

UPDATE - Die neue helle Supernova 2017eaw [30. Mai]

Am 14. Mai tauchte – natürlich völlig unvermutet – ein „neuer“ heller Stern im Sternbild *Schwan* (Cyg) [1] auf, eine **Supernova** [1, 2]. Die Supernova **SN 2017eaw** [1, 2] ist relativ rasch nach ihrem Auftauchen am Sternenhimmel beobachtet worden, jedoch ist Vieles immer noch unklar.

SN II-P und Lichtkurve

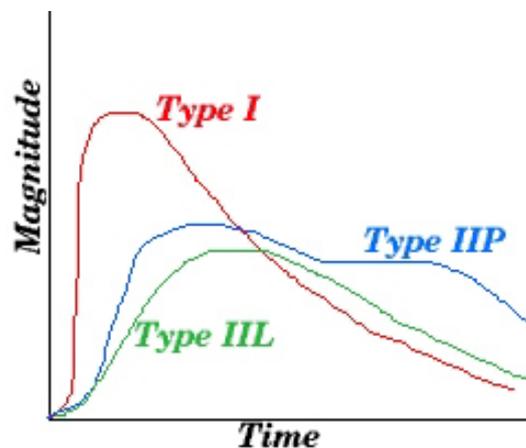
Spektroskopische Beobachtungen [1] der Supernova haben sie als Supernova vom **Typ II-P** [1] identifiziert. Supernovae dieses Typs entstehen aus dem Kollaps des Kerns eines entwickelten Sterns. Entgegen dem Verhalten des bekannteren *Typs Ia* [1] dauert das Helligkeitsmaximum der Supernovae II-P länger, meistens etwa 100 Tage und bildet ein *Helligkeitsplateau* [1]. Jedoch sind die SN II-P wahrscheinlich viel häufiger als die SN I. Den zeitlichen Verlauf der Helligkeitsentwicklung einer Supernova bezeichnet man als **Lichtkurve** [1] (Abb. 1).

Abb. 1
Schematische Lichtkurve einer Supernova vom Typ II-P im Vergleich.

Im Vergleich zu den bekannteren Supernovae vom **Typ I** liegt zwar die Maximalhelligkeit von Supernovae vom **Typ II-P** niedriger, jedoch dauert diese Maximalphase länger an; man bezeichnet dies als Helligkeitsplateau.

[y-Achse: Helligkeit; x-Achse: Zeit]

© physics.weber.edu



Entdeckt man eine SN II-P bereits in ihrer Frühphase, kann aus den Eigenschaften dieses Teils der Lichtkurve auf die des Vorgängersterns geschlossen werden; dabei hängt die Lichtkurve, insbesondere die Maximalhelligkeit, empfindlich von dem Radius des Vorgängersterns ab.

Der **Helligkeitsabfall** der Lichtkurve (Abb. 1) bestimmt sich durch den *radioaktiven Zerfall* [1] von *Nickel* (^{56}Ni) in *Kobalt* (^{56}Co) [1]. Bei SN II-P ist dieser Verlauf flacher als bei SN I. Neben der etwa 100-tägigen Plateauphase der SN II-P entsteht zusätzliche Energie durch die sich aufheizende abgeschleuderte Materie.

Das **Plateau** entsteht durch die *Ionisation* [1] von Wasserstoff, der sich vor dem Supernovaeignis in der Hülle des Vorgängersterns befand. Wenn die durch den Aufprall der von außen einfallenden Materie auf den bereits kollabierten Kern entstehende Schockwelle nach außen wandert, heizt sie den Wasserstoff bis auf mindestens 100.000 Grad auf. Dabei ionisiert der Wasserstoff und wird so dicht, daß er Licht, das vom Kern nach außen läuft, verschluckt (*absorbiert* [1]). In diesem Fall können wir lediglich die Strahlung der äußeren Hüllen des Vorgängersterns beobachten; dieses „Licht“ bleibt während der folgenden etwa 100 Tage konstant und erzeugt das Plateau der Lichtkurve.

Daher verläuft das Absinken der Helligkeit nicht linear wie bei dem Typ II-L [1] (Abb. 1). Die Geschwindigkeit der abgeschleuderten Materie lag im Fall der SN 2017eaw am 15. Mai bei rund 14.000 Kilometer pro Sekunde. Mithilfe der beobachteten Helligkeit kann die Menge des von der Supernova synthetisierten Nickels abgeschätzt werden.

