

**Thema G2: Bewegungen im Gravitationsfeld**

Am 15. Oktober 1997 startete mithilfe einer Titan-IV-B/Centaur-Rakete die amerikanische Weltraumsonde „Cassini“ zu ihrem über sieben Jahre langen Flug zum Saturn. In ihrem „Gepäck“ befand sich die europäische Sonde „Huygens“. Das Sondenpaar soll u. a. nach Spuren von Leben im All suchen. Im Sommer 2004 erreichten sie gemeinsam den Anziehungsbereich des Saturns. Weihnachten 2004 löste sich die europäische Sonde „Huygens“ vom amerikanischen Mutterschiff „Cassini“, um am 14. Januar 2005 erfolgreich auf dem Saturnmond Titan zu landen.

**1 Gravitationsfeld**

- 1.1 Um diese Weltraumreise durchführen zu können, musste zuerst das Gravitationsfeld der Erde überwunden werden.

Stellen Sie grafisch die Gravitationsfeldstärke in Abhängigkeit vom Abstand zur Erdoberfläche im Intervall  $r_{\text{Erde}} \leq r \leq 8 r_{\text{Erde}}$  dar.

- 1.2 Das Gravitationsfeld der Erde kann in Erdnähe als homogen angesehen werden. Wird ein Körper auf große Distanz zur Erde gebracht, muss das Gravitationsfeld als Radialfeld betrachtet werden.

Erläutern Sie, welche Schlussfolgerungen sich daraus für die Berechnung der Hubarbeit im Gravitationsfeld in beiden Fällen ergeben. Die Einflüsse anderer Himmelskörper sind zu vernachlässigen.

**2 Raketenflug**

Eine Titan-IV-B/Centaur Trägerrakete beförderte „Cassini“ in eine Umlaufbahn um die Erde.

- 2.1 Was versteht man unter der ersten und der zweiten kosmischen Geschwindigkeit?

Leiten Sie eine Gleichung zur Berechnung einer dieser Geschwindigkeiten her und berechnen Sie diese.

- 2.2 Um die notwendigen hohen Geschwindigkeiten für die Saturnmission zu erreichen benutzte man eine mehrstufige Trägerrakete.

Begründen Sie die Notwendigkeit des Mehrstufenprinzips.

Die Geschwindigkeit, die eine Rakete erreichen kann, wird mit der so genannten Raketen Gleichung  $v = v_0 + v_{\text{Gas}} \cdot \ln \frac{m_A}{m_E}$  bestimmt.

Berechnen Sie, welche Geschwindigkeit eine Rakete mit einer Startmasse von  $m_A = 714 \text{ t}$  nach einer Brenndauer von  $t = 140 \text{ s}$  mithilfe der ersten Raketenstufe erreichen kann, wenn die verbleibende Masse  $m_E = 104 \text{ t}$  und die Ausströmgeschwindigkeit der Gase  $v_{\text{Gas}} = 2541 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  beträgt. Lösen Sie diese Aufgabe ohne und mit Berücksichtigung der Fallbewegung für  $g = \text{konstant im Erdfeld}$ .

Äußern Sie sich über die real erreichbare Geschwindigkeit. Begründen Sie Ihre Aussage.

**3 Saturnmond Titan**

Der Lander „Huygens“ sollte den bereits 1655 von Christian Huygens entdeckten Saturnmond Titan messtechnisch untersuchen. Titan umläuft den Saturn auf einer Bahn mit dem mittleren Radius von  $1\,222\,000 \text{ km}$  in  $15 \text{ Tagen } 22 \text{ Stunden und } 54 \text{ Minuten}$ .