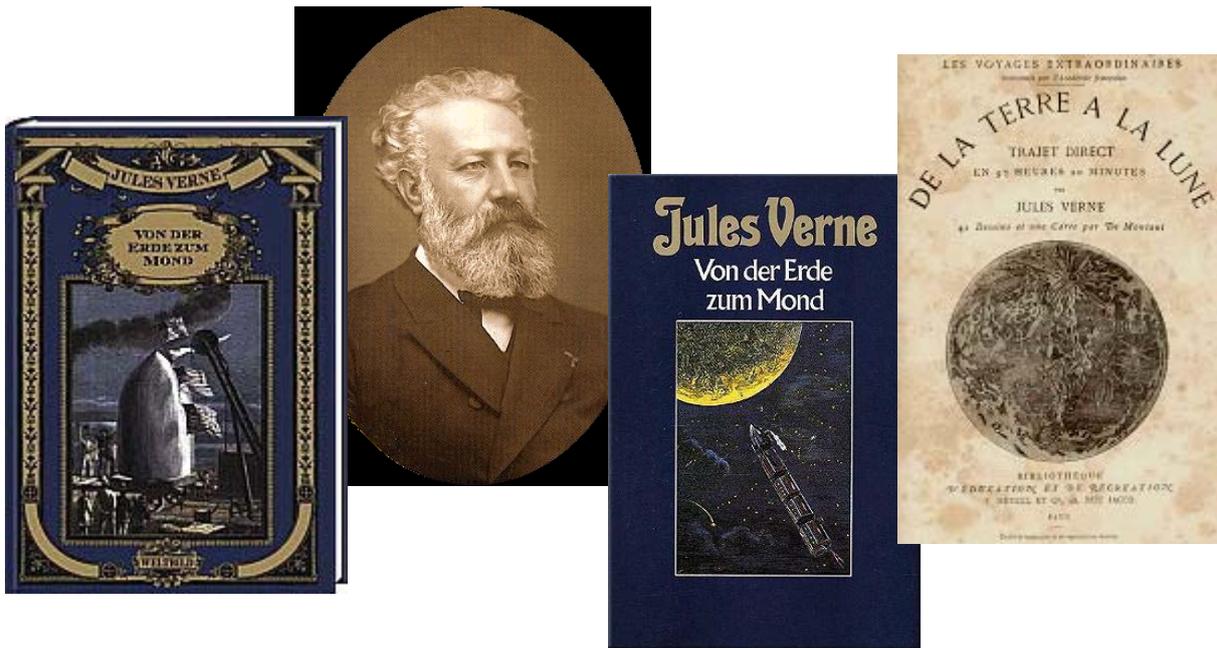


Hätten Jules Vernes Astronauten in den Weltraum gelangen können?

In Bezug auf Artikel in »Sterne und Weltraum« 4/2011, S. 32 („Der unbequeme Held“)
Lutz Clausnitzer

Ein Bestseller und sein Autor: Nach seinem Pariser Jurastudium versucht sich Jules Verne (1828 - 1905) an Theaterstücken, Operetten und Erzählungen. Mit seinem Roman „Fünf Wochen im Ballon“ gelingt ihm 1863 der Durchbruch, dem unzählige technisch-utopische Abenteuergeschichten folgen. Mit „De la Terre à la Lune“ bzw. „Von der Erde zum Mond“ schreibt er 1865 ein Werk, mit dem sich einige Jahrzehnte später Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857-1935) und Hermann Oberth (1894-1989) als junge Männer auseinandersetzen und maßgeblich dadurch ihre Lebensaufgabe finden sollten. Unabhängig voneinander schufen die beiden Physiklehrer wissenschaftlich-technische Grundlagen der Weltraumfahrt und sollten so als „Väter der Weltraumfahrt“ in die Geschichte eingehen. Auf diese Weise ist Verne der Ausgangspunkt einer geraden Linie, die über die beiden Pioniere der Raumfahrt und die Ingenieure Sergei Pawlowitsch Koroljow (1906-1966) und Wernher von Braun (1912-1977) bis direkt in den Weltraum führt. Die Vorgeschichte des ersten bemannten Raumfluges durch Juri Gagarin (1934-1968) am 12. April 1961 beginnt also spätestens mit Jules Verne, dessen Reise „Von der Erde zum Mond“ von einem phantastischen Weitblick zeugt und zum Teil schon auf physikalischen Grundlagen beruht. Das folgende **ARBEITSBLATT** bietet den Schülern die Möglichkeit, sich in ähnlicher Weise mit Vernes frühem Raumfahrtkonzept auseinanderzusetzen, wie es einst Ziolkowski und Oberth taten.



Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Kleinkörper, Astronomiegeschichte	Verne, Ziolkowski, Oberth, Koroljow, Braun, Gagarin, Mond, Geschichte der Weltraumfahrt
Physik	Mechanik	Kinematik, Dynamik, Druck, Beschleunigung, Kraft, Newton'sche Gesetze
Fächerverknüpfung	Astro-Physik-Biologie, Astro-Sprache (Deutsch)	Blutkreislauf und Schwerkraft, Analyse des Lesetextes, Jules Verne als Schriftsteller
Lehre allgemein	Kompetenzen, Unterrichtsmittel	Lesekompetenz, Arbeitsblatt

ARBEITSBLATT:

Hätten Jules Vernes Astronauten in den Weltraum gelangen können?

Der bekannte französische Schriftsteller Jules Verne (1828 -1905) veröffentlichte 1865 den utopischen Roman „Von der Erde zum Mond“. Darin lässt er Herrn Barbicane mit zwei Freunden zum Mond fliegen. Wie der Untertitel „Direkte Fahrt in 97 Stunden und 20 Minuten“ überraschend zeigt, hatte der Autor eine sehr realistische Reisezeit veranschlagt. Sogar die Zahl der Passagiere und der Startplatz Florida stimmten mit den etwa 100 Jahre später gestarteten Apollo-Missionen überein. Verne wusste auch, dass man dem Fluggerät eine Geschwindigkeit von etwa 11 km s^{-1} verleihen muss, um in jene Außenbereiche des Gravitationsfeldes der Erde gelangen zu können, in denen sich der Mond befindet. Das ist eine Folgerung aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz von 1687, aus der sich letztlich auch die Flugzeit ergibt.

Den Start sollten Vernes Romanfiguren aber ganz anders erleben als die Apollo-Astronauten. Barbicane hatte auf dem Stoneshill in Florida ein tiefes Loch graben und darin ein 270 m langes senkrecht stehendes Kanonenrohr eingießen lassen. Aus 9 t Aluminium wurde ein riesiges Projektil gefertigt, das 2,60 m im Durchmesser maß und innen „wohnlich eingerichtet“ war. Die drei Passagiere bestiegen das Geschoss und wurden mit einer Winde im Kanonenrohr hinuntergelassen. Schon drei Hundertstel Sekunden nach dem Zünden der vorher eingebrachten Schießbaumwolle verließ das Geschoss das Kanonenrohr und flog zum Mond.



Aus der Luke schauend verabschiedet sich Barbicane von seinen auf der Erde zurückbleibenden Freunden.

- Berechnen Sie bei einem Beschleunigungsweg von 270 m die als konstant angenommene Beschleunigung des Geschosses im Rohr und die an der Mündung erreichte Geschwindigkeit!
- Mit welcher Kraft würde eine 75 kg schwere Person während der Beschleunigungsphase in den Sitz gepresst? Das Wievielfache Ihres Gewichts wäre das?
- Als dann die bemannte Raumfahrt Realität wurde (1961 Juri Gagarin mit Wostok 1) und man sogar zum Mond flog (1969-1972 mit Saturn V), saß das Raumschiff (Passagierkapsel mit Lebenserhaltungs-, Kommunikations- und Steuerungssystemen) an der Spitze einer riesigen Rakete (Antriebsmaschine). Die Startmasse des aus Rakete und Raumschiff bestehenden „Turmes“ besteht zu mehr als 80 % aus Treibstoff. Die mit hoher Geschwindigkeit nach unten ausströmenden Reaktionsprodukte erzeugen nach dem Rückstoßprinzips eine Kraft nach oben, die den „Turm“ anhebt und beschleunigt. Die Beschleunigungsphase dauert ungefähr neun Minuten und endet nach dem Einschwenken des Raumschiffes in die Erdumlaufbahn bei einer Geschwindigkeit von etwa 8 km s^{-1} . Die ausgebrannten Raketenstufen werden unterwegs abgestoßen. Welcher (als konstant angenommenen) Beschleunigung unterliegt dabei das Raumschiff, und mit welcher Kraft wird nun ein 75 kg schwerer Astronaut in den Sitz gedrückt? Vergleichen Sie diese Werte mit denen aus Vernes Roman!
- Werten Sie Vernes Vorschlag aus physikalisch-technischer und medizinischer Sicht!
- Welchen mittleren Druck müssten die sich ausdehnenden Pulvergase im Rohr der Verne-Kanone erzeugen, wenn sein Innendurchmesser, Kaliber genannt, 2,60m ist und das bewohnte Geschoss eine Masse von 10 t hat?

