

W I S wissenschaft
in die schulen!

Wie wächst ein Riesenstern?

Der Akkretionsausbruch der Infrarotquelle S255IR-NIRS3

Helligkeitsausbrüche junger Sterne geringer Masse waren erste Indizien für deren unstetes Wachstum. Kürzlich wurde nun der erste Ausbruch eines entstehenden stellaren Schwergewichts beobachtet. Er bestätigte, dass sich massereiche Sterne ebenfalls durch das Aufsammeln von Materie aus ihrer zirkumstellaren Scheibe bilden können.

Von Bringfried Stecklum und Alessio Caratti o Garatti

IN KÜRZE

- In der Sternentstehungsregion S255 im Sternbild Orion wurde bei der Infrarotquelle S255IR-NIRS3 ein heftiger Anstieg von Maserstrahlung beobachtet.
- Ursache war ein massereicher junger Stern mit Scheibe, der eine kurze Phase heftiger Akkretion durchlief, wobei es zu einem starken Helligkeitsanstieg kam.
- Die involvierten Staubteilchen der Akkretionsscheibe strahlten die aufgenommene Energie im Infrarotbereich wieder ab und lieferten dabei die anregende Strahlung zur Maseremission für das umgebende Medium.

Vermutlich gibt es Studien, die das Gesundheitsrisiko des Lesens von E-Mails auf nüchternen Magen belegen. Am Morgen des 14. Oktober 2015 tat ich (Bringfried Stecklum) genau dies erneut und studierte »The Astronomer's Telegram« (ATel) Nummer 8286. Japanische Radioastronomen beschrieben darin den Ausbruch von Methanolmasern in der Sternentstehungsregion S255 im Sternbild Orion.

So oder ähnlich begann für mich diese Geschichte, die noch andauert und durch glückliche Umstände begünstigt wurde. Zwar fand ich den Inhalt des ATel bemerkenswert, dennoch wäre die Nachricht möglicherweise in meinem Gedächtnis versunken, wenn nicht wenig später mein Kollege Alessio Caratti o Garatti vorge schlagen hätte, Infrarotbilder der betreffenden Region aufzunehmen.

Laut Theorie werden Methanolmaser, die bei der Frequenz 6,7 Gigahertz strahlen, durch die Infrarotstrahlung warmer

Staubteilchen gepumpt (siehe Kasten »Was sind Maser?« auf Seite 34). Daher lag der Verdacht nahe, dass die beobachtete stärkere Maseremission durch den Ausbruch eines jungen Sterns verursacht worden sein könnte, dessen zirkumstellare Scheibe die Infrarotstrahlung lieferte.

Es schien allerdings kaum möglich, rasch Infrarotaufnahmen von der Quellenregion mit der Bezeichnung S255IR zu erhalten. Beim Durchsuchen von Beobachtungsplänen verschiedener Teleskope stellten wir dann fest, dass die Kamera PANIC im November 2015 getestet werden sollte. Die Panoramic Near Infrared Camera for Calar Alto des Max-Planck-Instituts für Astronomie arbeitet am dortigen 2,2-Meter-Teleskop. Die für das Instrument zuständige Wissenschaftlerin war einverstanden, Aufnahmen der eigentlichen Quelle S255IR-NIRS3 im infraroten Ks-Band um 2,15 Mikrometer zu gewinnen, und zum Glück war auch das Wetter kooperativ. Allerdings lieferte die zur



In dieser künstlerischen Darstellung von S255IR-NIRS3, einer zirkumstellaren Scheibe um einen massereichen jungen Stern mit bipolarem Materieauswurf, so genannten Jets, kommt es zu einem plötzlichen Anstieg der Akkretionsrate und damit zu einem Helligkeitsausbruch.

Deutsches SOFIA Institut (DSI)

Auswertung unverzichtbare Daten-Pipeline damals noch keine Vorschaubilder, so dass unsere Ungewissheit über den Zustand von NIRS3 zunächst bestehen blieb.

