

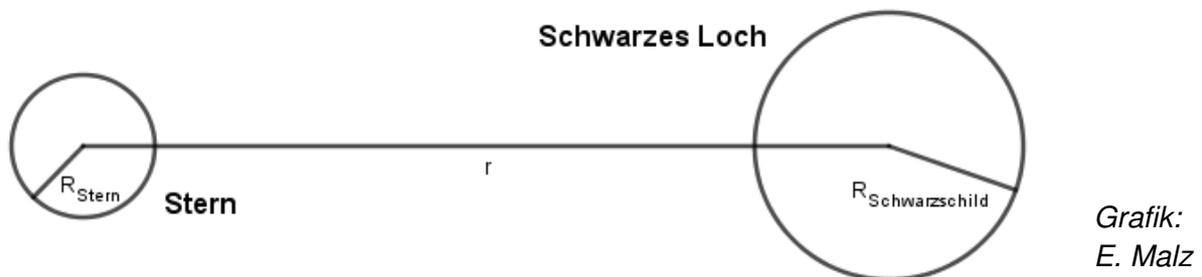


## ROCHE-GRENZE NAHE SCHWARZER LÖCHER

**Hintergrund:** Sterne können Schwarzen Löchern nicht nur sehr nahe kommen, sondern von ihnen auch zerrissen werden. Ob man dieses Phänomen beobachten kann, hängt von der Masse des Schwarzen Lochs ab. Sie untersuchen im Folgenden, ab welchem Abstand der Stern durch die Gezeitenkraft des Schwarzen Lochs zerrissen wird. Dabei finden Sie auch ein Kriterium, um zu entscheiden, ob dieses Zerreißen beobachtet werden kann oder nicht.

Die Materie an der Oberfläche eines Sterns bleibt aufgrund seiner Gravitationskraft an ihm gebunden. Erst wenn die Gezeitenkraft des Schwarzen Lochs größer als die Gravitationskraft des Sterns an der Oberfläche wird, lösen sich die äußeren Schichten ab. Andere Kräfte sollen im Folgenden nicht betrachtet werden. Die Grenze, ab der sich ein Himmelskörper aufgrund einer Gezeitenkraft beginnt aufzulösen, wird als Roche-Grenze bezeichnet.

### Notwendiges Vorwissen:



Grafik:  
E. Malz

Gravitationskraft:  $F_{grav} = G \cdot \frac{m \cdot M_{Stern}}{R_{Stern}^2}$ , Gezeitenkraft:  $F_{Gezeiten} = 2 \cdot G \cdot R_{Stern} \cdot \frac{m \cdot M_{SL}}{r^3}$

In die Gleichungen wurden schon die passenden Bezeichnungen eingesetzt. Die Masse  $m$  ist jeweils die Masse eines Gaspakets, auf die die beiden Kräfte wirken. Beachten Sie die unterschiedlichen Abhängigkeiten von der Entfernung bei beiden Kräften.

### Aufgaben:

1. Stellen Sie sich vor, unsere Sonne würde sich Sagittarius A\*, dem Schwarzen Loch im Zentrum der Milchstraße, nähern. Dessen Masse beträgt etwa 4,2 Millionen Sonnenmassen. Leiten Sie eine Gleichung für die Entfernung  $r$  her, bei der die Sonne beginnen würde, sich aufzulösen. Berechnen Sie diese Entfernung.
2. Es gibt noch deutlich massereichere Schwarze Löcher in den Zentren größerer Galaxien als der Milchstraße. Wiederholen Sie Ihre Rechnung für das Schwarze Loch im Zentrum von M87, einer großen elliptischen Galaxie. Dessen Masse beträgt 6,6 Milliarden Sonnenmassen.
3. Berechnen Sie den Schwarzschild-Radius beider Schwarzer Löcher.
4. Findet das Zerreißen des Sterns vor dem Erreichen des Schwarzschild-Radiuses statt, bildet das Material eine Akkretionsscheibe, deren Strahlung man beobachten kann. Findet das Zerreißen des Sterns erst dahinter statt, kann es nicht mehr beobachtet werden. Der Stern verschwindet dann einfach. Entscheiden Sie, welcher Fall beim Schwarzen Loch im Zentrum der Milchstraße eintreten würde und welcher beim zentralen Schwarzen Loch in M87.
5. Berechnen Sie, welche Masse ein Schwarzes Loch mindestens haben müsste, damit man das Zerreißen der Sonne nicht mehr beobachten könnte.