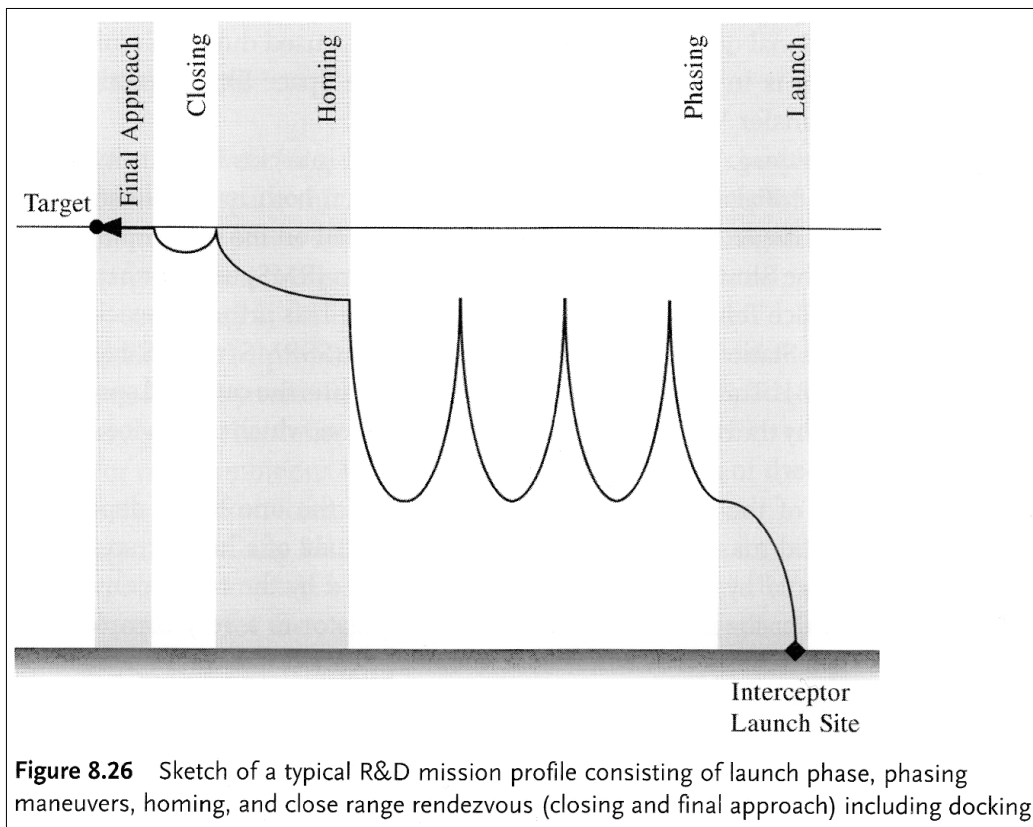


Aufgaben für alle

Flüge zur ISS werden üblicherweise als R&D-Missionen bezeichnet, wobei das R für *Rendezvous* und das D für *Docking* steht. Das grundlegende Prinzip dieser Manöver, der Wechsel des Orbits durch Übergang auf eine Hohmann-Ellipse, haben wir bereits kennengelernt. Im Rahmen dieser Stillarbeit sollen Sie sich nun mit dem konkreten Ablauf einer R&D-Mission beschäftigen.

Man unterteilt eine R&D-Mission in sechs Phasen:

- 1) Launch
 - 2) Phasing
 - 3) Homing
 - 4) Closing
 - 5) Final Approach
 - 6) Docking / Capture
- Studieren Sie die folgende Skizze, bei der auf der x-Achse der Abstand zwischen Verfolger und Zielobjekt, auf der y-Achse die Höhe über dem Erdboden aufgetragen ist. Was alles können Sie der Skizze entnehmen? Beschreiben Sie möglichst viele Details. Was ist jeweils die Aufgabe der einzelnen Flugphasen?



Es wird deutlich, dass nicht zuletzt die zweite Phase R&D-Manöver deutlich in die Länge zieht. Man spricht hierbei vom *Phasing*, weil der Winkel zwischen ISS und Raumfahrzeug (der sogenannte orbitale Phasenwinkel ϑ) immer mehr reduziert wird, bis beide Fahrzeuge in unterschiedlichen Höhen, aber fast phasengleich um die Erde fallen.

