

Zeitschrift:	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber:	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band:	58 (2000)
Heft:	300
Artikel:	Schwarze Löcher werfen Licht auf die Galaxien-Bildungen
Autor:	Jost-Hediger, Hugo
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-898613

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: 12.01.2026

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

Schwarze Löcher werfen Licht auf die Galaxien-Bildungen

HUGO JOST-HEDIGER

Astronomen haben entdeckt, dass die monströsen Schwarzen Löcher nicht einfach in ihrer vollen Grösse «gebo ren» wurden. Statt dessen wuchsen sie mit einer Diät aus Gas und Sternen, welche sie ihren jeweiligen Heimat-Galaxien, welche in der Frühzeit des Universums geformt wurden, entnahmen.

Dieses Resultat basiert auf Messungen, welche mit dem Hubble-Teleskop an mehr als 30 Galaxien mit ihren grossen «Schwarzen Löchern» vorgenommen wurden. Die Aufnahmen mit dem Hubble-Spektrographen zeigen ein breites Bild der Evolution von Galaxien und ihrer langen und intimen Beziehung mit den in ihrem Zentrum liegenden Schwarzen Löchern.

Es bleibt aber noch sehr viel Analysearbeit zu tun. Ein erster Augenschein scheint die Idee zu bevorzugen, dass die gigantischen Schwarzen Löcher nicht die Vorläufer der Galaxien sind. Vielmehr scheinen sie mit den Galaxien einer gemeinsamen Evolution zu unterliegen. Die Schwarzen Löcher besitzen dabei überraschenderweise immer ungefähr den gleichen Prozentanteil (0,2%) der Masse des Bulges der Galaxie.

Dies bedeutet, dass Schwarze Löcher in kleinen Galaxien relativ unternährt sind und nur einige Millionen Sonnenmassen wiegen. Die grössten Schwarzen Löcher in Riesengalaxien wiegen dagegen Milliarden Sonnenmassen. Sie werden mit einfallendem Gas so überfüttert, dass sie später als Quasare, den hellsten Objekten im Universum, aufleuchten können.

Die Schlussfolgerung der Astronomen ist die, dass die Masse der Quasare nicht von Anfang an vorgegeben ist. Vielmehr wird die Masse während des Prozesses der Bildung der jeweiligen Galaxie bestimmt.

«Dies unterstützt die ursprüngliche Theorie, weshalb Schwarze Löcher so wichtig sind und woher sie ihre Masse haben.» Ich vermute, dass das Ereignis, welches die Bildung einer Galaxie verursacht und dasjenige, welches das Schwarze Loch zum Quasar-Leuchten bringt, dasselbe ist», sagt JOHN KORMENDY von der Universität Texas in Austin. «Diese Resultate sind ein Katalysator, welcher uns helfen kann, die vielen anderen Beobachtungsrichtungen über die Bildung der Galaxien zu einem glaubhafteren und vollständigeren Bild zusammenzufügen.

Diese geheimnisvolle Beziehung zwischen Schwarzen Löchern und ihren Heimatgalaxien wurde in den vergangenen Jahren bereits vermutet. Diese Vermutung wird durch Hubbles Entdeckung von 10 supermassiven Schwarzen Löchern unterstützt. Heute stehen für die Untersuchungen mehr als 30 Schwarze Löcher zur Verfügung. «Zum ersten Mal können wir die starke Beziehung zwischen der Entwicklung und dem Wachsen der Galaxien und der Entwicklung und dem Wachstum der Schwarzen Löcher untersuchen», sagt KORMENDY.

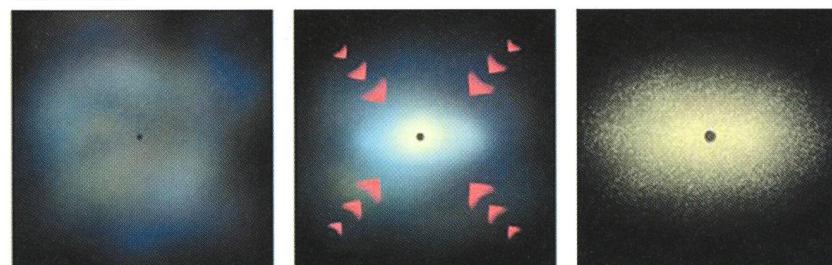
Die Resultate zeigen nun eine enge Beziehung zwischen der Masse des Schwarzen Loches und den Sternen, welche eine elliptische Galaxie oder der zentrale Bulge einer Spiralgalaxie enthält. Aber überraschenderweise wurden noch engere Beziehungen gefunden. «Andere Beobachtungen der stellaren Gesamtmasse des Bulge zeigen eine sehr enge Beziehung zwischen dem Schwarzen Loch und der Tiefe des Gravitationspotentials. Dies lässt den Schluss zu, dass die Massenbeziehung real ist», sagt GEBHARDT.

In den meisten Fällen wächst das Schwarze Loch nicht einfach durch das aufsammeln von Gas in seiner alleinstehenden Heimatgalaxie. Oft entsteht durch das Verschmelzen von zwei Galaxien mit je einem Schwarzen Loch ein kombiniertes grösseres Schwarzes Loch.

Three Ways to Grow a Black Hole

Primordial collapse of a bulge

1. Primordial hydrogen cloud collapses around small 'seed' black hole.
2. Infalling gas feeds the hole with more mass and forms stars.
3. Collapse yields a giant elliptical galaxy. Black hole growth stops.



Galaxy collisions

1. Two disk galaxies with central black holes fall toward each other.
2. The galaxies collide, and their cores begin to merge along with their black holes.
3. The merger yields a giant elliptical galaxy with a central black hole that has grown proportionally more massive.



Pseudo bulge

1. Pure disk galaxy forms with, at most, a seed black hole.
2. Disk gas falls into center of galaxy and grows a pseudo bulge which looks like a primordial bulge but really is part of the disk.
3. As pseudo bulge grows, a black hole is created and its mass increases with that of the pseudo bulge.

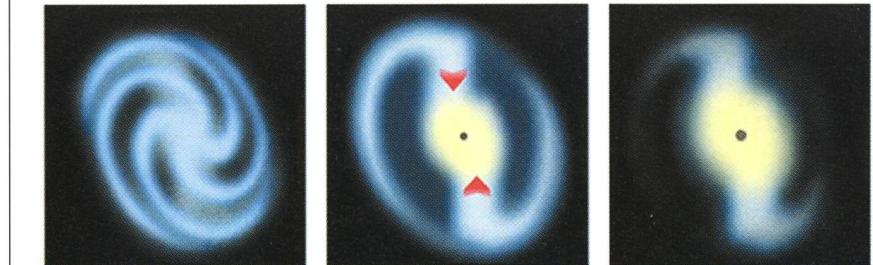


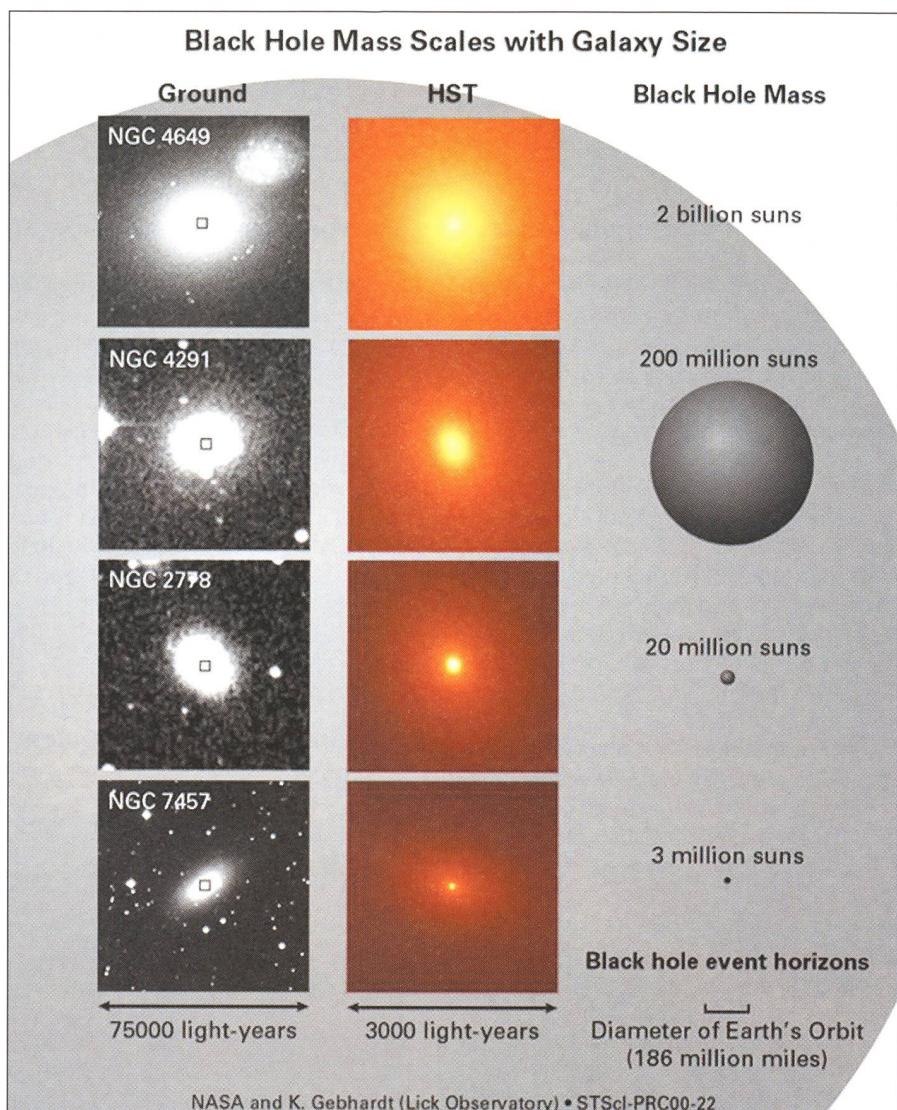
Fig. 1: Drei Wege zur Entstehung eines Schwarzen Loches. Oberste Serie: Das Schwarze Loch entsteht vor der Galaxien-Bildung. Mittlere Serie: Verschmelzung von zwei Galaxien mit je einem Schwarzen Loch. Untere Serie: Pseudo-Bulge

Fig. 2: Masse Schwarzer Löcher und Galaxiengröße

