

## Gewicht und Masse: Was wiegt ein Astronaut auf dem Mond?

### Einführung

Die Masse eines Körpers gibt an, wie schwer er ist. Ob auf der Erde, dem Mond oder im Weltraum, ein Mensch hat überall dieselbe Masse.

Würde ein Astronaut jedoch eine Waage auf einen Raumflug zum Mond mitnehmen, so würde er feststellen, dass er auf dem Mond weniger wiegt als auf der Erde und während des Hin- und Rückflugs schwerelos ist, also nichts wiegt. Während die Masse eines Astronauten also konstant ist, ist sein Gewicht abhängig davon, wo er sich befindet. Denn das Gewicht (Physiker sprechen von der Gewichtskraft) eines Körpers gibt an, welche Kraft er aufgrund der Anziehungskraft eines Planeten auf den Boden ausübt.

Die Anziehungskraft eines Planeten bezeichnen Physiker als Schwerebeschleunigung  $g$ , im Fall der Erde auch Erdbeschleunigung  $g_{Erde}$  genannt. Die Gewichtskraft  $F_{Gewicht}$  eines auf der Erde stehenden Menschen mit der Masse  $M_{Mensch}$  ist demnach

$$F_{Gewicht} = M_{Mensch} \cdot g_{Erde}$$

Isaac Newton veröffentlichte 1687 in seinem dreibändigen Werk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie) das Gravitationsgesetz, wonach sich die Anziehungskraft (die Gravitationskraft)  $F_{Gravitation}$  zwischen zwei Körpern der Massen  $M_1$  und  $M_2$  mit dem Abstand  $r$  beschreiben lässt als

$$F_{Gravitation} = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}$$

( $G$  ist die universelle Gravitationskonstante, welche die Stärke der Gravitation angibt). Ein auf der Erdoberfläche stehender Mensch wird von der Erde also mit der Gravitationskraft

$$F_{Gravitation} = G \cdot \frac{M_{Mensch} \cdot M_{Erde}}{r_{Erde}^2}$$

angezogen. Diese gravitative Anziehungskraft durch die Erde ist also nichts anderes als die Gewichtskraft! Oder anders ausgedrückt: Ein Mensch auf der Erde hat ein Gewicht,

weil er von der Erde angezogen wird! Somit können die Gleichungen zur Gewichts- und Gravitationskraft gleichgesetzt werden:

$$F_{\text{Gewicht}} = F_{\text{Gravitation}}$$

Durch einfaches umstellen dieser Gleichung kann die Erdbeschleunigung  $g_{\text{Erde}}$  ausgerechnet werden, sofern man die Masse und den Radius der Erde kennt. Diese beträgt  $g_{\text{Erde}} = 9.81\text{m/s}^2$ .



ESA-Training: Übungen im Astronautenanzug werden im Wasser durchgeführt. (Quelle: [blogs.esa.int](http://blogs.esa.int), 25.05.2014)

## Gewicht und Masse: Was wiegt ein Astronaut auf dem Mond?

### Aufgaben

**Erdbeschleunigung** Lies dir die Einführung aufmerksam durch! Vollziehe die Herleitung zur Berechnung der Erdbeschleunigung  $g_{Erde}$  nach! Führe den letzten Schritt  $F_{Gewicht} = F_{Gravitation}$  selber durch, sodass du eine Formel zur Berechnung der Erdbeschleunigung  $g_{Erde}$  erhältst!

Überprüfe deine Formel, in dem du die Masse und den Radius der Erde in deine Formel einsetzt! Zur Kontrolle:  $g_{Erde} = 9,81 \text{ m/s}^2$

Nützliche Größen:  $M_{Erde} = 5,9722 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ,  $r_{Erde} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$ ,  
 $G = 6,67430 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$



(Quelle: NASA)

**Verständnisfragen** Beantworte folgende Fragen:

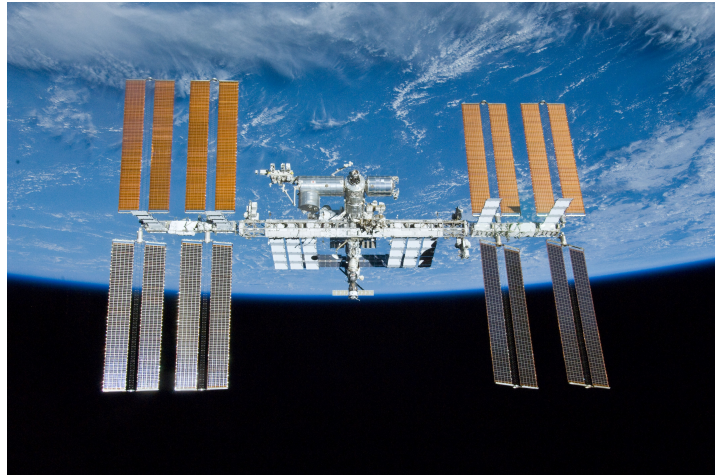
- Wenn ein Astronaut auf einem Planeten landet, der denselben Radius aber doppelt so viel Masse wie die Erde hat, wiegt er dann mehr oder weniger als auf der Erde? Wie viel mehr oder weniger?
- Würde man die Erde wie einen Luftballon aufblasen können, sodass der Radius doppelt so groß wäre, würde sich die Erdbeschleunigung ändern? Falls ja, um wie viel?
- Bonusfrage: Ein Astronaut wacht in einem geschlossenen Raum auf und stellt fest, dass er Gewicht hat, also nicht schwerelos ist. Kann der Astronaut mit Sicherheit sagen, dass er sich auf einem Planeten/ Mond befindet?

**Astronaut auf dem Mond**

- a) Berechne die Schwerebeschleunigung des Mondes! Wie groß ist diese im Verhältnis zur Erde? Nützliche Größen:

$$M_{Mond} = 7,354 \cdot 10^{22} \text{ kg}, r_{Mond} = 1,738 \cdot 10^6 \text{ m}, G = 6,67430 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$$

- b) Wie viel wiegt ein Astronaut mit der Masse  $M = 80 \text{ kg}$  inklusive seines  $84 \text{ kg}$  schweren Astronautenanzugs auf dem Mond? Nutze dein Ergebnis aus a)!



Für einen Aufenthalt auf der Internationalen Raum-Station (International Space Station, ISS) müssen die Astronauten sehr fit sein (Quelle: ESA)

**Astronautentraining** Bevor die NASA Astronauten der Apollo-Mission auf den Mond durften, mussten Sie mit ihrer Ausrüstung auf der Erde trainieren. Da aufgrund der kleineren Schwerebeschleunigung auf dem Mond der Astronautenanzug weniger als auf der Erde wiegen würde, trainierten die Astronauten auf der Erde mit leichteren Anzügen. Wie viel musste der Übungsanzug auf der Erde wiegen, wenn der Raumanzug für den Mond eine Masse von  $84 \text{ kg}$  hatte Falls du bei Aufgabe 3 keine Lösung hast, nutze  $g_{Mond} = 1,62 \text{ m/s}^2$ .

Nützliche Größen:  $g_{Erde} = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $M_{Anzug} = 84 \text{ kg}$