

## Praktikumsversuch 3: Weltraum-Simulation

Hardwarenahe Programmierung · Wintersemester 2019/20 · Prof. Dr. Peter Gerwinski

Aufgabe: Schreiben Sie ein C-Programm, das die Bahnen von mindestens 3 Massenpunkten unter Einfluß der Gravitation simuliert und in bewegter Grafik darstellt.

- Zwei Massenpunkte („Himmelskörper“) mit den Massen  $m_i$  und  $m_j$  an den Orten  $\vec{r}_i$  und  $\vec{r}_j$  ziehen einander an. Diese Kraft heißt Gravitation. Sie hat den Betrag:

$$|\vec{F}_{ij}| = \frac{m_j \cdot m_i \cdot G}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|^2} \quad (1)$$

Hierbei ist  $G$  eine Konstante (Gravitationskonstante).

- Die auf einen Himmelskörper wirkende Gesamtkraft  $\vec{F}_i$  ergibt sich als Summe der von allen anderen Himmelskörpern herrührenden Gravitationskräfte:

$$\vec{F}_i = \sum_{j=0, j \neq i}^{N-1} \vec{F}_{ij} \quad (2)$$

- Die Gravitationskraft beschleunigt jeden Himmelskörper gemäß:

$$\vec{F}_i = m_i \cdot \vec{a}_i \quad (3)$$

- Beispiel: Wir betrachten zwei Himmelskörper. Einer davon („Zentralgestirn“) ruht im Zentrum ( $\vec{r}_0 = 0$ ,  $\vec{v}_0 = 0$ ) und hat eine wesentlich größere Masse als der andere („Satellit“,  $m_1 \ll m_0$ ). Mit geeignetem Anfangsort  $\vec{r}_1$  und geeigneter Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_1$  beschreibt dann der Satellit eine elliptische Umlaufbahn um das Zentralgestirn.
- Wir rechnen in zwei Dimensionen  $x$  und  $y$ .
- Für die Zerlegung einer Kraft  $\vec{F}_{ij}$  in  $x$ - und  $y$ -Komponenten benötigen Sie nur die Grundrechenarten und die Wurzelfunktion, jedoch insbesondere *keine* trigonometrischen Funktionen:

$$\vec{F}_{ij} = |\vec{F}_{ij}| \cdot \frac{\vec{r}_j - \vec{r}_i}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|} \quad (4)$$

- Die Wurzelfunktion `sqrt()` finden Sie in der Mathematik-Bibliothek. Um diese zu nutzen, verwenden Sie `#include <math.h>` im Quelltext, und geben Sie beim `gcc`-Aufruf `-lm` mit an.

- Für die Simulation betrachten wir das System in kurzen Zeitintervallen  $dt$  und berechnen die Änderungen des Ortes  $\vec{r}_i = (x_i, y_i)$  und der Geschwindigkeit  $\vec{v}_i = (v_{xi}, v_{yi})$  jedes Himmelskörpers mit Hilfe des expliziten Eulerschen Polygonzugverfahrens.

(Wer möchte, darf natürlich auch andere Verfahren anwenden, beispielsweise das klassische Runge-Kutta-Verfahren 4. Ordnung.)

- Für eine derartige Simulation einschließlich ihrer Darstellung als bewegte Grafik können Sie sich von dem Beispiel-Programm `gtk-16.c` inspirieren lassen. (Compilieren mit: `gcc -Wall -O gtk-16.c $(pkg-config --cflags --libs gtk+-3.0) -o gtk-16`)

- In einer `GTK+-drawing_area` liegt der Nullpunkt der Zeichnung oben links, eine Längeneinheit entspricht einem Pixel, und die  $y$ -Koordinate wächst nach unten. Es empfiehlt sich, die Koordinaten so umzurechnen, daß der Nullpunkt in der Mitte der Zeichnung liegt, die Längeneinheit Ihrem persönlichen Geschmack entspricht und die  $y$ -Koordinate nach oben wächst.

- Beispiel-Szenarien für 3 oder mehr Körper:
  - Planet mit Mond umkreist Sonne
  - Sonne mit mehreren Planeten, die sich gegenseitig beeinflussen
  - zwei Sonnen umkreisen sich gegenseitig, Planet kreist drumherum
  - Raumsonde besucht nacheinander mehrere Planeten

Viel Erfolg!

Stand: 10. Dezember 2019

Copyright © 2014, 2015, 2018, 2019 Peter Gerwinski

Lizenz: CC-by-sa (Version 3.0) oder GNU GPL (Version 3 oder höher)

Sie können diese Praktikumsunterlagen einschließlich  $\text{\LaTeX}$ -Quelltext herunterladen unter:

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp>