

72

FOTO: ESO

Zerschnitten: Der Astronom John Herschel entdeckte die rund 13 Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie Centaurus A, als er in den Jahren 1834 bis 1838 vom Kap der Guten Hoffnung aus den Südhimmel beobachtete. Er beschrieb die Galaxie als ungewöhnlich aussehenden Nebel, „durch ein breites, dunkles Band zerschnitten“. Auf dieser Aufnahme im optischen Licht ist dieses Band – es besteht aus Staub – gut zu sehen.

ZOOM INS HERZ VON CENTAURUS A

TEXT: HELMUT HORNING

Der Zentaur gehört zu den bekanntesten Konstellationen am Südhimmel. Wer das Sternbild mit dem Fernglas durchstöbert, entdeckt ein blasses Nebelfleckchen namens Centaurus A. Dahinter steckt eine ferne Milchstraße, in der ein supermassereiches schwarzes Loch sitzt. Michael Janssen vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn und der Radboud-Universität Nijmegen hat ein Team geleitet, das dieser Schwerkraftfalle mit dem Event Horizon Telescope jetzt so nahe gekommen ist wie niemals zuvor.

Die Geschichte von Centaurus A beginnt im 19. Jahrhundert am Kap der Guten Hoffnung. Dort, an der Südspitze Afrikas, hat sich der Astronom John Herschel eine Sternwarte eingerichtet. Von 1834 bis 1838 beobachtet er das Firmament und veröffentlicht ein paar Jahre später einen Katalog astronomischer Objekte. Darin beschreibt er unter anderem einen ungewöhnlich aussehenden Nebel, der „durch ein breites, dunkles Band zerschnitten“ ist.

Unter der Bezeichnung NGC 5128 wurde Herschels Entdeckung in den *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* aufgenommen. Doch erst in den 1950er-Jahren fand man dank immer präziserer Messungen heraus, dass NGC 5128 eine eigenständige Milchstraße ist, eine Galaxie. Ihre Entfernung von der Erde wird heute mit rund 13 Millionen Lichtjahren angegeben.

Fahrt nahm die Erforschung von Centaurus A mit einem Artikel auf, den John Bolton gemeinsam mit zwei Co-Autoren 1949 im Wissenschaftsmagazin *Nature* veröffentlichte. Kurz nach dem Zweiten Weltkrieg hatten der britisch-australische Astronom und sein Team begonnen, kosmische Radioquellen mit Objekten zu identifizieren, die schon seit Längerem im sichtbaren Licht beobachtet wurden. Die Wissenschaftler nutzten ein völlig neues Beobachtungsfenster zum

All: die Radioastronomie. Deren Anfänge lagen damals nicht einmal zwei Jahrzehnte zurück.

In den frühen 1930er-Jahren fahndete Karl Jansky im Auftrag der US-amerikanischen Bell Telephone Laboratories in New Jersey nach unerwünschten Geräuschen bei der Übertragung von Rundfunksendungen. Mit einem ungefähr 30 Meter langen Ungetüm aus Holz und Draht lauschte der Physiker im Sommer 1931 in den Äther und machte den Störenfried tatsächlich dingfest – Gewitter!

Eigentlich hätte Jansky nun zufrieden sein können, wäre da nicht noch ein merkwürdiges, gleichmäßiges Zischen gewesen. Es schien von einer Quelle auszugehen, die sich innerhalb eines Tages mit Sterngeschwindigkeit – also in 23 Stunden, 56 Minuten und 4 Sekunden und damit exakt der Erdrotation folgend – über den Himmel

bewegte. Im Frühjahr 1933 stand fest, dass dieses Rauschen aus den Tiefen des Universums stammen musste.

Zwei Jahre später schrieb Karl Jansky: „Strahlung wird immer dann empfangen, wenn die Antenne auf die Milchstraße gerichtet ist.“ Gemeint war jenes schimmernde Band, das sich in einer klaren Sommernacht in unseren Breiten über das Himmelsgewölbe spannt. Es ist Teil jener Welteninsel, welche die Form einer leicht verbogenen Frisbeescheibe besitzt und Hunderte von Milliarden Sternen beherbergt – unter anderem unsere Sonne mit ihren acht Planeten.