Die aktuelle Lichtkurve der SN 2017eaw

Die **aktuelle Lichtkurve** der neuen Supernova (Abb. 2) seit ihrer Entdeckung am 14. Mai zeigt einen schnellen Anstieg der Helligkeit am 14. Mai. Danach steigt die Helligkeit langsamer und stabilisiert sich etwa drei Tage später, um den 17. Mai und liegt zur Zeit, am 28. Mai, bei etwa 12,9 mag.

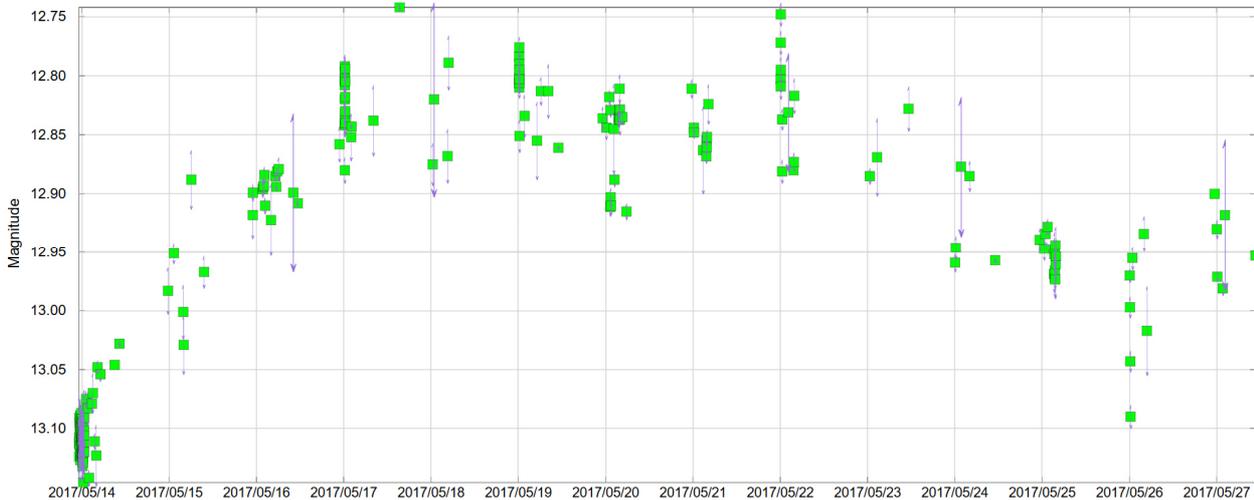


Abb. 2 Die Lichtkurve der SN 2017eaw.

Kurz nach ihrer Entdeckung stieg die Helligkeit der Supernova schnell an. Danach stabilisierten sich die Helligkeitswerte zu einem Plateau. Die grünen Quadrate entsprechen den rund 200 Beobachtungen seit der Entdeckung der Supernova am 14. Mai. Die vertikalen Balken sind Fehlerbalken.

© AAVSO

Der Vorgängerstern - Theorie

Bei dem **Vorgängerstern der SN 2017eaw** handelt es sich wahrscheinlich um einen *massereichen Stern* [1], dessen Geburtsmasse mindestens 8 *Sonnenmassen* [1] betrug, einen *Roten oder Gelben Überriesenstern* [1]. Der Massebereich dieser Vorgängersterne liegt zwischen 9 und etwa 20 Sonnenmassen.

Am Ende seiner Entwicklung geht der **Ofen im Sterninnern** sozusagen aus; er kann keine weitere Energie durch *Kernfusion* [1] erzeugen und wird instabil. Der Stern kollabiert unter seiner eigenen Masse (*Kernkollaps* [1]). Die äußeren Schichten des *Überriesensterns* [1] bemerken diesen Kollaps zunächst nicht, fallen dann jedoch auf den kollabierten Kern und werden von diesem nach außen, in den Weltraum, weggeschleudert.

Der Aufprall der von außen einfallenden Materie (auf den Kern) erzeugt eine *Schockwelle* [1], die nach außen läuft und die Materie dabei auf mehrere 100 Millionen Grad aufheizt. Dabei entstehen Elemente (*r-Prozess* [1]), die schwerer als *Eisen* [1] sind – wie sie beispielsweise auf unserem Planeten Erde vorkommen.

