



»Posthume« Analyse einer galaktischen Supernova

Lichtechos ermöglichen erstmals die spektroskopische Untersuchung einer Supernova in unserem Milchstraßensystem und klären das Rätsel der Herkunft von Cassiopeia A.

Eine Supernova ist der spektakuläre Todeskampf eines massereichen Sterns, in dem er über wenige Tage und Wochen eine Galaxie wie das Milchstraßensystem mit seinen mehr als hundert Milliarden Sternen überstrahlt. Cassiopeia A ist einer der bekanntesten Überreste einer solchen Sternexplosion. Er besitzt eine helle, annähernd kreisförmige Struktur, eingebettet in das Gas und den Staub seiner interstellaren Umgebung (Bild unten und rechts).

An unserem Himmel erschien Cassiopeia A vor mehr als 300 Jahren als Folge ei-

ner Supernova-Explosion. Sie muss um das Jahr 1680 aufgeleuchtet sein und wurde möglicherweise von John Flamsteed, dem ersten Astronomer Royal in Greenwich, beobachtet. Seither expandiert der Überrest mit hoher Geschwindigkeit. Für die Astronomen ist er ein einzigartiges »Labor«, in dem sich die Explosionswolke einer Supernova und deren Wechselwirkung mit der diffusen Materie in seiner Umgebung untersuchen lässt.

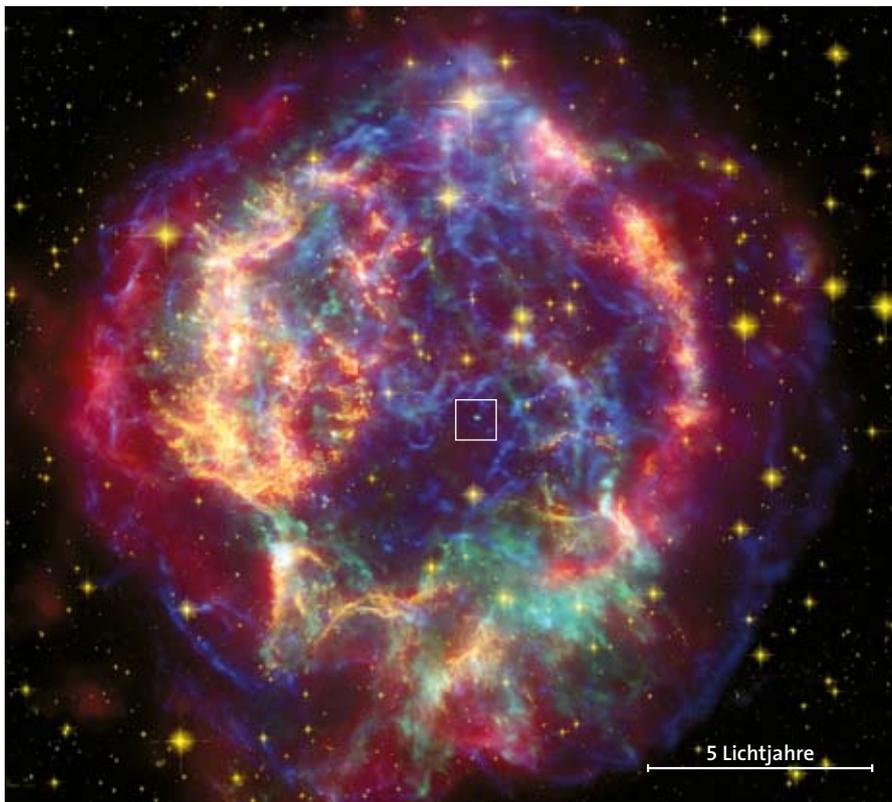
Es gibt verschiedene Typen von Supernovae, die sich in charakteristischen Ei-

genschaften ihrer Spektren unterscheiden. Leider treten Supernovae äußerst selten auf, und seit der Einführung moderner Beobachtungsmethoden hat sich kein derartiger Ausbruch in unserer Milchstraße ereignet. Supernova-Ausbrüche konnten bisher nur in anderen Galaxien untersucht werden. Es gab also keine Möglichkeit, die Ergebnisse der detaillierten Studien, die sich an einem nahen Supernova-Überrest durchführen lassen, mit den Eigenschaften einer spektroskopisch untersuchten Supernova zu verknüpfen.