Das Resultat erklärt ebenfalls, weshalb Galaxien mit kleinem Bulge, wie unsere Milchstrasse, nur ein kleines Schwarzes Loch mit der Masse von einigen Millionen Sonnen, dagegen die gigantischen elliptischen Galaxien Schwarze Löcher mit der Masse von einigen Milliarden Sonnen haben. Scheiben-Galaxien ohne zentralen Bulge (wie zum Beispiel unsere Nachbargalaxie M33) beherbergen entweder kein Schwarzes Loch oder aber dann ein so kleines Schwarzes Loch, dass es noch unter der Nachweisgrenze für das Hubble-Teleskop liegt.

Eine alternative, aber weniger bevorzugte Idee ist, dass die Schwarzen Löcher zuerst mit einer Standard-Masse von 0,2% der ersten Galaxien-Fragmente entstanden. Danach erzeugte die Verschmelzung von Galaxienfragmenten grössere Galaxien. Bei diesem Prozess würde das Verhältnis von 0,2% Masse der Schwarzen Löcher erhalten bleiben, da sie in gleichem Masse wie die Galaxien verschmelzen würden. Diese Idee wird jedoch durch die neuesten Beobachtungsergebnisse nicht gestützt.

Die neusten Ergebnisse werfen noch kein Licht auf die Frage, welches denn die Samenkörner der Schwarzen Löcher sein könnten. Sie werden einfach in einem frühen Stadium der Galaxien-Entstehung benötigt, damit sie später wachsen und als Quasare aufleuchten können. Ebenso wenig haben die Astronomen eine Idee, weshalb während der Entstehung der Galaxien eine so präzise Korrelation zwischen der Masse des Bulges (oder der Galaxie) und dem



Schwarzen Loch entsteht. Es ist offensichtlich, dass der Prozess, welcher entscheidet, wieviel Masse an ein Schwarzes Loch verfüttert wird, immer

dasselbe Resultat erzielt. Er ist weitgehend unabhängig von den Details der Galaxien-Entstehung.

Die am AAS-Meeting präsentierten Ergebnisse basieren auf zwei verschiedenen Beobachtungsarten.

