

# Physik \* Jahrgangsstufe 10 \* Eindimensionale Bewegungen

## Beschreibung eines Raketenstarts mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte

Bezeichnungen: Raketenmasse  $m_R$  (ohne Treibstoff)  
Masse  $m_T$  des Treibstoffs  
Gesamtmasse  $m = m_R + m_T$   
Massendurchsatz  $\frac{\Delta m_T}{\Delta t}$  des Treibstoffs  
Austrittsgeschwindigkeit  $u$  des Gases



Die Schubkraft der Rakete ergibt sich damit zu  $F_{\text{Schub}} = \frac{\Delta m_T}{\Delta t} \cdot u$

Im zeitlichen Abstand von  $\Delta t$  berechnen wir mit Hilfe der Tabellenkalkulation EXCEL die jeweils neuen Werte für die Gesamtmasse der Rakete, die beschleunigende Kraft, die Beschleunigung, die Geschwindigkeit sowie die erreichte Flughöhe aus.

Anfangswerte: Gesamtmasse  $m = m_R + m_T$  ;  $F_{\text{Schub}} = \frac{\Delta m_T}{\Delta t} \cdot u$  ( $F_{\text{Schub}}$  bleibt konstant!)

$$a = a_{\text{alt}} = 0 ; v = v_{\text{alt}} = 0 ; h = h_{\text{alt}} = 0 ; t = t_{\text{alt}} = 0$$

Nach Newton II gilt:  $F_{\text{res}} = m \cdot a \Rightarrow \frac{F_{\text{res}}(t)}{m(t)} = a(t) = \frac{\Delta v(t)}{\Delta t}$  und  $\Delta v(t) = a(t) \cdot \Delta t$

Die neuen Werte nach der Zeit  $\Delta t$  kann man daher folgendermaßen berechnen:

Zeit seit dem Start:	$t_{\text{neu}} = t_{\text{alt}} + \Delta t$
Gesamtmasse	$m_{\text{neu}} = m_{\text{alt}} - \Delta m_T$
Beschleunigende Kraft	$F_{\text{neu}} = F_{\text{Schub}} - m_{\text{neu}} \cdot g$
Beschleunigung	$a_{\text{neu}} = F_{\text{neu}} / m_{\text{neu}}$
Geschwindigkeit	$v_{\text{neu}} = v_{\text{alt}} + \Delta v = v_{\text{alt}} + a_{\text{neu}} \cdot \Delta t$
Höhe	$h_{\text{neu}} = h_{\text{alt}} + \Delta h = h_{\text{alt}} + v_{\text{neu}} \cdot \Delta t$

### Aufgabe:

a) Erstellen Sie eine Excel-Tabelle, in der Sie  $t$ ,  $m(t)$ ,  $F(t)$ ,  $a(t)$ ,  $v(t)$  und  $h(t)$  für die ersten 25 Sekunden eines Raketenstarts ermitteln. Verwenden Sie dabei die folgenden Vorgaben:

Raketenmasse:	$m_R = 60 \text{ kg}$	Treibstoffmasse:	$m_T = 50 \text{ kg}$
Massendurchsatz:	$\frac{\Delta m_T}{\Delta t} = \frac{2,0 \text{ kg}}{\text{s}}$	Gasgeschwindigkeit:	$u = 800 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Zeitintervall:	$\Delta t = 1,0 \text{ s}$		

b) Stellen Sie die Höhe  $h(t)$  als Funktion von  $t$  in einem Excel-Diagramm anschaulich dar.

c) Ist die tatsächlich von der Rakete erreichte Höhe  $h(25\text{s})$  nach 25 Sekunden größer oder kleiner als der mit der Exceltabelle ermittelte Wert? Begründen Sie!

d) Wie könnte man die erreichte Höhe nach 25 s noch genauer ermitteln?

# Beschreibung eines Raketenstarts mit Hilfe der Methode der kleinen Schritte

Ausschnitte aus der Excel-Datei „Raketenstart-01.xls“

Zeit t in s	Masse m in kg	Gewicht in N	Beschleunigung in m/s <sup>2</sup>	Geschwind. in m/s	Höhe in m
0	110	1079,10	0,00	0,00	0,00
1	108	1059,48	4,74	4,74	4,74
2	106	1039,86	5,00	9,74	14,48
3	104	1020,24	5,28	15,02	29,50
4	102	1000,62	5,57	20,60	50,10
5	100	981,00	5,88	26,48	76,58
6	98	961,38	6,19	32,67	109,24
7	96	941,76	6,52	39,18	148,42
8	94	922,14	6,86	46,04	194,46
9	92	902,52	7,21	53,25	247,71
10	90	882,90	7,58	60,83	308,54
11	88	863,28	7,97	68,80	377,34
12	86	843,66	8,37	77,17	454,51
13	84	824,04	8,79	85,97	540,48
14	82	804,42	9,24	95,20	635,68
15	80	784,80	9,70	104,91	740,59
16	78	765,18	10,19	115,10	855,68
17	76	745,56	10,70	125,80	981,48
18	74	725,94	11,24	137,04	1118,52
19	72	706,32	11,81	148,85	1267,37
20	70	686,70	12,41	161,26	1428,64
21	68	667,08	13,05	174,31	1602,95
22	66	647,46	13,72	188,03	1790,98
23	64	627,84	14,43	202,46	1993,44
24	62	608,22	15,19	217,65	2211,10
25	60	588,60	16,00	233,65	2444,75

