

# Kann man einem Schwarzen Loch wirklich entkommen?

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

In [1] wurde behauptet, das man den Ereignishorizont einer Schwarzen Galaxie überschreiten kann. Nach [2] kann man sogar einem stellaren Schwarzen Loch entkommen! Stimmt das wirklich? Steht das im Widerspruch zur Lehrmeinung? Die Lehrmeinung sagt:

„Ein **Schwarzes Loch** ist ein astronomisches Objekt, dessen Gravitation so extrem stark ist, dass aus diesem Raumbereich *nichts* – auch kein Lichtsignal – nach außen gelangen kann.“ (aus [3]).

Was ist mit „nach außen gelangen“ gemeint? Hat ein Astronaut die Erde verlassen, wenn er 1m in die Höhe springt? Natürlich nicht! Wie hoch muss der Astronaut springen, um die Erde zu verlassen? Die Frage kann man auch anders formulieren: Welche Geschwindigkeit muss ein Körper mit der Masse  $m$  haben, um dem Gravitationsfeld eines Himmelskörpers zu entkommen? Man nennt diese Geschwindigkeit „Fluchtgeschwindigkeit“ [4]. Da die kinetische Energie  $E_{Kin}$  mindestens so groß sein muss, um die Anziehung des Himmelskörpers (potentielle Energie  $E_{Pot}$ ) mit dem Radius  $R$  zu überwinden, gilt:

$$E_{Kin} = E_{Pot} \quad (1)$$

Mit  $E_{Kin} = \frac{mv^2}{2}$  und mit Gleichung (1) aus [1] folgt für

$$E_{Pot} = \int_R^\infty F_G dr = \int_R^\infty \frac{GMm}{r^2} dr = \frac{GMm}{R} \quad (2)$$

$$\text{Eingesetzt in (1): } \frac{mv^2}{2} = \frac{GMm}{R}$$

$$\text{Für die Fluchtgeschwindigkeit } v \text{ ergibt sich: } v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (3)$$

Für die Erde ( $M = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ) erhält man eine Fluchtgeschwindigkeit  $v = 11.2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

Die Geschwindigkeit von Massen kann die Lichtgeschwindigkeit  $c$  nicht überschreiten! Setzt man in Gleichung (3)  $v = c$  und löst nach  $R$  auf, erhält man den Schwarzschildradius  $R_S$  eines Schwarzen Loches (vgl. mit Gleichung (2) aus [5]).

$$R_S = R = \frac{2GM}{c^2} \quad (4)$$

#### **Zusammenfassung:**

- 1. Die Fluchtgeschwindigkeit für einen Körper am Ereignishorizont ist gleich der Lichtgeschwindigkeit  $c$ .**
- 2. Das bedeutet: Der Körper kann das Schwarze Loch nicht verlassen!**
- 3. „Nicht verlassen“ heißt: Der Körper kann sich nicht unendlich weit vom Schwarzen Loch entfernen (siehe Gleichung 2).**

#### **Gilt das auch für eine Rakete?**

Eine Rakete muss nicht die Fluchtgeschwindigkeit haben, um dem Gravitationsfeld eines Himmelskörpers zu entkommen. Sie muss lediglich eine Beschleunigung erzeugen die größer ist als die Beschleunigung mit der der Himmelskörper die Rakete anzieht. Auf der Erde wäre das die Erdbeschleunigung  $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ . Bei einer Schwarzen Galaxie mit 12 Milliarden Sonnenmassen muss die Rakete eine Beschleunigung von mehr als 129  $g$  aufbringen [1].

**Die Folge: Die Rakete kann sich unendlich weit von der Schwarzen Galaxie entfernen!**

#### **Zusammenfassung:**

- 1. Mit einer Superrakete kann man eine Schwarze Galaxie mit 12 Milliarden Sonnenmassen verlassen.**
- 2. Da eine Schwarze Galaxie einem riesigen Schwarzen Loch entspricht, kann man auch sagen: Mit einer Superrakete kann man ein Schwarzes Loch mit 12 Milliarden Sonnenmassen verlassen.**
- 3. Je kleiner das Schwarze Loch ist, desto größer muss die Beschleunigung sein, um das Schwarze Loch verlassen zu können [2].**

## **Gelten die gemachten Aussagen auch für Licht?**

Bisher haben wir das Verhalten von Materie diskutiert. Die Geschwindigkeit von bewegter Materie ist immer kleiner als die Lichtgeschwindigkeit. Licht bewegt sich immer mit Lichtgeschwindigkeit! Das bedeutet aber gleichzeitig: Licht kann nicht beschleunigt werden, im Gegensatz zur Materie ergibt sich daraus:

### **Licht kann das Schwarze Loch nicht verlassen!**

Oder anders formuliert: Das Photon, das das Schwarze Loch verlassen möchte, ist in unendlicher Entfernung vom Schwarzen Loch, unendlich „rotverschoben“ [6].

## **Bemerkungen:**

1. Die „Rotverschiebung“ wird in der nächsten Artikelserie „ Relativitätstheorie und Quantenmechanik“ behandelt.
2. Diese Ergebnisse wurden aus der Newtonmechanik abgeleitet. Eine Herleitung mit Hilfe der Allgemeinen Relativitätstheorie sollte aber nicht zu einem qualitativ anderen Ergebnis führen.
3. Interessant ist auch die Meinung von Stephen Hawking zu diesem Thema: „Die Vorstellung eines Ereignishorizonts, ab dem nichts und niemand mehr den Schwerkraftgiganten entkommen kann, lässt sich nicht mit der Quantenmechanik vereinbaren [7].

*Daraus ergeben sich weitere Fragen:*

1. *Was passiert mit einem Astronauten, der in ein Schwarzes Loch fällt?*
2. *Ist unser Universum eine quantenmechanische Fluktuation?*

## **Aufgabe:**

Stephan Hawking sagt: „Das Universum kann sich selber aus dem Nichts erschaffen.“ Berechnen Sie bitte mit Hilfe der Unschärferelation die Lebensdauer des Universums.

Die quantenmechanische Unschärferelation lautet:  $\Delta E * \Delta t = \frac{h}{4\pi}$

Die Masse des Universums beträgt  $10^{53} \text{ kg}$ . Was folgern Sie aus dem Ergebnis?

**Nächster Artikel:** *Ist unser Universum eine quantenmechanische Fluktuation?*

## Literatur:

- [1] Einstein-Workshop, Kann man den Ereignishorizont einer Schwarzen Galaxien überschreiten? , 6.2015.
- [2] Einstein-Workshop, Kann man einem stellaren Schwarzen Loch entkommen? , 7.2015.
- [3] [wikipedia.org/wiki/Schwarzes\\_Loch](http://wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch)
- [4] [wikipedia.org/wiki/Kosmische\\_Geschwindigkeiten](http://wikipedia.org/wiki/Kosmische_Geschwindigkeiten)
- [5] Einstein-Workshop, Gibt es Schwarze Galaxien? , 4.2015.
- [6] [wikipedia.org/wiki/Rotverschiebung](http://wikipedia.org/wiki/Rotverschiebung)
- [7] [spektrum.de/news/stephen-hawking-es-gibt-keine.../1222059](http://spektrum.de/news/stephen-hawking-es-gibt-keine.../1222059)

Hamburg, 15.09.2015