

ASTRONOMEN ZEIGEN ERSTES BILD EINES SCHWARZEN LOCHS

Aufnahme des Event Horizon
Teleskop-Projekts

Forschende des Event-Horizon-Teleskop (EHT)-Projekts haben am 10. April ein bahnbrechendes Ergebnis bekannt gegeben: Erstmals gelang ihnen der direkte sichtbare Nachweis eines Schwarzen Lochs im Zentrum der benachbarten Galaxie M87, 55 Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Mit von der Partie war das europäische Black Hole Cam (BHC)-Team unter der Leitung von Astrophysikern der Goethe-Universität, des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie (MPIfR) in Bonn und der Radboud University in Nijmegen, Niederlande.

»Wir präsentieren der Menschheit den ersten Blick auf ein Schwarzes Loch – sozusagen eine Einbahnstraße zum Verlassen unseres Universums«, sagte Sheperd S. Doeleman vom Harvard & Smithsonian Center for Astrophysics, der Projektdirektor des EHT. »Das ist ein Meilenstein für die Astronomie und eine große wissenschaftliche Leistung, die mehr als 200 Forscher ermöglicht haben.«

Schwarze Löcher sind kosmische Objekte, die eine unvorstellbare Gesamtmasse innerhalb eines winzigen Bereichs umfassen. Die

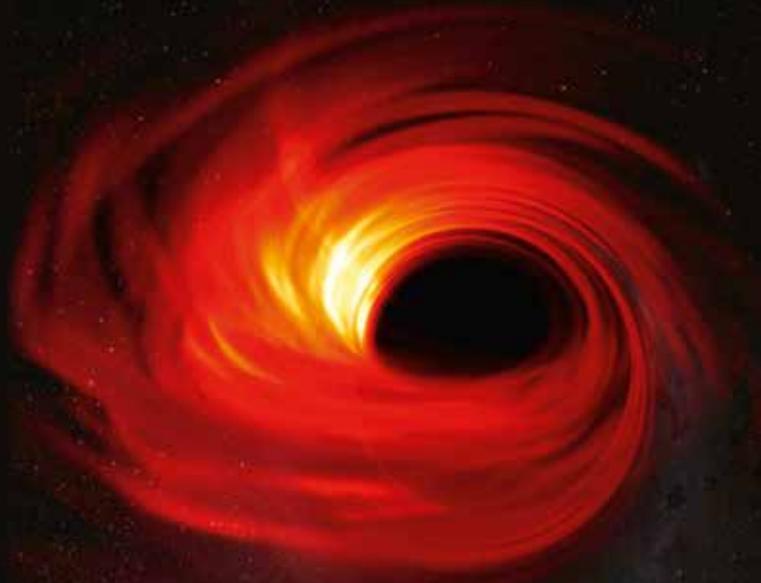
Existenz eines solchen Objekts beeinflusst seine direkte Umgebung in extremer Weise. Sie führt zu einer starken Krümmung der Raum-Zeit sowie zur Aufheizung des umgebenden Materials, so dass es anfängt zu leuchten.

»Sobald es in eine hell leuchtende Umgebung wie eine glühende Gasscheibe eingebettet ist, erwarten wir, dass um das Schwarze Loch eine dunkle Region ähnlich wie ein Schatten entsteht – ein Effekt, der von Einsteins Relativitätstheorie vorhergesagt wurde, den wir bisher aber noch nie beobachten konnten«, sagt der Vorsitzende des EHT-Wissenschaftsrats, Heino Falcke von der Radboud-Universität. »Dieser Schatten verrät uns eine Menge über die Natur dieser faszinierenden Objekte und ermöglicht es uns, die enorme Gesamtmasse des Schwarzen Lochs von M87 zu bestimmen.« Wie die Forscher berechnet haben, beträgt sie mehr als sechs Milliarden Sonnenmassen.

Die EHT-Beobachtungen zeigen tatsächlich eine ringförmige Struktur mit einer dunklen, zentral gelegenen Region – und zwar in vielen unterschiedlichen Beobachtungen,

die unabhängig voneinander ausgewertet wurden. »Sobald wir sicher waren, den Schatten des Schwarzen Lochs erfasst zu haben, verglichen wir die Beobachtungen mit einer Vielzahl von Computermodellen. Eine Reihe der Detailstrukturen im beobachteten Bild stimmen hervorragend mit den theoretischen Vorhersagen überein«, erläutert Luciano Rezzolla, Professor für Theoretische Astrophysik an der Goethe-Universität.

Die Gruppe von Luciano Rezzolla simulierte auf Supercomputern, wie Materie in einer ringförmigen Scheibe das Schwarze Loch umkreist und hineingesogen wird und wie die Lichtstrahlen durch die ungeheure Gravitation um das Schwarze Loch herum verbogen werden. Ebenso galt es, verschiedene Alternativen zu Schwarzen Löchern auszuschließen, die ebenfalls mit der Allgemeinen Relativitätstheorie vereinbar sind. »Die Konfrontation der Theorie mit den Beobachtungen ist für einen theoretischen Physiker immer ein dramatischer Moment. Wir waren sehr erleichtert und auch stolz, dass die Beobachtungen so gut mit unseren Vorhersagen übereinstimmten«, so Luciano Rezzolla.



Simulierte Abbildung der Emission um ein supermassives Schwarzes Loch aus der Gruppe von Prof. Luciano Rezzolla

Für das direkte Bild des Schwarzen Lochs benötigten die Astronomen ein Teleskop von bisher unerreichter Präzision und Empfindlichkeit. Das Event-Horizon-Teleskop ist kein einzelnes Teleskop, sondern eine Vernetzung von acht Radioteleskopen auf der ganzen Welt an Standorten mit teilweise herausfordernden klimatischen Bedingungen: auf dem Gipfel des Mauna Kea auf Hawaii, in der Atacama-Wüste in Chile, der Antarktis, in Mexiko, Arizona und der Sierra Nevada in Spanien.

»Das IRAM 30-Meter-Teleskop auf dem Pico del Veleta in der Sierra Nevada ist das empfindlichste Einzelteleskop des EHT-Verbundes«, erklärt Karl Schuster, Direktor des IRAM (Institut de Radioastronomie Millimétrique) und Mitglied des EHT-Leitungsgremiums. Unter Ausnutzung der Erdrotation bildet es gemeinsam mit den anderen Teleskopen auf vier Kontinenten ein virtuelles Riesenteleskop von der Größe der Erde selbst. Es ermöglicht Beobachtungen mit einer Auflösung von 20 Mikro-Bogensekunden. Das ist so präzise, dass man damit von einem Straßencafé in Berlin aus eine Zeitung

in New York lesen könnte. »Damit erreichen wir eine nie dagewesene Empfindlichkeit und räumliche Auflösung, so dass wir Messungen an der Grenze des Beobachtbaren durchführen können.«

Der Aufbau des EHT stellt das Ergebnis jahrelanger Anstrengungen dar und ist ein Beispiel für die weltumfassende Zusammenarbeit von Forschern in insgesamt dreizehn Partnerinstitutionen. Eine wesentliche Förderung erfolgte über den Europäischen Forschungsrat (ERC), die amerikanische National Science Foundation (NSF) sowie Organisationen in Ostasien.

