Computerphysik I: Swing-by Manöver

Aurel Müller-Schoenau, Leon Oleschko und Moritz Schröer

29. September 2022

1 Einleitung

Es wurde die Ulysses Raumfahrtmission gewählt, da nur ein Swing-by durchgeführt wurde und die Flugbahn verfügbar[1] ist.

2 Trajektorie

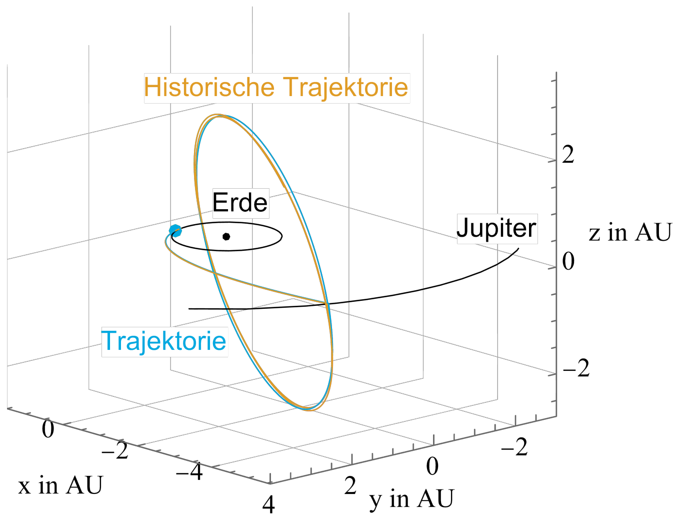


Abbildung 1: Abbildung der historischen Trajektorie, der simulierten Flugbahn und der relevanten Himmelskörpern

[1] https://www.cosmos.esa.int/web/ulysses/mission-trajectory

Um die Flugbahn zu simulieren, wird die wirkende Gravitationskraft benötigt. Zu Vereinfachung werden nur die Sonne, die Erde und der Jupiter berücksichtigt. Die Planeten Daten wurden aus Mathematica[2] in täglicher Auflösung exportiert, um die Datenmenge zu reduzieren. Diese Koordinaten werden in der Simulation linear über den Tag interpoliert. In Abbildung 1 sind die Positionen der Planeten, die Historische Trajektorie und ein simulierte Flugbahn dargestellt.

Für die Simulation wurde 2800 Tage betrachtet, was ungefähr 474 Tage für der Transfer zum Jupiter und dann einen Vollständigen Orbit nach dem Swing-by entspricht. Jeder dieser Tage wurde in 1000 Schritten aufgeteilt, da bei mehr Schritten sich die Ergebnisse nicht mehr verändert haben. Für jeden dieser Schritte wurde ein Leap-Frog schritt durchgeführt, um die Position und Geschwindigkeit zu berechnen.

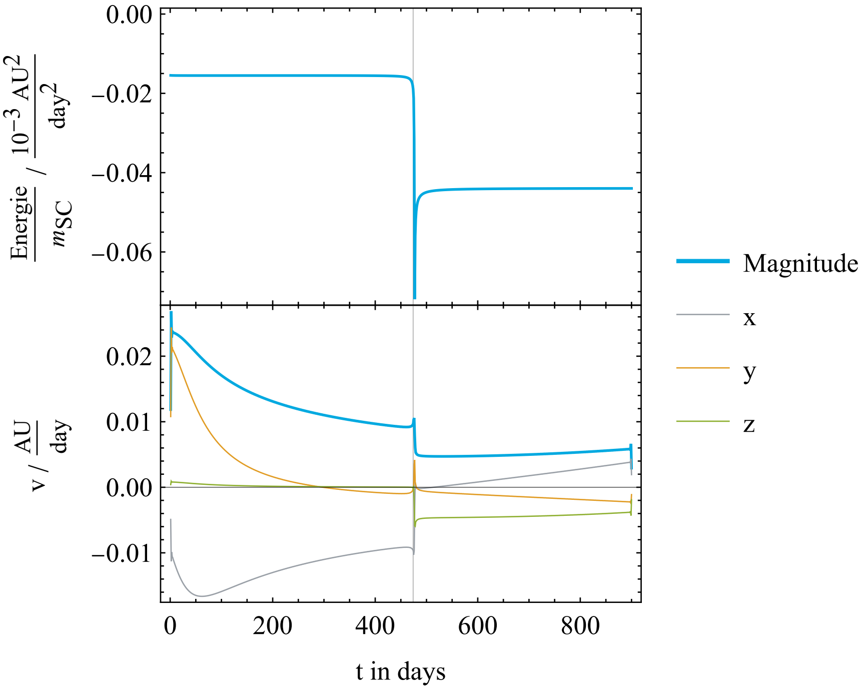
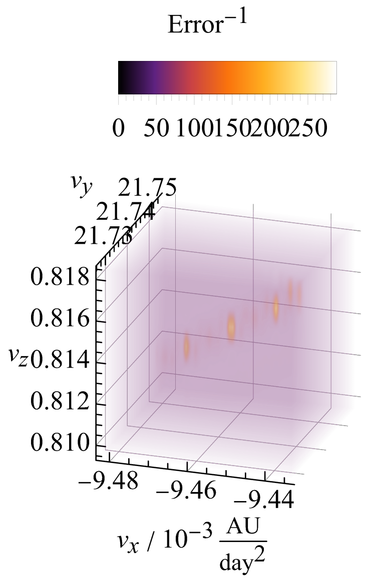


Abbildung 2: Energie und Geschwindigkeit während des Swing-by Manövers

3 Fehlerfunktionen

Vergleich der Endgeschwindigkeit und Ortes

[2] Wolfram Research, Inc., Wolfram|Alpha Notebook Edition, Champaign, IL (2022).



Mehre Endpunkte zu festen Zeiten

Vergleich von Zielpunkten bei nächster Zeit

Integral des Ort-Fehler-Quadrates

4 Optimierung

Als Optimierungsparameter wurde die Anfangsgeschwindigkeit gewählt, da diese nur 3 Dimensionen hat und somit leichter zu optimieren ist, als z.B. der Transferorbit. Als initialer Wert wurde die echte gemessene Geschwindigkeit verwendet. Die Daten haben aber die Auflösung von 0.01° in einem Sphärischen Heliozentrischen Koordinatensystem. Daraus lässt sich eine Unsicherheit der Position von $4\ \text{AU} \cdot \sin 0.01° \approx 7 \cdot 10^{-4}$ AU und eine Unsicherheit der Geschwindigkeit $\sqrt{2} \cdot 7 \cdot 10^{-4} \approx 10^{-3}$ AU/day. Dies ist auf jeden fall viel kleiner, als die nötige Genauigkeit von 10^{-6} bis 10^{-8} AU/day.

4.1 Newton-Verfahren

4.2 Newton-Hesse-Verfahren

4.3 Gradienten-Verfahren

5 Fazit