Die Vorgängersterne von SN II-P können etwa 5 Jahre nach dem Supernovaereignis nicht mehr nachgewiesen werden.

Der Vorgängerstern der SN 2017eaw - Beobachtung

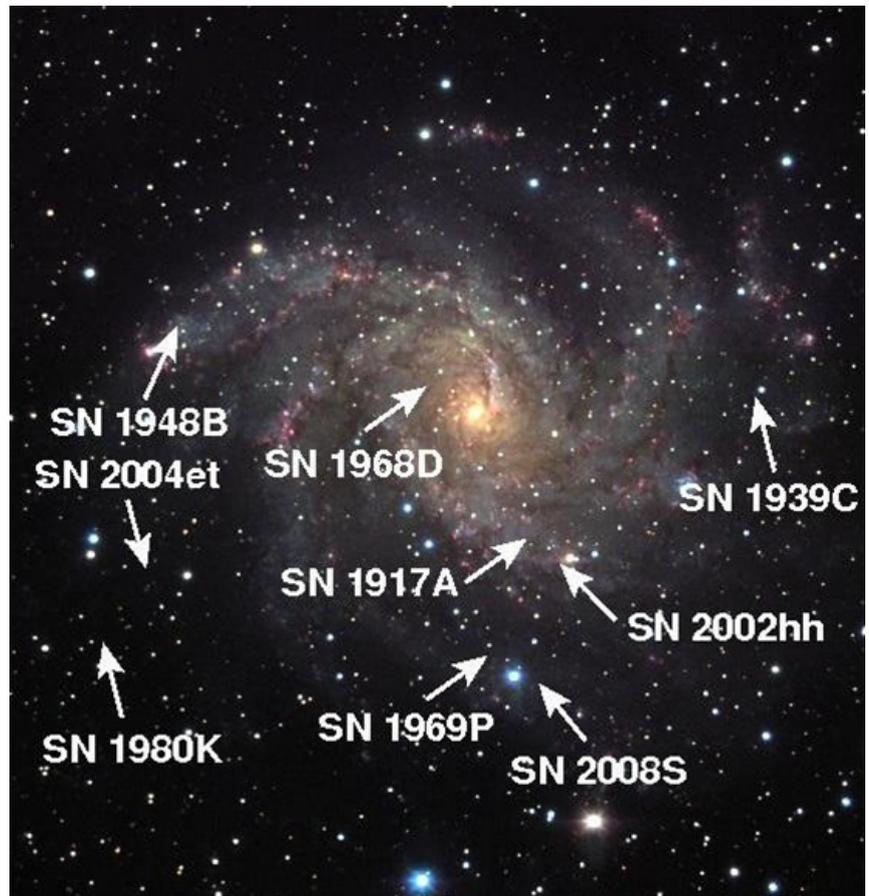
Die 22 Millionen *Lichtjahre* [1] entfernte *Galaxie NGC 6946* [1, 2], in der die SN 2017eaw beobachtet wird, ist eine sog. **Starburst-Galaxie** [1], d.h. die Galaxie durchläuft derzeit eine intensive und schnelle *Sternentstehungsphase* [1]. Dabei entstehen durchschnittlich viel mehr Sterne als beispielsweise in der *Milchstraße* [1] oder der *Andromedagalaxie* (M31) [1]. Daher konnte man innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne in dieser Galaxie insgesamt 10 Supernovae beobachten (Abb. 3). Je mehr massereiche Sterne entstehen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß viele von ihnen als Supernova enden.

Abb. 3

Positionen der bisher bekannten Supernovae in der Galaxie NGC 6946.

Bei der Galaxie NGC 6946 handelt es sich um eine Starburst-Galaxie. Bisher wurden außer der SN 2017eaw innerhalb der letzten Jahre 9 weitere Supernovae entdeckt. Innerhalb der letzten 15 Jahre wurden in dieser Galaxie insgesamt 4 Supernovae beobachtet!!!

© goucher.edu



Wer ist der Vorgängerstern der SN 2017eaw?