»Nachdem wir Schwarze Löcher jahrzehntelang nur indirekt postulieren konnten, wenn auch mit großartiger Genauigkeit, konnten wir 2015 mit dem LIGO-Experiment zunächst ‚hörbar‘ machen, wie sich die Verschmelzung Schwarzer Löcher auf die Raum-Zeit auswirkt«, erklärt Michael Kramer, Direktor am MPIfR und einer der drei Leiter des ERC Black Hole Cam-Projekts. »Nun können wir sie endlich auch ‚sehen‘ und damit deren extreme Raum-Zeit-Krümmung auf einzigartige Weise untersuchen.«

»Diese Ergebnisse markieren einen wichtigen Meilenstein für unser Verständnis der fundamentalen Prozesse bei der Bildung und Entwicklung von Galaxien im Universum. Besonders bemerkenswert ist, dass wir es in diesem Projekt schneller als erwartet geschafft haben, astronomische Beobachtungen und theoretische Interpretation zum erhofften Erfolg zu bringen. In Zukunft werden Forscher weit über unser Arbeitsgebiet hinaus klar die Zeit vor und nach dieser Entdeckung unterscheiden«, erwartet Anton Zensus, Direktor am MPIfR und Vorsitzender des EHT-Leitungsgremiums.

IMPRESSUM

FORSCHUNG FRANKFURT
Das Wissenschaftsmagazin der Goethe-Universität



IMPRESSUM

Herausgeber Die Präsidentin der Goethe-Universität Frankfurt am Main
V.i.S.d.P. Dr. Olaf Kaltenborn, Leiter der Abteilung PR und Kommunikation
Theodor-W. Adorno-Platz 1, Campus Westend, PA-Gebäude, 60323 Frankfurt

Redaktion Dr. Anke Sauter (asa), Referentin für Wissenschaftskommunikation
(Geistes- und Sozialwissenschaften), Telefon (069)798-13066, E-Mail: sauter@pww.uni-frankfurt.de
Dr. Anne Hardy, Referentin für Wissenschaftskommunikation
(Naturwissenschaften und Medizin), Telefon (069)798-12498, E-Mail: hardy@pww.uni-frankfurt.de

Grafisches Konzept und Layout Nina Ludwig, M.A., Visuelle Kommunikation,
Telefon (069)798-13819, E-Mail: ludwig@pww.uni-frankfurt.de

Satz Nina Ludwig, Goethe-Universität Frankfurt und Dagmar Jung-Zulauf Medienwerkstatt, Niddatal

Litho Peter Kiefer Mediendesign, Frankfurt

Bildrecherche Elsa Fiebig, Goethe-Universität Frankfurt

Lektorat Astrid Hainich, Bonn, und Ariane Stech, Meckenheim

Vertrieb Helga Ott, Theodor-W. Adorno-Platz 1, Campus Westend, PA-Gebäude,
Raum 4P.36A, 60323 Frankfurt, Telefon (069)798-12472, Telefax (069) 798-763-12531,
E-Mail: ott@pww.uni-frankfurt.de

Forschung Frankfurt im Internet www.forschung-frankfurt.de

Druck Societätsdruck, Westdeutsche Verlags- und Druckerei GmbH,
Kurfürstenstraße 4–6, 64546 Mörfelden-Walldorf

Bezugsbedingungen »Forschung Frankfurt« kann gegen eine jährliche Gebühr von 12 Euro
(Schüler und Studierende 8 Euro) abonniert werden. Das Einzelheft kostet 6 Euro (4 Euro ermäßigt).
Abonnement und Einzelverkauf siehe Vertrieb.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für »Forschung Frankfurt« im Mitgliedsbeitrag
enthalten.

Hinweis für Bezieher von »Forschung Frankfurt« (gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und
Abonnementverwaltung von »Forschung Frankfurt« werden die erforderlichen Daten der Bezieher in
einer automatisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält: Name, Vorname, Anschrift
und Bezugszeitraum. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs gelöscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach
Absprache möglich.

ABBILDUNGSNACHWEIS

Titel Diana Vucane/Shutterstock.