Die Milchstraße im Visier

Die Wissenschaft nahm von Janskys Entdeckung allerdings keine Notiz. Nur einer erkannte das Potenzial der neuen Methode: Grote Reber. Mit Materialkosten von 2000 Dollar baute der Funkamateurliebhaber eine fast zehn Meter große, voll bewegliche Schüssel, platzierte sie im Garten seines Hauses in Wheaton im US-Bundesstaat Illinois und richtete sie in jeder freien Minute auf die Milchstraße. Im Jahr 1943 veröffentlichte Reber die Daten seiner Himmelsdurchmusterung.

Allmählich begann sich diese Beobachtungstechnik zu etablieren. Ein paar Jahre später nutzte die Gruppe um John Bolton ein besonderes Radioteleskop an der australischen Küste. Dieses „Seeklippen-Interferometer“ registrierte gleichzeitig zwei Signale – das direkt von der Quelle am Himmel abgestrahlte und das von der Oberfläche des Pazifiks reflektierte. Durch die Überlagerung der beiden Signale, Interferometrie genannt, ließ sich ein virtuelles Radioteleskop von mehreren Hundert Metern Durchmesser simulieren.

Damit gelang es, starke Radioquellen wie Centaurus A, Virgo A und Taurus A, die bereits vorher bekannt gewesen waren, jeweils mit ihren opti-

schen Gegenstücken zu identifizieren: mit den Galaxien NGC 5128, M87 im Sternbild Jungfrau und dem Krebsnebel, einem Supernova-Überrest im Stier. Über diese Ergebnisse berichtete Boltons Gruppe in dem erwähnten *Nature*-Artikel.

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Centaurus A wird seit vielen Jahrzehnten auch mit radioastronomischen Methoden beobachtet.

Dem Event Horizon Telescope ist jetzt ein bisher einmaliger Blick ins Zentrum dieser aktiven Galaxie gelungen, fast bis zum Fußpunkt eines symmetrischen Materiejets.

Die Messungen sollen den Mechanismus aufklären helfen, der diesen Jet nahe dem schwarzen Loch entspringen lässt.

Die Arbeit war ein kleines Kunststück, denn die Auflösung eines Teleskops hängt von der Wellenlänge ab. Je größer diese ist, desto weniger Details lassen sich darstellen. Radiostrahlung ist eine sehr langwellige Version des sichtbaren Lichts. Das Spektrum, welches die Erdatmosphäre in diesem Bereich durchlässt, reicht von Submillimeter- und Millimeterwellen jenseits des Infraroten über Wellen von Zentimetern bis zu einigen Metern Länge.

Wegen des geringen Auflösungsvermögens müssen Radioantennen stets recht groß sein, wie etwa die Schüssel des Teleskops in Effelsberg mit 100 Meter Durchmesser. Eine raffinierte Methode, die Natur auszutricksen, ist die Interferometrie. John Bolton nutzte sie als einer der Ersten. Auch das Event Horizon Telescope (EHT) arbeitet nach diesem Prinzip: Acht

über den Globus verteilte Antennen sind in mehr oder weniger großem Abstand voneinander zusammengeschaltet. Sie alle beobachten dasselbe Objekt am Himmel. Werden die empfangenen Signale überlagert, dann wirken die Antennen wie eine einzige, deren Durchmesser der größten Distanz der beteiligten Observatorien entspricht.

Beim Event Horizon Telescope ergibt sich auf diese Weise ein virtueller Antennendurchmesser von Erdgröße. Der EHT-Verbund empfängt Radiostrahlung von 1,3 Millimeter Wellenlänge und besitzt ein Auflösungsvermögen von einer zwanzigmillionstel Bogensekunde. Damit könnte man (die Erdkrümmung außer Acht lassend) theoretisch von München aus eine Zeitung lesen, die jemand auf einer Bank im New Yorker Central Park in den Händen hält.