Aufnahmen aus dem Archiv der *US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA* [1] zeigen **keinen** bekannten Vorgängerstern der SN 2017eaw im Umkreis von 3 *Bogensekunden* [1] (Abb. 4) [3]:

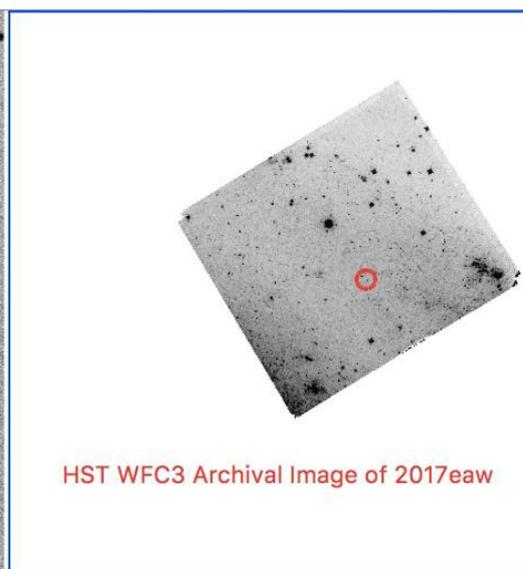
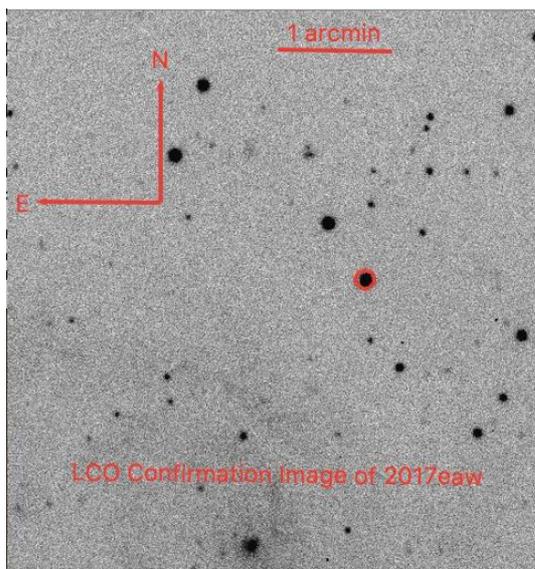


Abb. 4 Die Suche nach dem Vorgängerstern der SN 2017eaw.
 Aufnahmen des *Weltraumteleskops Hubble* (HST) [1] zeigen keinen bekannten Vorgängerstern an der Position der SN 2017eaw (links, roter Kreis).
 © Las Cumbres Obs. (links) // ESA/NASA/Hubble (rechts)

Auf Aufnahmen der ASAS [1] ist an der Position der SN 2017eaw ebenfalls **kein** Vorgängerstern zu entdecken (Abb. 5):