Verschiedene Teams massen die Geschwindigkeit von Gasmassen, welche im Gravitationsstrudel der Schwarzen Löcher eingefangen wurden und wie ein Wasserstrudel im Ausfluss der Badewanne um das Schwarze Loch rasten.

Andere Teams massen die Bewegung von Sternen, welche den Bulge der Galaxien wie Bienen umschwirren. Je grösser der Bulge, desto rascher die Bewegungen der Sterne.

Die Spekulationen bezüglich grosser Schwarzer Löcher in den Galaxien begannen mit der Entdeckung von Quasaren in den sechziger Jahren. Rasch rea-

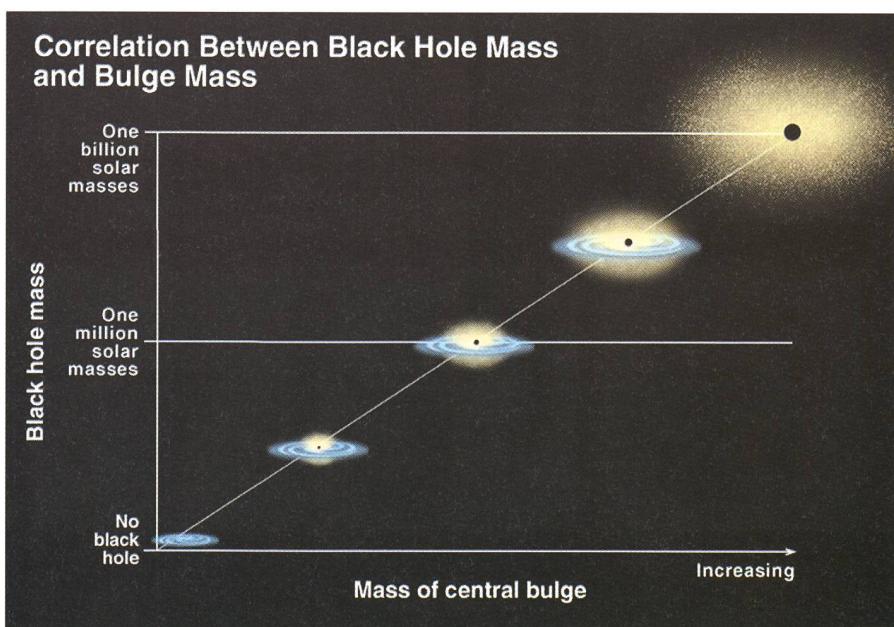


Fig. 3: Korrelation zwischen Bulge-Masse (horizontale Achse) und Masse des Schwarzen Loches (vertikale Achse)

lisierten die Astronomen, dass das ausserordentlich starke Schwerefeld von grossen Schwarzen Löchern die Maschine zur Produktion der enormen Energie, welche Quasare in den Raum schleudern, sind.

Die Astronomen realisierten jedoch, dass das Licht eines Quasars nur 1/10 der enormen Masse, welche das

Schwarze Loch verschlungen hat, darstellt. Woher kam diese enorme Energie? Ebenso benötigen die in den siebziger Jahren entdeckten aktiven Galaxienkerne einen Prozess, welcher die Schwarzen Löcher bereits in frühen Phasen der Galaxienentstehung füttern konnten. Dies bedeutet, dass die Entstehung von Schwarzen Löchern in Ga-

laxien nicht ein Unfall, sondern der Normalfall im Leben der Galaxien ist.

HUGO JOST-HEDIGER
Jurasternwarte Grenchen

Bibliographie

STScI Press release 00/22, 5. Juni 2000

Zu Besuch im Powell Observatorium in Kansas City

H. JOST-HEDIGER

Im Sommer 1999 reiste unsere Tochter für ein halbes Jahr nach Kansas City, USA. Eine gute Gelegenheit, wieder einmal den Sprung über den grossen Teich zu wagen und Sie zu besuchen. Im Herbst 99 war es so weit und wir reisten für gut zwei Wochen nach Kansas City, um die zwei Staaten Kansas und Missouri näher kennen zu lernen.

Da BARBARA meine Interessen kennt organisiert Sie für uns selbstverständlich einen Besuch im Observatorium von Kansas City.

