

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>VI</b>
<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungen und Formelzeichen</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Forschung und Technik</b>	<b>7</b>
2.1 Lichttechnische Grundlagen	7
2.1.1 Menschliche Helligkeitsempfindlichkeit	7
2.1.2 Lichttechnische Größen	9
2.1.3 Kontrast	11
2.2 Grundlagen von Leuchtdioden	13
2.2.1 Architektur von LED-Chips	16
2.2.2 Weißlichterzeugung	17
2.2.3 Abstrahlcharakteristik	19
2.3 Grundlagen von Fahrzeugscheinwerfern	20
2.3.1 Fahrzeuglichtverteilungen	20
2.3.2 Optische Systeme für Fahrzeugscheinwerfer	25
2.3.3 Hochauflösende Technologien im Fahrzeugscheinwerfer	28
2.3.4 Serien- und Forschungsscheinwerfer auf Basis von LED-Arrays	31
<b>3 Wissenschaftliche Herausforderungen</b>	<b>37</b>
<b>4 Konzeptionelle Betrachtungen</b>	<b>41</b>
4.1 Architektur des LED-Arrays	41
4.1.1 Inhomogenitäten in der Lichtverteilung	42
4.1.2 Anordnungsmöglichkeiten von LEDs im Array	44
4.1.3 Seitenverhältnis	46
4.1.4 Leuchtdichte	47
4.2 Wirkungsgrad des optischen Systems für Lambertstrahler	48
4.2.1 Wirkungsgrad von Lambertstrahlern	48
4.2.2 Geometrischer Wirkungsgrad von Lichtverteilungen	50
4.2.3 Natürlicher Randlichtabfall für achsferne Lichtstrahlen	54
4.2.4 Fresnel-Reflexionsverluste an optischen Grenzflächen	56
4.2.5 Schlussfolgerungen für wirkungsgradstarke optische Systeme	61

4.3	Einflussgrößen auf den Systemkontrast . . . . .	63
4.3.1	Diskussion der Kontrastdefinitionen . . . . .	63
4.3.2	Systemkontrast eines Fahrzeugscheinwerfers . . . . .	66
4.3.3	Modulationsübertragungsfunktion des optischen Systems . . . . .	67
4.3.4	Tiefenschärfe und Blendenzahl . . . . .	69
4.3.5	Spontane Leuchtstoffanregung durch Fresnel-Reflexion . . . . .	71
4.3.6	Pixelierung der Leuchtstoffschicht . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Entwicklung eines hochauflösenden LED-Scheinwerfers</b> . . . . .	<b>75</b>
5.1	Anforderungen . . . . .	76
5.2	Projektionskonzepte für beleuchtungsstarke Lichtverteilungen . . . . .	79
5.3	Konzeptionelle Auslegung . . . . .	90
5.4	Aufbau der Lichtmodule . . . . .	95
5.5	Simulation . . . . .	98
5.5.1	Geometrie und Abbildungsqualität des optischen Systems . . . . .	98
5.5.2	Toleranzbetrachtung . . . . .	101
5.5.3	Lichtverteilung . . . . .	103
5.5.4	Kontrastanalyse . . . . .	106
5.6	Scheinwerferintegration . . . . .	109
<b>6</b>	<b>Versuche und Versuchsauswertung</b> . . . . .	<b>111</b>
6.1	Validierung der LED-Array Lichtquelle . . . . .	112
6.1.1	Spektren und Farborte der Eviyos LEDs . . . . .	113
6.1.2	Chipkontraste . . . . .	117
6.2	Optisches System . . . . .	121
6.3	Messergebnisse Lichtverteilung . . . . .	125
6.4	Optimierungspotentiale . . . . .	129
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> . . . . .	<b>133</b>
7.1	Zusammenfassung . . . . .	133
7.2	Kritische Würdigung . . . . .	136
7.3	Ausblick . . . . .	137
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	<b>141</b>
	<b>Eigene Veröffentlichungen und Patente</b> . . . . .	<b>155</b>
	<b>Verwendete Normen und Richtlinien</b> . . . . .	<b>157</b>
	<b>Anhang</b> . . . . .	<b>159</b>
	<b>A Tabellen</b> . . . . .	<b>160</b>
	<b>B Betreute studentische Arbeiten</b> . . . . .	<b>162</b>