Dem Event Horizon Telescope gelang das am 10. April 2019 der Öffentlichkeit präsentierte und mittlerweile ikonische erste Bild vom Schatten eines schwarzen Lochs. Diese Daten aus dem Zentrum der elliptischen Riesengalaxie M 87 wurden im Jahr 2017 aufgezeichnet. Auf dem Beobachtungsprogramm stand damals auch Centaurus A. Die nach langwieriger Analyse im Juli 2021 veröffentlichte Aufnahme zeigt das Herz dieser Galaxie, in dem ein schwarzes Loch mit 55 Millionen Sonnenmassen lauert. Aus ihm entspringt – wie bei den meisten aktiven Galaxien – ein Materiejet, der sich symmetrisch mehrere Hunderttausend Lichtjahre ins All erstreckt.

Sichtbare Details – kleiner als ein Lichttag

Zwar bleibt das schwarze Loch selbst verborgen. „Aber jetzt können wir zum ersten Mal einen extragalaktischen Radiojet auf Skalen untersuchen, die kleiner sind als die Entfernung, die das Licht an einem Tag zurücklegt“, sagt der Teamleiter Michael Janssen, der am Bonner Max-

→

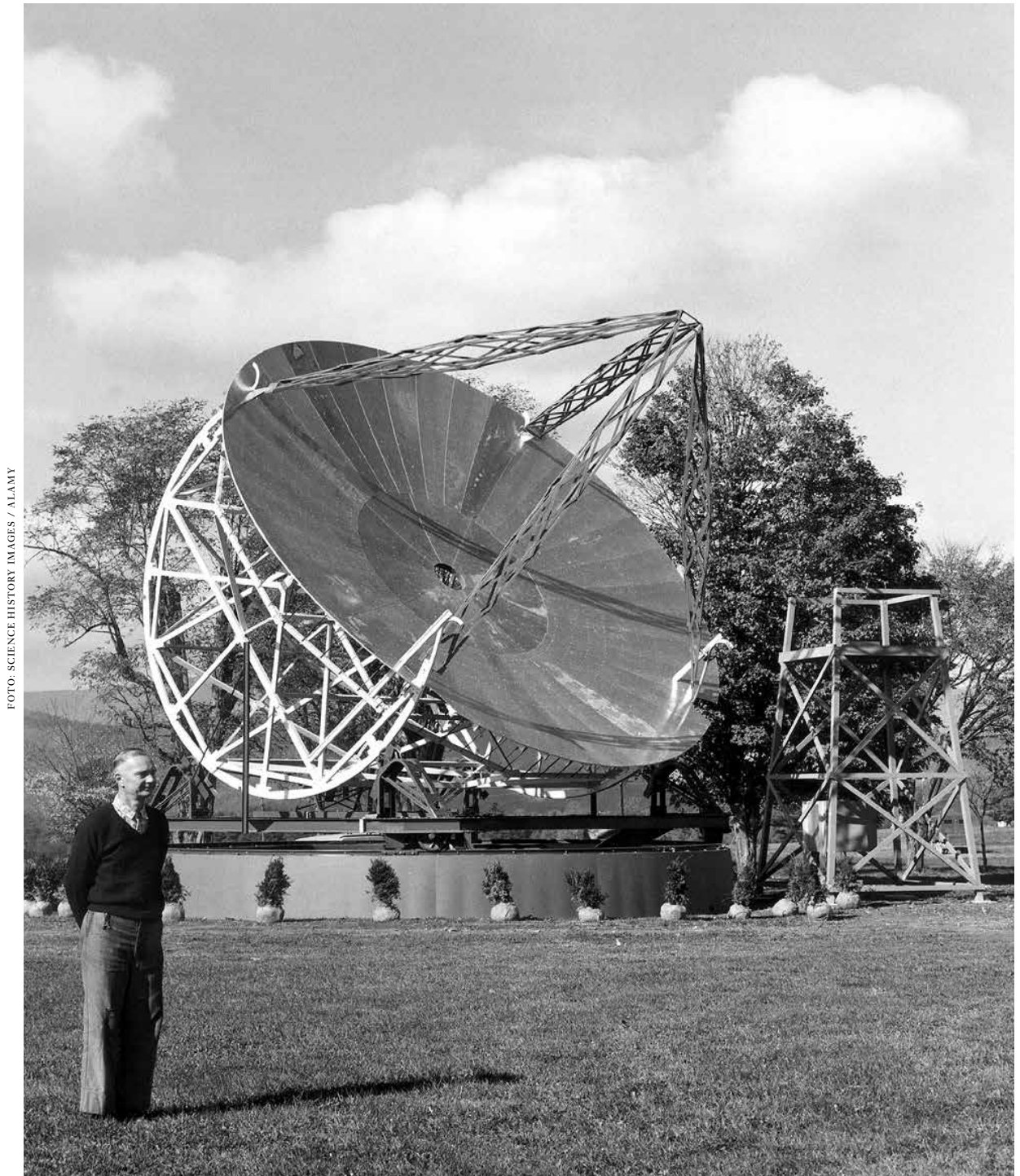
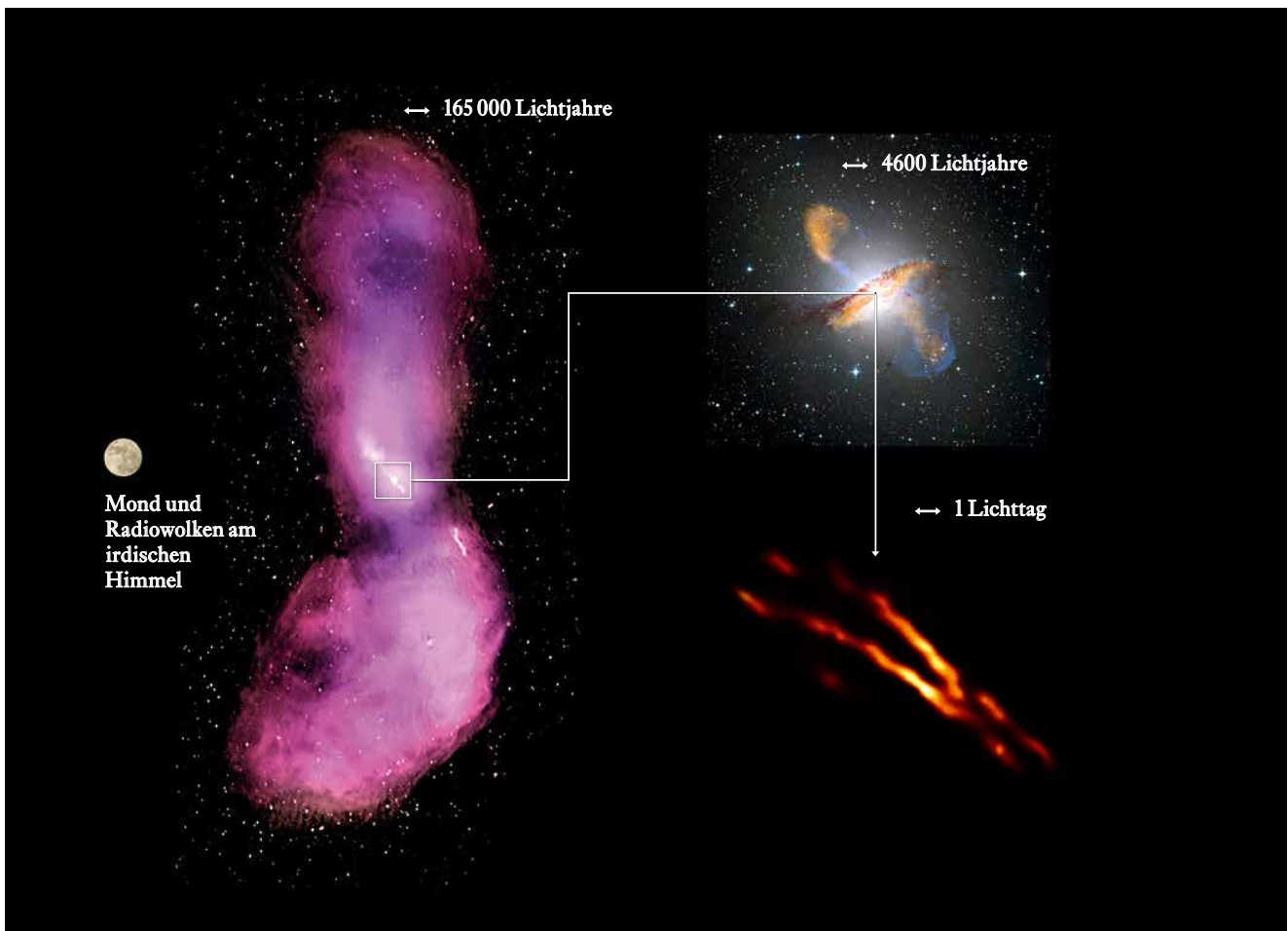


