

Habt ihr schon gewusst 150 Wasserrakete

Die Wasser-Rakete ist eigentlich ein ganz bekanntes „Schulphysik-Gerät“, das Sie sicher schon seit Jahren einsetzen. Einige Daten und Schätzformeln waren mir aber bisher nicht bekannt:

Daten

- Bei 9,7 bis 12,5 bar platzen die Pet-Flaschen
- Nach der Aussage meines Reifenhändlers sollte man bei normalen Autoreifen unterhalb von 10 bar bleiben. Also dürfe nichts passieren, wenn man für den Raketenstart den Überdruck in einem Autoreifen verwendet.

Schätzformeln

- Ein Druck p führt zu einer Austrittsgeschwindigkeit des Wasser v_w nach folgender Abschätzung:

$$p = \rho_w \frac{v_a^2}{2}$$

aufgelöst nach der Austrittsgeschwindigkeit können wir v_a abschätzen mit

$$v_a = \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho_w}}$$

... setzt wir für den Druck etwa 5 bar ein, kommen wir auf eine Austrittsgeschwindigkeit in der Größenordnung von 30 m/s

- Betrachtet man den Vorgang als elastischen Stoß zwischen der Rakete und dem austretenden Wasser ergibt sich folgende Abschätzung (grob!!)

$$v_{Rakete} = v_a \frac{m_{Wasser}}{m_{Wasser} + m_{Flasche}}$$

- Das Wasser und der Gummistopfen usw. der nach unten fliegt hat etwa die ¼ kg Masse. Die Flasche selbst hat eine Masse von knapp 100g.
- Für den Massenausstoß pro Sekunde können wir folgende Abschätzung ansetzen:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = A_{Flaschenhals} \cdot \rho_{Wasser} \cdot v_a$$

... bei einem Flaschenhals von $\approx 4 \text{ cm}^2$ Querschnittsfläche und 30m/s kommen wir auf einen Massenausstoß von etwa 12kg/s.

- Die Dauer dieses Massenausstoßes kann man grob abschätzen mit:

$$t_{Bremmdauer} = \frac{m_{Wasser}}{\frac{\Delta m}{\Delta t}}$$

- Wir bekommen etwa eine „Beschleunigungszeit“ in der Größenordnung von 2/100 Sekunden
- Für die Schubkraft während der Beschleunigungsphase ergibt sich eine Abschätzung von

$$F_{Schub} = v_a \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

... setzen wir die obigen Schätzformel für den Massenausstoß und die Schätzformel für die Austrittsgeschwindigkeit v_a in die Schubkraftformel ein, bekommen wir einen einfachen Zusammenhang:

$$F_{Schub} = 2 \cdot p \cdot A_{Flaschenhals}$$

... und die Schubkraft liegt in der Größenordnung von 400 N

Im Schulwettbewerb mit Blick auf eine möglichst große Flughöhe erreichten meine S eine stabile Fluglage der Rakete, indem sie in Anlehnung an eine Silvesterrakete seitlich am Flugkörper einen Stab (dünnen Holzlatte, dünner Metallstab) mit Klebeband befestigten. Beim Uni-Explorer-Tag auf dem Schlossplatz in Stuttgart konnte man mehrfach Raketen mit aufgesetzter Kappe beobachten – man müsste ausprobieren, ob die damit verbesserte Aerodynamik den „Nachteil“ der größeren Gesamtmasse des Flugkörpers ausgleichen kann.