

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen der Fesselseildynamik	7
2.1. Statisches Verhalten des Fesselseilsystems	7
2.2. Dynamisches Verhalten des Fesselseilsystems	9
2.3. Ausfahrvorgang des Fesselseilsystems	12
2.4. Geschwindigkeitsvermögen für den Wiedereintritt	14
3. Besonderheiten des Seilmaterials	19
3.1. Vergleich der Seilmaterialien	19
3.2. Gefährdung durch Space Debris und Mikrometeoroiden	21
3.2.1. Versuchsaufbau	22
3.2.2. Beschreibung der Einschläge	24
3.2.3. Auswertung der Einschläge	26
3.2.4. Abschätzung der Seilrißwahrscheinlichkeit	28
4. Modellierung	33
4.1. Modellierung des Seils und der Endmassen	33
4.1.1. Modellierung des Seils	34
4.1.2. Beschreibung der Normalkraft	35
4.1.3. Thermische Dehnung des Seils	37
4.1.4. Modellierung der Endmassen	38

4.2. Externe Kräfte und Umgebungsbedingungen	39
4.2.1. Gravitation der Erde und Erdabplattung	40
4.2.2. Einfluß anderer Himmelskörper	41
4.2.3. Luftwiderstand	41
4.2.4. Strahlungsdruck des Sonnenlichts	43
4.2.5. Temperatur des Fesselseils	44
4.2.6. Seilreibung	47
4.3. Regelung des Ausfahrvorgangs	48
4.3.1. Ausfahrprofil	48
4.3.2. Kontrollgesetz	49
4.4. Wiedereintritt der Kapsel	50
4.4.1. Modellierung des Wiedereintrittsprogramms	51
4.4.2. Luftwiderstand und Atmosphärenmodell	52
4.4.3. Gravitationskraft und andere externe Kräfte	54
4.5. Verifikation des Simulationsmodells	55
4.5.1. Daten der SEDS-1- und SEDS-2-Mission	55
4.5.2. Vergleich der SEDS-Flugdaten mit den Simulationsergebnissen	60
5. Einsatzpotential des seilunterstützten Wiedereintritts	67
5.1. Referenzmission Rapunzel	67
5.1.1. Resurs-F-Raumkapsel	67
5.1.2. Rapunzel-Seilmechanik	69
5.1.3. Wiedereintrittskapsel CK500	70
5.1.4. Missionsablauf	71
5.1.5. Vorgesehener Landepunkt	73
5.2. Vergleich der Störungen beim Ausfahrvorgang	74
5.2.1. Ungestörter Ausfahrvorgang	74
5.2.2. Gestörte Anfangsbedingungen	78
5.2.3. Gravitationsstörungen	80
5.2.4. Störungen durch die Erdatmosphäre	82
5.2.5. Andere Störfaktoren	86

5.3. Abschätzung der Landepunktgenauigkeit beim Wiedereintritt	89
5.3.1. Regelung unter Berücksichtigung des Schwingungszustandes	90
5.3.2. Regelung mit Hilfe von Seillänge und Geschwindigkeit	104
5.3.3. Verwendung von Positionsdaten des GPS-Systems	106
5.4. Vergleich von Static Release und Swinging Release	108
5.4.1. Abweichung vom festgelegten Abwurfzeitpunkt	111
5.4.2. Änderung der Atmosphärendichte	113
5.4.3. Einfluß der Reibungskräfte	115
5.4.4. Verschiebung des Abwurfs um einen Umlauf	117
6. Zusammenfassung	121
7. Formelzeichen	127
8. Literatur	133