

Astrodynamics
Anleitung und Dokumentation
Version 0.3

Marc Singer, Rafael Stauffer

25.02.2023

Versionshistorie

Version	Datum	Autor(en)	Änderungen
0.1	21.01.2023	RS	Erstellung
0.2	23.02.2023	RS	Einfügen Ziel und Zweck
0.3	25.02.2023	RS	Einfügen Nutzeranleitung

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel und Zweck	3
2	Benutzeranleitung	4
2.1	Missionsliste	4
2.1.1	Grundlagen	4
2.1.2	Missionen nach Beschreibung suchen	5
2.1.3	Anlegen einer neuen Mission	5
2.1.4	Löschen einer Mission	5
2.1.5	Kopieren einer Mission	6
2.1.6	Editieren einer Mission	6
2.1.7	Simulieren einer Mission	6
2.2	Missions-Editor	7
2.2.1	Grundlagen	8
2.2.2	Hinzufügen einer Missionsbedingung	8
2.2.3	Missionsbedingungen	9
2.2.4	Löschen eines Planetoiden	9
2.2.5	Editieren eines Planetoiden	9
2.2.6	Hinzufügen eines Planetoiden	9
2.2.7	Hinzufügen eines Raumschiffs	10
2.3	Planetoid-Editor	11
2.3.1	Grundlagen	11
2.3.2	Editieren eines Vektors	12
2.3.3	Atmosphäreneinstellungen	12
2.3.4	Speichern des Planetoiden	12
2.4	Simulator	14
2.4.1	Grundlagen	14
2.4.2	Navigieren im Orbital-View	15
2.4.3	Ausführen eines Manuevers	15
2.4.4	Speichern des Simulationszustandes	16
3	Technische Dokumentation	18
3.1	Applikationsdokumentation	18
3.1.1	Maven build	18
3.1.2	Diagramme	18
3.2	Themenumsetzung	18
3.2.1	Writeyourtitlehere	18
	Literatur	19
	Abbildungsverzeichnis	20
	Tabellenverzeichnis	21

Kapitel 1

Ziel und Zweck

Dieses Projekt hat das Ziel die teilweise kontraintuitiven Gesetzmässigkeiten welche im Weltraum gelten greifbar zu machen. Der Author der primären Inspirationsquelle "Children of a Dead Earth"¹ schreibt dazu passend:

For me, though, I wanted a simulation, one that was actually based on real equations. This is because in my experience, whenever you develop system this complex, it tends to surprise you, and will often overturn your assumptions.

Da wir als Team bisher keine Erfahrungen im Bereich von Physiksimulationen hatten wurde als Ziel die Realisierung einer N-Körper-Simulation festgelegt welche zukünftig erweitert werden kann.

¹qswitched. *Children of a Dead Earth Origin Stories*. <https://childrenofadeadearth.wordpress.com/2016/05/06/origin-stories/>. Accessed: 2023-02-22. 2016.

Kapitel 2

Benutzeranleitung

2.1 Missionsliste

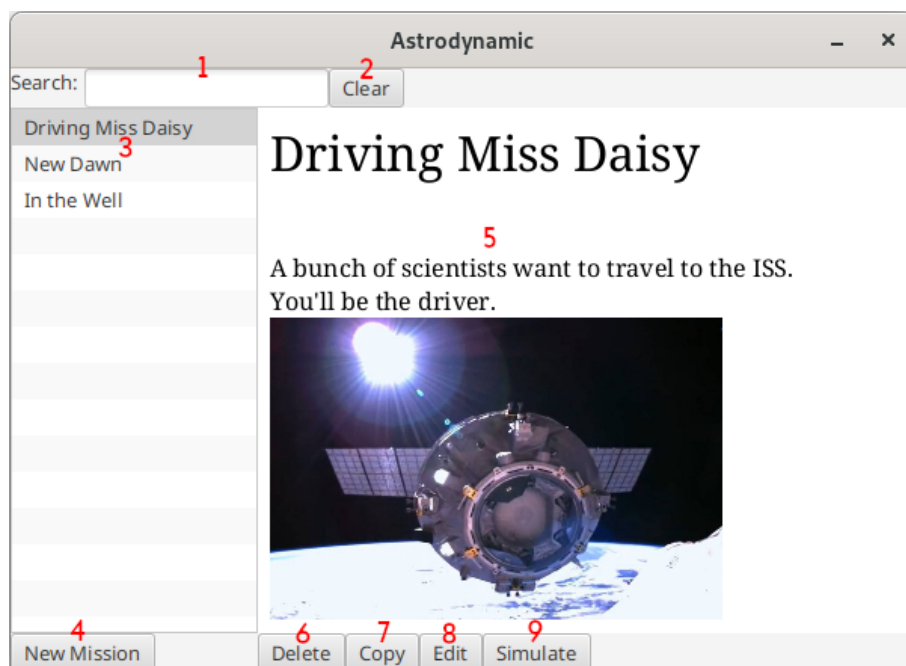


Abbildung 2.1: GUI Missionsliste mit Annotation

1. Suchfeld
2. Clear: Suchfeld leeren
3. Liste verfügbarer Missionen
4. New Mission: Neue Mission öffnen im Missions-Editor
5. Beschreibung der ausgewählten Mission
6. Delete: Ausgewählte Mission löschen
7. Copy: Ausgewählte Mission kopieren
8. Edit: Ausgewählte Mission öffnen im Missions-Editor
9. Simulate: Ausgewählte Mission öffnen im Simulator

2.1.1 Grundlagen

Die Missionsliste ist der Einstiegsbildschirm beim Start des Programs. Hat der Benutzer keine Mission gespeichert welche geladen werden kann so werden drei Testmissionen geladen. Am linken Rand befindet sich die Liste der verfügbaren Missionen. Anwählen einer Mission in der Liste per Klick mit der Linken

Maustaste lädt die Missionsbeschreibung in den rechten Anzeigebereich und ermöglicht mit diese Mission per Buttons unten rechts am Bildschirmrand weiter zu Interagieren.

