

1. Willkommen

Willkommen zu meiner Präsentation. „Auch das Mutterschiff (Rosetta) soll auf die Oberfläche des Himmelskörpers geschickt werden.“ Berichtet der Spiegel im November 2015. Ein Jahr nach der mehr oder weniger erfolgreichen Landung von Philae scheint die Rosetta Mission immer noch nicht beendet zu sein.

Ich möchte in meiner Präsentation einen kurzen Überblick über den Ablauf der Rosetta Mission geben. Meinen Schwerpunkt möchte ich auf die Simulation von Sonden wie Rosetta legen und gegen Ende auch ein kleines Beispiel zeigen.

2. Gliederung

I. Rosetta Sonde (2min)

(1) Überblick

(2) Flugbahn & Hindernisse

II. Zeitschrittmethode (4min)

(1) Allgemein

(2) Herleitung Gravitation

(3) Anwendung der Zeitschrittmethode

III. Simulation von Sonden Bahnen (3min)

(1) Ausblick

3. Rosetta Sonde

Die Rosetta Sonde ist ein Projekt der Europäischen Weltraumorganisation. Ziel war es den Kometen Tschuri zu erreichen und von ihm Informationen über die Zusammensetzung des Kometen zu erfahren. Die Wissenschaftler versprachen sich dadurch Erkenntnisse über die Entstehung des Lebens auf der Erde.

Die Trägerrakete Ariane startete im März 2004 und brachte Rosetta mit ihren 3 Tonnen in den Weltraum.

4. Rosetta Flugbahn

Es gibt keine Rakete, die Rosetta bis zum Zielkometen hätte bringen können. Darum machte die Sonde mehrere Swing-by-Manöver um Energie für den Flug auf äußere Bahnen zu bekommen. Bei einem Swing-by-Manöver bedient sich die Sonde an der Kinetischen Energie von großem Planeten. Durch die immense Masse der Planeten (bspw. Erde /Mars) verändert der Energieübertrag die Laufbahn der Planeten nicht. Rosetta machte 3 *Swing-by-Manöver an der Erde* und eins am Mars, bis die Sonde genug Energie hatte um auf die Bahn von Tschuri zu gelangen.

Rosetta bezog ihre Energie durch Solarpanel von der Sonne. Rosetta musste, um auf die Bahn des Kometen zu gelangen, eine weite Entfernung zur Sonne in Kauf nehmen. Rosetta musste in einen „Winterschlaf“ versetzt werden, bei der alle Kommunikationsinstrumente abgeschaltet wurden und nur Energie für das Wärmen der sensiblen Messinstrumente genutzt wurde. 2 ½ Jahre blieb Rosetta im Winterschlaf und trieb auf ihrer Bahn, bis sie wieder nah genug an der Sonne war um Energie für die Kommunikation aufzubringen.

Schließlich gelang Rosetta nach 10 Jahren in die Umlaufbahn von Tschuri. Durch die komplizierte Oberfläche des Kometen wurde die Landung des Lander Philae erschwert, der im November 2014 abgesetzt wurde. Durch verschiedene Fehler bei der Landung, erhielt der Lander nicht genügend Sonne, wodurch er nicht genug Energie für eine Dauerhafte Kommunikation mit der Erde hatte, und nur wenige Informationen lieferte.

5. Zeitschrittmethode Allgemein

Anhand eines Computerprogramms werden Bewegungen simuliert. Das Programm berechnet nach festgelegten Zeitschritten immer wieder die neuen Beschleunigungen, Geschwindigkeiten und die Position eines Objekts. Der Zeitschritt kann hier je nach Größe des Modells abweichen. Bei einem kleinen Swing-by-Manöver an der Erde habe ich eine Schrittweite von 500s genutzt. Bei einem großen Modell, wie bei einem Sondenflug zwischen der Erde und dem Mars kommt ein Zeitschritt von 20 Stunden zum Einsatz.

Als großer Vorteil der Zeitschrittmethode gilt die einfachen Rechnungen. Komplexe Bewegungen können durch einfache Bewegungsformeln simuliert werden. Ein Nachteil ist, dass bei der falschen Wahl des Zeitschritts große Abweichungen zur Realität auftreten können, wie ich es später noch zeigen werde.

