



Die künstlerische Darstellung zeigt eine Akkretionsscheibe, die um ein Schwarzes Loch rotiert. Die in das Schwarze Loch stürzende Scheibenmaterie gibt dabei Energie ab, welche die Akkretionsscheibe erhitzt und zum Leuchten bringt: Dadurch sind Quasare und aktive galaktische Kerne noch aus mehreren Milliarden Lichtjahren Entfernung sichtbar.

setzte Energie erhitzt die Materie in der Akkretionsscheibe so stark, dass hochenergetische Strahlung emittiert wird. Tatsächlich gehören Quasare und aktive galaktische Kerne deshalb zu den leuchtkräftigsten Objekten im Universum – angetrieben von den extrem massereichen Schwarzen Löchern in ihrer Mitte. Astrophysiker sprechen hier deshalb auch von »heller« Akkretion (siehe Bild oben).

Aber angenommen, der umgebenden Galaxie gehe das Material nicht aus: Könnte ein solches Schwarzes Loch unbegrenzt weiterwachsen?

Ungebremstes Wachstum?

Nein, lautet die Antwort des theoretischen Astrophysikers Andrew King von der britischen University of Leicester. Wohlgermerkt: King behauptet nicht, dass irgendein physikalischer Mechanismus das Schwarze Loch an sich davon abhalten würde, mehr als jene 50 Milliarden Sonnenmassen auf sich zu versammeln. Stattdessen beschäftigte er sich mit der Stabilität der Akkretionsscheibe und stellte seine Überlegungen dazu vor. Kurzem im Fachmagazin »Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters« vor.

Demnach wird die Akkretionsscheibe auf Grund der gravitativen Wechselwirkungen an ihrem äußeren Rand instabil. Das Gas jenseits eines gewissen Radius tendiert dazu, sich zu Sternen zu verklumpen. Die Formel zur genäherten Berechnung dieses Radius ist aber fast unabhängig von der tatsächlichen Größe des Schwarzen Lochs und sollte somit auf mehr oder weniger alle extrem

ZUM NACHDENKEN

Massenobergrenze für Schwarze Löcher



In den Zentren aller Galaxien gibt es vermutlich ausnahmslos ein extrem massereiches Schwarzes Loch mit millionen- bis milliardenfacher Sonnenmasse. In vielen Fällen machen sich die Massemonster dadurch bemerkbar, dass eine sie umgebende Akkretionsscheibe enorm viel Energie abstrahlt, die aus dem Sturz in den Potenzialtrichter des Schwarzen Lochs herrührt. Im Zusammenspiel mit dieser Akkretionsscheibe gibt es aber offenbar einen Mechanismus, der die maximale Masse begrenzt.

Aufgabe 1: Die Akkretionsscheibe habe die Dicke $2H$ und die Flächendichte Σ . Ihre Dichte ist dann: $\rho = \Sigma/(2H)$. Das Stabilitätskriterium gegen Selbstgravitation lautet: $c_s \Omega/(\pi G \Sigma) > 1$. Darin sind $c_s = H \Omega$ die Schallgeschwindigkeit, $\Omega = (GM/R^3)^{1/2}$ die Kreisfrequenz der Scheibenteilchen mit Bahnradius R , M die Masse des Schwarzen Lochs und G die Gravitationskonstante. Wie groß darf die Dichte höchstens werden, bevor Selbstgravitation wirksam wird? Die gesuchte Gleichung hat die Form: $\rho < f(M,R)$.

Aufgabe 2: Wie groß ist die Scheibenmasse M_R bis zum Radius R ? Die gesuchte Gleichung hat die Form: $M_R = f(H,R,M)$.

Aufgabe 2: Eine große Akkretionsscheibe erreicht jenseits eines gewissen Radius Bedingungen, unter denen die lokale Gravitation des Gases stärker ist als die Gezeitenkräfte durch das Schwarze Loch – man spricht vom Selbstgravitationsradius R_{sg} . Unter Berücksichtigung der Scheibenviskosität α , der Akkretionseffizienz η und der Leuchtkrafteffizienz L lässt sich R_{sg} darstellen als: $R_{sg} = 3 \cdot 10^{14} \text{ m} \cdot \alpha^{14/27} \eta^{8/27} L^{-8/27} M_g^{1/27}$. Dabei sei $M_g = M/(10^8 M_\odot)$. Der innerste stabile Kreisorbit um das Schwarze Loch ist $R_{ISCO} = \varphi GM/c^2$. Der Faktor φ hängt vom Spin-Parameter ab und kann Werte zwischen 1 (Schwarzes Loch rotiert maximal schnell) und 6 (rotiert gar nicht) haben. Kommt nun R_{ISCO} in die Nähe von R_{sg} , so kann keine Akkretion mehr stattfinden. Welche Gleichung ergibt sich daraus für die maximale Masse von Schwarzen Löchern? Für einen Zahlenwert verwende man $\alpha = 0,1, \eta = L = 1$. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **7. Juli 2016** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 101