

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Simulation zeitabhängiger Intensitätsverteilungen	5
2.1	Einführung	5
2.2	Laserstrahlquellen	6
2.2.1	Grundlagen	6
2.2.2	Faserlaser	7
2.2.3	Chemische und gasdynamische Laser	8
2.3	Vakuumpropagation von Laserstrahlung	12
2.3.1	Gaußstrahlen	12
2.3.2	Strahlqualität	15
2.3.3	Bestimmung des minimal zu erreichenden Fokusdurchmessers	16
2.4	Strahlaufweitung durch atmosphärische Turbulenzen	18
2.4.1	Grundlagen	18
2.4.2	Quantifizierung der Auswirkungen atmosphärischer Brechzahlfluktuationen auf die Strahlausbreitung	19
2.4.3	Korrektur der Auswirkungen von Turbulenzen durch adaptive Optik	24
2.4.4	Einschränkung der Effektivität von adaptiver Optik durch Anisoplanatismus	27
2.5	Absorption und Streuung von Laserstrahlung in der Atmosphäre	31
2.6	Nichtlineare Einflüsse auf die Strahlausbreitung	34
2.7	Kombination verschiedener Effekte der Strahldegradation	37
2.8	Berechnung von Bahnkurven	39
2.8.1	Raketenbahnen	39
2.8.2	Satellitenbahn	40
2.9	Numerische Umsetzung der Intensitätsberechnung	41
2.10	Fehlerbetrachtung der Intensitätsberechnung	47
2.11	Folgerungen	49
3	Simulation zeitabhängiger Temperaturverteilungen und experimentelle Validierung	51
3.1	Einführung	51
3.2	Grundlagen	52

3.2.1	Einflussgrößen bei der Berechnung zeitabhängiger Temperaturverteilungen	52
3.2.2	Effektive Intensität	56
3.2.3	Absorptionsvermögen	57
3.2.4	Wärmestrahlung	62
3.2.5	Bestimmende Parameter der Wärmeleitung	64
3.3	Finite Elemente Simulationen	69
3.3.1	Übersicht	69
3.3.2	Finite Elemente Berechnungsmethode	69
3.3.3	Getroffene FEM Softwareauswahl	71
3.3.4	Modellentwicklung	72
3.4	Experimentelle Validierung	79
3.4.1	Übersicht	79
3.4.2	Experimente zur Validierung der Temperaturberechnungen	80
3.4.3	Experimente zur Validierung des Modells zur Intensitätsberechnung	92
3.5	Folgerungen	98
4	Simulation zeitabhängiger Spannungsverteilungen und experimentelle Validierung	99
4.1	Einführung	99
4.2	Modellentwicklung	100
4.2.1	Eingrenzung des Problems	100
4.2.2	Materialeigenschaften von Metallen	101
4.2.3	Berechnung von Spannungen und Verformungen bei dreidimensionalen Problemen	107
4.2.4	Erweiterung des Finite Elemente Modells	109
4.3	Experimentelle Validierung des Modellierungsansatzes	112
4.3.1	Übersicht über die durchgeführten Versuchsreihen	112
4.3.2	Punktuelle Verformungsmessung	112
4.3.3	Flächige Verformungsmessungen	116
4.4	Folgerungen	125
5	Methode zur Bewertung der Laserbestrahlung von Raumflugkörpern	127
5.1	Einführung	127
5.2	Zusammenfassung der Bewertungsmethode	128
5.3	Übertragbarkeit der Methode und Ergebnisgüte	131
6	Fallbeispiele	133
6.1	Einführung	133
6.2	Fallbeispiel zur Raketenabwehr mit Lasern	134
6.2.1	Szenarioübersicht	134

6.2.2	Szenariobewertung	136
6.2.3	Eingrenzung möglicher Auftreffpunkte des Sprengkopfes in Abhängigkeit ausgewählter Eingangsparameter	145
6.2.4	Qualität der Eingangsdaten und Folgerungen	150
6.3	Fallbeispiel zur Bestrahlung von Satelliten	153
6.3.1	Szenarioübersicht	153
6.3.2	Szenariobewertung	153
6.3.3	Qualität der Eingangsdaten und Folgerungen	159
7	Zusammenfassung und Ausblick	161
A	Anhang	167
A.1	Algorithmen zur Intensitätsberechnung	167
A.1.1	Verwendete Näherung zur Berechnung des Strehlverhältnisses des ABL ohne Anisoplanatismus S_{AO}	167
A.1.2	Verwendete Näherung zur Berechnung des Varianzreduzie- rungsfaktors ρ_{op}	167
A.1.3	Schnittstelle zu MODTRAN	168
A.2	Ergänzende Informationen zur Temperaturberechnung	170
A.2.1	Verwendete thermophysikalische Materialparameter	170
A.2.2	Gemessene Laserstrahldivergenzen	174
A.3	Ergänzende Informationen zur Spannungsberechnung	175
A.3.1	Verwendete temperaturabhängige mechanische Materialpara- meter	175
A.4	Informationen zu den Trajektorien der Fallbeispiele	176
A.4.1	Raketentrajektorie	176
A.4.2	Satellitentrajektorie	176
A.5	Weitere Messergebnisse	177
	Danksagung	205