Praktikum 3

Oliver Steenbuck, Karolina Bernat

12.12.2012

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Listings

1 Rakete

Der zu simulierende Raketenflug besteht aus 3 Teilen. Die zu simulierende Rakete aus 2 Stufen, die nacheinander die Rakete antreiben und danach abgeworfen werden. Es soll die Geschwindigkeit sowie die Höhe jeweils von Stufe 1 und Stufe 2 simuliert werden.

1.1 StufenGemeinsam

In dieser Phase wird die gesamte Rakete durch Stufe 1 beschleunigt.

Die Masse der Rakete ergibt sich also aus.

$$m_{\text{Rakete}} = m_1 + m_2 \tag{1}$$

Die Schubkraft der Rakete ergibt sich hier durch

$$F_s = \text{Durchsatz}_1 * \text{SchubProDurchsatz} \tag{2}$$

Die Erdanziehung, die auf die Rakete wirkt, kann durch die untenstehende Formel berechnet werden, wobei:
$r = \text{Erdradius} + \text{Entfernung der Rakete von der Erde}$

$$F_e = \frac{G * m_{\text{erde}} * m_{\text{Rakete}}}{r^2} \tag{3}$$

Gegeben die oben berechneten Werten können wir nun die Beschleunigung der Rakete berechnen durch:

$$a_{\text{Rakete}} = \frac{F_s - F_e}{m_{\text{Rakete}}} \tag{4}$$

1.2 Stufe 2

In dieser Phase ist Stufe 1 ausgebrannt und beginnt zur Erde zurückzufallen. Während dessen besteht die Rakete nur noch aus Stufe 2 , die auch den Antrieb liefert. Beide Stufen sind hier also getrennt zu betrachten.

1.2.1 Stufe 2

Stufe 2 wird hier weiter als Rakete bezeichnet, somit ergeben sich unter Anpassung der Formeln aus 1.1 folgende neue Formeln zur Berechnung des Raketenfluges.

Die Masse der Rakete besteht nur noch aus der Masse der zweiten Stufe.

$$m_{\text{Rakete}} = m_2 \tag{5}$$

Die Schubkraft der Rakete ergibt sich jetzt durch die zweite Stufe.

$$F_s = \text{Durchsatz}_2 * \text{SchubProDurchsatz} \tag{6}$$

Die Erdanziehung, die auf die Rakete wirkt, kann unverändert berechnet werden durch:

$$F_e = \frac{G * m_{\text{erde}} * m_{\text{Rakete}}}{r_{\text{erde}}^2} \tag{7}$$

Für die Beschleunigung der Rakete gilt weiterhin:

$$a_{\text{Rakete}} = \frac{F_s - F_e}{m_{\text{Rakete}}} \tag{8}$$

1.2.2 Stufe 1

Die abgetrennte Stufe 1 *fliegt* jetzt antriebslos, also nur noch durch die Erdanziehung beeinflusst, weiter. Ihre Beschleunigung kann also wie oben modelliert werden:

$$a_{\text{Stufe 1}} = \frac{F_s - F_{e1}}{m_1} \tag{9}$$

Wobei F_s die Schubkraft vernachlässigt werden kann, wodurch sich die bereinigte Formel ergibt:

$$a_{\text{Stufe 1}} = \frac{-F_{e1}}{m_1} \tag{10}$$

1.3 Antrieblos

Beide Stufen *fliegen* jetzt antriebslos und damit nur noch unter Auswirkung der Erdanziehung. Es gelten also folgende Formeln für beide Stufen:

$$a_{\text{Stufe 1}} = \frac{-F_{e1}}{m_1} \tag{11}$$

Und:

$$a_{\text{Stufe 2}} = \frac{-F_{e2}}{m_2} \tag{12}$$

1.4 Ergebnisse

Bei den folgenden Startwerten ergeben sich die unten (Abbildung 1) dargestellten Verläufe von Geschwindigkeit und Höhe:

m1_leer 500

m2_leer 1000

St1_Treibstoff 4000

St2_Treibstoff 1500

Durchsatz_1 20

Durchsatz_2 15

SchubProDurchsatz 4000

1.4.1 Graphen

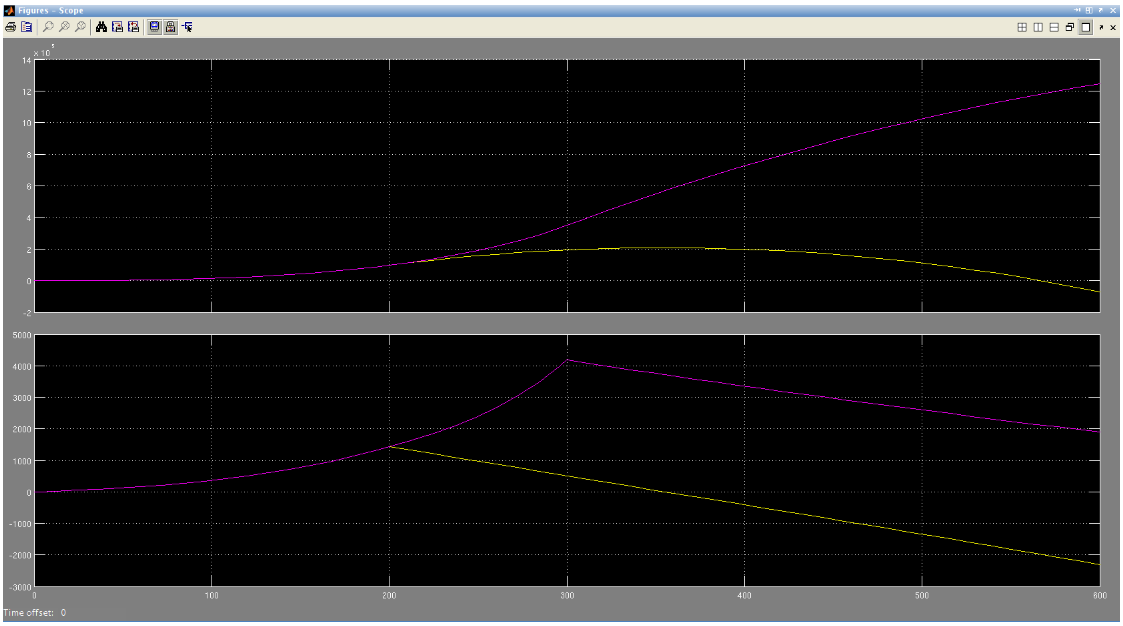

Abbildung 1: Höhe und Geschwindigkeit der Rakete

1.4.2 Auswertung

Wir können sehen, dass Stufe 1 nach der Trennung durch die Erdgravitation abgebremst wird und ca. 550 Sekunden nach dem Start wieder auf dem Boden aufschlägt. Stufe 2 steigt über die gesamte Simulationszeit weiter auf, ab Sekunde 300 sinkt nach dem Übergang in die antriebslose Phase auch die Geschwindigkeit von Stufe 2.

Die maximale Höhe, die durch ein Raketenteil während der Simulation erreicht wird, ist ca. 1250 km durch Stufe 2. Die maximale Geschwindigkeit, beim Übertritt in den antriebslosen Flug beträgt ca. $4100\frac{m}{s}$. Erhöht man die Simulationszeit auf 900 Sekunden, erreicht Stufe 2 ihren maximalen Aufstieg (Punkt bei dem die Geschwindigkeit 0 wird) bei ca. 1510km.

1.5 Schaltung

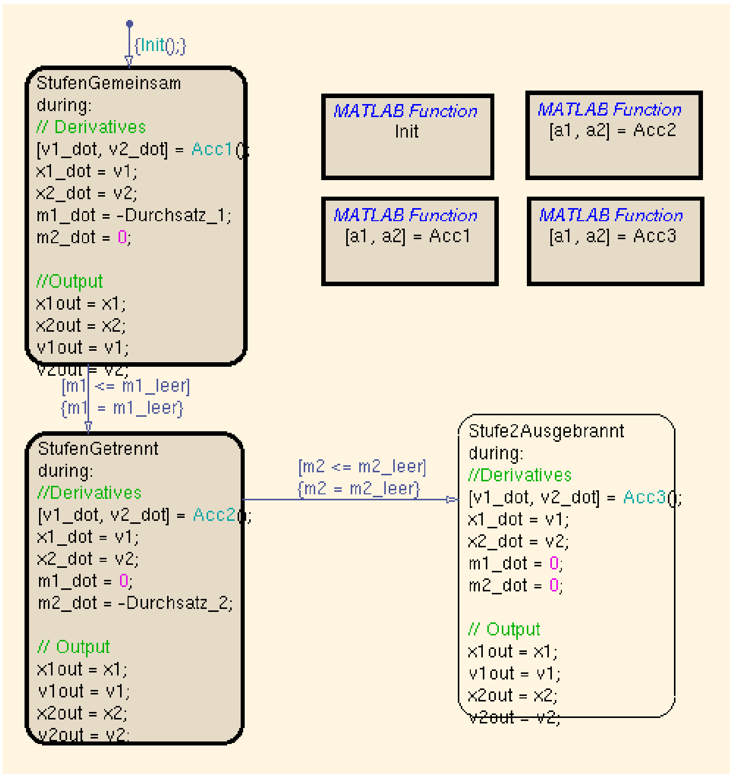

Abbildung 2: Stateflow Rakete

2 Tisch

Zu simulieren ist ein schiefer Flippertisch mit 3 Wänden und einem zylindrischem Hindernis. Gegeben sind die Eckpunkte der (verbundenen) Wände durch die Vektoren $P_{1..4}$ und die Position des Zylinderhindernises bei P_{Zy}. Auf die zu Beginn am Punkt $(4, 5)$ stillstehende Kugel wirkt eine konstante Beschleunigung von $g = 1\frac{m}{s}$ nach unten.

