

Treibstoffoptimierung bei einer Fluidrakete

Gruppe Q: Baalman, Lennart; Grimm, Florens; Kübart, Benjamin; Lipka, Patrick

Motivation

Unser Ziel ist es, durch Variation des Treibstoffes unter möglichst konstanten Rahmenbedingungen das beste Gemisch zum Betreiben einer Fluidrakete, hauptsächlich bestehend aus einer PET-Flasche, zu finden. Das beste Gemisch definiert sich in diesem Zusammenhang als das jene, welches den höchsten Impulsübertrag auf die Rakete liefert. Als sekundäres Kriterium soll zudem die praktische Handhabbarkeit des Treibstoffes als Aussage über dessen Eignung herangezogen werden.

Aufbau

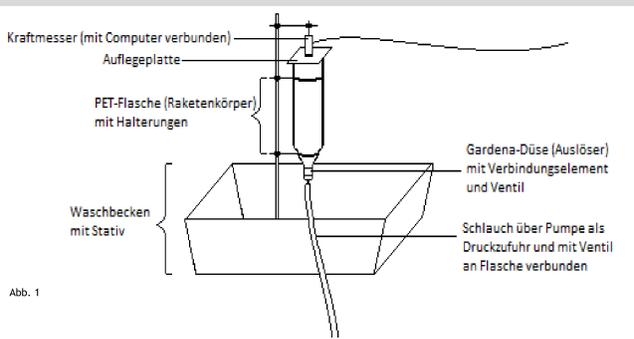


Abb. 1: Schematischer Aufbau
Abb. 2: Foto des Aufbaus



Abb. 3: Gardena Schlauchstück
Abb. 4: Austrittsventil

Treibstoffe:

- Wasser /Luft
– Verhältnis 1:3
- Cola /Mentos
– 5 Mentos pro 1 Liter Cola
- Essig/Backpulver
– 30g Backpulver, 150g Essig
- Trockeneis/Wasser
– ca. 6g Trockeneis auf 250ml Wasser
- Elefantenzahnpasta (Wasserstoffperoxid, Kaliumiodid, Geschirrspülmittel)
– Versuch 1: 15ml Geschirrspülmittel, 105ml 30% H₂O₂, 22,5ml KI-Lösung
– Versuch 2: 5ml Geschirrspülmittel, 35ml 30% H₂O₂, 7,5ml KI-Lösung

Elefantenzahnpasta war unsere fünfte Treibstoffmischung. Diese Art von Treibstoff ließ sich jedoch nicht kontrollieren, da sie zu einer starken exothermen Reaktion führte. Die Folgen dieser Reaktion führten von einer starken Verformung bis hin zum Platzen der Flasche. Deswegen schätzen wir nach unserem zweiten Kriterium zur Eignung eines Treibstoffes, Elefantenzahnpasta als nicht geeignet ein.



Theorie

Aus der Impulserhaltung lässt sich schnell die sogenannte Raketengleichung herleiten, welche die Geschwindigkeit der Rakete $v(t)$ beschreibt. Im Experiment wird jedoch die Kraft abzüglich der Gewichtskraft der Rakete gemessen. Mit Hilfe des zweiten Newton'schen Axioms findet man:

Primitive Kraftkurve: $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = const.$

$$K(t) = \frac{4Q^2\rho_T}{\pi d^2} \left[1 + \ln \left(1 - \frac{\rho_T Q}{m_0} t \right) \right] - g(m_0 - \rho_T Q t)$$