2.1.2 Missionen nach Beschreibung suchen

Das Suchfeld führt eine sofortige Textsuche auf Missions-Name und -Beschreibung durch und zeigt auf Basis dieser nur passende Missionen in der Liste der verfügbaren Missionen. Durch drücken des Clear-Buttons können längere Sucheingaben sofort gelöscht und die Sortierung zurückgesetzt werden.

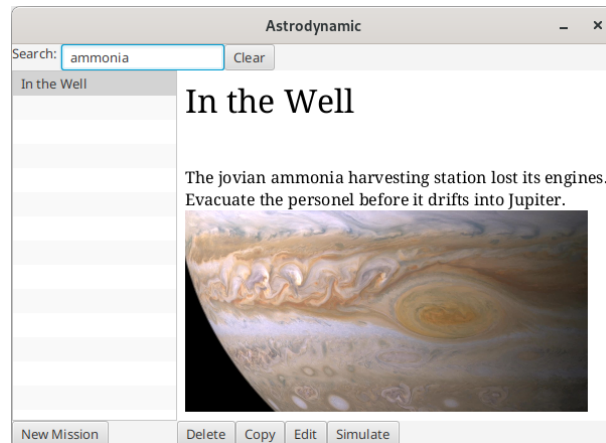


Abbildung 2.2: Missionsfilter bei Suche nach 'ammonia'

2.1.3 Anlegen einer neuen Mission

Klicken sie auf den "Neue Mission öffnen im Missions-Editor"-Button unten links. Es öffnet sich nun der Missions-Editor. Für Details zum editieren einer Mission konsultieren sie das [Kapitel Missions-Editor](#).

2.1.4 Löschen einer Mission

Wählen sie die Mission aus der Liste der verfügbaren Missionen per Mausklick aus. Klicken sie auf Delete. Ein Popup öffnet sich mit der Löschanfrage.

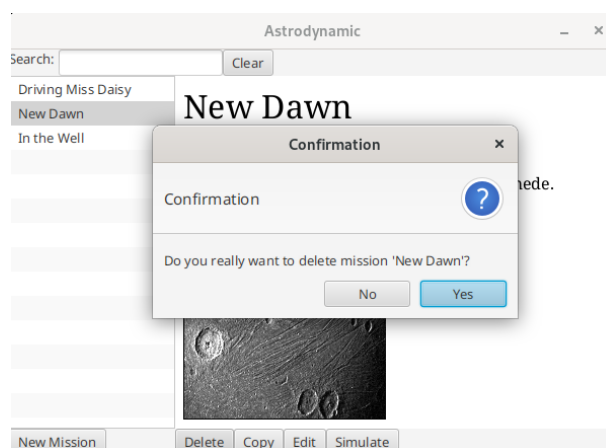


Abbildung 2.3: Sicherheitsabfrage bei Missionslöschung

Bestätigen sie das Popup mit Klick auf Yes. Die Mission wird aus der Liste der verfügbaren Missionen entfernt.

2.1.5 Kopieren einer Mission

Wählen sie die Mission aus der Liste der verfügbaren Missionen per Mausklick aus. Klicken sie auf Copy. Es öffnet sich nun der Missions-Editor mit der kopierten Mission. Für Details zum editieren einer Mission konsultieren sie das [Kapitel Missions-Editor](#).

2.1.6 Editieren einer Mission

Wählen sie die Mission aus der Liste der verfügbaren Missionen per Mausklick aus. Klicken sie auf Edit. Es öffnet sich nun der Missions-Editor mit der ausgewählten Mission. Für Details zum editieren einer Mission konsultieren sie das [Kapitel Missions-Editor](#).

2.1.7 Simulieren einer Mission

Wählen sie die Mission aus der Liste der verfügbaren Missionen per Mausklick aus. Klicken sie auf Simulate. Es öffnet sich nun der Simulator mit der ausgewählten Mission. Für Details zum simulieren einer Mission konsultieren sie das [Kapitel Simulator](#).

