

Die Physik der Wasserrakete

Newtonsche Gesetze

Trägheitsprinzip

$$F = 0 \Rightarrow v = \text{const}$$

Aktionsprinzip

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Actio und Reactio

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$

Energie

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h$$

Thermodynamik

Allgemeine Gasgleichung

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Energie der Druckluft bei isothermer Kompression

$$W = -m_{\text{Luft}} \cdot R_{\text{Luft}} \cdot T \cdot \ln \left(\frac{p_{\text{kom}}}{p_{\text{atm}}} \right)$$

Spezifische Gaskonstante für Luft

$$R_{\text{Luft}} = 287,058 \text{ J/(kg K)}$$



Numerische Simulation

Die Bewegungsgleichungen einer Rakete sind analytisch schwer vollständig zu lösen, da viele Eigenschaften zeitabhängig sind, aber es gibt einfache numerische Lösungsmethoden.

Ballistik ohne Luftwiderstand

Flughöhe

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Flugdauer

$$t = \frac{2 \cdot v}{g}$$

Wurfparabel als Funktion von t

$$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_{y,0} \cdot t + h$$

Wurfparabel als Funktion von x

$$y(x) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{g}{(v_0 \cdot \cos(\alpha_0))^2} \cdot x^2 + \tan(\alpha_0) \cdot x + h$$

Luftwiderstandsbeiwert

$$c_W = \frac{2 \cdot F_W}{\rho \cdot v^2 \cdot A}$$

Raketengleichung von ZIOLKOWSKI

$$v_{\text{Ende}} = v_{\text{Austritt}} \cdot \ln \left(1 + \frac{m_{\text{Treibstoff}}}{m_{\text{Leer}}} \right)$$