Erst als einer von uns, Bringfried Stecklum, dann im Januar 2016 für ein anderes Projekt selber mit PANIC beobachtete, bot sich die Gelegenheit, die Daten vom November vor Ort zu reduzieren. Bei diesem Vorgang werden die Daten kalibriert und alle Störfaktoren eliminiert. Der Vergleich des PANIC-Bilds mit einer Aufnahme aus dem Jahr 2009 von der tiefen Infrarotdurchmusterung UKIDSS (UKIRT Infrared Sky Survey) mit dem 3,8-Meter-Teleskop UKIRT (United Kingdom Infrared Telescope) auf Hawaii zeigte, dass sich NIRS3 tatsächlich im Ausbruch befand (siehe Bild S. 34). Das Objekt wurde in der Folge erneut abgelichtet und mit Hilfe von DDT-Beobachtungen weiter verfolgt. Insbesondere für nicht planbare Beobachtungen kann der zuständige Direktor über besondere, ihm zu diesem Zweck

zur Verfügung gestellte Beobachtungszeit verfügen: die Director's Discretionary Time (DDT).

Ergänzend wurde NIRS3 auch mit GROND, dem Gamma-Ray Burst Optical/Near-Infrared Detector, am 2,2-Meter Teleskop der ESO/MPG der Europäischen Südsternwarte auf La Silla überwacht. Zur Untersuchung des Ausbruchs etablierten wir ein NIRS3-Team, womit für etliche Beteiligte eine sehr intensive Arbeitsphase anbrach.

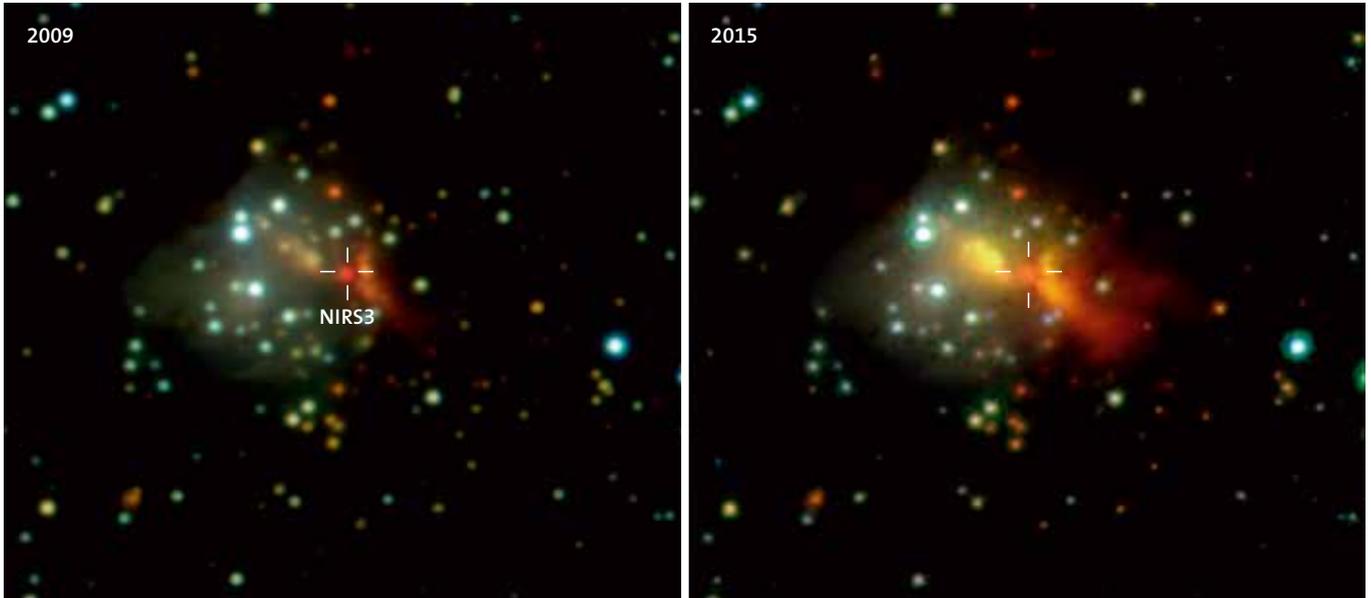
Von jungen massereichen Sternen und Lichtechos

