

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 72 (2014)
Heft: 385

Artikel: Blick ins Zentrum unserer Galaxie : was sich hinter Dunkelwolken verbirgt
Autor: Tacchella, Sandro / Baer, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897449>

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: 18.01.2026

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

Blick ins Zentrum unserer Galaxie

Was sich hinter Dunkelwolken verbirgt

■ Von Sandro Tacchella & Thomas Baer

Dass heute im Kern jeder elliptischen und im Zentrum von Spiralgalaxien schwarze Löcher vermutet werden, wird von der Wissenschaft weitestgehend akzeptiert. Immer wieder aber stellt sich die Frage, ob man diese Energiequellen auch sehen können. Zumindest nicht direkt, wie ein Blick ins Innere unserer Galaxie zeigt.

Schwarze Löcher sind faszinierende Objekte, und schon fast programmgemäß wird von Schülerinnen und Schülern die Frage gestellt, ob man diese ominösen Dinger denn auch sehen könne. Wie um Himmels Willen soll man einem Primarschüler die Funktionsweise einer solchen, nicht einmal direkt sichtbaren «Energiequelle» erklären? Ein Schwarzes Loch ist ja weit mehr als ein Objekt, das selbst das Licht verschluckt. Die Folgefrage lässt dann nicht lange auf sich warten: «Wie wollen die Astronomen denn wissen, dass solche Objekte überhaupt existie-

ren, wenn man sie nie direkt beobachten kann?»

Der Blick ins Zentrum unserer Galaxie ist uns zumindest visuell verwehrt, da uns viel Staub die Sicht versperrt. In anderen Wellenlängenbereichen, etwa in der Röntgenstrahlung oder im Bereich der Radiowellen können wir bis ins Galaktische Zentrum vordringen. Bereits 1974 entdeckten die beiden Astronomen BRUCE BALICK und ROBERT HANBURY BROWN mit Hilfe des Interferometers am National Radio Astronomy Observatory die Radioquelle Sagittarius A, von der man

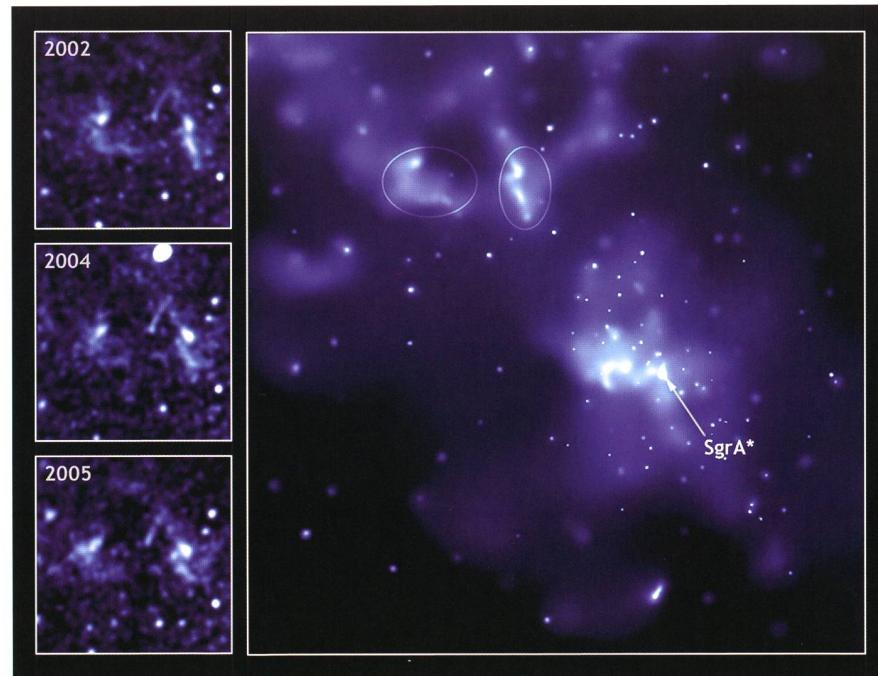


Abbildung 1: Röntgenbild von Sagittarius A* und von zwei Lichtechos (markiert) einer früheren Explosion.

heute nach neuesten Erkenntnissen weiß, dass es sich um ein supermassereiches Schwarzes Loch von gut und gerne 4 Millionen Sonnenmassen handeln muss.

Woher kennt man die Masse eines nicht direkt sichtbaren Objektes?

