

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 Teilsiegelnde Oberflächen – Reflexionsmodelle | 31 |
| 3.3.3.1 Reflexionsmodell 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 Fokussérie | 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 Niveaulächen | 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 |