S255IR-NIRS3 ist die leuchtkräftigste Quelle des eingebetteten Sternhaufens S255IR (siehe Bild S. 34). Sie verfügt über alle Merkmale junger stellarer Objekte: So weist sie eine nahezu von der Seite gesehene Akkretionsscheibe auf und zeigt unter anderem bipolare, also zwei in entgegengesetzte Richtungen laufende Ausströmungen (siehe Bild oben). Obwohl

das rund 550 Lichtjahre entfernte Objekt im Optischen wegen einer Extinktion von mehr als 40 Magnituden (mag) unsichtbar ist, war es dank Infrarot- und Radiomessungen bereits sehr gut untersucht. Dabei entsprechen 5 mag einer Abschwächung um den Faktor 100, und 40 mag = $8 \cdot 5$ mag schwächen das Licht um den Faktor $100^8 = 10^{16}$, also auf ein Zehnbilliardstel, ab.

Mit seiner auf 20 Sonnenmassen geschätzten Masse stellt NIRS3 den massereichsten jungen Stern dar, für den bislang ein Ausbruch beobachtet werden konnte. In Analogie zu FUor- und EXor-Ausbrüchen junger Sterne geringerer Masse vermuteten wir, dass auch im Fall von NIRS3 verstärkter Materieeinfall aus der zirkumstellaren Scheibe den Helligkeitsausbruch verursacht hatte.

FUor steht für FU-Orionis-Sterne, die als junge, eruptiv veränderliche Vorhauptreihensterne ihre Helligkeit innerhalb einiger hundert Tage um mehr als fünf Magnituden steigern, um dann über Jahre



Die beiden Infrarotaufnahmen zeigen den Sternhaufen S255IR im Jahr 2009 (links) und 2015 (rechts) während des Ausbruchs. NIRS3 ist die rötliche Quelle inmitten zweier konischer Nebel.

hinweg wieder dunkler zu werden. Als Ursache wird das Aufleuchten der den Stern umgebenden Akkretionsscheibe vermutet. EXor, in Anlehnung an FUors und den Stern EX Lupi benannt, zeigen ebenfalls Ausbrüche, die mit ihrer zirkumstellaren Scheibe in Verbindung stehen. Sie dauern rund 10 bis 100 Tage, worauf mehrmonatige Pausen folgen.

Der Vergleich der PANIC-Bilder mit den UKIDSS-Daten wies neben der Helligkeitszunahme von NIRS3 auch auf intensiveres Streulicht aus den Gebieten der bipolaren Ausströmung hin. Zur Beseitigung des Einflusses variabler Extinktion (Abschwächung des Lichts durch Staub) wurden die PANIC-Bilder durch die UKIDSS-Aufnahme pixelweise mathematisch dividiert. Dadurch trat die bipolare Struktur der Helligkeitszunahme hervor, und es wurde offenbar, dass sie sich nach außen ausbreitet (siehe Bild S. 35). Es handelt sich also um das Lichtecho des Ausbruchs, verursacht durch Streuung an Staubteilchen.

Aus dessen radialem Helligkeitsprofil ließ sich folgern, dass der Ausbruch etwa Mitte Juni 2015 begann. Die damit verbundene Zunahme der Infrarotstrahlung führte offenbar zum im Oktober beobachteten Flare des bei der Frequenz 6,7 Gigahertz leuchtenden Methanolmasers – womit sich die Theorie der Maseranregung bestätigte.

Ein besonders starkes Lichtecho trat etwas nordöstlich von NIRS3 auf. Das von dort zur Erde gestreute Licht erlaubt praktisch einen Blick um die Ecke, quasi von oben auf NIRS3. Die NIRS3-Region wurde bereits im Jahr 2007 mit Hilfe von SINFO-