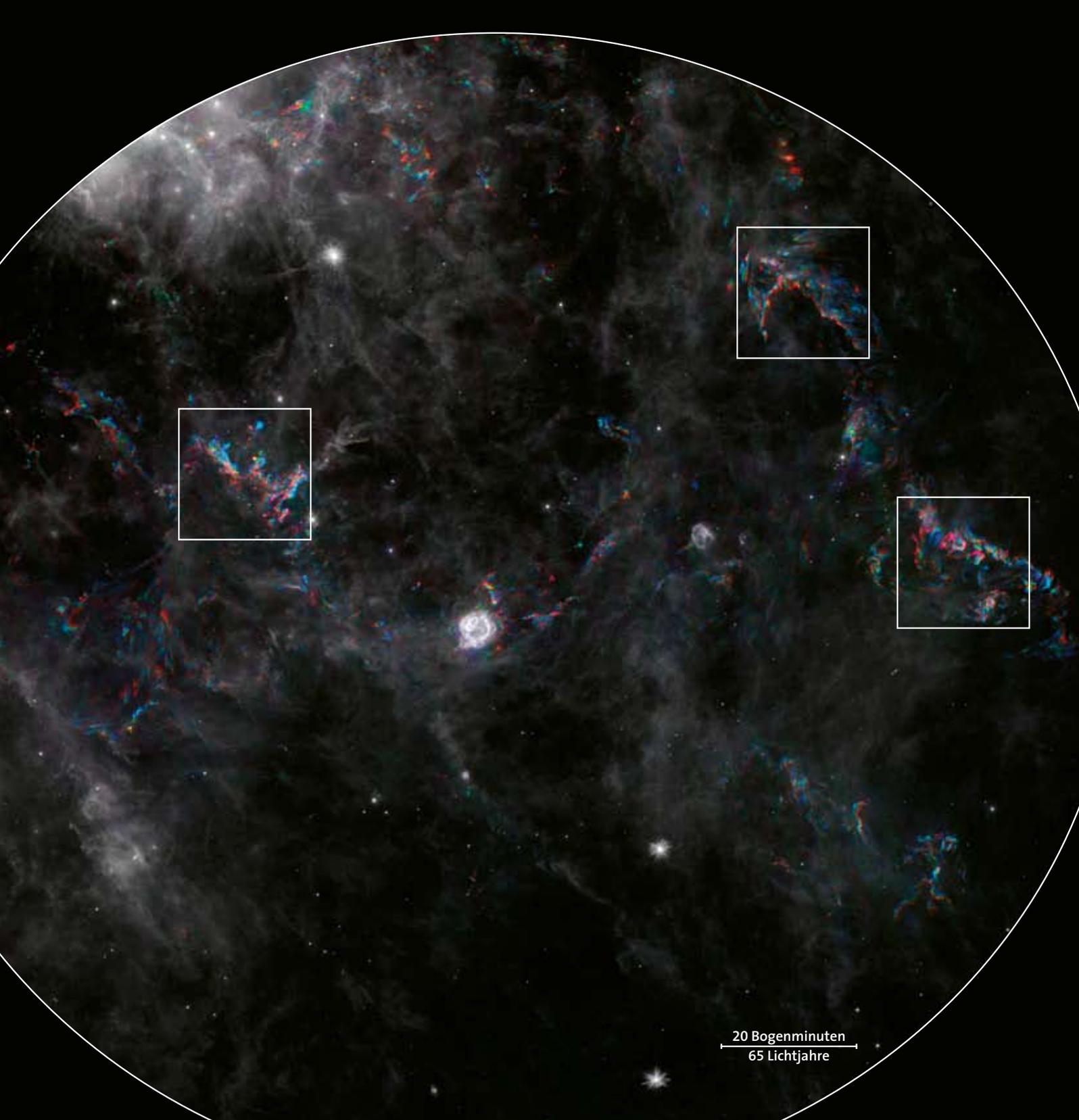
Einmalige Chance

Der Überrest Cassiopeia A liegt vor unserer kosmischen Haustür, nur elftausend Lichtjahre von der Erde entfernt, und ist daher eines der am besten untersuchten Objekte am irdischen Nachthimmel. Als die Supernova vor mehr als elftausend Jahren explodierte, sandte sie ihr helles Licht nach allen Richtungen aus – die Erde passierte es im 17. Jahrhundert und schien danach für uns auf ewig verloren. Die »posthume« Spektroskopie der längst verblassten Supernova gelang nun, weil die Astronomen mehrere kurzlebige Reflexe des damaligen Lichtblitzes an Staub- und Gaswol-

