

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Fachliche Hintergrundinformation

Astronautentraining

Wie bringt man Astronauten bei, sich unter veränderten Schwerkraftverhältnissen, wie beispielsweise auf dem Mond oder auf dem Mars, richtig zu bewegen? Insbesondere im Vorfeld der Mondlandungen in den 1960er-Jahren war dies eine wichtige Frage, die im Rahmen der Astronautenausbildung intensiv diskutiert wurde. Hinsichtlich einer bemannten Marsmission hat die Thematik aber auch heute noch eine gewisse Relevanz.

Es gibt keine Möglichkeit, die Schwerkraft der Erde an einem bestimmten Ort um $5/6$ zu reduzieren. Daher ist man auf mechanische, vielleicht auch elektronisch-pneumatische Systeme angewiesen, um mondtypische Bewegungsabläufe im Schwerfeld der Erde nachstellen zu können. Wenn wir beispielsweise einen senkrecht nach oben gerichteten Sprung eines Astronauten auf dem Mond genauer betrachten, wird deutlich, wo die Probleme liegen: Während der Flugphase dürfen sich die beschleunigende Kraft von $1/6$ der Erdanziehungskraft und die beschleunigte Masse nicht verändern. Die Umsetzung dieser Forderungen ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag.

Ideen

Eine naheliegende Idee ist, das Gewicht des Astronauten dadurch zu reduzieren, dass man ihn an eine Schraubenfeder hängt. Sie würde so eingestellt, dass der Raumfahrer nur noch $1/6$ seines Gewichtes auf seinen Füßen spürt. Springt die Person allerdings nach oben, wird der Bewegungsablauf nicht so wie auf dem Mond sein. Der Grund liegt darin, dass sich die kompensierende Kraft der Feder beim Aufstieg des Astronauten ändert, weil ja die Feder verkürzt wird. Dem **Hooke'schen Gesetz** zufolge nimmt die Kraft der Feder mit zunehmendem Aufstieg ab, der Astronaut spürt daher eine größer werdende Kraft Richtung Erdboden, sodass Flughöhe und Flugdauer kleiner als auf dem Mond ausfallen werden.

Das Problem der nichtkonstanten Kraft könnte man durch ein Gegengewicht und eine Umlenkrolle in den Griff bekommen. Das Gegengewicht müsste $5/6$ der Masse des Astronauten haben, sodass dieser auch während der Flugphase eine beschleunigende Kraft von $1/6$ der Erdanziehungskraft spüren würde. Dieser Bewegungssimulator stellt jedoch den Bewegungsablauf auf der Mondoberfläche noch schlechter nach als der vorherige mit der Schraubenfeder. Das Problem liegt in der Masse, die hier bewegt werden muss, denn diese ist fast doppelt so groß wie die des Astronauten, was zu einem extrem trägen Bewegungsablauf führt. Die Situation entspricht der einer „**Atwood'schen Fallmaschine**“.



© NASA

Die dritte Idee erscheint am unwahrscheinlichsten, wurde aber von der NASA technisch umgesetzt und zum Training von Astronauten intensiv genutzt. Der Raumfahrer wurde in einem Tragegeschirr waagrecht an Seilen aufgehängt. Die Wand stellte den Boden dar, von dem sich die Person abstoßen konnte. Physikalisch kommt der Bewegungsablauf bzgl. Sprunghöhe und Zeitablauf der Mondsituation in der Tat am nächsten – vorausgesetzt, das Seil wird nicht zu kurz gewählt.



Mediathek

Simulationsprogramm:

<http://www.mabo-physik.de/mondsimulator.html>

Ausgewählte Bilder zu den Apollo-Missionen:

http://www.apollomissionphotos.com/index_apollo_saturn3.html

Informationen und Bilder zum Thema „reduced gravity simulator“:

http://www.wired.com/wiredscience/2009/07/nasaarchive_gravitysimulator/

<http://www.socialphy.com/posts/travel-leisure/931/The-Incredible-Things-NASA-Did-to-Train-Apollo-Astronauts.html>

Videos und Filme:

Sehr informative kleine Filme aus den Archiven der NASA zeigen, wie typische Seil-Simulatoren zur Reduzierung der Schwerkraft in den 1960er-Jahren funktionierten.

<http://www.youtube.com/watch?v=U1CUhz0U-Gc>

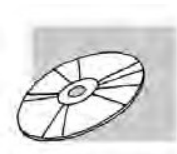
<http://www.youtube.com/watch?v=pJBbIEhWAAE&feature=relmfu>

Informationen über ein modernes computergesteuertes System zur Simulation von reduzierter Schwerkraft:

<http://www.nbcbayarea.com/news/tech/Moonwalk-with-NASAs-ARGOS-Reduced-Gravity-Simulator-133294563.html>

Ein interessanter Videoclip über einen Simulator zum Laufen auf dem Mars:

<http://vimeo.com/24698934>



I/B

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt
 ⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

