

Inhalt

Kurzfassung	IX
Abstract	XI
1 Einleitung	1
1.1 Dynamisch-thermisch-optische Simulation	3
1.2 Ziele und Aufbau der Arbeit	6
2 Grundlagen der mechanischen und thermischen Modellierung	11
2.1 Grundlagen der transienten mechanischen Systemmodellierung und -analyse	11
2.1.1 Starre Mehrkörpersysteme	12
2.1.2 Strukturdynamische Finite Elemente Analyse	14
2.1.3 Modellreduktion durch Projektion	16
2.1.4 Elastische Mehrkörpersysteme	18
2.1.5 Transiente Spannungsanalyse	21
2.2 Grundlagen der Thermoelastischen Systemmodellierung	23
2.2.1 Thermische Finite Elemente Analyse	23
2.2.2 Berücksichtigung der Thermoelastizität in der Finite Elemente Analyse	25
2.2.3 Besonderheiten in der numerischen Umsetzung	26
3 Grundlagen der optischen Systemmodellierung und Analyse	29
3.1 Physikalische Lichtmodelle	29
3.1.1 Strahlenoptik	31
3.1.2 Wellenoptik	33
3.2 Eigenschaften optischer Linsensysteme	36
3.3 Strahlverfolgung in homogenen Medien	38

3.3.1	Beschreibung eines Lichtstrahls	39
3.3.2	Kontinuierliche Beschreibung von Oberflächen	40
3.3.3	Schnittpunktsbestimmung zwischen Strahlen und Oberflächen	43
3.3.4	Änderung der Strahlrichtung an einer optischen Oberfläche	46
3.4	Strahlverfolgung durch Medien mit positionsabhängigem Brechungsindex .	47
3.4.1	Numerische Lösung der Strahlengleichung	48
3.4.2	Berechnung der Strahlposition und Strahlrichtung an der Rückseite eines inhomogenen Elements	50
3.5	Repräsentation von Laserstrahlen mittels Gaußscher Bündel	51
3.5.1	Modellierung Gaußscher Bündel	54
3.6	Analyse des Abbildungsverhaltens optischer Systeme	59
3.6.1	Optische Bildfehler	60
3.6.2	Zernike-Polynome	61
3.6.3	Berechnung der Wellenfrontfehler	63
3.6.4	Bewertung des Auflösungsvermögens optischer Systeme	67
3.6.5	Bildsimulation mithilfe der Fourier-Optik	68
4	Positions- und richtungsabhängiger Brechungsindex	71
4.1	Spannungsoptische Effekte	71
4.1.1	Beschreibung der Polarisation mittels Jones-Vektoren	75
4.1.2	Strahlverfolgung in Linsen mit inneren mechanischen Spannungen .	77
4.2	Thermo-optische Effekte	81
5	Dynamisch-thermisch-optische Kopplung	83
5.1	Simulationsablauf	84
5.2	Kinematik optischer Oberflächen	87
5.3	Approximation deformierter Oberflächen	90
5.3.1	Berechnung der Referenzfläche deformierter Oberflächen	92
5.3.2	Polynomapproximation deformierter Oberflächen	96
5.4	Zusammenhang thermischer und mechanischer Systemeinflüsse	101
5.4.1	Der Zusammenhang mechanischer und thermischer Anregungen .	101

5.4.2	Der Zusammenhang mechanischer und thermischer Deformationen	102
5.4.3	Berücksichtigung von Brechungsindexänderungen	104
5.5	Implementierung eines Laserstrahls als Wärmequelle	104
5.5.1	Deformation des thermischen Finite Elemente Netzes aufgrund mechanischer Anregung	105
5.5.2	Wärmestrom eines Gaußschen Bündels in optischen Linsen	106
5.6	Approximation der Brechungsindexvariation	114
5.6.1	Inhomogener Brechungsindex in deformierten Elementen	116
5.6.2	Schnittstellendatenerzeugung bei inhomogenem Brechungsindex	117
5.6.3	Schnittstellendatenerzeugung bei anisotropem Brechungsindex	123
6	Systemanalysen mit positionsabhängigem Brechungsindex	127
6.1	OM-Sim	127
6.2	Spannungsoptische Analyse einer Einzelkomponente	129
6.2.1	Analyse der Eigenmoden	131
6.2.2	Transiente Analyse der Einzelkomponente	137
6.3	Dynamisch-thermoelastisch-optische Analyse eines Objektivs	140
6.3.1	Systemmodellierung	140
6.3.2	Dynamisch-thermoelastisch-optische Systemanalyse	144
7	Zusammenfassung und Ausblick	151
Anhang		155
A.1	Transformation globaler Koordinaten eines Finite Elemente Netzes in lokale Koordinaten	155
A.2	Herleitung der neuen Strahlrichtung bei Brechung eines Lichtstrahls an einer Oberfläche	155
Formelzeichen und Notation		157
Literaturverzeichnis		165