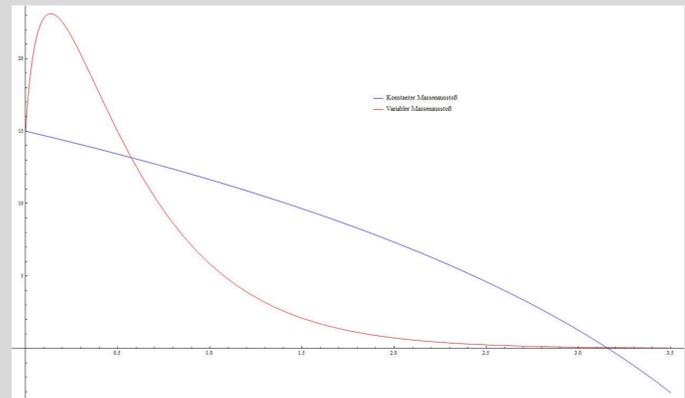
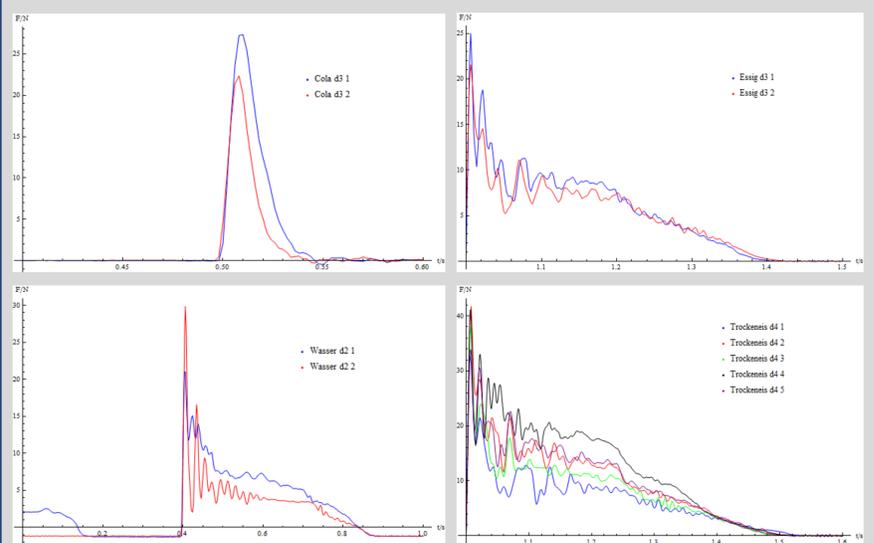


Abb. 1: Vergleich der theoretischen Kraftkurven

Erweiterte Kraftkurve: $V(t) = V_0 e^{-t} \rightarrow Q(t) = \frac{dV}{dt} = -V_0 e^{-t}$

$$K(t) = \frac{4V_0^2\rho_T}{\pi d^2} e^{-2t} \left[1 + \ln \left(1 + \frac{\rho_T V_0}{m_0} \cdot t e^{-2t} \right) \right] - g(m_0 - \rho_T V_0 \cdot t e^{-2t})$$

Ergebnisse



Gemisch	maximaler Impulsübertrag / Ns
Trockeneis/Wasser	6,4728
Cola/Mentos	5,7785
Wasser/Luft	4,4040
Essig/Backpulver	2,6208
Elefantenzahnpasta	N/A

Es zeigt sich, dass das Gemisch von Trockeneis und Wasser den größten Impulsübertrag unter kontrollierbaren Bedingungen ermöglicht. Es sei erwähnt, dass Elefantenzahnpasta zwar einen enormen Druckaufbau ermöglicht, die große Wärmeentwicklung jedoch bei den verwendeten PET-Flaschen zu plastischer Verformung führt, sodass es gemäß unseren sekundären Kriteriums nicht als Kandidat für den besten Alternativtreibstoff in Frage kommt.

In Bezug auf die Theorie lässt sich sagen, dass eine Näherung gefunden werden konnte, die insbesondere den Verlauf der Kraftkurve für das Gemisch Cola-Mentos gut wiedergibt. Die Abweichungen der übrigen Experimentalbefunde lassen jedoch darauf schließen, dass der Volumenstrom im Allgemeinen komplizierter, nämlich eine Funktion des Drucks in der Flasche, ist. Eine nähere Betrachtung dessen sprengt jedoch den Rahmen dieser Arbeit und soll als möglicher Anknüpfungspunkt für spätere Arbeiten dienen.

