

Red Bull Stratos

Newton II Projektinfo

1 Hintergrund

Am 14. Oktober 2012 führte Felix Baumgartner im Rahmen des Red Bull Stratos-Projekts einen Fallschirmsprung aus 38969 Metern Höhe durch. Mithilfe der in einem YouTube-Video veröffentlichten Messwerte [1] kann sein Fall in Newton-II simuliert werden.

1.1 Ein erster Ansatz

Analog einem einfachen Fall mit Luftwiderstand werden als wirkende Kräfte die Gewichtskraft $F_g = m \cdot g$ und die geschwindigkeitsabhängige Reibungskraft (Newton-Reibung) $F_r = 1/2 \cdot \rho \cdot C_w \cdot A \cdot v^2$ angesetzt. Als Querschnittsfläche wird Baumgartners Frontalfläche $A = 1,2m^2$, als Luftdichte der Normwert $\rho = 1,204kg/m^3$ und als Strömungswiderstandskoeffizient der eines rotierenden Würfels $C=0,65$ [2] angesetzt.

1.2 Anpassung der Luftdichte

Um eine variable Luftdichte zu simulieren wird zusätzlich das Modell der US-Standardatmosphäre von 1976 [3] mithilfe mehrerer bedingter Variablen implementiert. Sie unterteilt die Atmosphäre in mehrere Schichten mit jeweils linearem Temperaturverlauf. Aus diesem ergibt sich mithilfe des Schweredruckes und der Zustandsgleichung für ideale Gase jeweils eine Funktion für den Druckverlauf. Durch erneute Anwendung der Zustandsgleichung erhält man schlussendlich die gesuchte Funktion für die Luftdichte. Hierbei wird mit geopotentieller Höhe h gerechnet, was die Verwendung einer konstanten Fallbeschleunigung $g_0h = 9,80665m/s^2$ voraussetzt. Die geopotentielle Höhe h wird vorerst gleich der geometrischen Höhe s gesetzt.

1.3 Korrektur der geopotentiellen Höhe

An dieser Stelle werden einige zusätzliche Korrekturen angewandt. Zum einen wird die geopotentielle Höhe mithilfe der korrekten Umrechnungsformel aus der geometrischen Höhe s hergeleitet, wozu der lokale Erdradius $R_e=6371729$ m, die lokale Fallbeschleunigung $g_0 = 9,8006m/s^2$ und die spezifische Gaskonstante trockener Luft $R_s = 287,053J/(kg \cdot K)$ benötigt werden. Zusätzlich wird noch der für die Gewichtskraft benötigte Faktor g in Abhängigkeit von der geometrischen Höhe s korrigiert.

1.4 Variable Querschnittsfläche

Um Baumgartners Rotation während des Falls Rechenschaft zu tragen, wird seine Querschnittsfläche A mithilfe einer Tabellenfunktion in Abhängigkeit von der Zeit geändert. Die Daten wurden von Guerster und Walter mithilfe eines weiteren YouTube-Videos abgeschätzt [4].

1.5 Transsonische Geschwindigkeit

Für den Bereich des Falls, der mit Geschwindigkeiten in der Nähe des Schallmauer stattfindet, müssen veränderliche Widerstandsbeiwerte C_1 , C_2 und C_3 angesetzt werden, die wieder mit bedingten Variablen ausgetauscht werden. Zur Anpassung der von der Machzahl Ma abhängigen Koeffizienten werden drei Konstanten X , Y und Z definiert. Der funktionelle Zusammenhang der Beiwerte beruht auf den Arbeiten von Guerster und Walter [4] und Hoerner [2].

Literatur

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=raiFrxbHxV0>
- [2] S. F. Hoerner, Fluid-dynamic drag practical information on aerodynamic drag and hydrodynamic resistance, Bakersfield, 1965.
- [3] NASA, U.S. Standard Atmosphere 1976, Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1976.
- [4] M. Guerster und U. Walter: „Aerodynamics of a highly irregular body at transonic speeds - Analysis of STRATOS flight data“, 07.12.2017