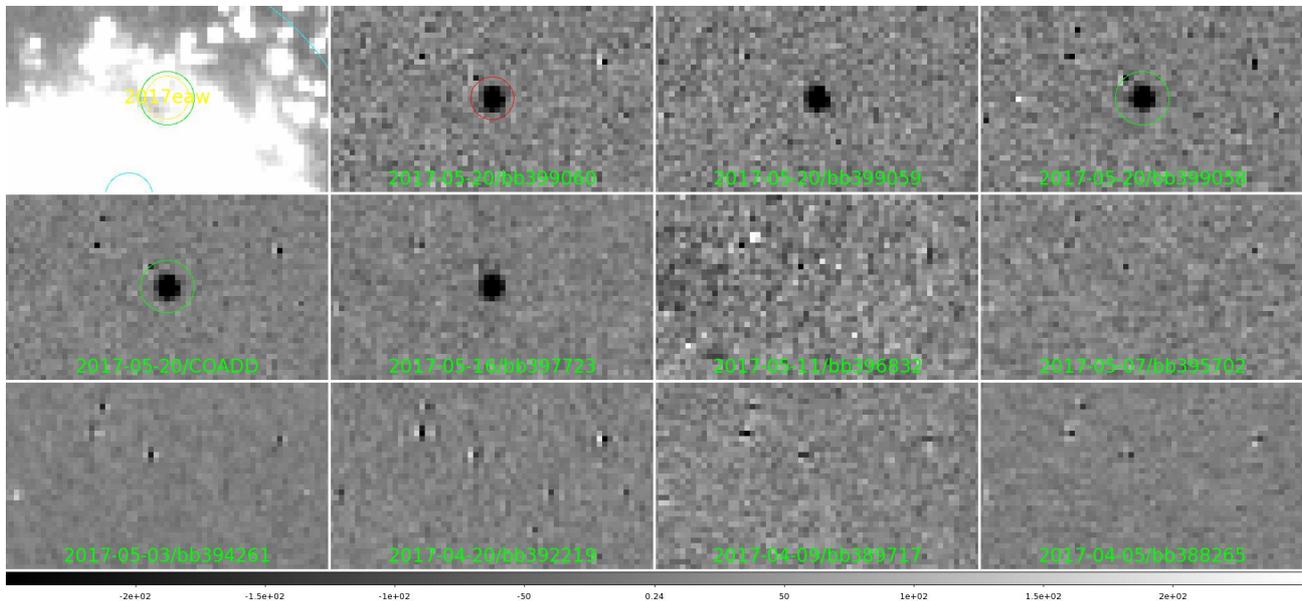


Abb. 5 Die Suche nach dem Vorgängerstern der SN 2017eaw.
 Aufnahmen der ASA zeigen ebenfalls keinen bekannten Vorgängerstern an der Position der SN 2017eaw.
 [Neueste Aufnahme: links oben; älteste Aufnahme: rechts unten; Beschriftung: JJ-MM-TT]
 © ASAS/twitter.com

Ein möglicher Vorgängerstern müßte sich bei der **Position** $\alpha = 20\text{h } 34\text{m } 44,238\text{s}$ und $\delta = +60\text{h } 11' 36,00''$ befinden (Unsicherheit in *Rektaszension* [1] $\alpha = 0,08''$, *Deklination* [1] $\delta = 0,09''$) [4].

Allerdings behaupten andere Forscher [6], auf Archivaufnahmen der *Catalina Sky Survey* (CSS) [1] einen Vorgängerstern entdeckt zu haben: ein lichtschwacher Stern mit einer visuellen Helligkeit von $19,8 \pm 0,6$ mag [6]. Mithilfe der Helligkeit der SN 2017eaw in Aufnahmen des *Weltraumteleskops Spitzer* [1] sowie entsprechenden Computersimulationen – basierend auf dem vermeintlichen Vorgängerstern der CSS – schätzen diese Wissenschaftler die Temperatur der Atmosphäre des ehemaligen Überriesensterns auf rund 3.500 Grad und seine Masse auf rund 13 Sonnenmassen [4].

Radio- und Röntgenstrahlung der Supernova

Bisher konnte keine Beobachtung *Radiostrahlung* [1] der Supernova messen. Im *Röntgenbereich* [1] konnte *Swift* [1] weiche Strahlung messen, *NuSTAR* [1] beobachtete am 21. und 22. Mai eine Punktquelle und *harter Röntgenstrahlung* [1] an der Position der Supernova sowie eine *Spektrallinie* [1] des Elements *Eisen* (Fe) [1], ein Hinweis auf die Existenz von abgeschleuderter Materie, die durch eine Schockwelle aufgeheizt wurde [5].

Manchmal läuft es anders ...

Supernovae sind seltene Ereignisse. Nur mit viel Glück kann man den Vorgängerstern in seiner finalen Phase beobachten, dem Supernovaereignis. Jedoch bilden sich am Ende der Entwicklung massereicher Sterne direkt superdichte Sternenreste ohne zuvor in einer Supernova zu enden.

Genau diesen Prozeß konnten Wissenschaftler in der *Feuerwerk-Galaxie* NGC 6946 beobachten: anstelle eines „Knalls“ war es nur ein Zucken des entwickelten Sterns, mit dem der **Stern N6946-BH1** [1] für die Beobachter für immer verschwand. Zuvor war der Stern aufgrund seiner enormen Masse als Kandidat für ein Supernovaereignis eingeschätzt worden. Stattdessen verschwand der Stern und hinterließ ein **Schwarzes Loch** [1].

Drei Astronomen hatten dieses Verhalten des Sterns N6946-BH1 bereits erwartet als er im Jahr 2009 plötzlich heller wurde (Abb. 6).

