

Modellierung und Computersimulation von Abschattungseffekten für den Vorentwurf zukünftiger Raumstationen

Kian Yazdi, Arndt Hinüber, Ernst Messerschmid

Institut für Raumfahrtssysteme (IRS), Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 31, D-70550 Stuttgart

Zusammenfassung:

Im Rahmen des Vorentwurfs von Raumstationen spielt die Analyse und Bewertung unterschiedlicher Raumstationskonfigurationen mittels Simulationen des Gesamtsystems eine zentrale Rolle. Numerische Bahn- und Lagesimulationen müssen vielfältige, in einer niedrigen Erdumlaufbahn auftretende Umgebungseinflüsse berücksichtigen. Hierbei induzieren die Restatmosphäre, das Gravitationsfeld und der solare Strahlungsdruck entsprechende Störgrößen und sind somit maßgebend für den Antriebsbedarf im operationellen Betrieb. Andere Umgebungsgrößen, wie die visuelle und thermale Einstrahlung, sind hingegen von entscheidender Bedeutung für den Thermalhaushalt und die Auslegung des Energiesystems. Viele dieser Umwelteinflüsse stehen in direktem Zusammenhang mit der Geometrie und Topologie der Raumstationskonfiguration. Abschattungen von Raumstationskomponenten untereinander spielen hierbei eine wichtige Rolle. Deren Berechnung ermöglicht zudem die Bewertung eines Akkommodationsortes, der dort herrschenden Einstrahlbedingungen, des Sichtfeldes sowie der Exponierung gegenüber Mikrometeoriden und Trümmerteilchen (Debris).

Dieser Beitrag stellt ein effizientes Modellierverfahren der Raumstationsoberfläche und einen neuen generischen Algorithmus zur Abschattungsrechnung vor, die am Institut für Raumfahrtssysteme (IRS) im Rahmen des *Space Station Design Workshop (SSDW)* entwickelt wurden. Prinzipiell basiert die Modellierung auf der Verwendung geometrischer Primitivkörper. Diese weisen zum Teil gekrümmte Flächen auf, die durch den Diskretisierungsprozess in einzelne ebene Flächenelemente unterteilt werden. Naturgemäß muss dabei ein Kompromiss zwischen geforderter Detailtreue und erforderlichem Rechenaufwand gefunden werden. Auf diesem dreidimensionalen, aus Polyedern bestehendem, objekt-orientierten Oberflächenmodell bestimmt der Abschattungsalgorithmus quantitativ die Bereiche der Einzelflächen, die bezüglich einer Einstrahlrichtung beleuchtet, also nicht abgeschattet sind.

Als Ergebnis steht ein problemübergreifendes Verfahren zur Verfügung, das den unterschiedlichen Effekten und ihren Anforderungen gerecht wird. So ist eine wesentlich genauere Berechnung der solaren Einstrahlung auf einzelne Raumstationsflächen, von Einschlagswahrscheinlichkeiten und dem Betrag sowie der Richtung der aerodynamischen Kräfte und Momente möglich. Hierzu gehört auch die sehr genaue Bestimmung des zur effektiv angestrahlten Fläche gehörenden Druckpunktes. Darüber hinaus lässt sich durch einen variablen Diskretisierungsgrad die Genauigkeit der Simulationsrechnung einerseits und der Rechenaufwand andererseits kontrollieren. Auch wurde die Oberflächenmodellierung dahingehend optimiert, dass hinsichtlich der Auswirkung auf die Genauigkeit des Simulationsergebnisses die gleiche Wiedergabequalität bei annähernd halbierten Komplexitätsgrad gegenüber konventionellen Methoden erreicht wird. Rechnungen anhand der Raumstation Mir zeigen, dass z.B. der relative Fehler der für die Bahnabsenkung maßgebenden Projektionsfläche zwischen 30% und 80% beträgt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, Abschattungseffekte bei Simulationen zu berücksichtigen.