2.2 Missions-Editor

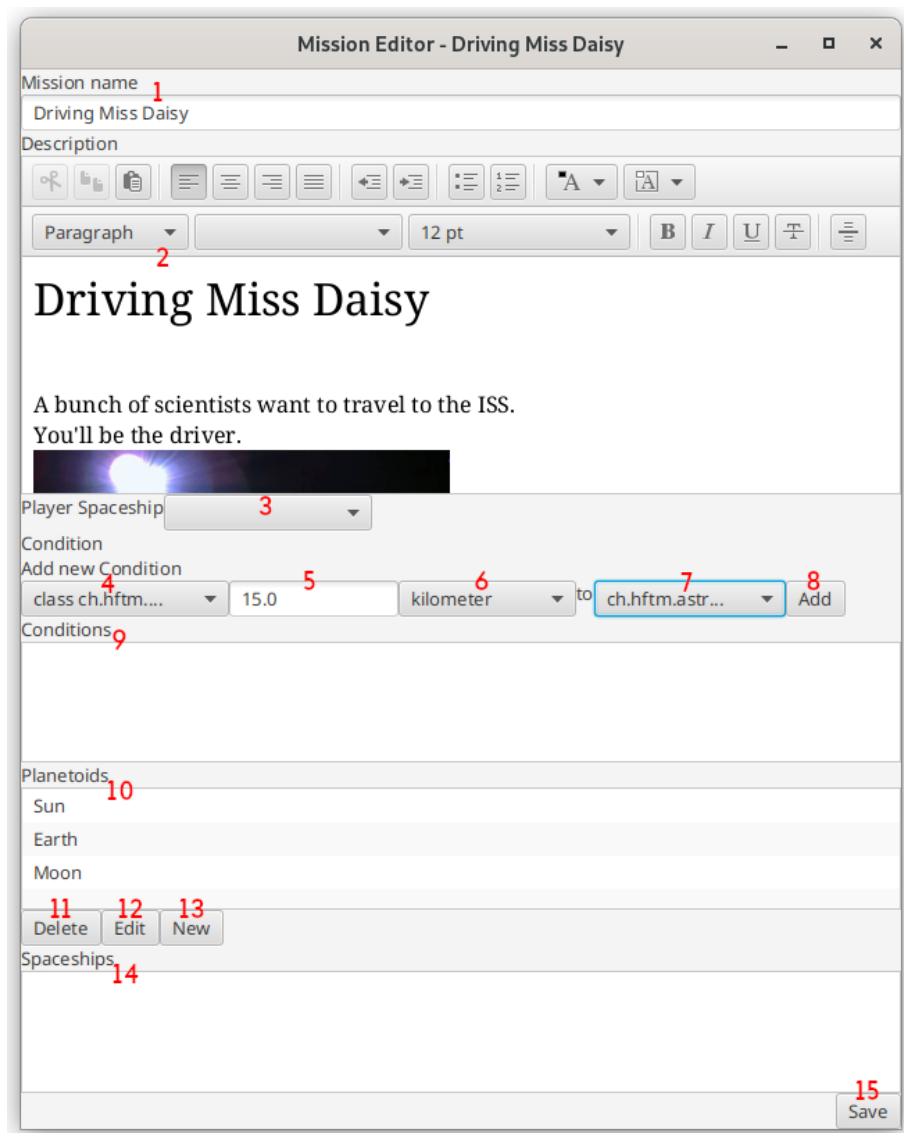


Abbildung 2.4: GUI Mission-Editor mit Annotation. Testmission 'Driving Miss Daisy' geöffnet.

1. Missionsname
2. Missionsbeschreibung HTML-Editor
3. Auswahl Spielerraumschiff
4. Missionsbedingung: Bedingungstyp-Dropdown
5. Missionsbedingung: Zahlenfeld
6. Missionsbedingung: Masseinheit-Dropdown
7. Missionsbedingung: Referenzobjekt-Dropdown
8. Missionsbedingung hinzufügen
9. Missionsbedingungen-Liste
10. Planetoiden-Liste
11. Planetoid entfernen
12. Planetoid editieren
13. Planetoid hinzufügen
14. Raumschiff-Liste
15. Missionsänderungen speichern

2.2.1 Grundlagen

Der Missions-Editor erlaubt das Ändern des Missions-Namen und Beschreibung. Durch das Hinzufügen von Missionsbedingungen, auch Conditions genannt, können Abbruchsbedingungen für die Simulation festgelegt und weitere dynamische Veränderungen an der Mission vorgenommen werden. Verwendete Planetoiden und Raumschiffe werden in den entsprechenden Listen aufgelistet.

2.2.2 Hinzufügen einer Missionsbedingung

Wählen sie im Bedingungstyp-Dropdown den passenden Bedingungstypen. Siehe [Abschnitt Missionsbedingungen](#) für eine komplette Liste der möglichen Bedingungstypen, ihren Parametern, und Funktionsweise. Zahlenfeld, Grössenangabe und Referenzobjekt werden dynamisch ein- oder ausgeblendet.

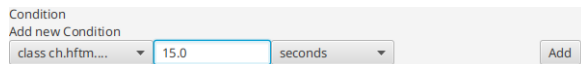


Abbildung 2.5: MaximumTime

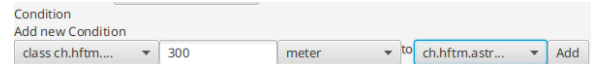


Abbildung 2.6: Approach

Sollte das Zahlenfeld oder das Referenzobjekt eingeblendet werden so ist eine Eingabe respektive Auswahl zwingend. Die Masseinheit kann jederzeit geändert werden, ein valider Wert im Zahlenfeld wird in die neue Einheit umgewandelt.

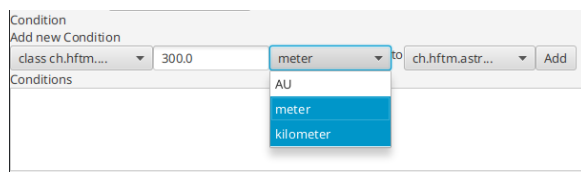


Abbildung 2.7: Masseinheit Meter

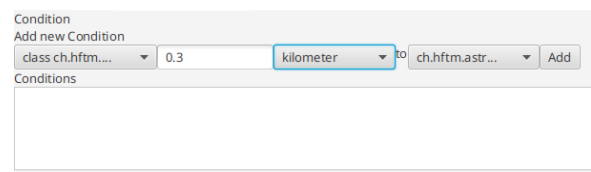


Abbildung 2.8: Masseinheit Kilometer

Klicken sie auf den Add-Button um die Missionsbedingung hinzuzufügen. Die Missionsbedingung wird nun in der Missionsbedingungen-Liste aufgeführt.