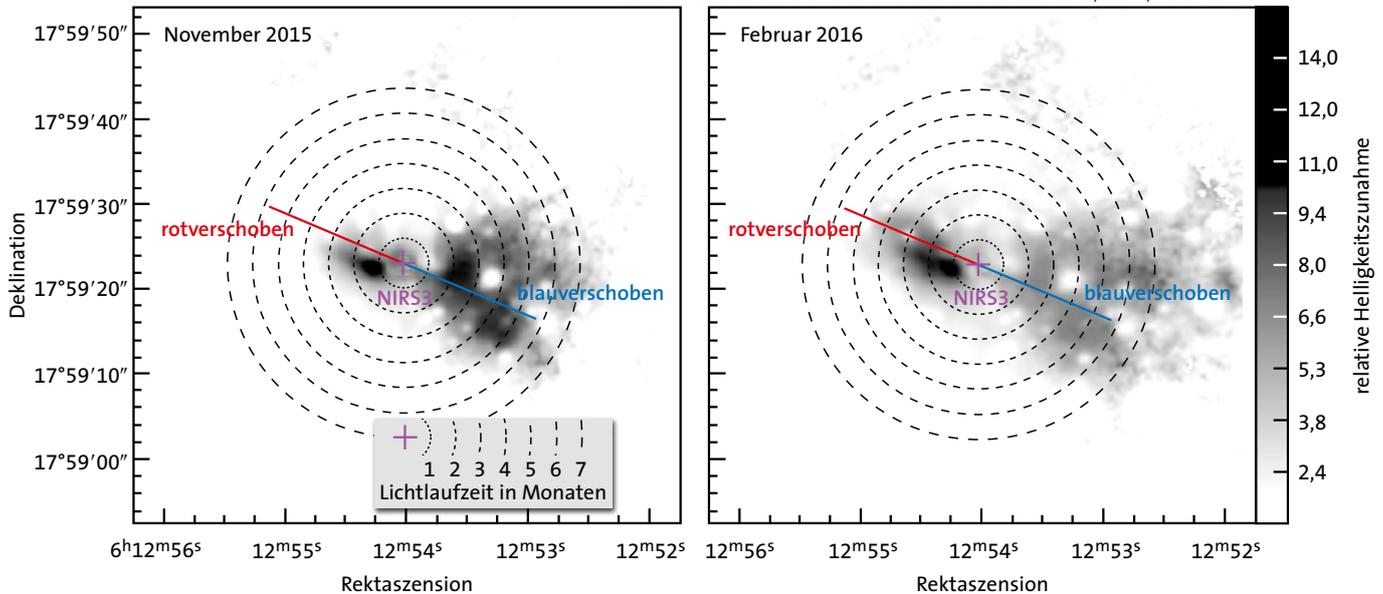
Was sind Maser?

Maser sind Quellen kohärenter (gleichschwingender) Radiostrahlung. Ihr Analogon im infraroten und sichtbaren Licht ist der Laser. Das Akronym »Maser« steht für Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Mikrowellenverstärkung durch stimulierte Emission). Bei der stimulierten Emission erfolgt die Emission eines Photons nicht spontan, sondern sie wird vielmehr durch ein anderes Photon ausgelöst. Grundlage für die stimulierte Emission sind überproportional viele Moleküle, die sich in einem energetisch angeregten Zustand befinden. In dieser so genannten Besetzungsinversion befinden sich die Moleküle fernab vom thermischen Gleichgewicht, und es kann zur kohärenten Verstärkung einfallender Strahlung kommen – dem Laserlicht beziehungsweise der Maseremission. Die zur Besetzungsinversion führende Strahlung wird Pumpstrahlung genannt. Den Vorgang selbst bezeichnen die Astronomen und Physiker als »pumpen«.

Irdische Maser, bei denen die Besetzungsumkehr durch die Auswahl angeregter Atome in inhomogenen Feldern erfolgt, dienen zum Beispiel bei Atomuhren als Frequenzstandards und kommen auch in GPS-Satelliten zum Einsatz.

Astrophysikalische Maser finden sich in Molekülwolken, entwickelten Sternen und protoplanetarischen Nebeln. Dort können Bereiche existieren, in denen sich die Moleküle überproportional in dem für den Masermechanismus notwendigen energetisch angeregten Zustand befinden. Dies ist bei sehr geringen Dichten möglich. Die Abregung durch die Emission von Strahlung ist nämlich sehr langsam, und so spielt die Anregung der Moleküle durch Stöße untereinander trotz der geringen Dichten eine tragende Rolle. Zu den häufigsten Molekülen, von denen kosmische Maseremission beobachtet wurde, zählen Wasser, Hydroxylionen, Methanol, Siliziummonoxid und Ammoniak.