6. Herleitung der Gravitation

Um die Formeln der Kinematik anwenden zu können, müssen wir uns anschauen welche Bewegung durch Gravitation verursacht wird.

Ein Planet verursacht ein Radiales Gravitationsfeld, indem sich die Feldlinien Sternförmig ausbreiten. Ein Objekt, beispielsweise eine Sonde wird dann von dem Planeten angezogen und in dessen Mitte beschleunigt. Die Beschleunigung entspricht der Feldstärke g . Die durch zwei Faktoren beeinflusst wird.

Durch die Sternförmige Ausbreitung der Feldlinien, nimmt die Gravitationskraft durch eine größere Entfernung ab. Genau gesagt, ist der Abstand der Feldlinien quadratisch zum Abstand r . Bei einer Doppelten Entfernung zum Planeten, vervierfacht sich der Abstand der Linien. Oder anders ausgedrückt, die Gravitation verringert sich auf $\frac{1}{4}$ ab der ursprünglichen Kraft. Es ergibt sich: $\frac{1}{r^2} \sim g$

Der zweite große Faktor der Gravitationskraft ist die Masse, des Planeten. Sie ist direkt proportional zur Gravitation. Wenn man beide Abhängigkeiten zusammensetzt ergibt sich folgende Formeln...

7. Anwendung der Zeitschrittmethode

Um eine Simulation im Computer durchführen zu können, wird ein Koordinatensystem benötigt. Sowohl Position als auch Beschleunigung und Geschwindigkeit wird nun in x und y angegeben. Einer Zerteilung ist nötig, da der Computer nur eindimensional rechnen kann. Die Beschleunigung wird also zerlegt. Durch das Verhältnis von Abstand und Beschleunigung kann folgende Beziehung aufgestellt werden ($x/r = -ax/a$). Durch das Umformen und Einsetzen von a , bekommt man die Beschleunigungsformeln für ax und ay .

8. Anwendung der Zeitschrittmethode

Durch die festgelegten Zeitschritte kann die Beschleunigung in eine neue Position umgerechnet werden.

Beschleunigung ist Geschwindigkeitsänderung auf Zeit. Wenn der Zeitschritt bekannt ist kann die Geschwindigkeitsänderung bestimmt werden und zur bestehenden Geschwindigkeit hinzugefügt werden. Anhand dieser Bewegungsformeln habe ich selbst versucht ein kleines Simulationsprogramm zu schreiben. Ich möchte ihnen nun 2/3 Modelle vorstellen.

9. Simulation von Sonden bahnen

Modell	(GeoStatSat)	Großer Zeitschritt	Kleiner Zeitschritt	Erde-Mars (27. August 2003)
Zeitschritt	150s (2,5min)	500s (8min)	250s (4min)	20h
Auflösung (km/px)	200.000	800.000	800.000	12.800.000

Swing-by-Manöver

Wie schon erwähnt, ist der Zeitschritt die größte Fehlerquelle des Zeitschrittverfahrens. Durch einen zu groß gewählten Zeitschritt erweckt das Modell, den Eindruck als würde eine Sonde, beim Verbeiflug Energie dazu gewinnen. Doch der Planet besitzt keine Kinetische Energie, weshalb er auch keine Energie abgeben kann.

Erde und Mars

Das Modell zeigt den Abstand zwischen Erde und Mars am 27. August 2003. Das Modell ist darum interessant, weil die Sonde zwei Gravitationen ausgesetzt ist und deshalb auch zwei Potentielle Energien hat. Im Startpunkt besitzt er zur Erde und zur Mars potentielle Energie.

10. Erweiterungsmöglichkeiten

Das Aktuelle Programm weist für eine richtige Sonden Simulation allerdings noch Schwächen und Unvollständigkeiten auf. Für eine Simulation eines Swing-by-Manöver ist die Bewegung der Planeten notwendig. In dem Zusammenhang auch die Gravitation von Planeten untereinander.

Die Sonde könnte noch durch Triebwerke erweitert werden und durch die Simulation von Temperatur.