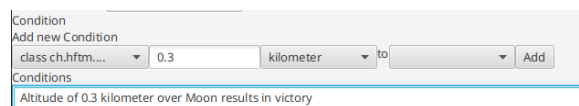


Abbildung 2.9: Neue Approach-Missionsbedingung hinzugefügt

2.2.3 Missionsbedingungen

Bedingung	Parameter	Funktionsweise
MaximumTime	Zeitwert	Mission gilt als Fehlschlag wenn Missionsdauer den Zeitwert überschreitet
HoldoutTime	Zeitwert	Mission gilt als Gewonnen wenn Missionsdauer den Zeitwert überschreitet
Approach	Distanz und Referenzobjekt	Mission gilt als Gewonnen wenn Spielerraumschiff die maximale Distanz zum Referenzobjekt erreicht oder unterschreitet
Avoid	Distanz und Referenzobjekt	Mission gilt als Fehlschlag wenn Spielerraumschiff die maximale Distanz zum Referenzobjekt erreicht oder unterschreitet
Depart	Distanz und Referenzobjekt	Mission gilt als Gewonnen wenn Spielerraumschiff die minimale Distanz zum Referenzobjekt erreicht oder überschreitet
SetupHeavyLander	Distanz und Referenzobjekt	Platziert das Raumschiff 'Heavy Lander' in ein Orbit um Referenzobjekt mit Höhe von Distanz
SetupISS	Distanz und Referenzobjekt	Platziert das Raumschiff 'ISS' in ein Orbit um Referenzobjekt mit Höhe von Distanz

Tabelle 2.1: Verfügbare Missionsbedingungem

2.2.4 Löschen eines Planetoiden

Wählen sie den zu löschenden Planetoiden mit einem Klick aus der Planetoiden-Liste aus. Klicken sie den Delete-Button. Es öffnet sich eine Sicherheitsabfrage.

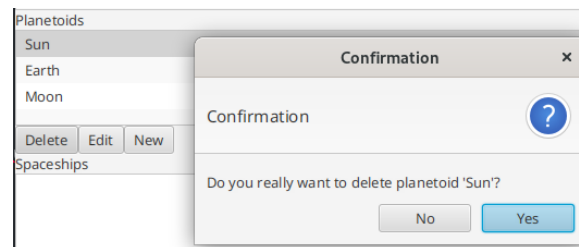


Abbildung 2.10: Sicherheitsabfrage bei Planetoidenlöschung

Bestätigen sie das Popup mit Yes. Der Planetoid ist nun aus der Mission entfernt und die Planetoiden-Liste aktualisiert worden.

2.2.5 Editieren eines Planetoiden

Wählen sie den zu editierenden Planetoiden mit einem Klick aus der Planetoiden-Liste aus. Klicken sie auf den Edit-Button. Es öffnet sich nun der Planetoid-Editor mit dem ausgewählten Planetoiden. Für Details zum Planetoid-Editor konsultieren sie das [Kapitel Planetoid-Editor](#).

2.2.6 Hinzufügen eines Planetoiden

Klicken sie auf den New-Button unterhalb der Planetoiden-Liste. Es öffnet sich nun der Planetoid-Editor. Für Details zum Planetoid-Editor konsultieren sie das [Kapitel Planetoid-Editor](#).

2.2.7 Hinzufügen eines Raumschiffs

Zum hinzufügen eines Raumschiffs benutzen sie die Condition 'SetupHeavyLander'. Siehe [Abschnitt Hinzufügen einer Missionsbedingung](#).

2.3 Planetoid-Editor

The screenshot shows the 'Planetoid Editor - Earth' window. It contains several sections with input fields and dropdown menus. Red numbers 1 through 11 are placed next to specific fields to indicate their functions:

- Name:** 'Earth' (1)
- Description:** 'Our home' (2)
- Mass:** '5.9722E24' (3), unit 'kg' (4)
- Zero elevation height:** '6378100.0' (4), unit 'meter' (4)
- Position:** (5)
 - X: '1.496E13'
 - Y: '0.0'
 - Z: '0.0'
 - Magnitude: '1.496E13'
- Velocity:** (6)
 - X: '0.0'
 - Y: '29780.0'
 - Z: '0.0'
 - Magnitude: '29780.0'
- Atmosphere:**
 - Model: 'QUADRATIC_FALLOFF' (7)
 - Height ground to outer space: '600000.0' (8), unit 'meter' (4)
 - Oxygen factor: '0.21' (9)
- Buttons:** 'Cancel' (10) and 'Ok' (11)

Abbildung 2.11: GUI Planetoid-Editor mit Annotation. Planetoid Erde geöffnet.