I/B

M 1	Ab ⌚ V: 5 min ⌚ D: 20 min	Welcher von den dreien?
M 2	Ab ⌚ V: 5 min ⌚ D: 40 min	Sprünge auf Erde und Mond – ein Vergleich <input type="checkbox"/> Taschenrechner
M 3	Ab ⌚ V: 5 min ⌚ D: 40 min	Der Schraubenfeder-Simulator <input type="checkbox"/> Taschenrechner
M 4	Ab ⌚ V: 5 min ⌚ D: 40 min	Der Gegengewicht-Simulator <input type="checkbox"/> Taschenrechner
M 5	Ab ⌚ V: 5 min ⌚ D: 40 min	Der Seil-Simulator <input type="checkbox"/> Taschenrechner <input type="checkbox"/> Computer mit Internetzugang
M 6	Fo ⌚ V: 5 min ⌚ D: 10 min	Der Seil-Simulator – reale Aufnahmen der NASA <input type="checkbox"/> OHP
M 7	Ab ⌚ V: 5 min ⌚ D: 40 min	Computersprünge <input type="checkbox"/> Computer mit Internetzugang
M 8		Tippkarten

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 16.

M 5 Der Seil-Simulator

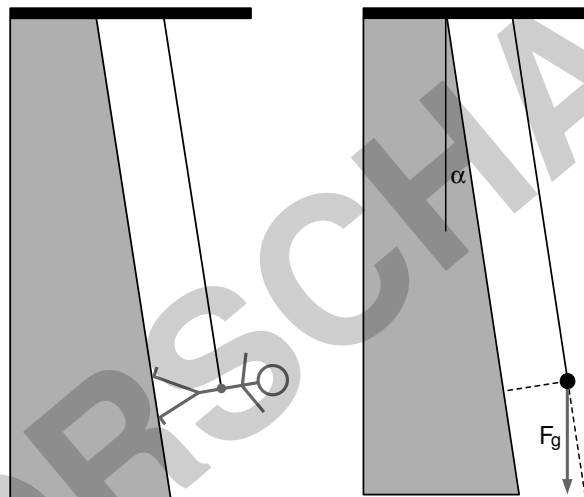
Auch wenn es auf den ersten Blick erstaunlich sein mag – dieser Simulator stellt die Bewegungsabläufe auf dem Mond am besten dar. Wie Sie anhand der Bilder auf der **Farbfolie** erkennen können, wurden solche Simulatoren tatsächlich von der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA zur Vorbereitung der Astronauten auf ihre Mondlandung konstruiert und angewendet. Im Internet finden Sie dazu interessante, historische Filmaufnahmen aus den Archiven der NASA:

<http://www.youtube.com/watch?v=U1CUhz0U-Gc> und

<http://www.youtube.com/watch?v=pJBbIEhWAAE&feature=relmfu>.

Wie muss ein solcher Simulator dimensioniert werden, damit er die Schwerkraftverhältnisse auf dem Mond vortäuschen kann?

Der Astronaut soll senkrecht auf dem Boden stehen – daher ist es sinnvoll, wenn die Wand die gleiche Neigung wie das Seil aufweist. Der richtige Neigungswinkel α ergibt sich aus einem Kräfteparallelogramm.



Aufgaben

1. Auf den Massenschwerpunkt des Astronauten wirkt die Erdanziehungskraft F_g . Diese Kraft soll in zwei Komponenten zerlegt werden – eine senkrecht zur Wand F_{senkr} und eine parallel zur Wand F_{par} . In der zweiten Grafik ist dies bereits angedeutet. Zeichnen Sie die richtige Länge dieser Kraftkomponenten ein und begründen Sie die Formel:

$$F_{\text{senkr}} = F_g \cdot \sin(\alpha).$$

2. Berechnen Sie daraus den Winkel α unter der Annahme, dass F_{senkr} $1/6$ von F_g sein soll. Ist dieser Winkel von der Masse des Astronauten abhängig?
3. Auch bei diesem Simulator wird sich die rücktreibende Kraft verändern, wenn man sich von der Wand („Boden“) beim Sprung entfernt. Allerdings ist diese Veränderung bei einem langen Seil gering. Beispielsweise beträgt die rücktreibende Kraft bei einem 30 m langen Seil und einer Entfernung (Sprunghöhe) von der Wand von einem halben Meter $\frac{1}{5,5} \cdot F_g$ anstatt $\frac{1}{6} \cdot F_g$.

Begründen Sie, warum sich diese Situation verschlechtert, wenn das Seil kürzer gemacht wird.

M 4, Aufgabe 2**Tipp 1**

Überlegen Sie, wie groß die Masse ist, die letztendlich durch ihre Gewichtskraft den Astronauten wieder nach unten zieht, wenn er hochgesprungen ist.

Überlegen Sie weiter, wie viel Masse insgesamt bewegt werden muss.

M 4, Aufgabe 2 c)**Tipp 1**

Verwenden Sie

$$F = m \cdot a$$

Dabei ist F die Kraft, die beschleunigt (siehe Aufgabe 3), und m die Masse, die beschleunigt wird.

M 4, Aufgabe 3**Tipp 1**

Verwenden Sie die Formeln von M 2 (siehe Tippkarten zu M 2).

M 5, Aufgabe 1**Tipp 1**

Erzeugen Sie ein Kräfteparallelogramm, in dem F_g als Diagonale die Gesamtkraft ergibt.

Tipp 2

Erinnern Sie sich:

In einem rechtwinkligen Dreieck gilt die Beziehung

$$\sin(\alpha) = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$$

