

## Impuls und Bewegung einer Rakete untersuchen

### Einführung

Um sich fortzubewegen, stößt die Rakete heiße Gase mit hoher Geschwindigkeit aus und verliert dadurch Masse. Dies bewirkt eine Erhöhung der Geschwindigkeit. Wenn sie genug Treibstoff zur Verfügung hat, kann sie hoch fliegen und unsere Erdatmosphäre zu verlassen. Dann schwebt sie im Weltraum.

Die Beschleunigung einer Rakete geht aus der **Impulserhaltung** hervor. Der Impuls eines Systems, zum Beispiel einer Rakete, beschreibt, wie sie sich zu einem Zeitpunkt  $t$  bewegt. Die Formel lautet:

$$p = m \cdot v \quad (0.6)$$

mit  $m$  als Masse des Körpers (zum Beispiel Rakete) und  $v$  der Geschwindigkeit des Körpers.

Vor dem Start ist die Rakete mit ihrem Treibstoff gefüllt und bewegt sich nicht. Sie ist in Ruhe. In diesem ruhenden Zustand sagt man, die Rakete mit ihrem Treibstoff haben keinen Impuls, also ist der Gesamtimpuls  $p_{Ges}$  ist Null:

$$p_{Ges} = p_{Rakete} + p_{Treibstoff} = 0. \quad (0.7)$$

Wird der Treibstoff dann gezündet, strömt er am unteren Ende der Rakete aus dem Treibstofftank. Er hat also einen nach unten gerichteten Impuls  $p_{Treibstoff}$ . Dadurch wird an die Rakete ein Impuls  $p_{Rakete}$  in die entgegengesetzte Richtung gegeben, sodass diese sich nach oben bewegt und von der Erde abhebt.



Start einer Saturn V-Rakete. (Quelle: Focus.de, Roger Förstner, 15.02.2015)

## Impuls und Bewegung einer Rakete untersuchen

### Aufgaben

#### Aufgabe 1: Impuls einer Rakete

Eine Rakete hat eine Leermasse von 240.000 kg. In ihre Treibstofftanks können mit 2.700.000 kg gefüllt werden (Treibstoff hat das meiste Gewicht in einer Rakete). Wenn die Triebwerke gezündet werden, tritt der Treibstoff mit  $2600 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  aus. Nachdem alle Triebwerke gezündet wurden, hat die leere Rakete eine Geschwindigkeit von ungefähr  $8684,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . (Wir vernachlässigen äußere Kräfte wie zum Beispiel die Schwerkraft.)

1. Zeichne die Rakete und die ausströmenden Gase. In der Zeichnung markiere die Massen der (leeren) Rakete  $m_{\text{Rakete}}$  und der Masse des Gases  $m_{\text{Gas}}$ . Zeichne die Richtungen der Geschwindigkeiten der Rakete  $v_{\text{Rakete}}$  und des Gases  $v_{\text{Gas}}$  ein.
2. Berechne den Impuls, den die Rakete nach dem Zünden aller Treibstofftanks hat.

#### Aufgabe 2: Impulsübertragung

Blauwal: 190 t | Elefant: 6 t | Mondfisch: 2,5 t

1. Wähle ein Tier aus! Wie schnell muss sich das Tier deiner Wahl bewegen, damit es den gleichen Impuls hat wie die Rakete?  
Wie viele ganze Umrundungen der Erde schafft das Tier dann in einer Stunde? (Länge des Äquators: 40.000 km)
2. Wie schnell muss ein Auto (Gewicht: 1.500 kg) fahren, um den gleichen Impuls wie die Rakete zu haben?

Gebe deine Ergebnisse in  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  an. Tausche dich mit einer Mitschülerin oder einem Mitschüler aus.

#### Aufgabe 3: Bewegung einer Rakete

1. Die Rakete ist gestartet und das erste von drei Triebwerken beschleunigt sie gleichmäßig für 168 s von ihrem Ruhezustand ( $0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ) auf  $3000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Berechne, welche Höhe die Rakete dann erreicht hat. Beachte, dass es sich um eine beschleunigte Bewegung ( $v \neq \text{konstant}$ ) handelt.

2. Bis jetzt wurde nicht bedacht, dass eine fundamentale Kraft auf die Rakete wirkt, die die Rakete auf den Erdboden ziehen möchte: die **Schwerkraft**. Die Schwerkraft wirkt mit einer konstanten Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . (Die Gravitationskraft verringert sich mit dem Abstand zur Erde. Für Höhen von 100 km kann man die Änderung der Gravitationskonstante vorerst vernachlässigen.)  
Berechne die Höhe der Rakete nach dem Zünden der ersten Stufe unter Berücksichtigung der Schwerkraft!