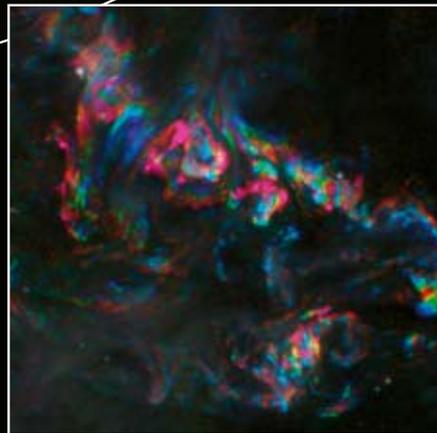
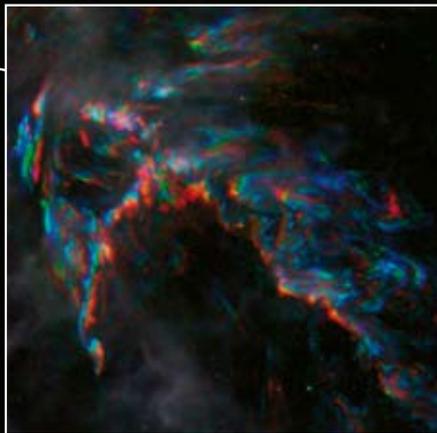
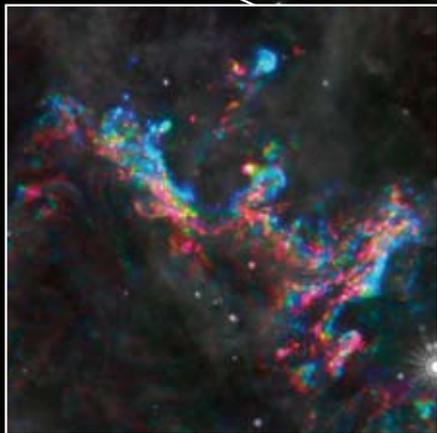
Bild rechte Seite: Der Lichtblitz, den die Supernova einst aussandte, wurde an interstellaren Staubwolken in der Umgebung reflektiert und erreichte auf diesem Umweg die Erde. Der runde Supernova-Überrest ist in der Infrarotaufnahme als hellgrauer Fleck im Zentrum zu sehen. Für das Bild wurden sechs über einen Zeitraum von drei Jahren aufgenommene Einzelbilder überlagert. Unveränderte Infrarotstrahlung erscheint grau, während die aufgrund der Lichtechos zeitlich veränderliche Strahlung eingefärbt ist: Blau entspricht einem früheren, rot einem späteren Zeitpunkt.