Anhang zur Zusammenfassung: Auswahl an Abbildungen

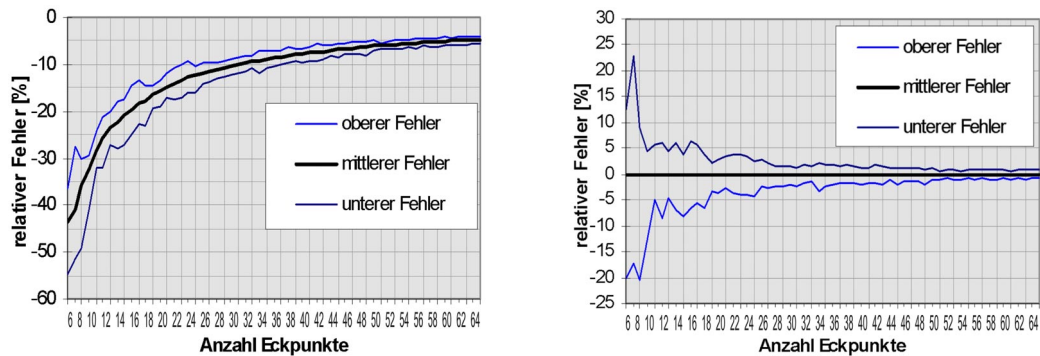


Abb. 1: Vergleich der relativen Fehler der Projektionsflächen von diskretisierten Kugeln über der Anzahl der Diskretisierungspunkte (links konventionell, rechts nach Optimierung der Punkteverteilung).

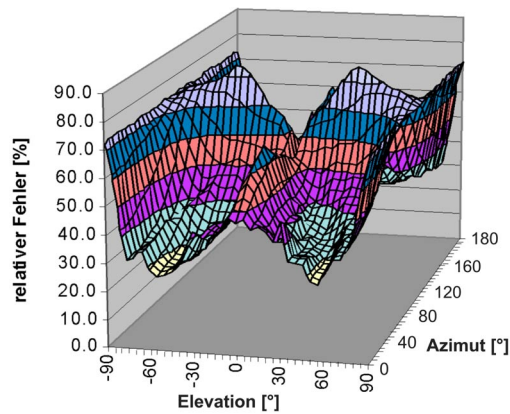


Abb. 2: Relativer Fehler bei der Berechnung der Projektionsfläche unter Vernachlässigung von Abschattungen (Beispiel: Raumstation Mir)

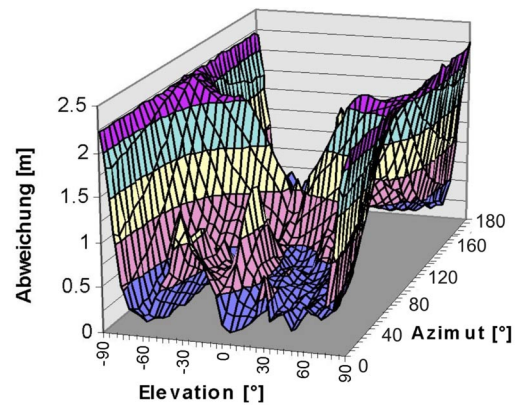


Abb. 3: Relativer Fehler bei der Berechnung der Druckpunktposition unter Vernachlässigung von Abschattungen (Beispiel: Raumstation Mir)

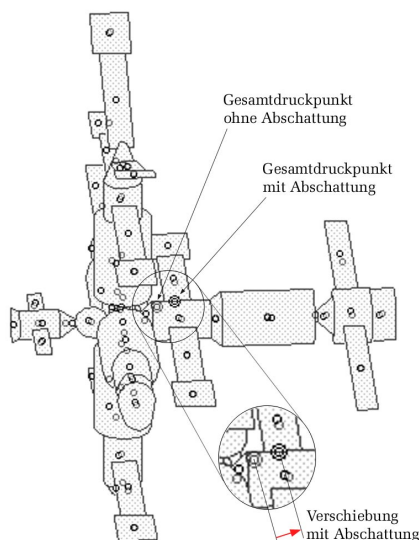


Abb. 4: Abweichung bei der Berechnung der Druckpunktposition unter Vernachlässigung von Abschattungen (Beispiel: Raumstation Mir)