

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Stand der Technik . . . . .	2
1.1.1 Analytische Kameramodelle . . . . .	2
1.1.2 Klassische geometrische Kamerakalibrierung . . . . .	4
1.2 Probleme . . . . .	5
1.3 Lösungsansatz . . . . .	6
<b>2 Grundlagen</b>	<b>9</b>
2.1 Optische Abbildung . . . . .	9
2.2 Standardverfahren der Kamerakalibrierung . . . . .	10
2.3 Technische Grundlagen . . . . .	15
2.3.1 Bilderzeugung im Computer . . . . .	15
2.3.2 Signalerzeugung eines Flachbildschirms . . . . .	16
2.3.3 Signalempfang einer Digitalkamera . . . . .	19
2.3.4 Besonderheiten der Kombination von Monitor und Kamera . .	21
2.4 Punkt-Spreiz-Funktion . . . . .	22
2.4.1 Linsensystem . . . . .	24
2.4.2 Blende . . . . .	25
2.4.3 Defokussierung . . . . .	26
2.4.4 Modell der Punkt-Spreiz-Funktion . . . . .	27
2.5 Modell des Übertragungssystems . . . . .	28
2.5.1 Analytisches Modell der Signalerzeugung und -rezeption . .	28
2.5.2 Einbeziehung von Störungen . . . . .	31
<b>3 Verfahren</b>	<b>33</b>
3.1 Kompensation der geometrischen Verzerrung . . . . .	33
3.2 Vorgehensweise zur Ermittlung der Punkt-zu-Punkt-Korrespondenzen	36
3.3 Referenzverfahren . . . . .	37
3.3.1 Beschreibung des Referenzverfahrens . . . . .	38
3.3.2 Analyse des Referenzverfahrens . . . . .	40
3.4 Punkt-zu-Punkt-Korrespondenzen aus wert- und ortskontinuierlichen Mustern . . . . .	45
3.4.1 Beschreibung und Untersuchung . . . . .	45
3.4.2 Modellierung des Kalibriersignals . . . . .	47
3.4.3 Bestimmung der Punkt-zu-Punkt-Korrespondenzen . . . . .	48

3.5	Kompensation nicht-orthogonaler Punkt-zu-Punkt-Korrespondenzen . . . . .	50
<b>4</b>	<b>Signalaufbereitung</b>	<b>55</b>
4.1	Einflüsse auf das Signal . . . . .	55
4.1.1	Modellierung synthetischer Testdaten . . . . .	55
4.1.2	Auswertung . . . . .	58
4.2	Photometrische Kalibrierung . . . . .	58
4.3	Phasenkreis . . . . .	61
<b>5</b>	<b>Messung und Kompensation der geometrischen Verzerrung</b>	<b>65</b>
5.1	Untersuchungen zur Phasenschätzung . . . . .	65
5.1.1	Signalausschnitte . . . . .	66
5.1.2	Direkte Phasenschätzung . . . . .	67
5.1.3	Frequenzschätzung . . . . .	68
5.1.4	Schätzung der Momentanphase mit polynomiellem Phasenverlauf . . . . .	72
5.1.5	Schätzung des gesamten Phasenverlaufs . . . . .	72
5.2	Auflösen der Phasenmehrdeutigkeiten . . . . .	74
5.3	Kompensation der geometrischen Verzerrung . . . . .	75
5.4	Invertierung der Abbildung . . . . .	76
5.4.1	Invertierung zweidimensionaler Punktkorrespondenzen . . . . .	77
5.4.2	Erstellung eines entzerrten Bildes . . . . .	78
5.5	Vorgehen bei Farbkameras . . . . .	79
5.6	Zusammenfassung des Verfahrens . . . . .	81
<b>6</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>83</b>
6.1	Verwendete Geräte . . . . .	83
6.2	Vermessene Abbildungen . . . . .	84
6.3	Präzision entzerrter Bilder . . . . .	84
6.4	Entzerrte Kalibrierung . . . . .	87
6.5	Vergleich mit klassischer Kamerakalibrierung . . . . .	89
6.6	Vermessung mit nicht-orthogonaler Ausrichtung . . . . .	93
6.7	Anwendung zur Untersuchung verschiedener optischer Eigenschaften . . . . .	93
6.7.1	Chromatische Aberration . . . . .	95
6.7.2	Blendenreihen . . . . .	96
6.7.3	Fokusreihen . . . . .	96
6.7.4	Defokussierung . . . . .	97
6.8	Auswahl geeigneter Parameter . . . . .	98
6.8.1	Frequenz und Winkel . . . . .	98
6.8.2	Phase . . . . .	99
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>101</b>

<b>A</b>	<b>Definitionen</b>	<b>107</b>
<b>B</b>	<b>Nebenrechnungen</b>	<b>109</b>
B.1	Diskrete Faltung bei kontinuierliche Signalen . . . . .	109
B.2	Gauß'sche Fehlerfortpflanzung . . . . .	110
B.3	Faltungen, unbestimmte und bestimmte Integrale . . . . .	110
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>113</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>		<b>120</b>