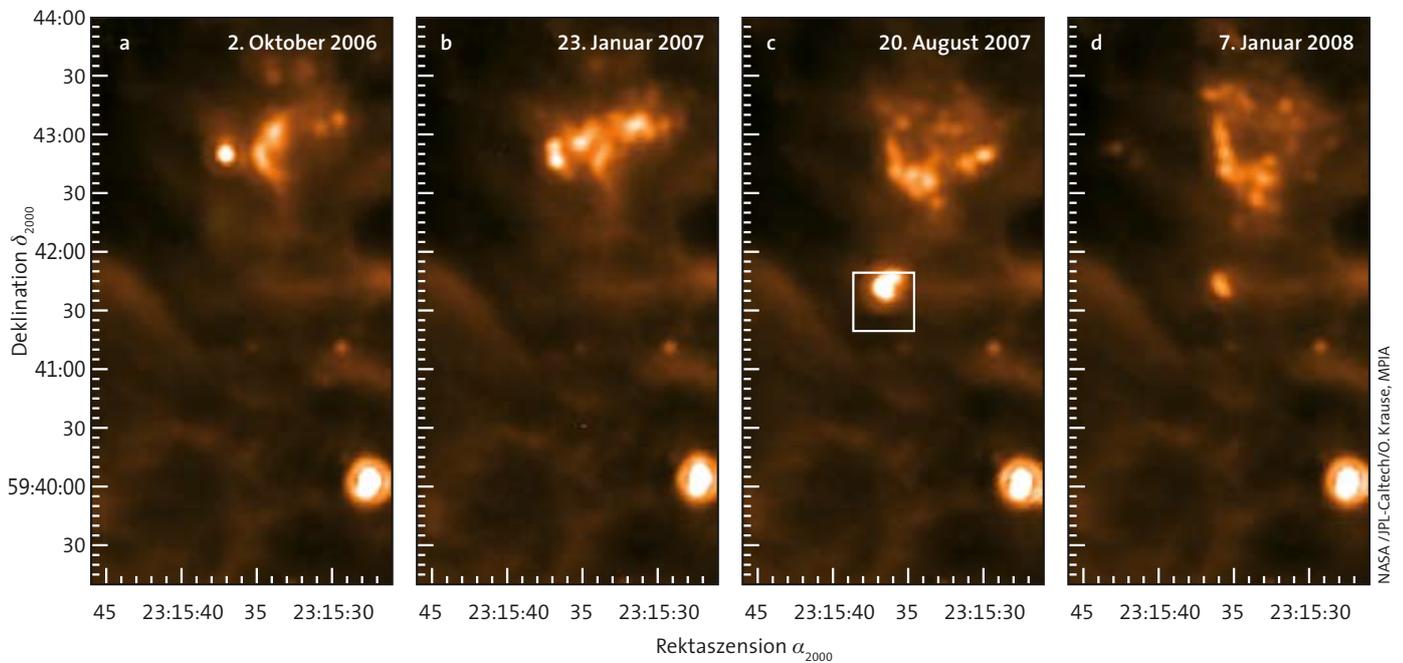


Der Supernova-Überrest Cassiopeia A leuchtet in mehreren Wellenlängenbereichen. Das Falschfarbenbild überlagert Röntgenstrahlung (blau und grün), sichtbares Licht (gelb) und mittleres Infrarot (rot), aufgenommen mit den Weltraumteleskopen Chandra, Hubble und Spitzer. Der nach der Explosion des Vorläufersterns zurückgebliebene Neutronenstern ist nur im Röntgenbereich zu erkennen (blauer Punkt im weißen Quadrat).



20 Bogenminuten
65 Lichtjahre





Ein Lichtecho leuchtet – wie die ursprüngliche Supernova – nur für wenige Wochen auf. Die Bildsequenz zeigt die Infrarotstrahlung des warmen interstellaren Staubes in einem kleinen Areal in der Umgebung von Cassiopeia A zu verschiedenen Zeiten. Der um das Lichtecho markierte Ausschnitt (c) ist im Bild unten im sichtbaren Licht dargestellt.

ken in der Umgebung von Cassiopeia A erwischen: Der Umweg einiger Lichtbündel über die Reflexion an diesen Wolken hatte aufgrund der endlichen Geschwindigkeit des Lichts zu derart großen Verzögerungen geführt, dass sie die Erde erst heute erreichen – so wurden die Forscher jetzt Zeugen des damaligen Geschehens.

Damit konnte erstmals das Licht einer galaktischen Supernova mit modernen spektroskopischen Methoden analysiert werden. Diese Beobachtung ermöglicht nun die sichere Bestimmung der Supernova; und es wirft neues Licht auf das

