

Raketenstart (Saturn V)

Newton II Projektinfo

1 Physikalischer Hintergrund

In diesem Projekt wird die vereinfachte 1-dimensionale Bewegung einer mehrstufigen Rakete simuliert. Die Kräfte, die auf die Rakete einwirken sind zum Einen die Schubkraft und zum Anderen die Gewichtskraft der Rakete. Die Schubkraft hängt von der Raketenstufe ab, da jede Stufe andere Triebwerke besitzt. Die hier verwendeten Werte stammen von der Saturn V (Mondrakete) und sind in den weiteren Definitionen eingetragen. Also gilt:

$$F = F_{Schub} - M \cdot \hat{g} \quad (1)$$

Für die Berechnung der Gewichtskraft ist die Masse M , die sich bei der Verbrennung des Treibstoffes ändert, entscheidend. Sie ergibt sich aus der Summe der Einzelmassen der Leeren Hülle der jeweiligen Stufe, des Treibstoffes und der noch verbleibenden übrigen Raketenstufen. Also

$$M = m_{stufeleer} + m_{treib} + m_{rest} \quad (2)$$

Die Treibstoffmasse nimmt mit der Zeit linear ab. Es gilt:

$$m_{treib} = m_{t_0} \cdot \left(1 - \frac{1}{t_{brenn}} \cdot (t - t_0)\right) \quad (3)$$

wobei m_{t_0} die Treibstoffmasse zu Brennbeginn der Stufe, t_{brenn} die Brenndauer der Stufe und t_0 den Zündzeitpunkt der Stufe darstellen.

2 Simulation

Dieses Projekt macht intensiv Gebrauch von bedingten Variablen. Diese sind, um drei statt zwei Stufen simulieren zu können, ineinander verschachtelt. Die Variablen sind in den erweiterten Definitionen festgelegt. Die nachfolgende Tabelle listet alle verwendeten Variablen mit ihrer Bedeutung auf:

Name	Wert	Einheit	Bedeutung
F_1	$5 \cdot 6.770$	kN	Schubkraft der ersten Stufe (5 Rocketdyne F-1 Triebwerke)
$tbrenn_1$	168	s	Brenndauer der ersten Stufe
mg_{es_1}	2279	T	Gesammtmasse der ersten Stufe
$mleer_1$	131	T	Leermasse der ersten Stufe
F_2	$5 \cdot 1023$	kN	Vakuum-Schubkraft der zweiten Stufe (5 Rocketdyne J-2 Triebwerke)
$tbrenn_2$	384	s	Brenndauer der zweiten Stufe
mg_{es_2}	489	T	Gesammtmasse der zweiten Stufe
$mleer_2$	36	T	Leermasse der zweiten Stufe
F_3	1023	kN	Schubkraft der dritten Stufe (1 Rocketdyne J-2 Triebwerk)
$tbrenn_3$	494	s	Brenndauer der dritten Stufe
mg_{es_3}	119	T	Gesammtmasse der dritten Stufe
$mleer_3$	11	T	Leermasse der dritten Stufe
$mvtz$	16	T	Masse des Lunar Module

Nun die Tabelle der bedingten Variablen

Name	Bedingung	Wert falls Bedingung Wahr	Wert falls Bedingung Falsch
$FSchub$	$t < tbrenn_1$	F_1	$FSchub_{23}$
$FSchub_{23}$	$t < tbrenn_1 + tbrenn_2$	F_2	F_3
$mstufevoll$	$t < tbrenn_1$	mg_{es_1}	$mstufevoll_{23}$
$mstufevoll_{23}$	$t < tbrenn_1 + tbrenn_2$	mg_{es_2}	mg_{es_3}
$mstufeleer$	$t < tbrenn_1$	$mleer_1$	$mstufeleer_{23}$
$mstufeleer_{23}$	$t < tbrenn_1 + tbrenn_2$	$mleer_2$	$mleer_3$
$mrest$	$t < tbrenn_1$	$mg_{es_2} + mg_{es_3} + mvtz$	$mrest_{23}$
$mrest_{23}$	$t < tbrenn_1 + tbrenn_2$	$mg_{es_3} + mvtz$	$mvtz$
t_0	$t < tbrenn_1$	0	t_{0_23}
t_{0_23}	$t < tbrenn_1 + tbrenn_2$	$tbrenn_1$	$tbrenn_1 + tbrenn_2$
$tbrenn$	$t < tbrenn_1$	$tbrenn_1$	$tbrenn_{23}$
$tbrenn_{23}$	$t < tbrenn_1 + tbrenn_2$	$tbrenn_2$	$tbrenn_3$

Literatur

- [1] <https://www.raumfahrtkalender.de/traegerraketen/saturn-v>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_Lunar_Module