In dichten Gebieten von Molekülwolken, den äußeren Bereichen zirkumstellarer Scheiben und in protostellaren Hüllen besitzen die Staubteilchen Eismäntel. Diese sublimieren bei Erhitzung des Staubs, und der Staub selbst strahlt die aufgenommene Energie im Infrarotbereich wieder ab. Damit gehen einerseits Methanolmoleküle in die Gasphase über, und andererseits wird so die Pumpstrahlung geliefert. Ein Akkretionsausbruch bewirkt dies in Regionen, die vorher noch kühl waren, und löst so Maser-Flares aus.



Auf den beiden Aufnahmen der Infrarotquelle NIRS3 mit der IR-Kamera PANIC ist der Helligkeitszuwachs relativ zu dem UKIDSS-Bild aus dem Jahr 2009 in Graustufen dargestellt. Im November 2015 waren die Photonen des Ausbruchs noch nicht so weit von der Quelle entfernt und quasi dichter gedrängt, woraus die stärkere relative Zunahme resultiert. Im Februar 2016 füllten diese Photonen auf Grund ihrer Ausbreitung ein größeres Raumgebiet. Die Kreise illustrieren die Lichtausbreitung in der Himmelsebene, die roten und blauen Linien markieren den Bewegungssinn und die Richtung der bipolaren Ausströmung.

NI, dem Spectrograph for Integral Field Observations in the Near Infrared, der ESO beobachtet. Daher konnten wir die im Ausbruch ebenfalls mit SINFONI und dem Instrument NIFS (Near-Infrared Integral Field Spectrometer) am nördlichen Gemini-Teleskop auf Hawaii erhaltene Spektroskopie mit den Archivdaten vergleichen. Es zeigte sich, dass nicht nur die Kontinuumsemission stark zugenommen hatte, sondern auch vorher nicht vorhandene Spektrallinien auftauchten (siehe Grafik S. 36). Es sind dieselben, die auch bei Ausbrüchen masseärmerer Sterne beobachtet werden. Im Fall von NIRS3 traten sie jedoch in mehr als der tausendfachen Stärke auf.

Die energetische Waage und die thermische Welle

Von großem Interesse war, wie viel Energie der Ausbruch freisetzte und um welche Masse NIRS3 dabei zunahm. Da bei jungen Sternen wie NIRS3 die meiste

ZUM NACHDENKEN

Akkretionsausbruch mit Helligkeitsanstieg



In der Sternentstehungsregion S255IR beobachteten Astronomen den Ausbruch eines Methanolmasers bei dem massereichen, jungen stellaren Objekt S255IR-NIRS3. Seine Masse beträgt rund $M_* = 20 M_\odot$, sein Radius liegt bei $R_* = 10 R_\odot$. Der Ausbruch erstreckte sich über einen Zeitraum Δt von Mitte Juni 2015 bis Mitte April 2016. Die freigesetzte Energie verdampfte Eishüllen von Staubteilchen und ließ den Staub im Infraroten strahlen. Diese IR-Strahlung führte zur Besetzungsinversion von Methanolkolekülen und schließlich zur anfänglich beobachteten Methanolmaserstrahlung.

