

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Deflektometrie – eine Definition	3
2 Stand der Technik	7
2.1 Frühe Arbeiten	7
2.2 Aktueller Diskurs	8
3 Grundlagen der Deflektometrie	11
3.1 Wissen über Oberflächen	11
3.2 Gestalt von Oberflächen	12
3.2.1 Differentialgeometrie	15
3.2.1.1 Krümmung	16
3.2.1.2 Krümmung – diskret	19
3.2.1.3 Krümmung – Formmerkmale	22
3.3 Reflektanz von Oberflächen	22
3.3.1 Spiegelnde Oberflächen – Reflexionsgesetz	25
3.3.2 Spiegelnde Oberflächen – Reflexionsmodell	30
3.3.3 Teilstiegelnde Oberflächen – Reflexionsmodelle	31
3.3.3.1 Reflexionmodell nach Phong	32
3.3.3.2 Wellenlängenabhängige Reflexion	34
3.3.3.3 Weitere Reflexionsmodelle	37
3.4 Wissen über Oberflächen durch Musterauswertung	38
3.4.1 Beobachtung und Auswertung eines Musters	39

3.4.2	Beobachtung und Auswertung einer Mustersequenz	42
3.4.3	Normalenfelder	43
3.5	Rekonstruktionsproblem der Deflektometrie	46
3.6	Regularisierung durch Zusatzwissen	50
3.6.1	Regularisierung mittels Stereoauswertung	51
3.6.1.1	Bestimmung von Randwerten	53
3.6.1.2	Eindeutigkeit der Randwerten	57
3.6.2	Regularisierung mittels Optischem Fluss	64
3.6.3	Regularisierung durch Polarisierung	65
3.6.4	Regularisierung mittels Shape-From-Contour	65
3.6.5	Regularisierung mittels Annahme über Objektlage .	66
3.6.6	Regularisierung mittels modellbasierter Linearisierung	66
3.6.7	Regularisierung durch spezielle Aufnahmekonstellationen	68
3.6.8	Regularisierung mittels Fokusserie	69
3.6.9	Regularisierung mittels Shape-From-Shading (SFS) .	71
3.6.10	Regularisierung mittels Lasertriangulation	71
3.7	Visuelle Wahrnehmung spiegelnder Oberflächen	73
4	Sensorsystem zur automatischen Sichtprüfung	77
4.1	Funktionales Systemmodell	78
4.2	Geometrisches/optisches Systemmodell	82
4.2.1	Kamera – Monitor	82
4.2.1.1	Kameramodell	82
4.2.1.2	Monitormodell	86
4.2.2	Feldblende und Luken	87
4.2.3	Systemparameter	91
4.3	Systemdesign	92
4.3.1	Fokusabstand, Brennweite und Blende	92

4.3.2	Anordnung Kamera – Monitor	96
4.3.2.1	Systemdesign und Normalenfelder	96
4.3.2.2	Systemdesign und Rekonstruktionsgenauigkeit	104
4.3.2.3	Systemdesign und Prüfbereiche	111
4.4	Kalibrierung	113
5	Sichtprüfung durch Auswertung einzelner Bilder	121
5.1	Inverse Muster	126
5.1.1	Signalmodell	130
5.1.2	Auswertestrategien	133
6	Sichtprüfung und deflektometrische Registrierung	137
6.1	Bestimmung der deflektometrischen Registrierung	137
6.2	Auswertung der deflektometrischen Registrierung	150
7	Rekonstruktion spiegelnder Oberflächen	159
7.1	Rekonstruktion und Funktionsgraphen	161
7.1.1	Linearisierung durch Modellannahme	161
7.1.2	Lösungszugänge zum Rekonstruktionsproblem	162
7.1.3	Lineare Poisson-Gleichung	163
7.1.4	Nichtlineare Poisson-Gleichung	165
7.1.5	Konvergenz des Rekonstruktionsalgorithmus	174
7.1.6	Inhomogene Helmholtz-Gleichung	181
7.2	Rekonstruktion und Niveaumethoden	183
7.3	Finite-Element-Methoden	190
7.3.1	Rekonstruktion komplex geformter Objekte	198
7.4	Finite-Differenz-Methoden	205
7.5	Diskrete Differentialgeometrie	218
7.6	Quellen und Wirbel des Normalenfeldes	219

8 Abschlussbemerkungen	227
8.1 Zusammenfassung	227
8.2 Ausblick	231
A Anhang	233
A.1 Lax-Milgram-Lemma	233
A.2 Integralformeln	234
A.3 Betreute Studien- und Diplomarbeiten	236
A.4 Eigene Veröffentlichungen zum Thema	236
A.5 Patente	238
Literaturverzeichnis	239