Die Masse von Sagittarius A konnten Astronomen so genau messen, weil sie alle Sterne im Zentrum über mehrere Jahrzehnte genau verfolgt haben. So zum Beispiel auch den Stern S2, der sich in einer Umlaufbahn um das schwarze Loch befindet und dieses alle 15.2 Jahre einmal umläuft. Der Stern hat dabei eine Geschwindigkeit von bis zu 18 Millionen Kilometer pro Stunde. Mit den Orbitparametern von mehreren solchen Sternen kann man dann die Masse und Position des schwarzen Lochs exakt bestimmen.

Heute wissen wir, dass Sagittarius A nicht das einzige supermassereiche Schwarze Loch im Universum ist. Fast in jeder Galaxie konnte man ein solches finden. In einigen Galaxien ist das Schwarze Loch aber nicht so «tot» wie das «Unsere»: Wenn sich viel Gas in dessen Nähe befindet, wird dieses vom Schwarzen Loch angezogen und langsam verschlungen. Dabei erhitzt sich das Gas extrem und kann unter Umständen so viel Licht abstrahlen, dass die ganze Galaxie überstrahlt wird. Das Zentrum einer Galaxie mit einem akkretierenden («fressenden») Schwarzen Loch wird im Fachjargon als aktiver Galaxienkern bezeichnet. Solche Objekte, auch Quasare genannt, hat man dank der hohen Helligkeit bis Rotverschiebung 7 entdeckt, nur 800 Millionen Jahre nach dem Urknall!

Das «Feuerwerk» blieb bis anhin aus

Sagittarius A ist ein ruhiges, und für Astronomen eher «langweiliges» Schwarzes Loch: Es frisst eigentlich kein Gas und emittiert daher auch fast keine Röntgenstrahlung. Aber das könnte sich in diesen Monaten ändern. Im Jahr 2012 hat der Astronom STEFAN GILLESSEN vom Max Planck Institut für Extraterrestrische Physik in Garching mit seinen Mitarbeitern eine grosse Gaswolke namens G2 entdeckt. Diese Gaswolke rast direkt auf Sagittarius A zu und wird durch die Gravitationskraft des Schwarzen Lochs langsam