2.1 Automat

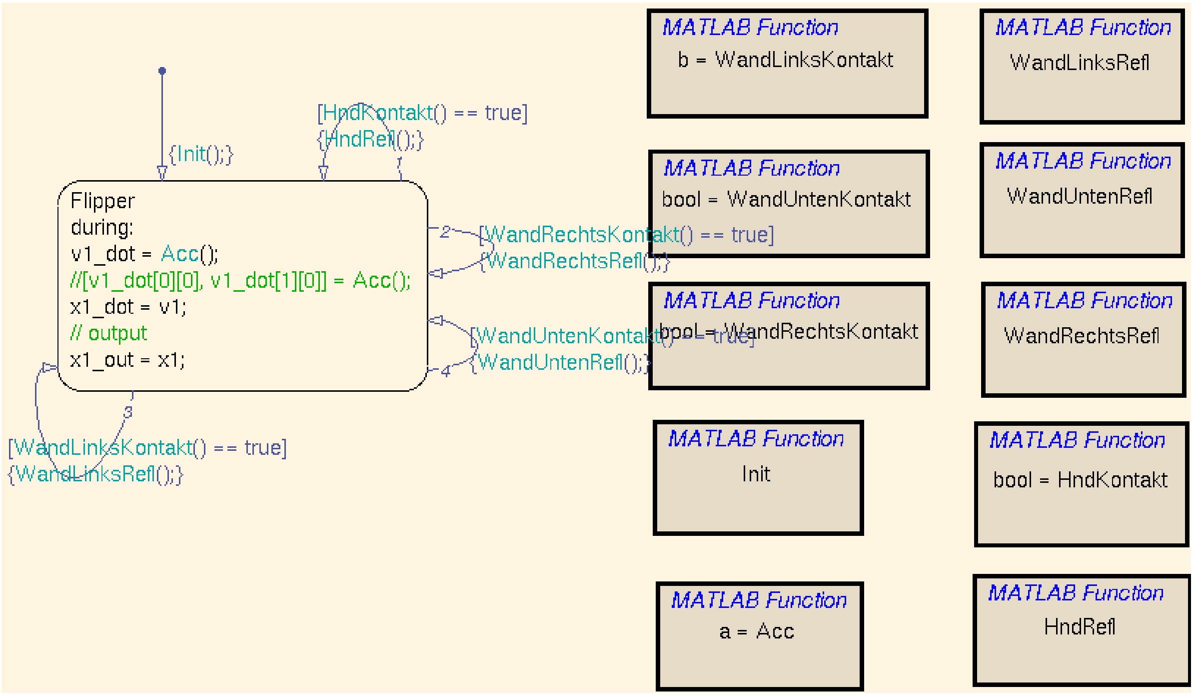

Abbildung 3: Stateflow Flipper

Hier modellieren die Transitionen die Reflexion des Balles von einer Wand bzw. dem Hinderniss und nicht fundamentale Änderungen in der Funktionsweise der Simulation. Daher führen sie hier, im Gegensatz zur Raketensimulation, alle in denselben Zustand.

2.2 Modellierung

Im folgenden sind beispielhaft die Funktionen dargestellt, die den Kontakt und die Reflexion von der unteren Wand modellieren. Wir können hier sehen wie durch die Verbindung von Normalvektor und Vektor der Wand das abprallen der Kugel simuliert wird.

Kontakt:

Listing 1: WandUntenKontakt

```
  function bool = WandUntenKontakt
    bool = false;

    abstand = (x1 - p2)' * n2;  % Abstand von der Achse (p2, p3) in Normalenrichtung
    richtung = v1' * n2;        % Bewegungsrichtung der Kugel relativ zu Normalenrichtung

    if ((abstand < R) && (richtung < 0))
        bool = true;
    end
end
```

Reflexion:

Listing 2: WandUntenReflexion

```
  function WandUntenRefl
    vt = v1' * t2;
    vn = v1' * n2;

    v1 = (vt' * t2) - (vn' * n2);
end
```