



Quarx

8. Alle fliegen auf Bottom

5:00 Minuten

Inhalt: Astrophysik, Masse, Gravitationskraft, Fallbeschleunigung, Dichte

Lernziele: Du lernst den Zusammenhang zwischen Masse, Anziehungskraft und Fallbeschleunigung kennen.

Das Schicksal der Sterne

Bottom verliebt sich im Film in ein Mädchen namens Melanie. Da Bottom nicht besonders attraktiv ist, schenkt ihm Melanie keine Beachtung. Charm schlägt deshalb vor, Bottom etwas «anziehender» zu machen. Vergleicht man nämlich Bottom mit der Erde, so hat er eine viel kleinere Anziehungskraft. Mit Hilfe ihrer Superkräfte vergrössern Charm und Strange die Dichte und Masse von Bottom, woraufhin auch seine Anziehungskraft zunimmt.

Es gibt im Universum tatsächlich Objekte, die unglaublich dicht sind. Diese Objekte haben unglaublich starke Anziehungskräfte. Aber wie entstehen solche Objekte? Sie entstehen aus Sternen! In einem Stern verschmelzen leichte Atomkerne wie zum Beispiel Wasserstoff zu schwereren Atomkernen. Diesen Prozess nennt man Kernfusion. Bei einer Kernfusion wird auch Energie in Form von Strahlung frei. Deshalb leuchten die Sterne. Ewig leuchten sie aber nicht: Können keine weiteren Atomkerne verschmolzen werden, ist der «Treibstoff» aufgebraucht. Wegen seiner eigenen Schwerkraft fällt der Stern dann in sich zusammen. Welches Schicksal ihm dann bestimmt ist, hängt von seiner Masse ab:

- 1) Ist die Masse kleiner als das Zweifache der Sonnenmasse, wird der Stern zu einem Weissen Zwerg. Wegen seiner eigenen Schwerkraft wird die Materie zusammengedrückt und die Atome sind auf einen Hundertstel des üblichen Radius zusammengedrückt.
- 2) Liegt die Masse zwischen zwei und zehn Sonnenmassen, wird der Stern zu einem Neutronenstern. Hier wird die Masse noch stärker zusammengedrückt. So stark, dass Neutronen aus Elektronen und Protonen entstehen.
- 3) Ist die Masse des Sterns grösser als zehn Sonnenmassen, entsteht ein Schwarzes Loch.



Abbildung 1. Der Sternenhimmel von der Atacama-Wüste aus gesehen. (Bildquelle: Keystone)

Fallbeschleunigung

Charm lässt im Film einen Apfel fallen, nachdem er mit seinen Superkräften Bottom schwerer gemacht hat. Der Apfel fällt überraschenderweise nicht zu Boden, sondern fliegt direkt in Bottoms Mund! Wie ist das möglich?

Lässt man einen Körper, zum Beispiel einen Apfel, fallen, so fällt dieser mit einer Beschleunigung von ca. 10 m/s^2 zu Boden. Er wird von der Erde angezogen. Solche Anziehungskräfte sind nicht auf Himmelskörper beschränkt. Im Grunde genommen ziehen sich alle Körper gegenseitig an. Je grösser die Massen, desto grösser die Anziehungskräfte. Diese Anziehungskräfte wirken auch zwischen dir und einem Apfel, was aber kaum spürbar ist, da beide eine geringe Masse haben. Der Apfel fällt in Bottoms Mund, weil er durch die Umwandlung eine sehr hohe Dichte hat. Ein zuckerwürfelgrosses Stück von Bottom hat ungefähr die Masse eines ganzen Zuges. Dann nämlich wird der Apfel mit ca. 10 m/s^2 in seine Richtung beschleunigt. Der Apfel «fällt» sozusagen auf Bottom, mit einer Fallbeschleunigung, die gleich gross ist wie die Erdbeschleunigung.

Je schwerer Bottom wird, desto grösser wird die Kraft, die auf den Apfel wirkt. Mit der Kraft erhöht sich auch die Fallbeschleunigung, die der Apfel erfährt. Wäre Bottom so dicht wie ein Neutronenstern, würde die Fallbeschleunigung eine Million Mal grösser sein. Würde Bottom die Dichte eines Schwarzen Loch erreichen, wäre die Fallbeschleunigung 10^{15} Mal grösser als die Erdbeschleunigung.

$10^{15} = 1 \text{ Million} \times 1 \text{ Milliarde}$ – eine unvorstellbar grosse Zahl!

Dichte

Weisse Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher unterscheiden sich in ihrer Dichte. Die Dichte beschreibt das Verhältnis zwischen Masse und Volumen eines Körpers. Stellen wir uns einen Würfelzucker vor. Welche Masse hätte ein solcher Würfel, wenn er die Dichte eines Weissen Zwergs, eines Neutronensterns oder eines Schwarzen Lochs hätte (siehe Abbildung 2)? Ein Weisser Zwerg ist so dicht, dass ein Würfel von der Grösse eines Würfelzuckers die Masse eines Autos hätte. Ein würfelzuckergrosses Stück eines Neutronensterns hätte ungefähr dieselbe Masse wie die Matterhornspitze. Ein Schwarzes Loch in der Grösse eines Würfelzuckers hat ungefähr die gleiche Masse wie die Erde.

Dichte Würfelzucker Weisser Zwerg Bottom Neutronenstern Schwarzes Loch



Abbildung 2. Zunahme von Dichte und Masse im Verhältnis. (Bildquelle: SRF mySchool, Colourbox)