1. Planetoidname
2. Kurzbeschreibung
3. Masse mit Grössenumrechnung
4. Nullpunkthöhe mit Grössenumrechnung
5. Positionsdaten
6. Geschwindigkeitsdaten
7. Atmosphärenmodell
8. Atmosphärenhöhe bis Vakuum mit Grössenumrechnung
9. Sauerstoffanteilsfaktor
10. Cancel: Bearbeitung ohne Speicherung abbrechen
11. Ok: Speichern und schliessen

2.3.1 Grundlagen

Der Planetoid-Editor erlaubt das editieren der Simulationswerte eines Planetoiden. Position und Geschwindigkeit können direkt in den jeweiligen Vektordimensionen (X, Y, Z) gepflegt und bei Bedarf mit dem Längen-Feld (Magnitude) skaliert werden. Für übersichtlichere Darstellung können die Zahlenwerte dynamisch mit dem danebenstehenden Grössenumrechnungs-Dropdown umgewandelt werden. Eingaben werden beim Speichern überprüft. Im Fehlerfall wird die Speicherung verhindert und mit dem Feldverweis and den Benutzer gemeldet.

2.3.2 Editieren eines Vektors

Werden die Dimensionswerte angepasst, so wird die Länge automatisch aktualisiert.

Position		meter
X	10.0	
Y	10.0	
Z	0.0	
Magnitude		14.14213562373095

Abbildung 2.12: Kalkulation der Länge Ausgangslage

Position		meter
X	10.0	
Y	100.0	
Z	0.0	
Magnitude		100.4987562112089

Abbildung 2.13: Kalkulation der Länge nach Anpassung Y-Wert

Wird die Länge angepasst, so werden die Dimensionswerte entsprechend skaliert.

Position		meter
X	10.0	
Y	100.0	
Z	20.0	
Magnitude		102.469507659596

Abbildung 2.14: Vektor-Skalierung der Dimensionswerte Ausgangslage

Position		meter
X	0.0975900072948533	
Y	0.975900072948533	
Z	0.1951800145897066	
Magnitude		1

Abbildung 2.15: Vektor-Skalierung der Dimensionswerte nach Anpassung der Länge

Die Grösse kann über das Dropdown am rechten Rand auf Höhe der Vektorbezeichnung ausgewählt werden. Gültige Werte werden automatisch umgewandelt.

Position		meter
X	1200	
Y	1000	
Z	0	
Magnitude		1562.049935181331

Abbildung 2.16: Vektor-Umwandlung der Grösse Ausgangslage

Position		kilometer
X	1.2	
Y	1.0	
Z	0.0	
Magnitude		1562.049935181331

Abbildung 2.17: Vektor-Umwandlung der Grösse nach anpassen der Grösse

2.3.3 Atmosphäreneinstellungen

Feature eingeplant aber unimplementiert in aktueller Version

Das Atmosphärenmodell bestimmt die Berechnungsformel für die Atmosphärendichte. Die Atmosphärenhöhe bis Vakuum skaliert das Modell entsprechend, dass auf der angegebenen Höhe über der Nullpunkthöhe die Formel unter den im Programmcode definierten Minimalwert fällt. Der Sauerstofffaktor wird zur Berechnung von luftatmenden Triebwerken benötigt. Eine Atmosphäre ohne Sauerstoff gilt als Inert und kann nur von Triebwerken verwendet werden welche keinen Sauerstoff benötigen.

2.3.4 Speichern des Planetoiden

Klicken sie auf Ok. Ist eine Eingabe fehlerhaft so erscheint eine Fehlermeldung mit der Feldbezeichnung und Fehlerbeschreibung.

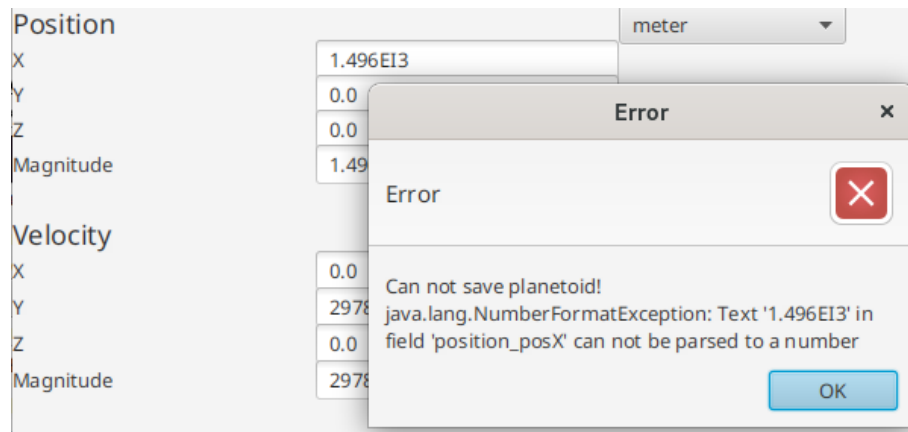


Abbildung 2.18: Planetoid-Editor Fehlermeldung: Buchstabe 'I' im Zahlenfeld

Können alle Eingaben verarbeitet werden, wird der Planetoid gespeichert und der Planetoid-Editor wird geschlossen.