Aus der Redaktion Seite 1: Foto von Yuliya Chsherbakova/Shutterstock

Konflikt in der Gesellschaft: Triebkraft oder Sprengstoff? Erst im Konflikt finden wir zueinander
Seite 4: Bundesregierung/Steffen Kugler; Seite 7 und 8: Jürgen Lecher; Seite 9: Uwe Dettmar; **Woher
rührt die Zuspitzung?** Seite 10: Dan Race/Shutterstock; Seite 11: MoBloS/Shutterstock; Seite 12: Oksana
Mizina7/Shutterstock; Seite 13: Tobias Volmar/Shutterstock; Seite 15: Autorenfoto Uwe Dettmar; **Die
Jerusalem-Frage – ein »unlösbarer« Konflikt?** Seite 16: Gemenacom/Shutterstock; Seite 18: akq-
images/Bible Land Pictures/Jerusalem Photo by: Z. Radovan; Seite 19: Taurus/Shutterstock; Seite 20:
Autorenfotos Uwe Dettmar; **Grundgesetz und Scharia im Konflikt?** Seite 21: TonyV3112/Shutterstock;
Seite 22: Smarta/Shutterstock; Seite 24: © Nike, Inc. (Foto von Rick Guest); Seite 25: Uwe Aranas/
Shutterstock, Autorenfoto Uwe Dettmar.

Wie sich Konflikte lösen lassen Zwischen Recht und Politik Seite 26: Waldemar/Shutterstock;
Seite 28: REUTERS/Jonathan Ernst; Seite 29: Picture-Alliance/Jerry Lampen; Seite 30: Bundeszentrale für
politische Bildung, 2010, www.bpb.de/Lizenz: Creative Commons by-nc-nd/3.0/de, Autorenfoto HSFK/
Ralf Schönberger; **Buchtipps** Seite 31: Buchcover; **Frieden durch Strafe** Seite 32: César Romero für das
Centro Nacional de Memoria Histórica de Colombia; Seite 33: César Romero für das Centro Nacional de
Memoria Histórica de Colombia; Seite 34: César Romero für das Centro Nacional de Memoria Histórica de
Colombia; Seite 36: César Romero für das Centro Nacional de Memoria Histórica de Colombia, Autoren-
foto Uwe Dettmar; **Nicht nur vor Gericht lassen sich Konflikte lösen** Seite 38: Illustration: Ludwig;

Seite 39: Autorenfoto Uwe Dettmar; **Fukushima: Schlichtung als pragmatische Lösung oder »Just-
ice light«?** Seite 40: REUTERS/Toru Hanai; Seite 41: Autorenfoto Uwe Dettmar; **Wie lang war der Arm
des Ptolemaios** Seite 42: Abb. Statue: Detroit Institute of Arts 51.83, Abb. Papyrus: Papyrussammlung
der Goethe-Universität. (P.Frankf. 7, Z. 9-12, 216/215 v.Chr.) <http://papyri.info/ddbdp/p.frankf.7>; Seite 43:
Autorenfoto, Papyrus Uwe Dettmar; **Warum Mediation auch eine Aufgabe der Gerichte ist...** Seite
45: Autorenfoto privat.

Konflikte einst und heute Architektur der Macht Seite 46: Rüdiger Krause (bearbeitet); Seite 48:
Rüdiger Krause; Seite 49: Rüdiger Krause (großes Bild), Barbara Voss (kleines Bild); Seite 50: Autorenfoto
Uwe Dettmar; Seite 51: Karte LOEWE-Datenbank, Becker; **»Konflikte prägen unser Zeitempfinden«**
Seite 52: akq-images; Seite 53: akq-images; Seite 54: Autorenfoto Stefan Gloede, Potsdam; Seite 55:
Markus Desaga/DVA; **»America first ist keine Erfindung von Trump«** Seite 56: akq-images; Seite 57:
Sheila Fitzgerald/Shutterstock; Seite 59: Quagga Media UG/akq-images; Seite 60: United Nations Conference
on Trade and Development (UNCTAD), Online-Datenbank, UNCTADstat (10/2018); Lizenz: Creative
Commons by-nc-nd/3.0/de; Bundeszentrale für politische Bildung 2019 | www.bpb.de; Seite 61: Autoren-
foto privat; **Ist die Welt friedlicher geworden?** Seite 62: Global Peace Operations Review; Seite 64:
UCDP/PRIOD Armed Conflict Dataset, UCDP/PRIOD Armed Conflict Dataset, Julia Leib, Seite 66: Uwe Dettmar;
Friede den Hütten, Krieg den Palästen! Seite 67: akq-images; Seite 68: akq-images, Autorenfoto Stefanie
Wetzel; Seite 69: akq-images; Seite 71: Deutsches Historisches Museum, Autorenfoto Uwe Dettmar.

