



Masterarbeit / Master thesis (English version below)

Untersuchung des Flächen- zu Massenverhältnisses von Pegasus HAPS Explosionsfragmenten

Pegasus war eine Trägerrakete, welche zur Beförderung von Satelliten in den niedrigen Erdorbit diente. Die Besonderheit ist, dass diese Rakete nicht senkrecht gestartet, sondern zunächst mittels eines Flugzeugs auf 12 km Höhe gebracht wurde und von da aus weiter in den niedrigen Erdorbit geflogen ist. Im Jahr 1996 hat sich jedoch eine Explosion der Rakete, genauer gesagt, der Oberstufe Pegasus HAPS (Hydrazine Auxiliary Propulsion System) ereignet. Unter anderem bestanden die Treibstofftanks aus Kohlefaserverbundwerkstoff (CFK), dessen Fragmente in nachfolgenden Radarbeobachtungen auch detektiert wurden. Es ergab sich, dass sich CFK in Bezug auf Detektionen anders verhält als die sonst üblichen, metallischen Fragmente. CFK Fragmente scheinen größer zu sein, als diese es in Wirklichkeit sind.



Abbildung 1: Pegasus Rakete beim Start unter dem Flugzeugrumpf (Quelle: NASA's Kennedy Space Center)

Um den Anteil an CFK, welcher bei diesem Ereignis freigesetzt wurde, abzuschätzen, müssen die Radardaten untersucht werden. Da die Dichte und damit die Masse von CFK geringer als die von z.B. Aluminium ist, kann für die Untersuchung das Fläche- zu Massenverhältnis (A/m) betrachtet werden. Damit soll untersucht werden, inwieweit CFK Fragmente von metallischen Fragmenten unterschieden werden können. In dieser Arbeit ist ein Kriterium herzuleiten, mit dem eine Aussage anhand des A/m über die Unterscheidungsmöglichkeit getroffen werden kann. Problematisch ist allerdings, dass die originalen Beobachtungsdaten nicht zur Verfügung stehen. Ersatzweise müssen Informationen aus den TLE (Two Line Elements) verwendet werden, welche vereinfachte Informationen bezüglich des A/m Verhältnisses wiedergeben. Der Grund hierfür ist eine vereinfachte Annahme der Atmosphäre. Daher ist es erforderlich, diese Information zunächst unter Betrachtung des Abstiegsverhaltens der Fragmente zu verbessern. Folgende Arbeiten sollten angegangen werden:

1. Einarbeiten in weiterführende Theorien der Space Debris Modellierung und Bahnstörungen – insbesondere die der Atmosphäre und solaren Störungen.
2. Einarbeiten in die Verwendung von Bahnpropagatoren.
3. Abstiegsanalyse der HAPS Fragmente zur Verbesserung des A/m Verhältnisses bzw. des ballistischen Parameters.
4. In Verbindung mit Punkt 3: Erweiterung und Verbesserung eines Python-Skriptes, mit welchem diese Analyse durchgeführt werden kann.
5. Untersuchung der verbesserten Daten in Hinblick auf Unterscheidungskriterien. Statistische Methoden sollten angewendet werden.

Die Voraussetzung dieser Arbeit sind Kenntnisse der grundlegenden Bahnmechanik. Programmierkenntnisse (Python etc.) sind von Vorteil. Die Arbeit kann ab sofort angefangen werden.

Kontakt: Eduard Gamper, M.Sc.

Tel. 0531 / 391-9969, E-Mail: e.gamper@tu-braunschweig.de
Hermann-Blenk-Str. 23, 38108 Braunschweig



Master thesis

Investigation of the Area-to-Mass Ratio of Pegasus HAPS explosion fragments

Pegasus was a launch vehicle that was used to bring satellites into the low Earth orbit. Unique about this, the rocket was not launched vertically but from an aircraft carrying the rocket to an altitude of about 12 km from where the rocket flew to the low Earth orbit. However, in 1996, an explosion of the rocket, better said, the upper stage Pegasus HAPS (Hydrazine Auxiliary Propulsion System) took place. Among others, the fuel tanks consisted of carbon fiber reinforced polymers (CFRP), whose fragments were detected during the subsequent radar observation campaigns. They made clear that CFRP acts differently to metallic fragments with regard to the observations obtained. CFRP fragments seems to be larger than they actually are.



Abbildung 2: Pegasus Rakete beim Start unter dem Flugzeugrumpf (Quelle: NASA's Kennedy Space Center)

To determine the amount of CFRP, the radar data has to be investigated. Therefore, the area-to-mass (A/m) ratio can be taken into account as the density, and thus the mass of CFRP is lower than for instance of aluminum. Looking on the A/m ratio, it should be investigated how far CFRP fragments can be distinguished from metallic fragments. A criteria has to be developed by which, taking the A/m into account, a statement about the distinction can be given. It is problematic as the original observation data is not accessible. Instead, information from TLE's (Two Line Elements) can be used, which, unfortunately, give simplified information about the A/m . The reason is a simplified assumption of the atmosphere. Thus, it is necessary to improve this information by performing a decay analysis on the HAPS fragments. The following tasks have to be accomplished:

1. Getting familiar with continuative theories of space debris modelling and orbital perturbations – especially atmospheric and solar perturbations.
2. Getting familiar with the use of orbit propagators.
3. Decay analysis of HAPS fragments to improve the A/m ratio or ballistic parameters.
4. Referring to item 3: Extension and improvement of a python script by which such analyses can be accomplished.
5. Investigation of the improved data with respect to distinction criteria. Statistics should be applied.

The requirement of for this thesis is a fundamental knowledge of orbital mechanics. Programming skills are an advantage. It is possible to start the thesis from now on.

Contact: Eduard Gamper, M.Sc.

Tel. 0531 / 391-9969, E-Mail: e.gamper@tu-braunschweig.de
Hermann-Blenk-Str. 23, 38108 Braunschweig