2.4 Simulator

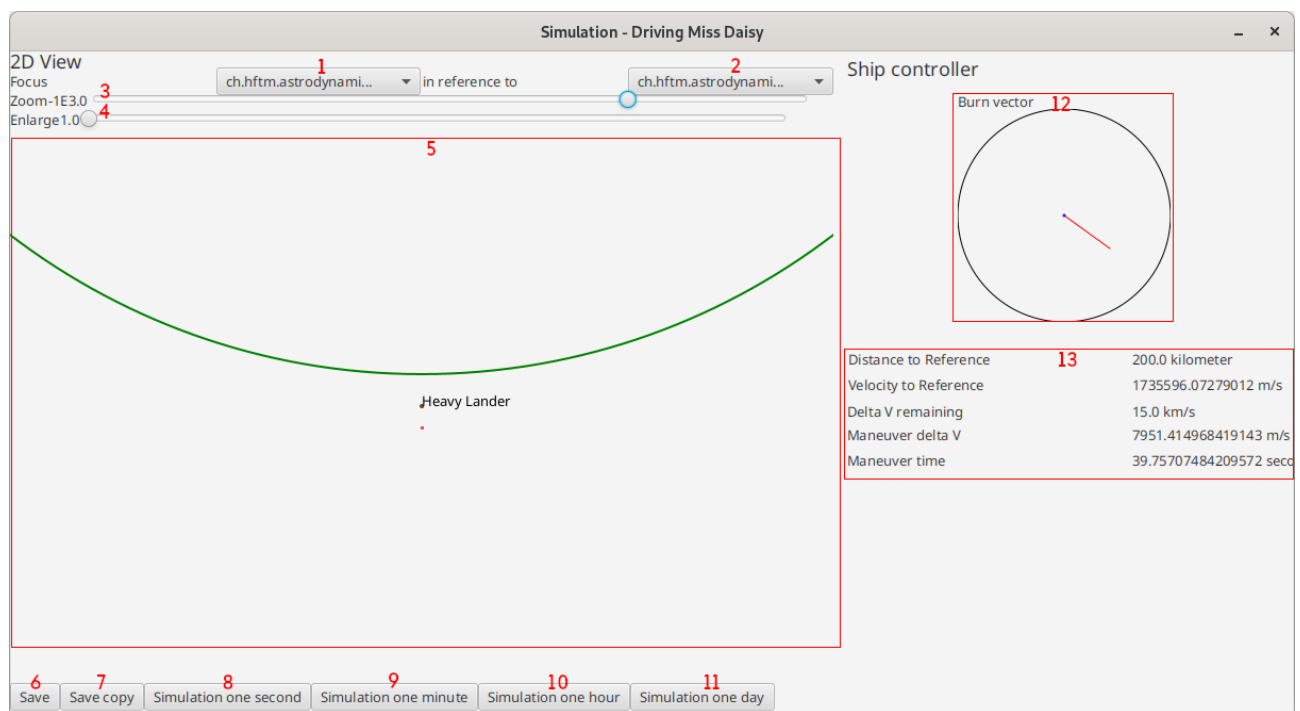


Abbildung 2.19: GUI Simulation mit Annotation. Heavy Lander im Fokus, ISS als Referenz

1. Fokus-Objekt
2. Referenz-Objekt
3. Zoom
4. Objektvergrößerung
5. Orbital-View
6. Save: Speichern der Simulation
7. Save copy: Kopieren der Simulation
8. Simulation eine Sekunde berechnen
9. Simulation eine Minute berechnen
10. Simulation eine Stunde berechnen
11. Simulation einen Tag berechnen
12. Burn vector: Maneuver-Darstellung
13. Informationspanel

2.4.1 Grundlagen

Der Simulator erlaubt eine simple graphische Darstellung der Simulation. Die linke Seite des Fensters wird dabei von der Orbital-View, auch 2D-View genannt, eingenommen welche ein ortographisches Bild der Objekte darstellt. Mit Zoom und Objektvergrößerung können kleinere und grössere Objekte aufgefunden und zentriert werden. Die rechte Seite des Fensters wird beim Fokus eines Raumschiffs mit der Maneuver-Darstellung welche das geplante Maneuver graphisch darstellt sowie dem Informationspanel gefüllt.

Objektvergrößerung Die Objektvergrößerung skaliert die Darstellung der Objekte in der Orbital-View. Die simulierte Grösse wird dabei nicht verändert. Der Wert *1.0* stellt die Objekte in der Realgrösse dar.

Maneuver-Vektor Der schwarze Kreis stellt die maximal verfügbare Geschwindigkeitsänderung welche das aktuell fokussierte Raumschiff durchführen kann dar. Bei einem aktiven Maneuver wird eine rote Linie in die Richtung in welche die Geschwindigkeitsänderung durchgeführt wird gezogen. Die Linienlänge stellt den benötigten Wert an Geschwindigkeitsänderung gegenüber dem verfügbaren Vorrat (schwarzer Kreis) dar und ändert sich deshalb bei der Durchführung des Maneuvers. Ein Befehl über dem verfügbaren Vorrat ist möglich, es wird jedoch nur bis zum verfügbaren Vorrat durchgeführt.

2.4.2 Navigieren im Orbital-View

Wählen sie das gewünschte Objekt im Fokus-Dropdown aus. Die Orbital-View fokussiert nun auf das eingestellte Objekt.