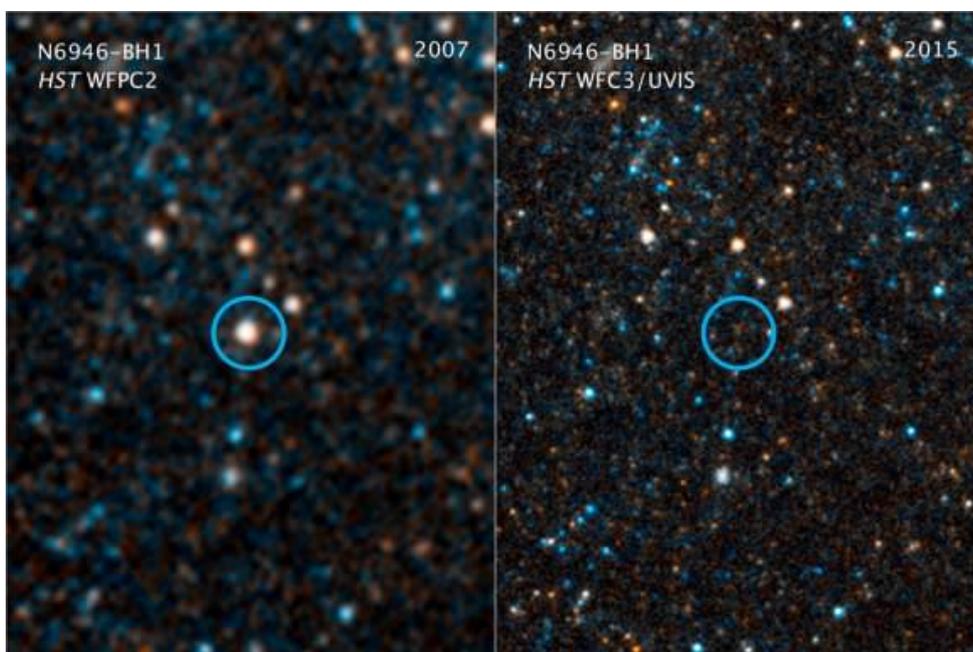


Abb. 6 Das Schicksal des Sterns N6946-BH1.

Die Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble im sichtbaren und NIR-Bereich [1] zeigen den Überriesenstern N6946-BH1 (blauer Kreis) vor (links) und nach (rechts) seinem Verschwinden.

© NASA/ESA//C. Kochanek/OSU

Nach einem schwachen Helligkeitsausbruch im visuellen Spektralbereich waren sich die Astronomen sicher, daß dieser Rote Überriesenstern als Supernova enden würde, auch aufgrund einer Sternmasse von 25 Sonnenmassen. Nach einem möglichen Ausbruch erwarteten die Forscher einen lichtschwachen Reststern zu finden oder wenigstens eine staubige Resthülle, die den Sternenrest verdeckt.

Tatsächlich verschwand der Stern im Jahr 2015 von der sichtbaren Bildfläche (Abb. 6). Danach suchten die drei Astronomen nach dem Sternenrest. Mithilfe des *Large Binocular Telescope* (LBT) [1], des HST und des Spitzer-Teleskops konnten sie bestätigen, daß N6946-BH1 tatsächlich verschwunden ist [7].