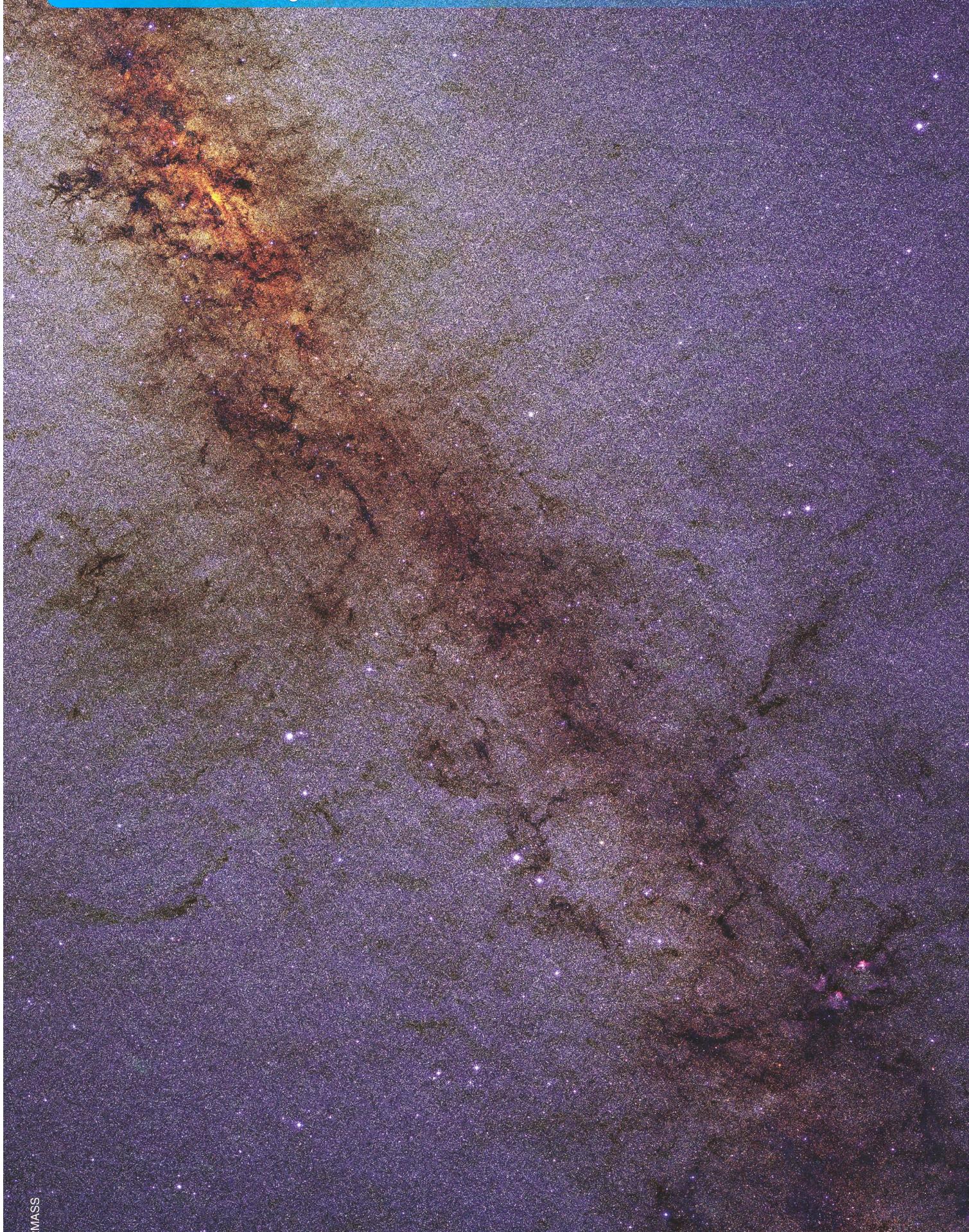


Abbildung 2: Das galaktische Zentrum (links oben) im infraroten Spektrum, verdeckt von Staubwolken.

auseinander gerissen (GILLESSEN, S. et al. Nature 481, 51–54 (2012); <http://www.youtube.com/watch?v=ci-WGrZMkXVM>). Das Team sagte voraus, dass G2 eine parabolische Umlaufbahn um das Schwarze Loch einschlagen wird, wobei die minimale Entfernung anfangs dieses Jahres mit nur 260 AE (also etwa 36 Lichtstunden) erreicht werden sollte. Dabei sollten grosse Teile der Wolke in das Schwarze Loch gezogen werden und, wie oben beschrieben, erhitzt und viel Strahlung emittieren. Viele Astronomen erhoffen sich dabei neue Erkenntnisse zu gewinnen, wie Schwarze Löcher Material akkretieren. Daher wurden zahlreiche Teleskope, wie Chandra, XMM, Swift, VLT und Keck auf das Milchstrassenzentrum gerichtet. Bis jetzt blieb das grosse Feuerwerk aber aus.

Das verlieh anderen Hypothesen Aufwind. So hat zum Beispiel die Astronomin ANDREA GHEZ von der University of California, Los Angeles, welche ein weiteres Team zur Untersuchung des galaktischen Zentrums anführt, ein anderes Szenario vorgeschlagen. Bilder ihres Teams, welche den Staub im Gegensatz zum Gas zeigen, deuten auf einen nicht-sichtbaren Stern im Zentrum von G2 hin. Die Gravitationskraft des Sterns würde verhindern, dass die Gaswolke auseinanderfällt und ins Schwarze Loch fliegt (<http://www.astronomerstelegram.org/?read=6110>). So oder so wird Sagittarius A jeden Tag vom Swift-Satelliten permanent beobachtet, (<http://www.swiftsgra.com/>).

Es gibt eine Vielzahl anderer Schwarzer Löcher

Bis jetzt haben wir supermassereiche Schwarze Löcher thematisiert, welche vermutlich im Zentrum jeder Galaxie existieren. Doch wie bilden sich diese Schwarzen Löcher? Es gibt drei aktuelle und heute debattierte Theorien:

- Erste Sterne vor 12 Milliarden Jahren (bis zu 300 Sonnenmassen) bilden ein Schwarzes Loch (~200 Sonnenmasse), welche dann zu supermassiven Schwarzen Loch weiter wachsen.
- Ein kollabierender Sternenhaufen könnte ein Schwarzes Loch mit ~1000 Sonnenmassen bilden, welches ebenfalls weiter wächst.
- Ein kleines Schwarzes Loch mit einigen Sonnenmassen «frisst» eine grosse, in-