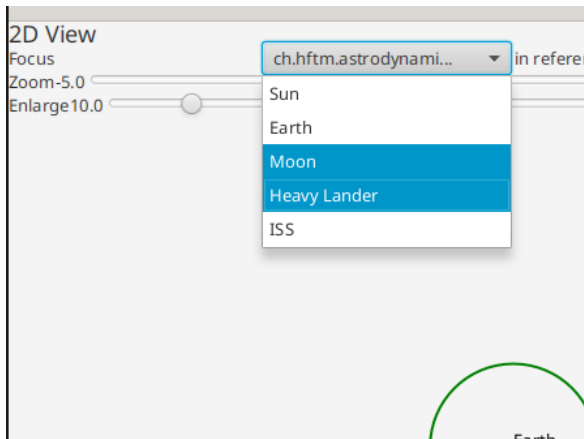


Abbildung 2.20: Fokus: Ausgangslage Fokus auf Heavy Lander

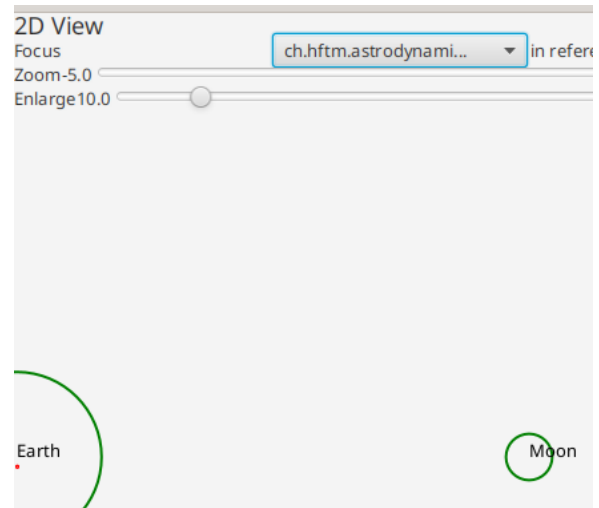


Abbildung 2.21: Fokus: Mond zentral im Bild

Wählen sie das gewünschte Objekt im Referenz-Dropdown aus. Informationen über Distanz und Geschwindigkeit relativ zur Referenz werden nun im Informationspanel ausgegeben. Stellen sie die Zoom-Stufe und eventuelle Objektvergrößerung auf das gewünschte Level ein. Für Raumschiffe in einem erdnahen Orbit empfiehlt sich eine Zoomstufe von $-1E3.0$ und eine Objektvergrößerungsfaktor von 1.0 .

2.4.3 Ausführen eines Maneuvers

Fokussieren sie ein Raumschiff. Klicken sie in den schwarzen Kreis der Maneuver-Darstellung. Eine rote Linie vom Zentrum zu ihrer angeklickten Position erscheint. Auf dem Informationspanel wird die geplante Geschwindigkeitsänderung (Bezeichnung *Maneuver delta V*) und die Zeitdauer zum Durchführen des Maneuvers (Bezeichnung *Maneuver time*) angegeben.

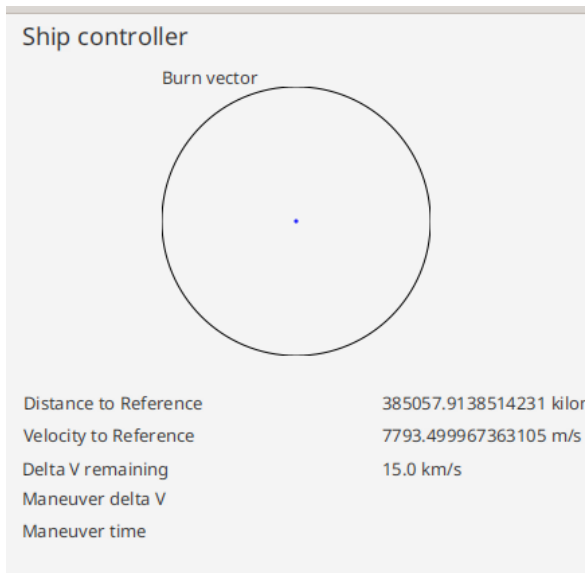


Abbildung 2.22: Maneuver: Ausgangslage kein aktives Maneuver

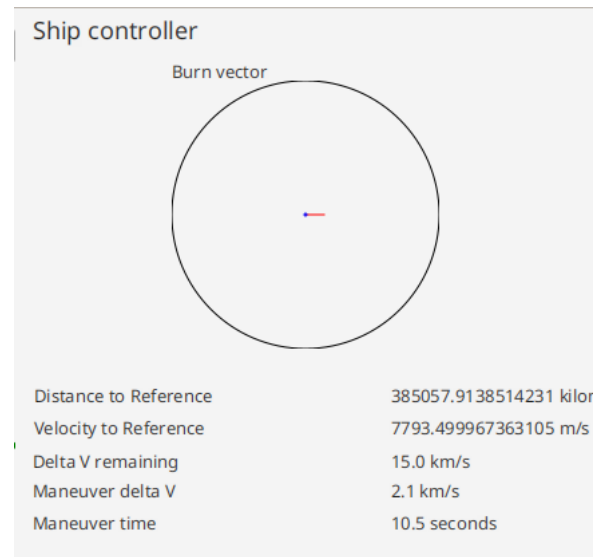


Abbildung 2.23: Maneuver: Maneuver aktiv 2.1 km/s delta V in 10.5 sec

Klicken sie nun auf einen beliebigen Simulationsbutton bis die Zeitdauer in der Simulation vergangen ist. Nach ausführen des Manuevers wird die rote Maneuver-Linie entfernt und die Maneuver-Informationen auf dem Informationspanel ausgeblendet.

