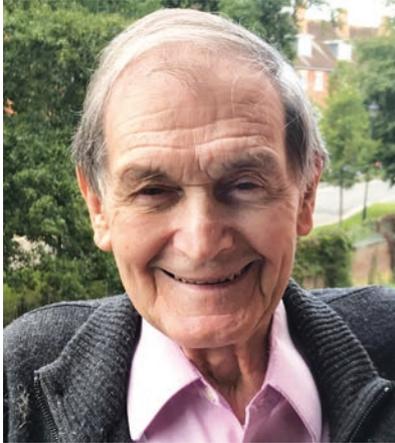


# Die Existenz der Schwarzen Löcher

Der Physik-Nobelpreis 2020 zeichnet Arbeiten aus, die entscheidend für den Nachweis der Existenz von Schwarzen Löchern waren.

Petrona Winton



Sir Roger Penrose, geboren 1931, promovierte 1957 an der Universität Cambridge und forschte anschließend unter anderem dort, an der Princeton University, der Syracuse University und der University of Texas in Austin. 1964 wurde er Reader am Birkbeck College in London und 1966 dort Professor für angewandte Mathematik. Von 1973 bis zu seiner Emeritierung 1998 war Penrose Rouse Ball Professor an der Oxford University und anschließend bis 2001 Geometrie-Professor am Gresham College in London.

In diesem Jahr dreht sich beim Nobelpreis für Physik alles um „das dunkelste Geheimnis der Milchstraße“ bzw. allgemeiner um Schwarze Löcher. Der britische mathematische Physiker Roger Penrose von der Universität Oxford erhält eine Hälfte des Preises für „seine Entdeckung, dass

die Entstehung Schwarzer Löcher eine robuste Vorhersage der Allgemeinen Relativitätstheorie ist“. Die andere Hälfte teilen sich der deutsche Astrophysiker Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching und die US-amerikanische Astronomin Andrea Ghez von der University of California in Los Angeles für „ihre Entdeckung eines supermassiven Objekts im Zentrum der Milchstraße“.

Der 89-jährige Roger Penrose zählt zu den bedeutendsten lebenden Vertretern der mathematischen Physik und erhielt bereits zahlreiche Preise und Ehrendoktorwürden. Seine Arbeiten befassen sich insbesondere mit den mathematischen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie und Kosmologie sowie ihren Folgerungen für die Kosmologie. Er hat aber auch grundlegende geometrische Beiträge zur Theorie der später entdeckten Quasikristalle geleistet. In seinen späteren Arbeiten befasste er sich mit Problemen der Vereinigung von Quanten- und Gravitationstheorie und der Frage nach der Bedeutung der Quantenmechanik für das menschliche Bewusstsein.

Penrose hatte zunächst Mathematik in London studiert. Der Kontakt mit dem Kosmologen Dennis Sciama in Cambridge, bei dem Stephen

Hawking 1966 promovierte, lenkte Penroses Interesse auf die Folgerungen aus der Allgemeinen Relativitätstheorie für astrophysikalische und kosmologische Fragestellungen. Seine Twistor-Theorie war ein Versuch, Gravitation und Quantenmechanik zu vereinheitlichen.

Eine seiner zentralen Arbeiten, für die er den diesjährigen Nobelpreis erhält, erschien 1965 unter dem „Titel „Gravitational collapse and space-time singularities“. Darin zeigte er, dass bei der Implosion von Sternen am Ende ihrer Lebenszeit ein Punkt überschritten werden kann, bei dem nichts mehr der Schwerkraft entgegenwirkt und eine Singularität entsteht. Mit Hilfe topologischer Methoden bewies er, dass dies für reale und nicht nur idealisierte Sterne gilt. Diese Erkenntnis stellte sich auch als fruchtbar für Überlegungen zum Urknall heraus, die er zusammen mit Stephen Hawking anstellte.

Ebenso schwierig wie die Theorie erwies sich der Nachweis der Schwarzen Löcher, da sie keinerlei Strahlung emittieren und sich nur durch ihre gravitative Wirkung bemerkbar machen. Bereits vor vierzig Jahren deutete die Infrarot-Beobachtung von ionisiertem Gas um das Zentrum der Milchstraße darauf hin, dass sich dort ein enorm massereiches Objekt befindet, möglicherweise ein gigantisches Schwarzes Loch. Die besondere Schwierigkeit der Beobachtung von Sternen nahe des galaktischen Zentrums besteht allerdings darin, dass dort interstellarer Staub und Gas die sichtbare, ultraviolette sowie weiche Röntgen-Strahlung fast vollständig absorbieren. Beobachtungen sind also nur bei großen Wellenlängen – im Infrarot- und Radiobereich – und bei sehr kleinen Wellenlängen – im harten Röntgen- und im Gammabereich – möglich.

Reinhard Genzel und Andrea Ghez gelang es mit ihren Arbeitsgruppen unabhängig voneinander, die Bewegung von Sternen nahe des

## Kurzgefasst

### Bestwert für erneuerbare Energien

Die erneuerbaren Energien haben in den ersten drei Quartalen 2019 zusammen 42,9 Prozent des Bruttostromverbrauchs in Deutschland gedeckt. Das ist ein Anstieg von fast fünf Prozentpunkten gegenüber dem Vorjahreszeitraum. [bit.ly/34409J6](https://bit.ly/34409J6)

### Mehr Drittmittel

Laut Statistischem Bundesamt warben Professorinnen und Professoren an einer deutschen Universität 2018 durchschnittlich 281 700 Euro Drittmittel ein. Das sind 5,8 Prozent mehr als im Vorjahr.