Von Mensch zu Mensch Ist die Welt friedlicher geworden? Seite 72 bis 76: alle Illustrationen von
Elmar Lixenfeld, Frankfurt, Autorenfoto Uwe Dettmar; **Beredetes Schweigen über Konflikte** Illustrati-
onen Seite 78,79: von StockSmartStart/Shutterstock, Seite 77, 81, 82: von Yuliya Chsherbakova/Shutter-
stock, Seite 81: Autorenfoto Uwe Dettmar; **»Wenn Du Dein wahres Gesicht zeigen würdest, würdest
Du 10 000 Follower verlieren ...«** Seite 82/83: Daumen Vectorbro/Shutterstock; Seite 82-86: Like-Icon
zo3listic/Shutterstock; Seite 84: Tatyana Dzemileva/Shutterstock (links), Rokas Tenys/Shutterstock
(rechts); Seite 85: MinDof/Shutterstock; Seite 86: Autorenfoto Uwe Dettmar; **Am Pranger** Seite 87 bis
90: alle Illustrationen von Thomas Plaßmann; Seite 91: Autorenfoto Uwe Dettmar.

Natur und Konflikt (K)Ein Platz für Wölfe Seite 92 bis 97: Bilder von Anne Neidhöfer, Seite 97: Auto-
renfoto privat; **Welche Natur, für wen und wie zu schützen?** Seite 98: Teagan Cunniffe 2018, mit
Genehmigung der NWHF; Seite 99: Teagan Cunniffe 2018, mit Genehmigung der NWHF; Seite 100: Bild
068-2178b-20 Goldbeck u. a. 2011: 26, Bildarchiv der Deutschen Kolonialgesellschaft, Universitätsbiblio-
thek Frankfurt am Main; Seite 101: Bild 037-0600-039 Bildarchiv der Deutschen Kolonialgesellschaft,
Universitätsbibliothek Frankfurt am Main; Seite 102 bis 103: alle Fotos von Robert Pütz 2017; Seite 103:
Autorenfotos Uwe Dettmar; **Vom Beschleichen wilder Löwen** Seite 104, 108 bis 110, 112: alle Fotos
von Astrid Reuber/Lacey Fund e.V.; Seite 105 und 111: Archiv Carl Hagenbeck GmbH; Seite 106 und 107:
alle Fotos von Joachim Scholz; Seite 110: Autorenfoto Sven Tränkner, SGN.

Aktuelles aus der Wissenschaft »Konsequent wäre ein Institut für Sozialwissenschaften« Seite
114: EHT; **Astronomen zeigen erstes Bild eines Schwarzen Lochs** Seite 116: EHT, Seite 117: Simu-
lation: Younsi, Rezzolla; **Paul Ehrlich-Preis für Proteinfaltung** Seite 118: Uwe Dettmar; **Preis für
»Brückenbauer« Prof. Ferdinand Gerlach** Seite 118: Michael Fuchs; **Krebsforschung in »Echtzeit«**
Seite 119: Stefan Streit.

Vorschau Liya Graphics/Shutterstock.

Wir haben uns bemüht, die Urheber- und Nutzungsrechte für die Abbildungen zu ermitteln und deren Ver-
öffentlichungsgenehmigung einzuholen. Falls dies in einzelnen Fällen nicht gelungen sein sollte, bitten wir
die Inhaber der Rechte, sich an die Goethe-Universität, Abteilung PR und Kommunikation, zu wenden.
Berechtigte Ansprüche werden selbstverständlich abgegolten.

