Pyhsikalische Betrachtung von Ballons mit geringer Auftriebskräfte

Das physikalische System aus Ballon und Nutzlast ist wegen seiner genauen Abstimmung und hohen Sensitivität auf Umwelteinflüsse nicht leicht beherrschen. Hier werden verschiedene Problemfelder vorgestellt, modelliert und deren Signifikanz und Lösung diskutiert.

Float-Vorgang

Das Einstellen des Floats ist keine einfache Angelegenheit - es liegt ein komplexes dynamisches System vor, viele Variablen sind im Prozess vorhanden. Im Modell sollen die vorliegenden Verhältnisse dargestellt werden, um die tatsächlichen Zusammenhänge zu verstehen.

Download MATLAB-Modell

Kausalitätskette:

- Gewichtskraft abhängig von
  - Nutzlastgewicht, Ballongewicht (fix)
  - Gasgewicht
- Gasgewicht abhängig von
  - eingestellter Auftriebskraft
- Auftrieb abhängig von
  - Ballonvolumen
  - Dichte der Umgebungsluft
- Ballonvolumen abhängig von
  - Gasmenge
  - Temperatur (vor Erreichen des max. Volumens), $p \cdot V / T = const$, p im Ballon = p außerhalb
  - Nichtlinearität der Hülle (prall werden)
- Dichte der Umgebungsluft abhängig von
  - Temperatur (wärmer - geringere Dichte)
  - Luftdruck (höherer Druck - größere Dichte)

Vorgehen:

- gegeben: Ziel-Auftrieb, Massen der Nutzlast und Hülle
- notwendiges Helium-Volumen berechnet werden - bestimmt Anfangsvolumen und Gasgewicht
  - Gasmenge konstant → Gewicht konstant → Gewichtskraft gesamt konstant
- Berechnen der Konstante in $p \cdot V / T = const$
  - Volumenänderung kann beim Aufstieg simuliert werden (p und T aus Standardathmosphäre bekannt)
- Gasvolumen-Berechnung
  - Außendruckänderung verändert Volumen
  - Temperaturänderung verändert Volumen
  - Volumen: Nichtlinearität durch Hülle, Begrenzung des Volumens
    - Maximalfüllvolumen aus Datenblatt (0.125m^3)
- Luftdichte abhängig von Höhe
  - Abhängigkeit vom Luftdruck, Temperatur - Daten aus Standardathmosphäre

- Auftrieb über die Höhe kann nun vollständig berechnet werden

Beschränkungen / Fragen:

- Innendruck steigt bei Erreichen der Nichtlinearität (wann platzt der Ballon - Druck berechnen)
- Wie sieht die Kennlinie der Nichtlinearität aus (Druck/Volumen)
    - eventuell experimentell über Drucksensoren ermitteln - Volumenmessung??
    - aktuell einfach als harte Limitierung angenommen, daher Float-Punkt womögl. zu hoch
- Erwärmung des Gases durch Sonne ist nicht einberechnet - schwer abschätzbar
- Ergebnisse liegen höher als Leo Bodnars Berechnungen und die Erfahrungen, warum?

Schlussfolgerungen / Ergebnisse:

- Float-Höhe ist unabhängig vom eingestellten Auftrieb
    - D.h. Vor allem die Gasmenge hat praktisch keinen Einfluss darauf!
    - Auftrieb ist ausschließlich nach zwei Kriterien einzustellen:
        - Nicht platzen, weil zu viel
        - Nicht wieder runterkommen, weil Anlagerungen wie Feuchtigkeit ihn kompensieren
- Float-Höhe hängt nur von Nutzlastgewicht und Ballonmasse ab!
    - ist also nach oben durch die Ballonmasse begrenzt
- Die Auftriebskraft bleibt über die gesamte Steigzeit sehr konstant
    - passt zur Beobachtung der gleichbleibenden Steigrate (~1m/s)

Befüllung in Räumen mit anderer Lufttemperatur

Kritisch für den Missionerfolg ist das korrekte Einstellen der resultierenden Auftriebskraft. Beim geplanten Start von 0x06 - 4.7.2015 bei etwa 0°C Außentemperatur wurde der Einfluss der Temperaturverhältnisse auf den Auftrieb diskutiert.

Beobachtung

Ein Testballon wurde im etwa 25°C warmen Raum gefüllt und wurde zum Tragen der Testnutzlast (~35g) recht prall. Um das GPS für eine Demonstration einrasten zu lassen, wurde der Ballon kurz nach draußen (0°C) getragen, woraufhin er sichtbar schlaff wurde.

Vermutung / These

Das Gas zieht sich entsprechend $\frac{V}{T} = const$ zusammen, der eingestellte Auftrieb sinkt enorm und die Verhältnisse stimmen hinten und vorn nicht mehr.

Betrachung

Wenn davon ausgegangen wird, dass der Ballon nicht prall ist, aber von der Umgebungsluft abgeschlossen ist, kann $\frac{V}{T} = const$ als korrekt angesehen werden. Es errechnet bei Abkühlung von 25°C auf 0°C ein Volumenunterschied von vier Litern (Annahme: $V_{25} = 60 l$).

Die Schlussfolgerung, dass nun der Auftrieb um etwa 4g sinkt, ist allerdings voreilig: Der Auftrieb ist proportional zu Dichte und Volumen des verdrängten Mediums, die Dichte kalter Luft ist allerdings signifikant größer als die warmer Luft (http://de.wikipedia.org/wiki/Luftdichte#Temperaturabh.C3.A4ngigkeit). Es finden als gegenläufige Prozesse statt: Das Abkühlen des Gases und die damit einhergehende Volumenabnahme verkleinern den Auftrieb, die größere Dichte der Luft vergrößert ihn. Durch Berechnung der jeweiligen Auftriebskräfte lässt sich ganz und gar eine Vergrößerung des Auftriebs um etwa ein Gramm feststellen.

From:
https://www.loetlabor-jena.de/ - **Lötlabor Jena**

Permanent link:
https://www.loetlabor-jena.de/doku.php?id=projekte:picoflights:phys:start&rev=1426584992

Last update: **2015/03/17 09:36**