### DHV fordert Personalinvestitionen

Der Deutsche Hochschulverband (DHV) kritisiert Länder und Hochschulen dafür, Mittel aus dem Hochschulpakt anzuhäufen. Um die Betreuungsrelation zu verbessern, sei dringend ein Personalaufwuchs nötig.

### Grüner Wasserstoff mit Potenzial

In einer zweiteiligen Studie hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) das Potenzial von grünem Wasserstoff als Energieträger für ein klimaneutrales Energiesystem untersucht. Mehr dazu unter [bit.ly/3IUQgWm](https://bit.ly/3IUQgWm) und [bit.ly/3j8wc0x](https://bit.ly/3j8wc0x).

galaktischen Zentrums zu messen und daraus auf die Existenz eines massereichen Schwarzen Lochs von über vier Millionen Sonnenmassen zu schließen. Möglich wurde dies ab Mitte der 1980er-Jahre durch verbesserte Messtechnik, mit der sich dank abbildender Detektoren die Empfindlichkeit und Winkelauflösung enorm steigern ließen. Hier spielt insbesondere die Entwicklung der „adaptiven“ Optik eine wichtige Rolle, welche die Auswirkungen der störenden Luftunruhe minimiert. Genzel und Ghez erforschen weiterhin das galaktische Zentrum, um die Entstehung und Entwicklung von Galaxien und ihrer zentralen Schwarzen Löcher besser zu verstehen.

Mit dem Event Horizon Telescope, einem weltweiten Verbund von Radioteleskopen, könnte es möglich sein, das Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße abzubilden. 2019 war es gelungen, den „Schatten“ des Schwarzen Loches im Zentrum der Galaxie M87 darzustellen. Dieses ist mit rund 6,6 Milliarden Sonnenmassen über tausend Mal massereicher als das galaktische Schwarze Loch.



Reinhard Genzel, geboren 1952 in Bad Homburg, promovierte 1978 am Max-Planck-Institut für Radioastronomie. Nach Forschungsaufenthalten am Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA, und am Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, ist er seit 1986 Direktor und Wissenschaftliches Mitglied am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik. Andrea Ghez, geboren 1965, promovierte 1992 am California Institute of Technology. Anschließend forschte sie als Hubble Research Fellow am Steward Observatory der University of Arizona. 1994 wurde sie Assistant Professor, 1997 Associate Professor und 2000 Professor für Astronomie an der University of California, Los Angeles (UCLA). Reinhard Genzel und Andrea Ghez erhielten bereits zahlreiche Auszeichnungen für ihre Forschungen, darunter gemeinsam 2012 den Crafoord-Preis in Astronomie der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften.



Wegen der Corona-Pandemie wird die Nobelpreis-Zeremonie am 10. Dezember anders als üblich verlaufen. Die Preisträgerinnen und Preisträger erhalten in ihrem Heimatland die Medaillen und Urkunden. Statt der

traditionellen Veranstaltung im Konserthuset Stockholm gibt es eine im Wesentlichen digitale Zeremonie, die in der Stadthalle von Stockholm vor kleinem Publikum stattfinden soll.

Alexander Pawlak

## Hilfe für Studierende

Das Deutsche Studentenwerk zieht ein Resümee zur finanziellen Überbrückungshilfe des Bundes für Studierende, die wegen der Corona-Pandemie in eine Notsituation geraten sind.

Sei es der Job in der Kneipe oder die Arbeit im Einzelhandel – während der Einschränkungen durch Corona und auch danach lagen viele Nebenjobs von Studierenden auf Eis. Um diese kurzfristige pandemiebedingte Notlage abzufedern, hatte das Bundesministerium für Bildung und Forschung eine finanzielle Überbrückungshilfe beschlossen, die von den Studierendenwerken umgesetzt wurde.

Insgesamt standen dafür 100 Millionen Euro zur Verfügung. Ende September lief das Programm nun aus. Seit Juni hatten rund 120 000 Studierende Anträge eingereicht, teilweise auch mehrfach, sodass insgesamt 244 000 Anträge bei den Studierendenwerken vor Ort eingingen. Davon wurden 150 000 Anträge positiv entschieden und zusammen

65 Millionen Euro ausgezahlt. Diese Zuschüsse müssen die Studierenden nicht zurückzahlen. Etwa zwei Drittel der Anträge wurden angenommen, ein Drittel abgelehnt.

Achim Meyer auf der Heyde, Generalsekretär des Deutschen Studentenwerks, zieht ein positives Resümee: „Bei denjenigen Studierenden, die pandemiebedingt in eine finanzielle Notlage geraten sind, ist die Überbrückungshilfe angekommen.“ Darüber hinaus lobt er die Arbeit der Studierendenwerke, die diese Maßnahme rasch umgesetzt haben: „Die Studenten- und Studierendenwerke haben ihre Leistungsfähigkeit und Flexibilität unter Beweis gestellt.“

Bei der Bearbeitung der Überbrückungshilfen wurde allerdings ein grundsätzliches Problem der Studien-

finanzierung deutlich. Viele der Studierenden, deren Anträge abgelehnt wurden, befanden sich durchaus in einer finanziellen Notlage. Allerdings bestand diese auch schon vor der Corona-Pandemie, sodass sie keinen Anspruch auf die Überbrückungshilfen geltend machen konnten. „Leider gilt bei mehr als der Hälfte der abgelehnten Anträge: Ablehnung, obwohl die Studierenden in einer Notlage sind – diese aber eben nicht pandemiebedingt ist“, erläuterte Meyer von der Heyde und forderte eine strukturelle Reform der Studienfinanzierung. „Wir brauchen einen generellen Notfallmechanismus bei der Studienfinanzierung und dürfen uns daher nicht ausruhen“, sagte er mit Blick auf die Zukunft.

Anja Hauck / DSW