

Mondflug anno 1864

Der französische Schriftsteller Jules Verne (1828 -1905) veröffentlichte 1864 den utopischen Roman „Die Reise 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 Schriftsteller eine sehr realistische Reisezeit veranschlagt. Sogar die Zahl der Passagiere und der Startplatz Florida stimmten mit den 105 Jahre später gestarteten Apollo-Missionen überein. Verne wusste auch, dass man dem Fluggerät eine Geschwindigkeit von mehr als 11 km s^{-1} verleihen muss, um das Gravitationsfeld der Erde verlassen zu können. Fluchtgeschwindigkeit und Flugzeit ergaben sich aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz von 1687.

Ganz anders als bei Apollo war aber der Start. Dazu hatte Barbicane 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 Geschoss 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 Projektil das Kanonenrohr und flog zum Mond.



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

1. Berechnen Sie die als konstant angenommene Beschleunigung des Geschosses im Rohr und die an der Mündung erreichte Geschwindigkeit!
2. Mit welcher Kraft würde eine 75 kg schwere Person während der Beschleunigungsphase in den Sitz gepresst? Das Wievielfache ihres Gewichts wäre das?
3. Bei einem heutigen bemannten Weltraumflug sitzt an der Spitze einer riesigen Rakete (Antriebsmaschine) ein Raumschiff (Passagierkapsel mit Lebenserhaltungs-, Kommunikations- und Steuerungssystemen). 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!
4. Werten Sie Vernes Vorschlag aus physikalisch-technischer und medizinischer Sicht!
5. 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:

$$1. \quad a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 270m}{(0,03s)^2} = \underline{\underline{600000 \frac{m}{s^2}}} \quad v = a \cdot t = 600000 \frac{m}{s} \cdot 0,03s = \underline{\underline{18,0 \frac{km}{s}}}$$

$$2. \quad F = m \cdot a = 75kg \cdot 600000 \frac{m}{s^2} = \underline{\underline{45000kN}}$$
$$F_G = m \cdot g = 735N, \quad \frac{F}{F_G} = \frac{45000kN}{735N} = \frac{61224}{1}, \text{ also } \underline{\underline{61224\text{-fach}}}$$

$$3. \quad a = \frac{v}{t} = \frac{8000m}{540s^2} = \underline{\underline{14,8 \frac{m}{s^2}}}, \quad F = m \cdot a = 75kg \cdot 14,8 \frac{m}{s^2} = 1,11kN,$$
$$\frac{F}{F_G} = \frac{1110N}{735N} = 1,51, \text{ also weniger als zweifaches Körpergewicht.}$$

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

4. 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 1864kg – zum „Rohrkrepierer“ führen. Dieses Problem wäre allerdings lösbar. Das Rohr müsste vor dem Schuss evakuiert werden. Der oben angebrachte Verschluss könnte dann durchgeschossen werden. Doch auch dann erwartete das Geschoss ein bei dieser Geschwindigkeit enormer Luftwiderstand. Man denke an Meteorite 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 10g (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 61224g 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.

$$5. \quad F = m \cdot a = 10000kg \cdot 600000 \frac{m}{s^2} = 6000MN \quad A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (1,3m)^2 = 5,31m^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{6000MN}{5,31m^2} = \underline{\underline{1130MPa}} \quad \text{Das ist mehr als der 10 000-fache irdischen Luftdruck!}$$