

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation	2
1.2	Zielstellung	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1	Nichtabbildende, geometrische Optik	7
2.2	Photometrische Größen	9
2.3	Lichttechnische Begriffe	10
2.3.1	Lichtverteilung	10
2.3.2	Strahl und Strahlenergie	11
2.3.3	Lichtquelle und Detektor	11
2.3.4	Strahlpfad	12
2.3.5	Eindeutiger Strahlengang	13
2.4	Nichtabbildende optische Systeme	13
2.5	Funktionsprinzipien optischer Flächen	14
2.5.1	Strahlumlenkung und Snelliussches Brechungsgesetz	15
2.5.2	Strahlformung	16
2.5.3	Strahlabstandskonzept	17
2.5.4	Lexikographisch geordnete Strahlenmengen	19
2.6	Flächentypen der nichtabbildenden Optik	20
2.6.1	Kegelschnittbasierte Flächen	20
2.6.2	Rotationssymmetrische Polynomflächen	21
2.6.3	Global und abschnittsweise definierte Flächen	22
2.6.4	Freiformflächen	23
2.7	Idealisierte optische Systeme	26
2.8	Sequentielle und nichtsequentielle Strahlverfolgung	27

<b>3</b>	<b>Entwurfsmethoden der Beleuchtungsoptik .....</b>	<b>29</b>
3.1	Virtuelles Prototyping .....	29
3.1.1	Entwurfsphasen im Entwicklungsprozess .....	30
3.1.2	Softwaregestützte Modellierung und Analyse optischer Systeme .....	33
3.2	Fortgeschrittene Entwurfsmethoden optischer Flächen .....	36
3.2.1	Randstrahlenprinzip .....	36
3.2.2	Simultan-Multiple-Surface-Methode .....	38
3.2.3	Differentialgeometrisches Maßschneidern mit Wellenfronten .....	38
3.2.4	Integrable-Maps-Methode .....	40
3.3	Fertigungstechnologien .....	41
<b>4</b>	<b>Maßberechnung optischer Systeme .....</b>	<b>43</b>
4.1	Konzept der ordnungserhaltenden Strahlzuordnung .....	43
4.2	Maßberechnung rotationssymmetrischer optischer Komponenten .....	47
4.2.1	Systeme mit einer optischen Fläche .....	48
4.2.2	Differentialgleichung zur Berechnung der Strahlzuordnung .....	50
4.2.3	Differentialgleichung zur Berechnung der Freiformkurve .....	51
4.2.4	Numerische Lösung der Differentialgleichungen und Approximation der Maßberechnungsfläche .....	54
4.2.5	Beispiel für Systeme mit einer strahlformenden Fläche ..	56
4.2.6	Systeme mit mehreren optischen Flächen .....	57
4.2.7	Systeme mit zwei Maßberechnungsflächen .....	64

<b>5</b>	<b>Maßberechnung nichtrotationssymmetrischer optischer Komponenten</b>	<b>67</b>
5.1	Abgrenzung zu rotationssymmetrischen Systemen	67
5.2	Strahlzuordnung nichtrotationssymmetrischer Lichtverteilungen	68
5.2.1	Herleitung des Differentialgleichungssystems der Strahlzuordnung	70
5.2.2	Transformationsfunktion der polaren Winkelkoordinate	72
5.2.3	Interpretation der Gleichungen	74
5.2.4	Transformationsfunktion der azimuthalen Winkelkoordinate	76
5.2.5	Anfangsbedingung für die Strahlzuordnung	77
5.3	Generierung nichtrotationssymmetrischer Freiformflächen	79
5.3.1	Herleitung des Differentialgleichungssystems	79
5.3.2	Systeme mit weiteren optischen Flächen	81
5.3.3	Nichtrotationssymmetrische Systeme mit zwei Freiformflächen	82
5.4	Kurzdarstellung des Maßberechnungsalgorithmus	82
<b>6</b>	<b>Diskussion des Maßberechnungsalgorithmus</b>	<b>87</b>
6.1	Charakterisierung und Abgrenzung zu bekannten Verfahren	87
6.2	Topologie der Lichtverteilungen	90
6.3	Numerischer Lösungsansatz	92
6.4	Generierung und Eigenschaften der Maßberechnungsfläche	93
6.5	Übergang von Refraktion auf Totalreflexion	94
6.6	Physikalische Konsistenz	94
6.7	Systeme mit realen Lichtquellen	95
6.8	Praxisrelevante Einschätzung der Leistungsfähigkeit	96

---

<b>7</b>	<b>Das AdoptTool .....</b>	<b>99</b>
7.1	Einführung und allgemeine Anmerkungen.....	99
7.2	Programmaufbau und GUI-basierte Bedienung .....	101
7.2.1	Eingabe der Systemdaten.....	102
7.2.2	Programmablauf und Ausgabe der Systemdaten .....	106
7.3	Datenaustausch mit kommerziellen Softwarepaketen .....	108
7.3.1	Generierung der berechneten optischen Flächen .....	109
7.3.2	Lichttechnische Verifikationssimulationen .....	110
7.4	Diskussion des Programmpakets.....	110
7.4.1	Leistungsfähigkeit des AdoptTools.....	111
7.4.2	Grenzen des AdoptTools.....	115
7.5	Systemadaptation an reale Bedingungen .....	118
7.5.1	Ursachen qualitativer und quantitativer Abweichungen.....	119
7.5.2	Kompensation abweichender Detektorlichtverteilungen .....	120
<b>8</b>	<b>Applikationsbeispiele .....</b>	<b>123</b>
8.1	LED-basierter Fahrtrichtungsanzeiger.....	123
8.2	LED basierte Warnleuchte .....	125
8.3	Downlight-Leuchte mit Freiformreflektoren .....	129
8.4	Maßberechnete Lichtleitstäbe .....	130
8.5	Weitere mögliche Anwendungsgebiete .....	132
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>135</b>
9.1	Ausblick .....	138
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
<b>11</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>145</b>