

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung / Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Notationen, Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Einordnung und Ziel . . . . .	2
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2 Grundlagen der Farbbildsensorik</b>	<b>5</b>
2.1 Entstehung und Bewertung von Licht . . . . .	6
2.1.1 Strahlungsquellen und Lichtarten . . . . .	6
2.1.2 Radiometrie und Fotometrie . . . . .	7
2.1.3 Farbmessstechnik . . . . .	9
2.2 Bildsensoren und Signalwandlung . . . . .	11
2.2.1 Progressive-Scan Interline-Transfer CCD . . . . .	12
2.2.2 Fotodiode . . . . .	13
2.2.3 CCD-Signalprozessor . . . . .	15
2.2.4 Modell des Signalpfads . . . . .	17
2.2.5 Modell zum Rauschen . . . . .	19
2.3 Bestimmung ausgewählter Kamerakennwerte . . . . .	21
2.3.1 Dunkelsignal und Dynamik . . . . .	21
2.3.2 Hellsignal und Fullwell-Kapazität . . . . .	22
2.3.3 Nichtlinearität . . . . .	23
2.4 Verfahren zur spektralen Trennung . . . . .	24
2.5 Modell der Bildaufnahme . . . . .	26
<b>3 Grundlagen zur Optimierung der Farbbildreproduktion</b>	<b>27</b>
3.1 Farbraumspezifische Gerätecharakterisierung . . . . .	28
3.1.1 Trichromatische Bildaufnahmesysteme . . . . .	28
3.1.2 Selbstleuchtende Wiedergabegeräte . . . . .	30

3.2	Mathematische Ansätze zur Farbkorrektur . . . . .	32
3.2.1	Zielstellung . . . . .	32
3.2.2	Chromatische Adaption . . . . .	32
3.2.3	Abbildungsfunktionen . . . . .	33
3.3	Spektrale Anpassung . . . . .	35
3.4	Gütekriterien . . . . .	37
3.4.1	Integraler Fehler . . . . .	37
3.4.2	Farbqualitätsfaktor . . . . .	38
3.4.3	Farbabstandsformeln . . . . .	39
3.4.4	Bewertung von Farbrauschen . . . . .	40
3.5	Optimierungswerkzeuge . . . . .	41
3.5.1	Methode der kleinsten Quadrate . . . . .	41
3.5.2	Inverse Verfahren . . . . .	42
3.5.3	Lineare Optimierung . . . . .	43
3.5.4	Quadratische Optimierung . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Indirekte Bestimmung der spektralen Kameraempfindlichkeit</b>	<b>45</b>
4.1	Simulationsmodell zur indirekten Spektralmessung . . . . .	46
4.2	Methoden zur indirekten Spektralmessung . . . . .	47
4.2.1	Inverse Verfahren . . . . .	48
4.2.2	Lineare Optimierung . . . . .	49
4.2.3	Quadratische Optimierung . . . . .	52
4.2.4	Lagrangesche Multiplikatorenregel . . . . .	54
4.2.5	Diskussion . . . . .	55
4.3	Methoden zur Farbfilterauswahl . . . . .	56
4.3.1	Bewertungskriterium . . . . .	56
4.3.2	Standardtestkarten . . . . .	57
4.3.3	Singulärwertmethode . . . . .	58
4.3.4	Lagrange-Multiplikator-Methode . . . . .	59
4.3.5	Diskussion . . . . .	61
4.4	Verfahren zur Bewertung der Messergebnisse . . . . .	61
4.4.1	Normierte Farbvektordifferenz . . . . .	61
4.4.2	Chromatischer Abstand . . . . .	62
4.4.3	Farbabstandsformeln . . . . .	63
4.4.4	Diskussion . . . . .	63
<b>5</b>	<b>Messung der spektralen Kameraempfindlichkeit</b>	<b>65</b>
5.1	Bestimmung des Pixel-Übertragungsverhaltens . . . . .	65
5.2	Indirekte Messmethode . . . . .	67
5.2.1	Farbkameramessplatz . . . . .	67

5.2.2	Ergebnisse . . . . .	70
5.3	Direkte Messmethode . . . . .	73
5.3.1	Messaufbau . . . . .	74
5.3.2	Ergebnisse . . . . .	75
5.4	Gütetest . . . . .	76
5.5	Diskussion . . . . .	78
<b>6</b>	<b>Modellbasierte Optimierung der Farbkorrektur</b>	<b>81</b>
6.1	Einführung . . . . .	81
6.2	Methoden zur optimalen Matrizierung . . . . .	82
6.2.1	Methode der kleinsten Quadrate . . . . .	83
6.2.2	Lineare Optimierung . . . . .	83
6.2.3	Quadratische Optimierung . . . . .	84
6.2.4	Diskussion . . . . .	85
6.3	Rauschstabile Matrizierung . . . . .	86
6.3.1	Optimierung der Kanaldifferenz . . . . .	87
6.3.2	Optimierung der Quadratsumme . . . . .	87
6.3.3	Empfindungsgemäße Optimierung . . . . .	88
6.3.4	Diskussion . . . . .	88
6.4	Optimale Multi-Beleuchtungs-Matrizierung . . . . .	90
6.4.1	Doppelmatrix . . . . .	90
6.4.2	PCA-basierte Farbkorrektur-Methode . . . . .	91
6.4.3	Triplematrix . . . . .	92
6.4.4	Algorithmen zur dynamischen Anpassung . . . . .	94
6.4.5	Diskussion . . . . .	95
6.5	Anwendungsspezifische Parametrierung . . . . .	97
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>101</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>103</b>