FOTO: SCIENCE HISTORY IMAGES / ALAMY

75

Pionier: In den 1930er-Jahren baute Grote Reber im Garten seines Hauses in Wheaton im US-Bundesstaat Illinois eine Schüssel, die heutigen Radioteleskopen gleicht. Im Jahr 1943 veröffentlichte Reber seine Daten einer vollständigen Himmeldurchmusterung – und öffnete damit ein neues Beobachtungsfenster zum All.



Annäherung: Die ausgedehnten symmetrischen Gaswolken des Jets von Centaurus A erstrecken sich im Bereich der Radiowellen am irdischen Himmel über 16 Vollmond Durchmesser (links). Die Überlagerung von Aufnahmen im Submillimeter- und im Röntgenbereich sowie im sichtbaren Licht zeigt nur die Galaxie selbst (oben rechts). Um viele Größenordnungen genauer ist der Blick ins Herz von Centaurus A mit dem Event Horizon Telescope – das Bild des Materiejets besitzt die höchste Detailauflösung (unten rechts).

76

Planck-Institut für Radioastronomie und an der Radboud-Universität Nijmegen forscht. „Wir sind hautnah dabei, wie ein solch gewaltiger Jet geboren wird.“

Supermassereiche schwarze Löcher, die sich in den Zentren aktiver Galaxien wie Centaurus A befinden, üben auf die Umgebung eine fast unwiderstehliche Anziehungskraft aus. Sie ernähren sich von Gas und Staub und setzen während der Mahlzeit gewaltige Energiemengen frei. Der größte Teil der Materie, die sich nahe dem Rand eines schwarzen Lochs befindet, fällt in den kosmischen Schlund. Doch einige der umgebenden Teilchen entkommen kurz vor dem Einfangen. Dabei entstehen „Jets“, deren Mechanismus immer noch Rätsel aufgibt.

Zwar versuchen Forschende mit unterschiedlichen Modellen zu erklären, wie genau sich Materie nahe einem schwarzen Loch verhält. Aber wie werden die Jets aus den galaktischen Zentren gestartet? Und wie können sie sich über viele Tausend Lichtjahre hinaus ins All erstrecken und dabei ihre Wirtsgalaxien an Größe weit übertreffen? Das EHT soll helfen, diese Fragen zu beantworten.

So zeigt das neue Bild, dass der Jet in Centaurus A an den Rändern heller ist als im Zentrum. Dieses Phänomen kennen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von anderen Jets, es wurde aber noch niemals derart deutlich beobachtet. „Mit diesem auffälligen Merkmal lassen sich jetzt sämtliche theoretischen Jetmodelle aus-

schließen, aus denen sich keine solche Randaufhellung ergibt“, erklärt Matthias Kadler, Astrophysiker an der Universität Würzburg. Zudem haben die EHT-Messungen ziemlich exakt die Position des schwarzen Lochs am Startpunkt des Jets identifiziert.

Zukünftig könnte es bei noch kürzerer Wellenlänge und höherer Detailauflösung gelingen, das schwarze Loch im Herzen von Centaurus A selbst abzubilden – analog jenem in der Riesengalaxie M 87. Die Forschenden wollen den Fokus dabei auf die Messung der Magnetfelder richten. „Ich bin sicher, dass wir die nötigen verbesserten Methoden zur Auswertung der Daten bald beherrschen werden“, sagt Anton Zensus, Direktor am Max-Planck-Institut für Radioastronomie.

←



*FORWARD.
VISION.
FUTURE.*

€ 25,000

Apply until
February 15th, 2022

The Hermann Neuhaus Prize recognizes excellent postdocs and group leaders in the Biology & Medicine Section (**BMS**) and the Chemistry, Physics & Technology Section (**CPTS**). The prize enables the successful applicant to develop her or his research's potential for application.

For more information visit
www.mpg.de/hermann-neuhaus-prize

Hermann Neuhaus's
**Hermann
Neuhaus
Prize**