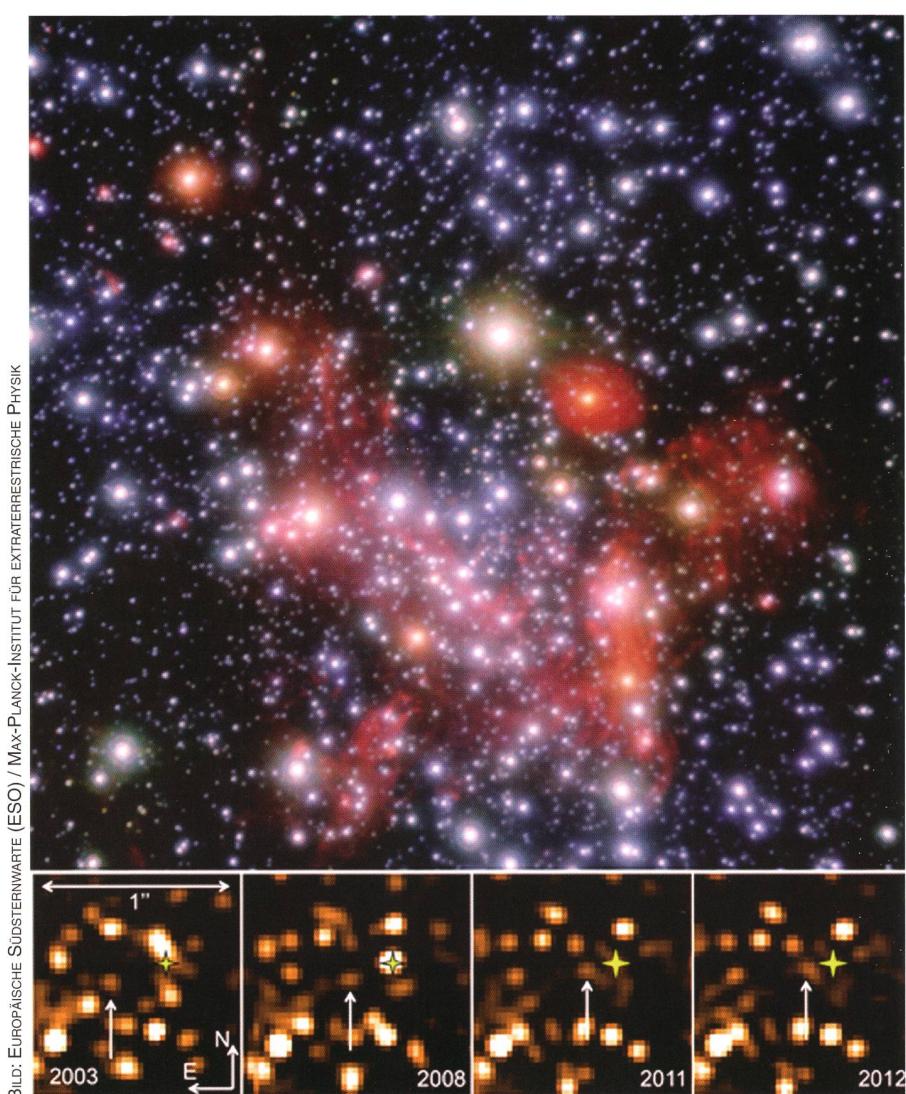


Abbildung 3: Drei-Farben-Komposit der innersten 25 Bogensekunden um das galaktische Zentrum, aufgenommen mit der adaptiven Optik Kamera NACO am VLT bei den Wellenlängen 1,6 μ m, 2,2 μ m und 3,8 μ m. Die langwelligsten Daten sind in rot wiedergegeben und zeigen die Gasstrukturen im Milchstrassenzentrum. Unten: Die zentrale Bogensekunde bei 3,8 μ m aufgenommen in vier Jahren. Der Pfeil markiert die Gaswolke, die auf SgrA* (markiert mit einem Kreuz) zufliegt.

stabile Gas-Disk und wird sofort 1 Million Sonnenmassen schwer.