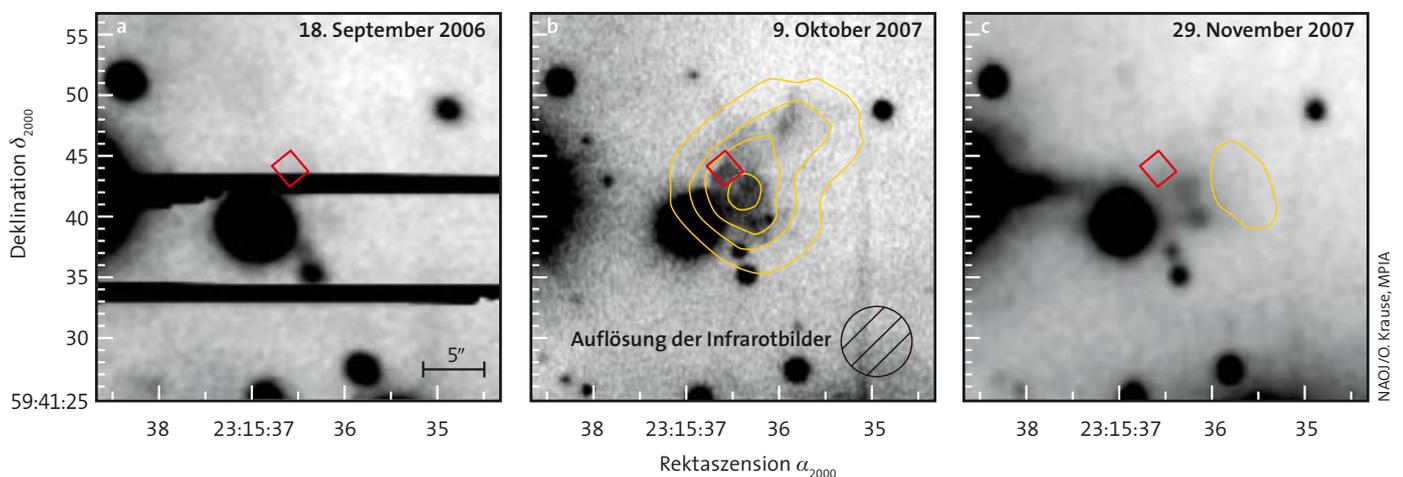
umfangreiche, im Laufe der Jahrzehnte in ihrem berühmten Überrest angesammelte Datenmaterial.

Das Ende des Roten Überriesen

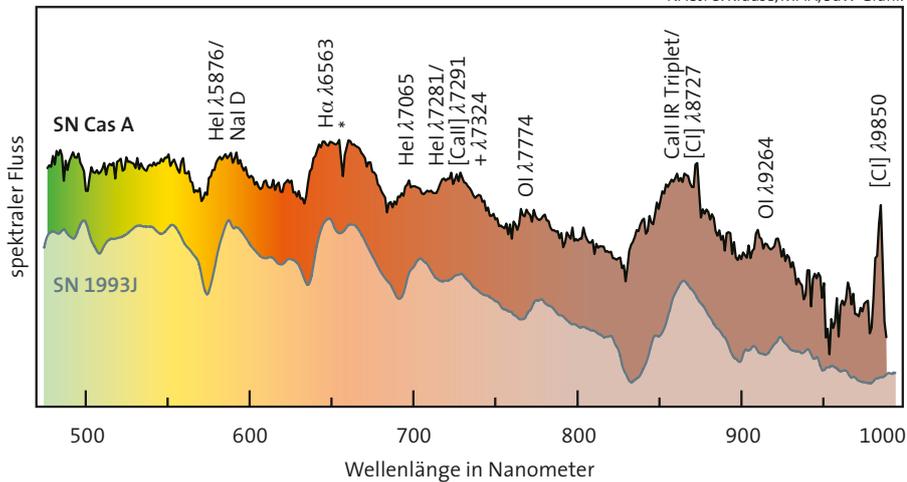
Die Untersuchungen wurden von Forschern des MPI für Astronomie zusammen mit japanischen und amerikanischen Kollegen unter der Leitung von Oliver Krause durchgeführt. Bereits 2005 hatten sie unter Einsatz des Weltraumteleskops Spitzer eine Reihe von infraroten »Lichtechos« gefunden (Bild auf Seite 27 und oben): Sobald Verdichtungen im interstellaren Staub

vom Lichtblitz der Supernova erreicht und aufgeheizt werden, geben sie ihre Wärmeabstrahlung für einige Tage und Wochen im Infraroten ab: Diese infraroten Lichtechos markieren die aktuelle Lage der radial nach außen laufenden Lichtfront.

Die Astronomen verwendeten nun die infraroten Echos in Cassiopeia A, um die viel schwächeren optischen Lichtechos mit den Teleskopen auf dem Calar Alto aufzuspüren. Die optischen Lichtechos bestehen aus dem ursprünglichen, an den Staubverdichtungen nur gestreuten Licht der Supernova und enthalten deshalb die ge-



Das infrarote Lichtecho wurde auch im Sichtbaren registriert (b). In Gelb sind die Konturlinien des Infrarotechos eingetragen. Aus dem kleinen roten Quadrat wurde das zur Spektroskopie verwendete Licht extrahiert.



Das Spektrum des Lichtechos von Cassiopeia A stimmt weitgehend mit dem Spektrum der typischen IIb-Supernova 1993 J überein. Diese Klassifikation erfolgt anhand der breiten Emissionslinien des Wasserstoffs und des Heliums.

samte spektroskopische Information über die ursprüngliche Sternexplosion.

