komponente eines Doppelsterns kann höchstens ihren Teil der Rocherschen Fläche ausfüllen; Atome, die sich jemals weiter aussen befinden, sind frei, sich um beide Sterne oder gar (bei noch höherer Anfangsenergie) ganz vom System fort zu bewegen. Bei den Novae und ihren Verwandten scheint nun tatsächlich gerade das einzutreten: der kühlere, dunklere Stern füllt seine Roche-sche Fläche aus. Er ist « zugespitzt » im Librationspunkt (siehe den Befund an RU Pegasi, Anmerkung 7 zur Tabelle), und von dort strömt bei der geringsten Störung Materie weg zum andern, blauen Stern hin-über und zum Teil wohl auch durch den äusseren Librationspunkt L_2 fort ins Weltall hinaus (Abb. 3b). Aus solcher Materie werden offensichtlich die Ringe oder Ströme von Gas gespiessen, die in etlichen Systemen spektroskopisch festgestellt sind.

Man wird sich fragen, wie denn derart labile Doppelsterne überhaupt entstehen konnten. Wir müssen dazu einige Grundzüge der Theorie der Sternentwicklung in Erinnerung rufen (Abb. 4): Wenn ein Stern auf der

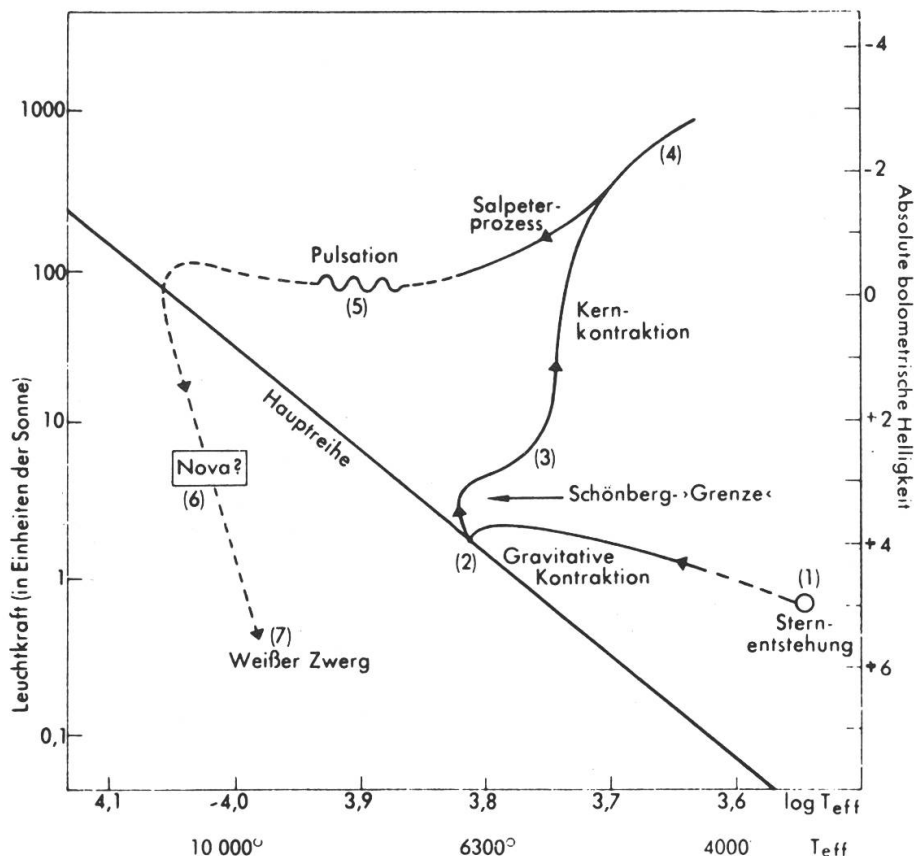


Abbildung 4: Schematisches Hertzsprung-Russell-Diagramm mit theoretischen Entwicklungslinien für Einzelsterne. (4) ist das Gebiet der Roten Riesen. Die weitere Entwicklung von dort weg ist ziemlich unsicher. Die Komponenten enger Doppelsterne gelangen gar nie in jenes extreme Riesen-Stadium, sondern können wegen der « Abschöpfung » an der Rocheschen Fläche auf einem wesentlich kürzeren Weg ins Feld der Weissen Zwerge gelangen.