Um 18:00 Uhr treffen wir die Tochter des Leiters der Sternwarte mit ihrem Mann und dem zweijährigen Kind. Da die Sternwarte sozusagen gerade um die nächste Ecke liegt, gehen wir erst mal gemeinsam zu einem gemütlichen Nachtessen. So gegen 20:00 Uhr, draussen ist es zu dieser Zeit schon finster (stockfinster wird es bei dieser Amerikanischen Manie für Beleuchtungen eh nie), werden wir langsam unruhig und erkundigen uns, wann wir denn wohl fahren werden. «Nur keine Eile, es ist nicht weit», werden wir beruhigt. Nun denn, wir werden ja sehen.

Endlich fahren wir los. Da wir sieben Personen sind, werden nach amerikanischer Rechnung drei Autos benötigt. Selbstverständlich möglichst grosse, damit man von der Fahrt auch etwas hat. «Please follow me» hören wir noch, und dann geht es los. THERESE fährt und achtet auf den Verkehr, ich und Barbara versuchen, den vor uns liegenden Wagen nicht aus den Augen zu verlieren und uns die Route für den Rückweg einzuprägen.

Zuerst geht's durch die Aussenquartiere der Stadt und dann ab auf die Autobahn Richtung Süden. Da wird's uns dann zum ersten Mal ein bisschen komisch. Auf dieser Route liegt das nächste «Town», ein kleines Nest, in rund 80 Kilometern Entfernung, und bis zur nächsten grösseren Stadt, Wichita, sind

es so an die 350 Kilometer. Wo die uns wohl hinführen? Zum denken bleibt aber keine Zeit. Der Verkehr ist dicht, dauernd wird die Spur gewechselt, und langsam wechselt die Nacht von finster zu stockfinster. Auf dem Land wird das fahren langsam ungemütlich.

Nach einem Katzensprung von mickrigen 80 Kilometern erreichen wir endlich die Ausfahrt von Louisburg, unserem Ziel. Wir fahren auf den riesigen leeren Parkplatz eines Shopping Centers und werden vom Leiter der Sternwarte und seiner Frau erwartet. Da wir

Fig. 1: Newton Spiegelteleskop 75 cm.

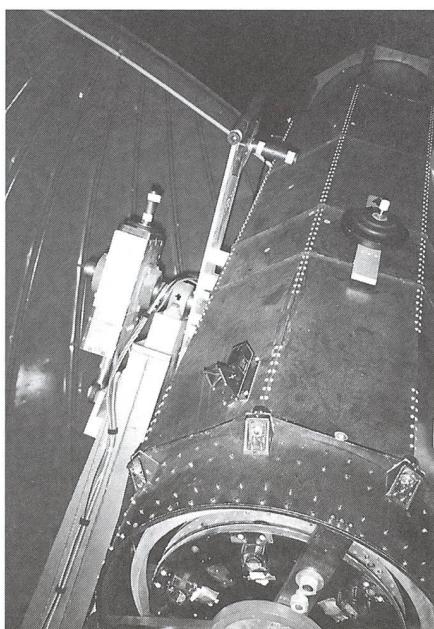


Fig. 2: Tom auf der Leiter mit der Handsteuerung des Instrumentes.

nun 9 Personen sind, braucht's 4 Autos. Weiter geht's in einer kleinen Kolonne über stockdunkle Felder, um stockdunkle Kurven und durch noch stockdunklere Waldstücke, bis wir endlich plötzlich vor uns im Dunkeln das Observatorium erahnen. Juhui! wir sind am Ziel. Tatsächlich: verglichen mit den übrigen Distanzen im Mittleren Westen ein Katzensprung.

Nun geht es daran, die Sternwarte zu besichtigen und wenn möglich auch mit den Instrumenten zu beobachten.

Wir betreten eine typisch amerikanische Einrichtung. Zuerst ein grosser Aufenthaltsraum mit Kühlschrank für das obligatorische Coke und ein Fernsehapparat! Der wird durch einen unserer Begleiter gleich mal eingeschaltet, und dann schaut er sich für den Rest des Abends ein Footballspiel an, trotz der sternklaren Nacht.

Die Grosse Kuppel des Observatoriums hat es in sich. Sie beherbergt ein riesiges 30 Zoll (75 cm) Newton-Spiegelteleskop. Alles im Eigenbau (Spiegel