Sobald die optischen Lichtechos gefunden waren (Bild Seite 28 unten), war schnelles Handeln geboten, denn die Echos leuchten an einem Ort nur für wenige Wochen auf – so lange eben, wie die damalige Supernova etwa ihre maximale Helligkeit besaß. Mit dem japanischen Acht-Meter-Teleskop Subaru auf Hawaii wurde ein optisches Spektrum der Echos aufgenommen, das nun die Klassifikation der längst vergangenen Supernova erlaubt (Bild oben).

Im Spektrum treten sowohl Wasserstoff- als auch Heliumlinien auf – damit ist erwiesen, dass die Supernova von vor mehr als 300 Jahren vom seltenen Typ IIb war. Solche Supernovae entstehen dadurch, dass ein Roter Überriese, ein massereicher Stern am Ende seines Lebens, nach vorherigem Verlust eines Großteils seiner äußeren wasserstoffreichen Hülle einen Kollaps seines inneren, heliumreichen Kerns erfährt: Er kollabiert unter seiner eigenen Last zu einem Neutronenstern (wie im Fall von Cassiopeia A) oder zu einem Schwarzen Loch, und wirft dabei einen Teil seiner verbliebenen Hülle schlagartig ab.

Das abgeworfene Material enthält vor allem Helium und Wasserstoff, deren Linien im Spektrum der Supernova erscheinen. Es entfernt sich mit vielen Tausend Kilometern pro Sekunde in alle Richtungen und tritt heftig mit der umgebenden interstellaren Materie in Wechselwirkung. Das dabei entstehende hochgradig angeregte Gemisch aus stellarer und interstellarer Materie bildet den Supernova-Überrest.

Neue Perspektiven

Nun lassen sich die vielen, in der Vergangenheit gesammelten Beobachtungen von Cassiopeia A diesem speziellen, seltenen Explosionsmechanismus zuordnen: Manche Details gewinnen dadurch eine ganz neue Bedeutung. Zum Beispiel schien es bisher merkwürdig, dass von der Supernova, die den Überrest Cassiopeia A entstehen ließ, kaum Zeugnisse überliefert sind. Möglicherweise war sie identisch mit dem Stern, von dem der Astronom Royal John Flamsteed 1680 in Greenwich berichtete: Er konnte den Stern allerdings nur ein einziges Mal und mit Mühe erkennen. Da wir jetzt aber wissen, dass es eine Supernova vom Typ IIb war, lässt sich dies besser verstehen: Solche Supernovae werden besonders schnell schwächer – da reichen ein paar bewölkte Nächte, um den Mangel an Beobachtungsberichten zu erklären.

Lichtechos wurden schon früher zur Untersuchung von Supernovae in anderen Galaxien genutzt (vergleiche S. 22 in diesem Heft). Mit dieser Studie eines nahen, bereits ausgiebig beobachteten Falls erweist sich nun die ganze Wirksamkeit dieser trickreichen Methode. Jakob Staude

Literaturhinweis

Krause, O. et al.: The Cassiopeia A Supernova Was of Type IIb. In: Science 320, S. 1195–1197, 2008.
Bewegte Bilder von Cassiopeia A finden sich unter www.astronomie-heute.de/artikel/957966



 Hofheim
Instruments

Hofheim Instruments M. Iennigkeit
Hattersheimerstr. 29 a
D 65719 Hofheim
Telefon +49 (0) 61 92 22 333

Service@HofheimInstruments.com
www.HofheimInstruments.com

Davon haben Sie schon immer geträumt.

Ein nur 8kg leichtes Handgepäckstück für Ihre nächste Flugreise mit der vollen Leistung eines kompletten 8-Zoll-Dobsons. Stabil und solide aus Aluminium, Birke-Multiplex und Edelstahl.

Alles ist drin: zerlegbarer F/4-Newton in Gitterbauweise, 2-Zoll-Drehokusslerer, klassische Dobson-Montierung. Industriell gefertigt, extrem einfach zu handhaben, optimal in Größe, Gewicht und optischer Leistung. Perfekt für die Galaxien- und Nebeljagd in Ihrem nächsten Urlaub.

Zusätzlich lieferbar: genau passendes **Zubehörprogramm** für ein optimales Seherlebnis.

