

## Lösungen zu „Orcus Patera — erhielt Mars einen Streifschuss?“

Reiner Hennig

### Zu 1.)

Welche Schlussfolgerung kann man daraus ziehen, dass der Boden der Tiefebene so glatt ist?

Die Tiefebene ist nicht alt, weil sie fast keine Einschlagkrater enthält.

### Zu 2.)

Welche Masse wurde bei der Entstehung der Tiefebene aus der Marsoberfläche entfernt? Gehe dabei von einer mittleren Dichte des Oberflächenmaterials von  $3 \text{ g/cm}^3$  aus.

Man kann das Volumen der Vertiefung abschätzen als Volumen eines Quaders mit 380 km Länge, 120 km Breite und 0,5 km Tiefe. Man erhält daraus  $22800 \text{ km}^3 = 22,8 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ . Damit erhält man eine Gesamtmasse von etwa  $68 \cdot 10^{12} \text{ t}$ .

### Zu 3.)

Schätze ab, welcher Anteil der ausgeworfenen Materie wieder im umliegenden Gebirgswall landete und welcher Anteil verloren ging, indem er verdampfte oder so schnell beschleunigt wurde, dass er in den Weltraum entwich.

Wir benötigen eine grobe Schätzung für das Volumen der umgebenden Gebirgskette. Bei einer Gesamtlänge von etwa  $2 \cdot 380 \text{ km}$ , einer Breite von 60 km und einer Höhe von maximal 1,8 km erhält man ein deutlich größeres Volumen als das Volumen der Vertiefung. Sicher ist die Dichte des ausgeworfenen Materials geringer als ursprünglich, und das Volumen der Gebirgskette ist wohl zu groß angenommen. Wir können vermuten, dass der verschwundene Anteil nicht sehr groß ist.

### Zu 4.)

Die ausgeworfene Materie verdampfte zum Teil, zum Teil flog sie nach außen, um den umgebenden Gebirgswall zu bilden. Welche Geschwindigkeit musste dabei ein ausgeworfener Stein mindestens haben? (Auf dem Mars beträgt die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche etwa  $3,71 \text{ m/s}^2$ .)

Die ausgeworfene Materie muss mindestens 70 km weit fliegen. Hier gilt die Rechnung mit dem schiefen Wurf. Wegen der geringen Dichte der Marsatmosphäre kann man hier den Atmosphärenwiderstand vernachlässigen. Außerdem vernachlässigen wir die Krümmung der Marsoberfläche, sondern betrachten sie als Ebene. Wir wählen den Koordinatenursprung beim Abwurfspunkt, die horizontale Komponente der Bewegung mit  $x$  und die vertikale mit  $z$ .

Für die horizontale Bewegung gilt dann:  $x(t) = v_x(t=0) \cdot t$  und  $v_x(t) = v_x(t=0)$

Für die vertikale Bewegung gilt:  $z(t) = v_z(t=0) \cdot t - 1/2 \cdot g \cdot t^2$  und  $v_z(t) = v_z(t=0) - g \cdot t$

Wenn der Stein auftrifft ( $t = t_A$ ), hat er horizontal die Strecke  $x = 70\,000 \text{ m}$  zurückgelegt, ist aber wieder auf der Höhe  $z(t_A) = 0 \text{ m}$ .

Es gilt also  $v_z(t=0) \cdot t - 1/2 \cdot g \cdot t^2 = 0 \text{ m}$ .

Es gilt also  $v_z(t=0) \cdot t = 1/2 \cdot g \cdot t^2$  oder  $t = 2 \cdot v_z(t=0) / g$ .

Einsetzen liefert dann  $x(t) = v_x(t=0) \cdot 2 \cdot v_z(t=0) / g$ .

Der Wert für die Gesamtgeschwindigkeit wird dann am kleinsten, wenn  $v_x(t=0) = v_z(t=0) = v_{x0}$ . Damit wäre dann

$70\,000 \text{ m} = v_{x0}^2 \cdot 2 / g$  oder  $v_{x0}^2 = 70\,000 \text{ m} \cdot g / 2$ .

Die Anfangsgeschwindigkeit wäre dann mindestens

$$v_0 = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{z0}^2} = \sqrt{v_{x0}^2 \cdot 2} = \sqrt{70.000 \text{ m} \cdot g} = 509,6 \text{ m/s}.$$

**Zu 5.)**

Schätze die Bewegungsenergie ab, die die gesamte ausgeworfene Masse dabei mindestens haben müsste.  
Für die Bewegungsenergie  $E_{\text{kin}}$  gilt:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 68 \cdot 10^{15} \text{ kg} \cdot 509,6^2 \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 17,3 \cdot 10^{18} \text{ J.}$$

**Zu 6.)**

Wenn diese Energie dadurch aufgebracht werden soll, dass ein Körper mit der Geschwindigkeit von 20 km/s auftrifft, wie groß müsste dann die Masse des auftreffenden Körpers mindestens sein?

$$m = \frac{E_{\text{kin}}}{v^2} \cdot 2 = \frac{17,3 \cdot 10^{18} \text{ J}}{20.000^2 \text{ (m/s)}^2} \cdot 2 = 8,66 \cdot 10^{10} \text{ kg.}$$

**Zu 7.)**

Auftreffende Körper erzeugen normalerweise runde Einschlagkrater. Um eine solch längliche Narbe zu erzeugen, müsste der Körper wohl sehr flach über den Planeten gefegt sein. Vergleiche, wie der Impuls und die Energie des einfallenden Körpers bei einem sehr flachen Einfall weitergegeben werden und bei einem sehr steilen.

Bei einem steilen Einfall werden Energie und Impuls zunächst vollständig an den Planeten abgegeben. Bei einem streifenden Einfall werden Energie und Impuls zum Teil direkt an das ausgeworfene Material weitergegeben.

**Zu 8.)**

*Orcus Patera* liegt zwischen den beiden größten Vulkanregionen des Mars: *Tharsis* und *Elysium*.  
Was könnte dies möglicherweise für den Einschlag bedeuten?

Die Erschütterung beim Aufprall könnte Vulkanausbrüche auslösen. Möglicherweise hat sich eine vorhandene Magmakammer in das entstehende Becken entleert und damit den glatten Boden geschaffen.

**Zu 9.)**

Welchen Einfluss könnte ein derartiger Einschlag auf die Atmosphäre des Planeten Mars haben?

Die große Energiemenge, die hier beim Auftreffen frei wird, erhitzt die Atmosphäre sehr stark, so dass dadurch Moleküle der Atmosphäre so schnell werden, dass sie in den Weltraum entweichen können. Dadurch könnte z. B. der Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf und Kohlendioxid reduziert werden, was zu einer Abkühlung des Planeten führen würde.

**Zu 10.)**

Welche Auswirkungen könnte ein solch streifender Einfall eines Himmelskörpers auf die Erde haben, wenn er im Ozean auftrifft?

Das Auftreffen eines solchen Himmelskörpers im Ozean würde eine gigantische Flutwelle (Tsunami) erzeugen. Die abgeschätzte Energie von  $1,7 \cdot 10^{19} \text{ J}$  ist nicht viel geringer als die geschätzten 100 Gt TNT-Äquivalent ( $= 4,2 \cdot 10^{20} \text{ J}$ ), die den großen Tsunami im Dezember 2004 auslösten.