

# 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 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 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 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>