

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Scheinwerfertechnik und Sensorsysteme im Fahrzeug.....	1
1.2	Ziel und Aufbau der Arbeit.....	1
<b>2</b>	<b>Visuelle Wahrnehmung im Straßenverkehr .....</b>	<b>3</b>
2.1	Menschliches Auge und Wahrnehmung .....	3
2.1.1	Schwellenkontrast .....	4
2.1.2	Aufbau des Auges .....	5
2.1.3	Wahrnehmung .....	7
2.1.4	Blickverhalten .....	7
2.1.5	Blendung .....	9
2.1.6	Folgen der nächtlichen Sichteinschränkung.....	14
2.2	Stand der Kraftfahrzeug-Lichttechnik .....	17
2.2.1	Abblendlichtverteilung.....	17
2.2.2	Xenon-Scheinwerfer.....	19
2.2.3	Automatische und dynamische Leuchtweitenregulierung .....	20
2.2.4	Adaptives Kurvenlicht.....	22
2.3	Vertikale Straßengeometrie.....	25
2.3.1	Eigenschaften .....	25
2.3.2	Einfluss auf die Wirkung des Abblendlichtes .....	30
2.4	Verbesserungspotential durch vertikale Anpassung der Lichtverteilung .....	36
<b>3</b>	<b>Sensorsystem zur Ermittlung der vertikalen Straßenkrümmung .....</b>	<b>41</b>
3.1	Auswertung der Fahrzeugdynamik .....	41
3.1.1	Nickbewegungen der Fahrzeugkarosserie.....	42
3.1.2	Gier- und Wankbewegung bei Kurvenfahrt .....	46
3.1.3	Geometriemodell zur Bestimmung der vertikalen Straßenkrümmung .....	48
3.1.4	Plausibilitätsprüfung.....	50
3.2	Erfassung der Fahrzeugumgebung.....	51
3.2.1	Ultraschallsensoren .....	51
3.2.2	Radar- und Lidarsensoren .....	51

3.2.3	Kamerasensor .....	53
3.2.4	Geometriemodell zur Bestimmung der vertikalen Straßenkrümmung .....	55
3.3	Gespeicherte Daten .....	57
3.3.1	Ortsbestimmung .....	57
3.3.2	Digitale Karten .....	57
3.3.3	Geometriemodell zur Bestimmung der vertikalen Fahrbahnkrümmung.....	58
<b>4</b>	<b>Anpassung der Lichtverteilung an die vertikale Straßenform.....</b>	<b>61</b>
4.1	Forderungen der Verkehrsteilnehmer an eine Fahrzeuglichtverteilung.....	61
4.1.1	Forderungen des Fahrers .....	62
4.1.2	Forderungen der anderen Verkehrsteilnehmer .....	64
4.2	Geometrische Betrachtung .....	67
4.3	Entwicklung der Verstellstrategie zur adaptiven Leuchtweitenregulierung .....	70
<b>5</b>	<b>Wirkung der adaptiven Leuchtweitenregulierung.....</b>	<b>81</b>
5.1	Geometrische Berechnungen und Simulation .....	81
5.2	Untersuchungen an der Modellstraße .....	89
5.2.1	Erkennbarkeit von Objekten.....	90
5.2.2	Blendung des Gegenverkehrs.....	95
5.3	Nachtfahrten im realen Straßenverkehr .....	102
5.3.1	Erkennbarkeitsentfernung von Objekten.....	103
5.3.2	Blickverhalten des Fahrers .....	110
5.3.3	Subjektive Bewertung der Leuchtweitenregulierung .....	119
5.4	Schlussfolgerungen .....	126
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>129</b>
6.1	Zusammenfassung.....	129
6.2	Ausblick .....	130
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>143</b>
8.1	Verteilung von Kuppen- und Wannennadien .....	143
8.1.1	Route zur Aufzeichnung der Kuppen- und Wannennadien .....	143

8.1.2	Ausgewählte Verteilungen von Kuppen- und Wannennadien.....	144
8.2	Einfluss der vertikalen Straßenkrümmung auf die Wirkung der Lichtverteilung..	147
8.2.1	Vertikale Straßenkrümmung und Leuchtweite .....	149
8.2.2	Abstand der Hell-Dunkel-Grenze zur Fahrbahnoberfläche .....	151
8.3	Fahrwerkmodell und Kalmanfilter.....	152
8.3.1	Einspurmodell des Fahrwerks .....	152
8.3.2	Erweiterung des Einspurmodells.....	153
8.3.3	Kalmanfilter .....	157
8.3.4	Integration des Fahrwerkmodells in den Kalmanfilter.....	159
8.4	Simulation der Blendbeleuchtungsstärken und Leuchtdichten.....	162
8.4.1	Simulationsmodell.....	163
8.4.2	Berechnung der Winkelkoordinaten.....	165
8.4.3	Berechnung der Beleuchtungsstärken am Fahrerauge .....	168
8.4.4	Berechnung der reflektierten Leuchtdichten .....	170
8.4.5	Validierung.....	173
8.4.6	Simulierte Beleuchtungsstärken und Leuchtdichten .....	183
8.5	Messung des Blickverhaltens mit dem Eye-Tracking-System.....	191
8.6	Ausschnitt aus dem Fragenkatalog .....	197