Beispiel: Die ISS befindet sich auf einer Kreisbahn in 400 km Höhe über dem Erdboden. Ein Raumfahrzeug wurde durch eine Trägerrakete auf einen kreisförmigen Orbit in 350 km Höhe gebracht und fällt dort nun frei um die Erde.

- Berechnen Sie die Umlaufdauer der ISS und die des Raumfahrzeugs.

Jetzt beschleunigt das Raumfahrzeug kurzfristig in Gegenflugrichtung (bremst also ab) und begibt sich somit auf eine Ellipsenbahn, auf der es im Perigäum nur noch 250 km von der Erdoberfläche entfernt ist.

- Fertigen Sie eine Skizze an und bestimmen Sie für das Raumfahrzeug die große Halbachse auf der Hohmann-Ellipse.
- Berechnen Sie die geänderte Umlaufdauer des Raumfahrzeugs. Dabei hilft Ihnen das dritte Keplersche Gesetz. Mit welchem zeitlichen Vorsprung erreicht das Raumfahrzeug den Ort der Zündung?
- Angenommen die ISS und das Raumfahrzeug haben im Moment der Zündung von der Erde aus betrachtet einen Winkelabstand von 180° (wenn die ISS über dem Horizont aufgeht, geht das Raumfahrzeug also gerade unter). Um welche Winkeldifferenz $\Delta\theta$ hat sich das Raumfahrzeug bei dieser ersten Erdumrundung der ISS angenähert? Welcher Winkelabstand herrscht also zwischen beiden, wenn das Raumfahrzeug wieder am Ort der Zündung angekommen ist?
- Wie viele Hohmann-Ellipsen sollte das Raumfahrzeug durchfallen, damit es noch mindestens 500 km von der ISS entfernt ist? Hierbei wird die Höhendifferenz der beiden Bahnen nicht berücksichtigt (vgl. Abb. 2).

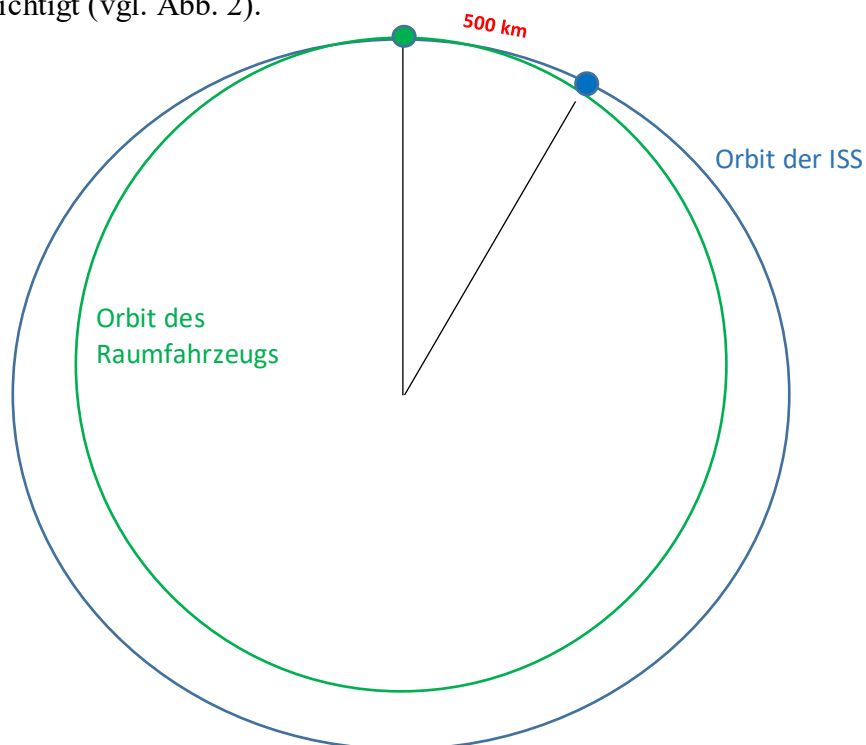


Abbildung 2: Die beiden Orbits

- Wie lange dauert dieser Phasing-Vorgang?
- Es ließe sich argumentieren, dass man auf den Hohmann-Transfer verzichten und somit Kraftstoff sparen könnte, da das Raumfahrzeug ja auf der tiefer liegenden Bahn schneller kreist und daher von ganz allein irgendwann in Phase mit der ISS ist. Nehmen Sie zu dieser Idee begründet Stellung.
- Funktioniert das Phasing auch, wenn das Raumfahrzeug nicht bremst, sondern in Flugrichtung beschleunigt? Was ändert sich?