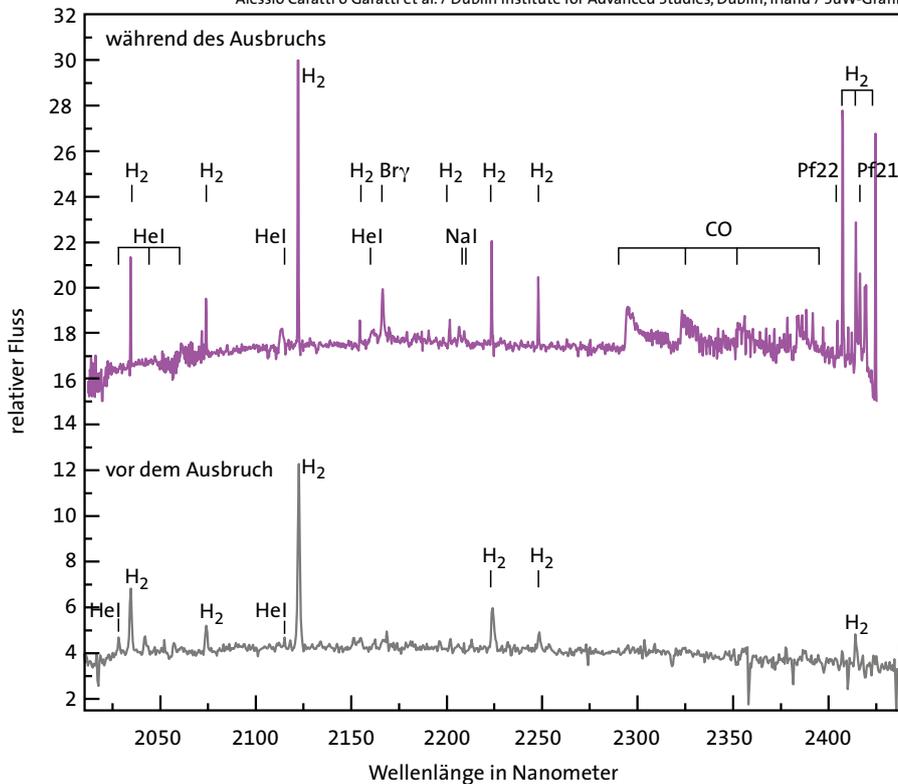
Aufgabe 1: Die aus der Analyse von Aufnahmen im Infrarotbereich und Spektren gefolgerte, beim Ausbruch zusätzlich aufgetretene Leuchtkraft erreichte $\Delta L_{\text{acc}} = 1,3 \cdot 10^5 L_\odot$. Man ermittle die freigesetzte Energie $E = \Delta L_{\text{acc}} \Delta t$. Die Sonnenleuchtkraft ist $L_\odot = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

Aufgabe 2: Die freigesetzte Energie E rührt von Materie her, die von der Akkretionsscheibe auf den Stern fällt: $E = GM_* M_{\text{acc}} / R_*$. Dabei ist M_{acc} die akkretierte Masse. Für einen Fall aus dem Unendlichen wäre E doppelt so groß. Die Akkretionsscheibe befindet sich jedoch schon

im Gravitationsstrichter des massereichen Sterns, womit die freiwerdende Potenzialenergie kleiner ausfällt. Wie groß war die akkretierte Masse M_{acc} ? Sonnenradius $R_\odot = 6,963 \cdot 10^8 \text{ m}$, Sonnenmasse $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, Jupitermasse $M_{\text{J}} = 1,899 \cdot 10^{27} \text{ kg}$, Gravitationskonstante $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$.

Aufgabe 3: Die Quelle IRS3 ist im Optischen unsichtbar hinter Gas- und Staubmassen verborgen, die eine visuelle Extinktion von $A_v = 44 \text{ mag}$ verursacht. Zum Vergleich denken wir vielleicht an eine althergebrachte 100-W-Glühbirne, die nach einer tausendstel Sekunde die richtige Belichtung ermöglicht. Wie lange t_{44} müsste man belichten, wenn sie um A_v geschwächt wäre? Die Extinktion ist nur recht ungenau bekannt und kann um bis zu 16 mag in beiden Richtungen abweichen. Man berechne die zugehörigen Belichtungszeiten t_{28} und t_{60} . AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **5. Mai 2017** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. PDF: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 93



Die beiden Infrarotspektren des Streuknotens nordöstlich von NIRS3 weisen ganz unterschiedliche Intensitäten auf: Während des Ausbruchs (violett) ist sie im Kontinuum, also zwischen den Emissionslinien, von rund 4 (grau) auf rund 18 relative Einheiten angestiegen. Zur Zeit des Ausbruchs zeigen sich zahlreiche Emissionslinien: Wasserstoff (H_2 , Bracket- γ , Pfund-21, -22), Helium-I, Natrium-I und Kohlenmonoxid. Sie treten so auch bei Ausbrüchen masseärmerer Sterne auf. Dort werden sie durch Akkretionsscheiben hervorgerufen.

Energie im mittleren und fernen Infrarot abgestrahlt wird, waren Messungen bei derartigen Wellenlängen vonnöten.