Hauptreihe des Hertzsprung-Russell-Diagramms im innersten, heissesten Sechstel seiner Masse den Wasserstoff zu Helium verbrannt hat, beginnt der Kern weiter zusammenzusacken und sich aufzuheizen; das treibt die äusseren Schichten auseinander: der Stern wird zum Roten Riesen «aufgeblasen» und wandert im Hertzsprung-Russell-Diagramm von der Hauptreihe ab nach rechts oben. Im Kern beginnt dann Helium sich weiter zu verwandeln, in schwerere Elemente, und dabei wird so viel Energie frei, dass schon von der Oberfläche einzelner isolierter Sterne fortzu Materie in den Raum hinaus «abgeblasen» wird, wie A. J. DEUTSCH spektroskopisch an α Herculis und andern Roten Riesen und Ueberriesen nachgewiesen hat. Umso viel eher wird natürlich die Riesen-Komponente eines engen Doppelsterns durch ihre Rochesche Fläche hindurch (speziell durch den Librationspunkt) in grossem Ausmass Materie verlieren. Bei ruhiger Entwicklung fliesst wohl in ständigem Strom Materie nach; aber es ist auch denkbar, dass die Entwicklung in Schüben geschieht und der rote Stern dabei jedesmal aufflammt. Es scheint indessen wenig plausibel, dass ein solcher Schub die Energie eines vollen Novaausbruchs hätte. Im Nova-Phänomen spielt wahrscheinlich auch die Physik des blauen Sterns eine bedeutende Rolle.

Die absoluten Helligkeiten und zum Teil auch die Spektren direkt zeigen, dass die blauen Komponenten nicht Hauptreihensterne sind, sondern entweder vollendete oder angehende Weisse Zwerge. Weisse Zwerge stellen wahrscheinlich das letzte Stadium der Sternentwicklung dar. Sie haben ihre Atomenergie-Quellen praktisch erschöpft und zehren nun noch von den inneren Vorräten an Gravitations- und an thermischer Energie. Sie sinken allmählich zu gewaltigen Dichten zusammen, und ihre Materie befindet sich im sog. entarteten Zustand. Eine seiner Besonderheiten ist es, dass die Zustandsgleichung Druck und Dichte allein miteinander verknüpft und die Temperatur keinen Einfluss mehr hat. Ein Weisszer Zwerg kann eine Temperaturerhöhung, die irgendwo in seiner degenerierten Materie und aus irgendwelchem Grunde eingetreten ist (z.B. weil frischer Brennstoff dazukam und neue Energie erzeugte), nicht sogleich durch Ausdehnung oder Strahlung wettmachen, sondern er verharrt im selben physikalischen Zustand, bis eventuell die Temperatur hoch genug gestiegen ist, dass die Materie aus dem entarteten wieder in den normalen Zustand zurückkehrt. Das kann unter Umständen explosiv geschehen und gewaltige Energien freisetzen.

Aus den skizzierten mechanischen und astrophysikalischen Ueberlegungen haben einige amerikanische Astronomen — namentlich J. A. CRAWFORD und R. P. KRAFT — die folgende Hypothese von der Entwicklung enger Doppelsterne zu Novae kombiniert: Die Komponente I soll ursprünglich massiver gewesen sein als die Komponente II. Sie

entwickelte sich deshalb rascher von der Hauptreihe weg zum Roten Riesen und gab über ihre Rochesche Fläche hinaus nach und nach so viel Materie an II (und in den Raum hinaus) ab, dass das Massenverhältnis sich umkehrte. I alterte dabei vorzeitig, II verjüngte sich (weil die übertragene Materie vor allem frischer Wasserstoff aus den unverbrauchten Oberflächenschichten war). Bis dahin war kein aussergewöhnlicher Prozess im Spiel; und dieser paradoxe Zwischenzustand — nämlich dass die jetzt weniger massive Komponente I physikalisch weiter entwickelt ist — findet sich durch die Beobachtung glänzend bestätigt an vielen engen Doppelsternen. Gefährlich wird aber die Situation, wenn der frühreife Stern I schon ein Weisszer Zwerg geworden ist und II erst dann ins Stadium des Roten Riesen tritt. II gibt nun seinerseits frischen Wasserstoff an I ab, der sich dort (wenigstens bei reichlichem Nachschub) schliesslich entzündet und die entartete Materie des Weisszen Zwergs immer mehr aufheizt und früher oder später zur Explosion treibt. Deren Stärke wird sich nach der Ausdehnung des aufgeheizten Gebiets richten. Falls sich fast die ganze Sternmasse plötzlich aus der Entartung löst, so entsteht ohne Zweifel eine Supernova; bleibt der Prozess dagegen auf kleinere Gebiete nicht allzu tief unter der Oberfläche beschränkt (wo die Aufheizung begann), so dürfte ein gewöhnlicher Novaausbruch die Folge sein. (Dass sich die Ausbrüche wiederholen, ist begreiflich, bleiben doch noch weite Gebiete des Weisszen Zwergs degeneriert und der Gasstrom vom kühleren Stern her über längere Zeit aufrecht erhalten). Diese etwas skurrile Hypothese vom unglücklich endenden Hin und Her der Materie hat den treffenden Spassnamen «Hund frisst Hund» erhalten. Man darf sie bestimmt nicht leichtlich ins Reich der Phantasie verweisen; und übrigens übertrifft ja die Natur immer wieder die kühnste menschliche Phantasie. Es bestehen aber doch mindestens zwei bedeutende Schwierigkeiten: erstens ist nicht einzusehen, wie die Aufheizung der entarteten Materie auf ein kleines Gebiet beschränkt bleiben könnte; nach aller Theorie sollte das Elektronengas die Wärme rapid weiterleiten, und der ganze Weissze Zwerg würde gleichmässig aufgeheizt, ehe die Katastrophe eintreten kann; es dürfte also nur Supernovae geben, keine gewöhnlichen Novae. Und zweitens können die blauen Komponenten einiger der in der Tabelle angeführten Paare gar nicht eigentliche Weissze Zwergze sein, weil ihre Masse zu gross ist (so in T Coronae Borealis und in GK Persei). Es lässt sich nämlich theoretisch zeigen, dass Sterne mit mehr als etwa 1.4 Sonnenmassen entarteter Materie selbst über kurze Zeit nicht stabil sein können, sondern entweder die überschüssige Masse abstossen oder aber total zusammenbrechen müssen. (Die Gravitation wäre in solchen Gebilden grösser als der Druckgradient, ohne Möglichkeit eines mechanischen Gleichgewichts).