Lösung:

$$a) \quad a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 270 \text{ m}}{(0,03 \text{ s})^2} = \underline{\underline{600000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \quad v = a \cdot t = 600000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,03 \text{ s} = \underline{\underline{18,0 \frac{\text{km}}{\text{s}}}}$$

$$b) \quad F = m \cdot a = 75 \text{ kg} \cdot 600000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{45000 \text{ kN}}}$$

$$F_G = m \cdot g = 735 \text{ N}, \quad \frac{F}{F_G} = \frac{45000 \text{ kN}}{735 \text{ N}} = \frac{61224}{1}, \text{ also } \underline{\underline{61224\text{-fach}}}$$

$$c) \quad a = \frac{v}{t} = \frac{8000 \text{ m}}{540 \text{ s}^2} = \underline{\underline{14,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}, \quad F = m \cdot a = 75 \text{ kg} \cdot 14,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,11 \text{ kN},$$

$$\frac{F}{F_G} = \frac{1110 \text{ N}}{735 \text{ N}} = 1,51, \text{ also weniger als zweifaches Körpergewicht.}$$

Bei Verne sind Beschleunigung und Anpresskraft um Größenordnungen höher, genauer $\frac{61224}{1,51} = 40546$ -fach.

d) Wertungen:

physikalisch-technisch:

Die Verne-Kanone widerspricht nicht grundsätzlich der Physik, wäre aber technisch aus mehreren Gründen nicht realisierbar. Zunächst würde die Trägheit der im Rohr befindlichen Luft – das sind immerhin 1864 kg – zum „Rohrkrepierer“ führen. Dieses Problem wäre allerdings lösbar. Das Rohr müsste vor dem Schuss evakuiert werden. Der oben temporär angebrachte Verschluss könnte dann durchgeschossen werden. Doch auch dann erwartete das Geschoss ein bei dieser Geschwindigkeit enormer Luftwiderstand. Man denke an Meteoriten oder Weltraumschrottteile, die bei ähnlichen Geschwindigkeiten in der Erdatmosphäre extremen Temperaturen ausgesetzt sind und dabei oft bersten oder/und verglühen.

medizinisch:

Wie sich beim Training der Raumfahrer in Zentrifugen zeigt, können gesunde Menschen in einer Liegeposition einige Minuten lang mit 10 g (g ist hier die irdische Fallbeschleunigung) belastet werden, d.h. dem 10-fachen ihres Körpergewichts ausgesetzt sein. Bei deutlich höheren Werten kommen Lebensfunktionen zum Erliegen. Beispielsweise verhindert die Gravitation, dass das Blut in die oben liegenden Gefäße gelangt. Eine Beschleunigung von 61224 g führte zum sofortigen Tod.

Bemerkung zur Raumfahrtgeschichte:

Hermann Oberth (1894-1989) las als Elfjähriger Vernes Bücher „Von der Erde zum Mond“ und „Die Reise um den Mond“, errechnete als Gymnasiast die bei der Verne-Kanone auftretende tödliche Beschleunigung und folgerte, dass der Beschleunigungsweg um Größenordnungen verlängert werden muss. Er erkannte, wie schon vorher Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857-1935), den Ausweg in einer Maschine, die ihren Vortrieb nach dem Rückstoßprinzip selbst erzeugt. Dadurch kann der Beschleunigungsweg vertausendfacht und folglich die Beschleunigung auf den tausendsten Teil reduziert werden.

Zusatzaufgabe:

$$F = m \cdot a = 10000 \text{ kg} \cdot 600000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6000 \text{ MN}$$

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (1,3 \text{ m})^2 = 5,31 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{6000 \text{ MN}}{5,31 \text{ m}^2} = \underline{\underline{1130 \text{ MPa}}}$$

Das ist mehr als das 10 000-fache des irdischen Luftdrucks!