Das Weltraumteleskop Chandra, ein mit einem Röntgenteleskop bestückter Satellit, der seit Juli 1999 im Einsatz ist, fand in Nachbargalaxien ultrahelle Röntgenquellen (ULX), von denen man glaubte, es könnte sich um mittelschwere Schwarze Löcher handeln. Andere Beobachtungen mit dem Very Large Telescope (VLT) in Chile und dem Subaru-Teleskop auf dem Mauna Kea (Hawaii) liessen aber Zweifel an dieser Vermutung aufkommen. Die Astronomen haben aber Kandidaten, in welchen sie mittelschwere Schwarze Löcher vermuten. Zu ihnen zählen das Zentrum des Kugel-



Abbildung 4: Hubble-Aufnahme von Mayall II / G1 in der Andromeda-Galaxie (M 31), mit zwei Vordergrundsternen.

sternhaufens Omega Centauri (NGC 5139) oder der Kugelhaufen Mayall II – in Astronomenkreisen auch als G1 bekannt – in der Andromeda-Galaxie (M 31), sowie die Zentren der Galaxien Messier 82

Was sind eigentlich Neutronensterne?

Sterne enden bekanntlich, abhängig ihrer Masse, sehr unterschiedlich. Unsere Sonne wird als Planetarischer Nebel, respektive Weisser Zwerp «sterben», bei massereicheren Sterne kann ein Neutronenstern zurückbleiben. Diese Objekte haben enorme Dichten: Anderthalb bis drei Sonnenmassen werden auf ein Kugelvolumen von blos noch 20 Kilometern Durchmesser komprimiert! Wir sprechen hier von Dichten von 10^{11} kg/cm³ bis zu $2,5 \cdot 10^{12}$ kg/cm³. 1cm³ wäre so schwer wie ein Eisenwürfel mit einer Kantenlänge von 700 Metern! Ein Neutronenstern besteht aus einer besonderen Materieform von Neutronen. Wenn sich das Sternvolumen beim Kollaps der Kernzone derart verringert, beginnt der Stern unter dem bekannten Pirouetteneffekt bis zu tausend Umdrehungen pro Sekunde zu vollziehen. Wir können diese pulsierenden Radioquellen, auch Pulsare (aus engl. pulsating source of radio emission) genannt, messen, respektive deren Signal, einem Leuchtturm vergleichbar, registrieren. Sie strahlen hauptsächlich im Radiofrequenzbereich (Red.)

den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts die Vermutung, Schwarze Löcher könnten sich schon beim Urknall in Bereichen gebildet haben, wo Massen- und Energiedichte ausreichend hoch waren. Diese Primordialen Schwarzen Löcher – der Begriff «primordial» bedeutet übrigens so viel wie «urweltlich» – sind also keine Relikte sterbender Riesensterne. Seit bald 25 Jahren wird diskutiert, ob gemessene Gammastrahlungsausbrüche von diesen Objekten stammen könnten.

Seit am CERN bei Genf nach den kleinsten Bausteinen des Universums geforscht wird, geisterte in den Medien die Angst herum, dass beim Betrieb künftiger, noch grösserer Teilchenbeschleuniger so genannte Schwarze Mikro-Löcher entstehen könnten. Diese lösen sich aber sofort wieder selbst auf (verdampfen). Also sind die Ängste völlig unbegründet.