Unter den zahlreichen weiteren Theorien des Nova-Phänomens ist wohl am weitesten entwickelt und am besten begründet diejenige des französischen Astrophysikers E. SCHATZMAN: Die gegenseitige Umkreisung eines engen Doppelsternpaares muss in beiden Komponenten erzwungene nicht-radiale Schwingungen erzeugen und aufrecht erhalten. Sie sind normalerweise gedämpft, können jedoch bei Resonanz zwischen Bahnumlauf und Eigenschwingung einer Komponente grössere Ausmasse annehmen und u.U. explosionsartig verlaufende Atomkernreaktionen auslösen. Am ehesten könnte das der letzte Schritt der in den Sternen sehr wichtigen Proton-Proton-Reaktion sein, der lautet: $\text{He}^3 + \text{He}^3 \rightarrow \text{He}^4 + \text{H}^1 + \text{H}^1$. Schatzman stellt sich also eine Nova als Wasserstoffbombe vor, gezündet durch die immer ausgeprägter werden den Verdichtungen im Laufe der Schwingungen, die vom Umlauf des Begleiters aufgeschaukelt werden. Die Resonanz braucht nicht von Anfang an vorhanden zu sein, sondern wird im allgemeinen erst im Laufe der Entwicklung des betroffenen Sterns entstehen. Die kürzesten Umlaufzeiten unter den hier diskutierten Doppelsternen betragen einige Stunden, während die Eigenschwingungs-Periode eines typischen Weissen Zwerges nur ungefähr eine Minute ist (vgl. die 71 sec-Oszillation des blauen Sterns im System DQ Herculis!). Resonanz scheint hier fraglich, und es kämen vielleicht eher die kühleren Komponenten als Objekte der Störungen und damit schliesslich als die eigentlichen Novae in Betracht. Ein Vorzug der Schatzmanschen Hypothese ist u.a., dass zu den von ihm betrachteten nicht-radialen, nämlich polaren (auf den andern Stern ausgerichteten) Schwingungen sehr gut die wiederholte spektroskopische Feststellung passt, dass Novae beim Ausbruch statt ebenmässigen Kugelhüllen Kalotten, Ringe und Kegelflächen ausstossen. Nicht ohne weiteres einzusehen ist dagegen, warum der von Schatzman untersuchte Prozess nur an Sternen wirksam sein soll, die ihre Rochesche Fläche ausfüllen. Vielleicht kann er in jenen Fällen am leichtesten funktionieren. Vielleicht sehen wir aber auch in der ersten Begeisterung zu viele von jenen überströmenden Sternen.

Die Vielfalt der individuellen Eigenheiten der Novae ist so gross, dass man sie vermutlich überhaupt nicht alle mit einer einzigen Theorie erklären kann. Jedenfalls sind heute noch manche Punkte in diesem Bild ziemlich dunkel; zu ihrer Klärung werden noch viele Novae aufleuchten müssen, aber auch dann und wann ein Geistesblitz.

Adresse des Verfassers:

Paul WILD, Astronomisches Institut, Sidlerstrasse 5, 3000 Bern.