

Schwarze Löcher in astronomischen Beobachtungen

Lange Zeit war die Existenz Schwarzer Löcher umstritten. Man war nicht sicher, wie man Himmelsobjekte beobachten sollte, die kein Licht abstrahlen und daher unsichtbar sind. Doch es gibt Methoden, sie auf indirektem Wege nachzuweisen.

Schwarze Löcher entstehen, wenn Sterne am Ende ihres Lebenszyklus unter dem Gewicht der eigenen Masse zusammenbrechen. Der Stern implodiert. Die Schockwelle, die entsteht, wird am Kern reflektiert und reißt die äußeren Materieschichten mit sich. Von außen gesehen explodiert der Stern. Diese Katastrophe nennt man eine Supernova.

Damit vom Stern ein Schwarzes Loch übrig bleibt, muss der Rest nach der Explosion mindestens dreimal so viel Masse besitzen wie unsere Sonne. Trotz dieser Größe ist der Durchmesser aber sehr klein. Er beträgt meist nur einige Kilometer. Wie entdeckt man nun ein solches Objekt?

Gemäß der Allgemeinen Relativitätstheorie wirken Schwarze Löcher wie Gravitationslinsen. Auf diesen zwei Aufnahmen, die zu verschiedenen Zeitpunkten gemacht wurden, ist ein Schwarzes Loch daran zu erkennen, dass es das Licht der dahinter liegenden Sterne beugt, worauf diese heller erscheinen. Mit dieser Methode wurden bereits mehrere dieser geheimnisvollen Objekte entdeckt.

Von einem dieser Schwarzen Löcher haben Astronomen aufgrund seiner aktuellen Bewegungsdaten die verschlungenen Wege berechnet, die es während der letzten 230 Millionen Jahre durch unsere Milchstraße genommen hat.

In der Regel haben Schwarze Löcher einen Stern als Begleiter. Kommt er ihnen zu nahe, verliert dieser einen Teil seiner Masse. Die Anziehungskraft ist so groß, dass sich der Stern verformt, bis er schließlich verschluckt wird.

Diese Aufnahme z. B. zeigt einen solchen Prozess, bei dem der Stern Material an das Schwarze Loch verliert. Es wird auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und erhitzt sich dabei auf mehrere Millionen Grad, weshalb es seine Energie hauptsächlich im Röntgen- und Gammastrahlung abstrahlt. Diese hochenergetische Strahlung ist ein weiteres Indiz dafür, dass ein Schwarzes Loch im Spiel ist.

Sterne, die um ein unsichtbares Objekt kreisen, sind also ein eindeutiger Hinweis auf ein Schwarzes Loch. Astronomen beobachten viele solche Himmelsobjekte, wie z. B. die Umlaufbahnen einer ganzen Gruppe von Sternen im Zentrum unserer Milchstraße. Sie müssen unter dem Einfluss einer enormen Anziehungskraft stehen, das unsichtbare Objekt, das sie im Bann hält, muss demnach eine unglaublich große Masse besitzen. Aufgrund der hohen Umlaufgeschwindigkeiten errechnet man mehr als 2 Millionen Mal die Masse unserer Sonne. In so einem Fall kann es sich nur um ein supermassives Schwarzes Loch handeln.

Nach Ansicht der Astronomen beherbergen die meisten, wenn nicht alle Galaxien ein derart massives Objekt in ihren Zentren. Zum Beispiel unsere Nachbargalaxie, der Andromeda-Nebel. Mit seiner Spiralform ähnelt er unserer Milchstraße. In seinem Zentrum findet sich eine hoch aktive Zone.

Der blaue Punkt in dieser Falschfarbenaufnahme wirkt klein und unscheinbar. Dennoch besitzt er zwei bemerkenswerte Eigenschaften: Er wird nicht nur von Sternen umkreist, so als ob von ihm eine starke Gravitationskraft ausginge, er sendet im Röntgenbereich auch jene charakteristische Strahlung aus, die geladene Teilchen emittieren, wenn sie in ein kompaktes, kleines, aber sehr schweres Objekt fallen.

Solche Strahlung findet sich in den Zentren vieler Galaxien. Ebenso kann man auch die enorm hohen Geschwindigkeiten beobachten, mit denen die Materie in einer Spirale in das Schwarze Loch fällt, wie hier im Zentrum der Galaxie M87. Mithilfe der Blau- und Rotverschiebung des Lichts kann festgestellt werden, wie schnell und in welche Richtung sich das Material bewegt. Wie mit einem Tachometer kann gemessen werden, dass das Material auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wird.

Es strahlt so hell, dass es sogar aus Entfernungen von 10–12 Milliarden Lichtjahren, also vom Rande des Universums, noch deutlich sichtbar ist. Der kleine Bereich in direkter Nähe des Schwarzen Lochs leuchtet milliardenfach heller als die gesamte restliche Galaxie. Diese Erscheinungen nennt man Quasare.

Waren Schwarze Löcher vor einigen Jahrzehnten noch eine von vielen belächelte Voraussage der Allgemeinen Relativitätstheorie, so geht man heute mit hoher Wahrscheinlichkeit davon aus, dass es sie tatsächlich gibt.