Hier kam uns ein weiterer glücklicher Umstand zur Hilfe. Jochen Eislöffel von der Thüringer Landessternwarte Tautenburg und Mitglieder des NIRS3-Teams hatten nämlich Beobachtungszeit auf der Flugzeugsternwarte SOFIA für Messungen möglicher Ausbrüche massearmer Sterne beantragt, die auch bewilligt wurden. Zudem stimmte der SOFIA-Wissenschaftsdirektor der Nutzung dieser Zeit für das Schwergewicht NIRS3 zu.

Die ersten Messungen mit FORCAST (Faint Object Infrared Camera for the SOFIA Telescope) und FIFI-LS (Far Infrared Field-Imaging Line Spectrometer) auf SOFIA fanden im Frühjahr 2016 statt und zeigten eindrucksvoll die Zunahme der Infrarotemission als Folge des Ausbruchs. Die Leuchtkraft von NIRS3 stieg von anfänglich 30 000 Sonnenleuchtkräften auf etwa das Fünffache an!

Da die Messungen im nahen Infrarot ab dem Frühjahr 2016 ein Abklingen der Aktivität andeuteten, wurde die Gesamtenergie für eine Ausbruchdauer von neun Monaten abgeschätzt. Sie entspricht etwa der Abstrahlung der Sonne innerhalb von rund 10 000 Jahren. Mit der Annahme eines für die Alter-Null-Hauptreihe im Hertzsprung-Russell-Diagramm (dort beginnen die Sterne ihre Entwicklung) zutreffenden Radius von zehn Sonnen-

radien ließ sich daraus die akkretierte Masse bestimmen: Der Massenzuwachs von NIRS3 betrug demzufolge etwa zwei Jupitermassen.

Interessanterweise deutet die Änderung der spektralen Energieverteilung von NIRS3 auf starke Scheibenemission in einem gewissen Abstand vom Stern hin. Wir vermuten, dass der relativ kurze Ausbruch zunächst zur Aufheizung der inneren Scheibe führte, die sich dann als Hitzewelle nach außen ausbreitete. Weitere SOFIA-Messungen im Frühjahr 2016 zielen auf den Nachweis dieses Effekts.

Fazit und (noch) kein Epilog

Der Ausbruch von NIRS3 belegt, dass sowohl massereiche Sterne als auch masseärmere Exemplare durch Akkretion über zirkumstellare Scheiben entstehen können. Die ALMA-Beobachtung eines Ausbruchs des vergleichsweise jüngeren Objektes NGC 6334 I-MM1 ist eine weitere Bestätigung dafür. Diese Befunde stehen im Einklang mit Simulationen der Entstehung massereicher Sterne, die variable Akkretion als Folge von Scheibeninstabilität zeigen.

Unsere Radiobeobachtungen von NIRS3 deuten an, dass auf die Phase verstärkter Akkretion eine Zunahme der Aktivität abströmender Materie (Jets) folgt. Daher werden wir das Objekt mit einer Armada von Radioteleskopen wie ALMA, NOEMA, jVLA, GMRT und LOFAR im Auge behalten. ©



BRINGFRIED STECKLUM promovierte an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Er arbeitete an deren Universitäts-Sternwarte und war Mitglied der dort angesiedelten MPG-Arbeitsgruppe »Staub in Sternentstehungsgebieten«. Seit 1996 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Thüringer Landessternwarte Tautenburg.



ALESSIO CARATTI O GARATTI promovierte an der Tor Vergata Universität Rom. Danach arbeitete er an der Thüringer Landessternwarte Tautenburg im Projekt JETSET. Nach Post-Doc-Aufenthalt am DIAS Dublin und dem Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn ist er gegenwärtig erneut am DIAS in VLTI/ GRAVITY sowie JWST/MIRI involviert.

Literaturhinweise

- Caratti o Garatti, A. et al.:** Disk-mediated Accretion Burst in a High-mass Young Stellar Object. In: Nature Physics 3942, 2016
- Fujisawa, K. et al.:** A Flare of Methanol Maser in S255. In: ATel #8286, 2015
- Quetz, A.M.:** Wasser-Maser im jungen Universum. In: Sterne und Weltraum 2/2009, S. 25–26

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285836



ORION®



ALLES FÜR DEN AMATEUR-ASTRONOMEN

KOSTENLOSER VERSAND AB €150*

oder

€9,-95 VERSANDKOSTENPAUSCHALE

Kostenloser Standardversand. Siehe Website für Details.