■ **Sandro Tacchella & Thomas Baer**
ORION-Redaktion

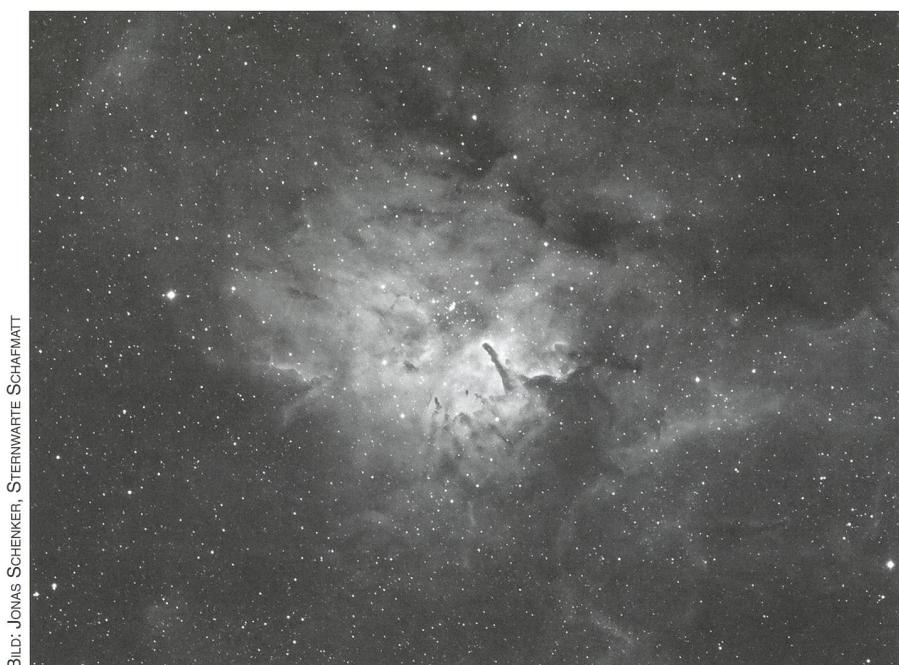


BILD: JONAS SCHENKER, STERNWARTE SCHAFMATT

Emissionsnebel NGC 6820

Dieses eindrückliche Bild zeigt den Emissionsnebel NGC 6820 im Sternbild Füchsen. Im Zentrum der Gaswolke befindet sich der offene Sternhaufen NGC 6820. Seine Mitgliedsterne umfassen ein kugelförmiges Raumgebiet mit etwa 50 Lichtjahren Durchmesser. Der Sternhaufen befindet sich in einer Entfernung von ca. 6'000 Lichtjahren. Beim Blick durchs Teleskop sieht man nur die paar hellsten Sterne auf dem Bild. Das Starten der ersten Aufnahme gleicht jeweils dem Öffnen einer Wundertüte. Das Besondere an diesem schönen Emissionsnebel sind die «Säulen» aus Gas und Staub, die sich in seinem Inneren aufgrund des Strahlungsdruckes der umliegenden Sterne gebildet haben. An den Enden dieser Säulen sind so genannte Protostärne eingebettet, also die Vorläufer von Sternen, die in absehbarer Zeit ihre Kernfusion zünden und zu «richtigen» Sternen werden. Wir sehen also direkt in die «Geburtsstätte» von neuen Sternen.

Die Breite des ganzen Bildes umfasst etwa 2 x den Durchmesser des Vollmondes (Blickwinkel etwas mehr als 1 Grad). Die grosse Staubsäule hat also eine Länge von ca. 25 Lichtjahren und einen Durchmesser von vielleicht 4 Lichtjahren. Zum Vergleich: Der nächste Stern nach der Sonne, Proxima Centauri, befindet sich auch etwa 4.2 Lichtjahre von uns entfernt. Das Bild fasziniert mich sehr, es widerspiegelt die grosse Dynamik und Turbulenz, die «dort oben» herrscht! Aufgrund der Wahnsinns-Distanz und -Grösse und in der Kürze eines Menschenlebens erscheint uns das Gebilde statisch, doch das pure Gegenteil ist der Fall! Ein ständiges Kommen und Gehen sozusagen. Und wir schauen von weit her hinüber und machen eine Momentaufnahme davon. (Jonas Schenker)

und von Zwerg-Seyfert-Galaxien. Selbst massereiche Sterne – wir sprechen hier von acht und mehr Sonnenmassen – können am Ende ihres Daseins zu Stellaren Schwarzen Löchern werden, denn diese Sterne, etwa Blaue Riesen, lassen neue Atomkerne durch Fusionsprozesse und andere Kernreaktionen entstehen (Nukleosynthese), bis hin zum Siliciumbrennen. Solche Sterne explodieren als Supernovae, wobei die übrigbleibende Sternmaterie, sofern sie die kritische Grenze von 2,5 Sonnenmassen nicht unterschreitet (TOLMAN-OPPENHEIMER-VOLKOFF-Grenze), zu einem Schwarzen Loch kollabiert. Das mit ca. 3,8 Sonnenmassen «leichteste» Stellare Schwarze Loch ist ein 2001 entdeckter Röntgendifoppelstern mit der Bezeichnung XTE J1650–500. Bei solchen Sternsystemen saugt in diesem Fall das Stellare Schwarze Loch seinem Begleitstern Materie ab.

Der britische Astrophysiker STEPHEN WILLIAM HAWKING äusserte bereits in



Weihnachtsgeschenk für Götti und Grosskinder!

Einsteiger Teleskop SkyWatcher Startravel-80/AZ3

inkl. 2 Okulare und Montierung

nur Fr. 189.–

Zumstein
FOTO VIDEO

www.foto-zumstein.ch | Casinoplatz 8 | 3011 Bern

Besuchen Sie uns auch auf:

www.teleskopphandel.ch