

# Gibt es „Schwarze Galaxien“?

## Ein neuer Entstehungsmechanismus für supermassive Schwarze Löcher

P. Möller, Y. Saalberg, F. Jochheim, A. Wollschläger, G. Fläschner, W. Möring

„Gibt es Schwarze Löcher [1]?“ Vor einigen Jahrzehnten hätten viele Physiker diese Frage noch mit „nein“ beantwortet. Selbst Einstein glaubte zunächst nicht daran, obwohl Schwarze Löcher eine direkte Folge seiner allgemeinen Relativitätstheorie sind.

### Gibt es „Schwarze Galaxien“?

Je größer der Schwarzschildradius  $R_S$  [2] eines Schwarzen Loches ist (siehe Gleichung 2), desto kleiner ist die Massendichte  $\rho$  (siehe Gleichung 1). Die Folge davon ist: Die Massendichte  $\rho$  eines Schwarzen Loches nimmt mit zunehmender Masse  $M$  sehr stark ab (siehe Gleichung 3). Könnte es im Universum Gebiete geben, die so groß sind, dass ihre Massendichte der Massendichte eines Schwarzen Loches entspricht?

Ein Rechenbeispiel: Falls ein Gebiet mit  $M = 12$  Milliarden Sonnenmassen einem Radius  $R = 3.6 * 10^{13} m$  hat, ergibt sich eine Massendichte von  $\rho = 0.13 \frac{kg}{m^3}$ . Das ist die gleiche Massendichte die auch ein Schwarzes Loch mit der selben Masse und dem selben Radius hat. Das legt den Schluss nahe: Diese Massenansammlung ist ein Schwarzes Loch! Wir nennen dieses Gebilde „Schwarze Galaxie“. Könnten supermassive Schwarze Löcher im jungen Universum „Schwarze Galaxien“ sein?

$$\text{Für die Massendichte gilt: } \rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \quad (1)$$

$$\text{Mit } R = R_S = \frac{2GM}{c^2} \quad (2) \text{ folgt}$$

$$\rho = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2} \quad (3)$$

Mit der Sonnenmasse  $M_S = 1.99 * 10^{30} kg$  und  $M = 12 * 10^9 * M_S = 2.39 * 10^{40} kg$

berechnet sich die Massendichte zu  $\rho = 0.13 \frac{kg}{m^3}$  und der Radius zu  $R = R_S = 3.6 * 10^{13} m$ .

## **Rätselhaftes supermassives Schwarze Loch im jungen Universum.**

Astrophysiker haben im jungen Universum ein supermassives Schwarzes Loch mit einer Masse von 12 Milliarden Sonnenmassen entdeckt [3][4]. Das überraschende: Das supermassive Schwarze Loch stammt aus einer Zeit, als das Universum nur 875 Millionen Jahre alt war". Da die ersten Sterne entstanden sind, als das Universum etwa 550 Millionen Jahre alt war [5], hatte das Schwarze Loch nur etwa 325 Millionen Jahre Zeit, sich zu bilden. Das ist sehr kurz, wenn man bedenkt, dass sich Schwarze Löcher aus schweren Sternen bilden, die am Ende ihres Lebens ihren Brennstoff aufgebraucht haben und zu einem Schwarzen Loch kollabieren. Es ist völlig unklar wie ein stellares Schwarzes Loch mit etwa 50 Sonnenmassen in 325 Millionen Jahren auf 12 Milliarden Sonnenmassen anwachsen konnte.

Gibt es noch eine andere Art, wie sich supermassive Schwarze Löcher bilden können?

## **Ein neuer Entstehungsmechanismus für supermassive Schwarze Löcher im jungen Universum.**

1. Schritt: Die Dunkle Materie kann bereits vor der Rekombination [6] (380 000 Jahre nach dem Urknall) klumpen, d.h. sich in bestimmten Gebieten konzentrieren.
2. Schritt: Die normale Materie konnte nach der Rekombination in die Potentialtöpfe der Dunklen Materie strömen. Das waren die Keime für die Galaxien [7].
3. Schritt: Im frühen Universum war die Massendichte sehr viel größer als heute. Außerdem war das Universum sehr viel kleiner als heute und deswegen war die Wahrscheinlichkeit für das Verschmelzen dieser Gebiete sehr hoch. Es ist also denkbar, dass durch das Verschmelzen sich riesige Bereiche gebildet haben, mit einer Massendichte, die der Massendichte eines Schwarzen Loches entspricht.

## **Wie kann man überprüfen, ob das in unserem Universum tatsächlich der Fall war?**

Sollte die oben beschriebene These richtig sein, müsste es im frühen Universum mehr supermassive Schwarze Löcher geben, als mittelschwere Schwarze Löcher. Falls aber die supermassiven Schwarzen Löcher aus mittelschweren Schwarzen Löchern entstanden sind, sollte es vermutlich gerade umgekehrt sein. Nur mit Hilfe von Computersimulationen kann man die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von „Schwarzen Galaxien“ berechnen und mit den Beobachtungen vergleichen. Auch wenn der oben beschriebene Mechanismus sehr unwahrscheinlich sein sollte, stellt er doch eine Alternative dar, die mit der allgemeinen Relativitätstheorie im Einklang steht.

### Zusammenfassung:

- 1. Schwarze Galaxien sind, so wie Schwarze Löcher, nach der Allgemeinen Relativitätstheorie erlaubt.**
- 2. Schwarze Galaxien könnten die Entstehung von supermassiven Schwarzen Löchern im frühen Universum erklären mit dem Resultat:**
- 3. Supermassive Schwarze Löcher im frühen Universum sind Schwarze Galaxien!**

Daraus ergeben sich weitere Fragen:

1. Ist unser Universum eine Schwarze Galaxie? (siehe nächster Artikel).
2. Leben wir in einem Schwarzen Loch? (siehe nächster Artikel).
3. Kann man den Ereignishorizont einer Schwarzen Galaxie überschreiten?

### Aufgaben:

1. Die Dichte des Universums beträgt  $10^{-26} \frac{kg}{m^3}$ . Die Masse des Universums ist  $10^{53} kg$ . Berechnen Sie den Radius des Universums.
2. Berechnen Sie den Radius und die Dichte eines Schwarzen Loches mit gleicher Masse.

### Literatur:

[1] [wikipedia.org/wiki/Schwarzes\\_Loch](http://wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch)

[2] [wikipedia.org/wiki/Ereignishorizont](http://wikipedia.org/wiki/Ereignishorizont)

[3] Originalveröffentlichung:

X.-B. Wu et al.: An ultraluminous quasar with a twelve-billion-solar-mass black hole at redshift 6.30, Nature **518**, 512 (2015); DOI: 10.1038/nature14241

[4] Deutsche Übersetzung: [spektrum.de/news/ein-riese-im-jungen-universum/1334460](http://spektrum.de/news/ein-riese-im-jungen-universum/1334460)

[5] [mpg.de/8944821/planck-sternegeburt](http://mpg.de/8944821/planck-sternegeburt)

[6] [wikipedia.org/wiki/Rekombination](http://wikipedia.org/wiki/Rekombination)

[7] [wikipedia.org/wiki/Galaxie](http://wikipedia.org/wiki/Galaxie)

Hamburg, 01.04.2015