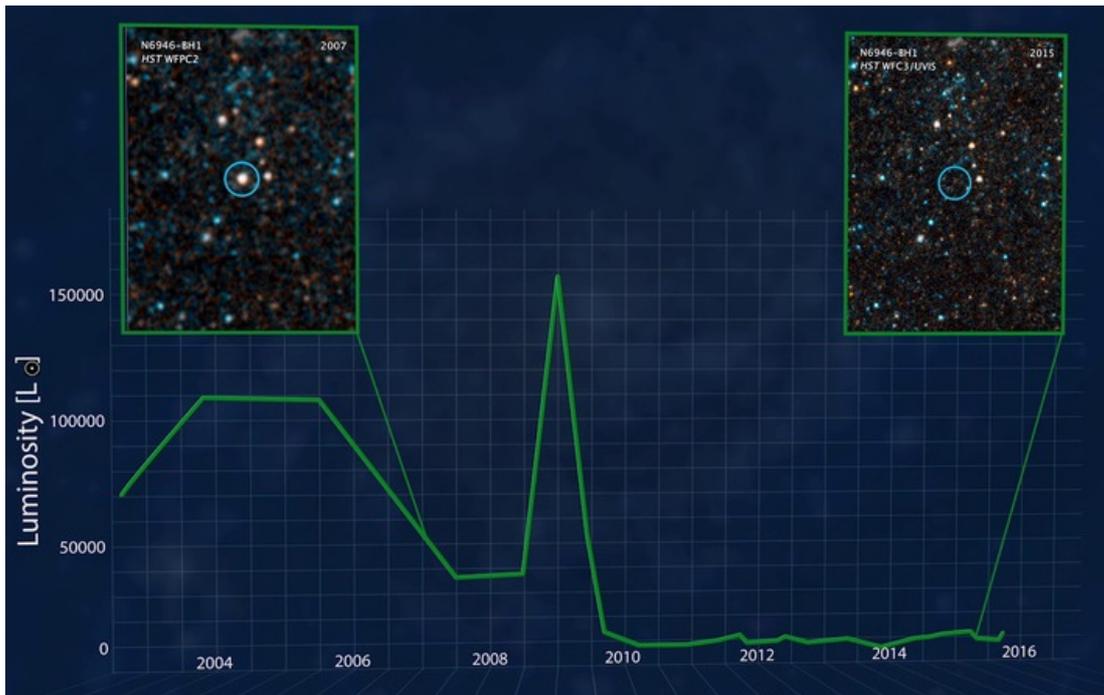


Abb. 7 Das Schicksal des Sterns N6946-BH1 im Zeitraum 2002-2016.

Neben den Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble schwankte die Helligkeit des Überriesenstern N6946-BH1 (oben, **blauer** Kreis) im Zeitraum 2002-2016 extrem. Nach einem Helligkeitsanstieg in den Jahren 2004-2006 sank die Helligkeit wieder ab, um im Jahr 2009 erneut anzusteigen. Danach Verschwand der Stern von der Bildfläche.
 [x-Achse: Zeit in Jahren, y-Achse: Helligkeit bzw. Leuchtkraft in *Sonnenleuchtkräften* [1].]

© NASA/ESA/C. Kochanek/OSU

Die einzige Erklärung für das merkwürdige Verhalten des Sterns N6946-BH1 ist die Bildung eines Schwarzen Lochs ohne den Zwischenschritt eines Supernovaereignisses, sozusagen eine **fehlgeschlagene Supernova**. Im Zeitraum, in dem die Forscher den Überriesenstern überwachten, beobachteten sie 6 normale Supernovae in anderen Galaxien. Sie schließen daraus, daß etwa 10-30 Prozent aller massereichen Sterne die Supernovaphase verpassen. Falls dies zutrifft, beobachten wir weniger Supernovae als man für massereiche Sterne erwarten würde.

Das vorläufige Ergebnis dieser Untersuchung wirft ein neues Licht auf die Entstehung von massereichen Schwarzen Löchern. Bisher glaubten die Astronomen, man benötigt einen massereichen Stern, der am Ende seines Lebens durch ein Supernovaereignis zu einem Schwarzen Loch wird. Anders gesagt ohne Supernova kein Schwarzes Loch.

Das macht jedoch keinen Sinn, wenn der betreffende Überriesenstern seine äußeren Schichten abstößt und anschließend ausreichend viel Masse besitzt, um zu einem Schwarzen Loch zu werden.

Wenn ein massereicher Stern am Ende seiner Entwicklung die Supernovaphase vermeiden kann und dennoch zu einem Schwarzen Loch wird, könnte dies erklären, weshalb wir am Ende des Lebens sehr massereicher Sterne trotzdem keine Supernova beobachten.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter
kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter (yahw)

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Mehr über die neue Supernova 2017eaw
<http://theskyatnight.de/sites/default/files/SN%202017eaw%20-%20mai%202017%20-%20TSAN.pdf>

[3] *Astronomical Telegram* ATel #10378, Van Dyk, S. D., et al. (15 May 2017)

[4] *Astronomical Telegram* ATel #10381, Sarneczky, K., et al. (16 May 2017)

[5] *Astronomical Telegram* ATel #10427, Grefenstette, B., et al. (25 May 2017)

[6] *Astronomical Telegram* ATel #10397, Drake, A. J., et al. (18 May 2017)

[7] Adams, S. M., et al., *MNRAS* **468** (4), 4968-4981 (2017)