Orion® Leitfaden für die Sternbeobachtung mit Teleskopen
#51449 €22



Orion® 6" Newton-Astrograph, 6", f/4 Spiegelteleskop
#10269 €455



Orion® 30 mm Ultra-Mini Leitfernrohr
#52053 €163



Orion® SteadyPix™ EZ-Adapter für Smartphones
#5347 €101



Orion® Mirror Star 1,25" Zenitspiegel (Twist-Tight, dielekt.)
#40901 €139



Orion® Mirror Star 2" Zenitspiegel (Twist-Tight, dielekt.)
#40902 €220



Orion® GrandView™ Vari-Angle 20-60x60mm Zoom-Spektiv
#40908 €342



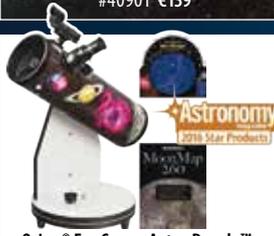
Orion® GrandView™ Vari-Angle 20-60x80mm Zoom-Spektiv
#40909 €512



Orion® StarSeeker™ IV 150mm GoTo-Spiegelteleskop
#13161 €635



Orion® StarSeeker™ IV 127mm GoTo-Mak-Cass-Teleskop
#13163 €564



Orion® FunScope Astro Dazzle™ 4.5" Mond & Sterne Set
#20305 €141



Astronomisches Fernglas (15x70) mit HD-F2-Stativ von Orion®
#21126 €182



Orion® Mini Deluxe Pro AutoGuider-Paket
#20011 €604



Orion® Atlas™ 8 EQ-G Spiegelteleskop mit GoTo-Handsteuerung
#24732 €1,934



Orion® StarSeeker™ IV 130mm GoTo-Spiegelteleskop
#13160 €471

Vertrauen

Erwiesener Ruf für Innovationen, Zuverlässigkeit und Service... seit über 41 Jahren!

Gutes Preis-/Leistungsverhältnis

Erstklassige Produkte zu erschwinglichen Preisen.

Große Auswahl

Umfangreiches Sortiment von preisgekrönten Produkten und Lösungen der Marke Orion.

Kundenservice

Sie erhalten Orion Produkte auch über ausgewählte Händler, die eine professionelle Beratung und Betreuung nach dem Kauf anbieten.

Die angezeigten Verkaufspreise sind aktuell mit Stand 20/03/17 von Orion. Bei den Produktpreisen ist die Mehrwertsteuer enthalten. Preisänderungen vorbehalten Bitte besuchen Sie www.oriontelescopes.de, um die aktuellsten Preise anzuzeigen. Preise können je nach Händler und/oder aufgrund von Werbeaktionen abweichen.



Orion® Mini Giant 15x63-Astronomiefernglas
#9466 €301



Orion® XT6 Classic Dobson Teleskop-Set
#20593 €342



Orion® Monster Parallelogramm Fernglasmontierung
#5752 €573



Orion® StarSeeker™ IV 102mm GoTo-Mak-Cass-Teleskop
#13162 €657



Orion® XX16g GoTo-Dobson-Teleskop mit Gitterrohrrahmen
#8968 €3,782



Orion® SkyQuest™ XT10g GoTo-Dobson-Teleskop computergestützt
#10135 €1,479



Orion® SkyQuest™ XT8 PLUS Dobson-Spiegelteleskop
#8974 €569



Orion® StarSeeker™ IV 114mm GoTo-Spiegelteleskop
#13159 €493



Orion® StarSeeker™ IV 150mm GoTo-Mak-Cass-Teleskop
#13166 €1,064

Autorisierte Orion Händler

Astroshop
www.astroshop.de
08191-94049-1

Teleskop-Service
www.teleskop-express.de
(0)89-9922875-0

Teleskop Austria
www.teleskop-austria.at/shop/
+43 (699) 1197 0808



OrionTelescopes.de

Besuchen Sie noch heute mit Ihrem Smartphone unsere Mobilgeräte-Website.