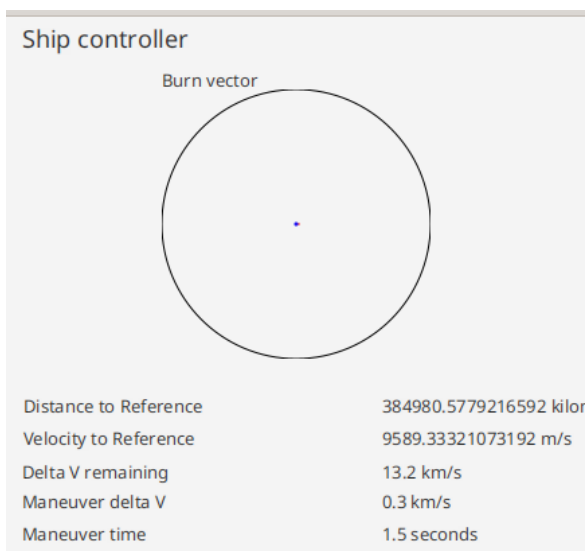


Abbildung 2.24: Maneuver: Nach 9 sec: Reduktion Maneuver delta V und Dauer

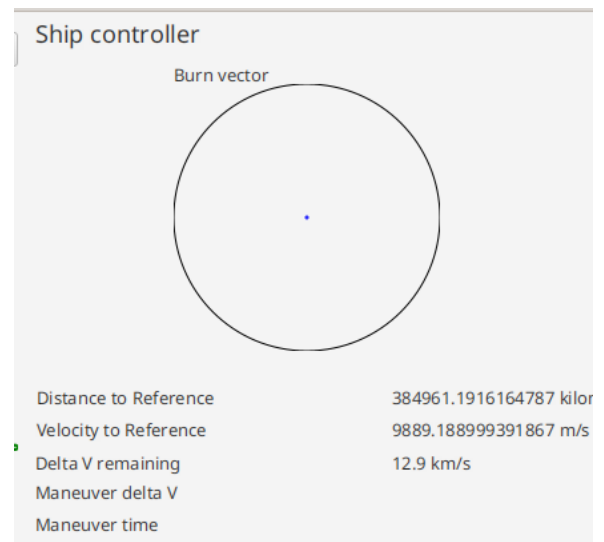


Abbildung 2.25: Maneuver: Nach 11 sec: Ende des Manuevers, Maneuver-Linie und Informationen entfernt

2.4.4 Speichern des Simulationszustandes

Klicken sie auf den Save-Button. Die Mission ist nun gespeichert. Eine Informationspopup erscheint zur Bestätigung.

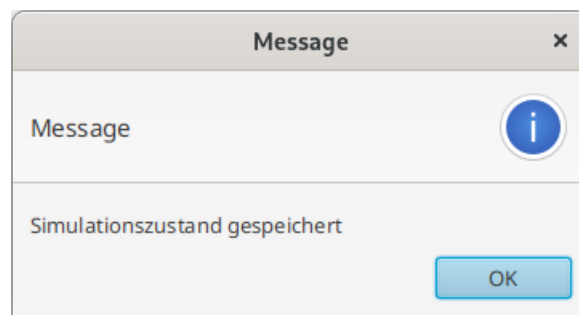


Abbildung 2.26: Simulation Speicherbestätigung

Kapitel 3

Technische Dokumentation

3.1 Applikationsdokumentation

3.1.1 Maven build

3.1.2 Diagramme

3.2 Themenumsetzung

3.2.1 Writeyourtitlehere

Literatur

qswitched. *Children of a Dead Earth Origin Stories*. <https://childrenofadeadearth.wordpress.com/2016/05/06/origin-stories/>. Accessed: 2023-02-22. 2016.

Abbildungsverzeichnis

2.1	GUI Missionsliste mit Annotation	4
2.2	Missionsfilter bei Suche nach 'ammonia'	5
2.3	Sicherheitsabfrage bei Missionslöschung	5
2.4	GUI Mission-Editor mit Annotation. Testmission 'Driving Miss Daisy' geöffnet.	7
2.5	MaximumTime	8
2.6	Approach	8
2.7	Masseinheit Meter	8
2.8	Masseinheit Kilometer	8
2.9	Neue Approach-Missionsbedingung hinzugefügt	8
2.10	Sicherheitsabfrage bei Planetoidenlöschung	9
2.11	GUI Planetoid-Editor mit Annotation. Planetoid Erde geöffnet.	11
2.12	Kalkulation der Länge Ausgangslage	12
2.13	Kalkulation der Länge nach Anpassung Y-Wert	12
2.14	Vektor-Skalierung der Dimensionswerte Ausgangslage	12
2.15	Vektor-Skalierung der Dimensionswerte nach Anpassung der Länge	12
2.16	Vektor-Umwandlung der Grösse Ausgangslage	12
2.17	Vektor-Umwandlung der Grösse nach anpassen der Grösse	12
2.18	Planetoid-Editor Fehlermeldungsbeispiel	13
2.19	GUI Simulation mit Annotation	14
2.20	Fokus: Ausgangslage Fokus auf Heavy Lander	15
2.21	Fokus: Mond zentral im Bild	15
2.22	Maneuver: Ausgangslage kein aktives Maneuver	16
2.23	Maneuver: Maneuver aktiv 2.1 km/s delta V in 10.5 sec	16
2.24	Maneuver: Reduktion Maneuver delta V und Dauer	16
2.25	Maneuver: Ende des Maneuvers, Maneuver-Linie und Informationen entfernt	16
2.26	Simulation Speicherbestätigung	17

Tabellenverzeichnis

2.1 Verfügbare Missionsbedingungem 9