

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Motivation und Ziel der Arbeit . . . . .	5
1.2 Messprinzip „Flying Triangulation“ . . . . .	7
1.3 Überblick . . . . .	9
<b>2 Stand der Forschung</b>	<b>11</b>
2.1 Allgemeine Funktionsweise . . . . .	11
2.2 Optische Messprinzipien . . . . .	12
2.3 Registrierung und Fusionierung . . . . .	17
2.4 Handgeführte Sensoren . . . . .	21
2.5 Fazit . . . . .	24
<b>3 Lichtschnittsensor</b>	<b>27</b>
3.1 Problemstellung und Terminologie . . . . .	27
3.2 Sensoraufbau . . . . .	31
3.3 Sensoroptimierung . . . . .	33
3.3.1 Minimierung der Messunsicherheit . . . . .	34
3.3.2 Evaluierung der Messunsicherheit und der lateralen Auflösung . . . . .	40
3.4 Subpixelgenaue Linienlokalisierung . . . . .	43
3.5 Sensorkalibrierung . . . . .	54
<b>4 Linienindizierung</b>	<b>61</b>
4.1 Problemstellung und Terminologie . . . . .	61
4.2 Verfahren zur Linienindizierung . . . . .	66
4.2.1 Indizierung mittels Eindeutigkeitsbereichen und Linienbreiten . . . . .	66
4.2.2 Indizierung mittels Kontextinformation und Konfidenzwerten . . . . .	73
4.2.3 Indizierung mittels zusätzlicher Kameras . . . . .	82
4.2.4 Stereoverfahren . . . . .	82
4.2.5 Verallgemeinerung auf $N$ Kameras . . . . .	83
4.2.6 Kombination mit anderen Indizierungsverfahren . . . . .	83
4.3 Kontrolle des Indizierungsvolumens . . . . .	84
<b>5 Registrierung und Visualisierung</b>	<b>87</b>
5.1 Problemstellung und Terminologie . . . . .	87
5.2 Bestimmung potentieller Punktcorrespondenzen . . . . .	92
5.3 Grobregistrierung mittels Sliding Grids . . . . .	93
5.4 Feinregistrierung mittels angepasstem ICP . . . . .	95

---

5.5	Multiregistrierung . . . . .	97
5.5.1	Detektion von überlappenden Ansichten . . . . .	98
5.5.2	Fehlerrückverteilung bei Zyklus . . . . .	98
5.6	Sensorbahnrekonstruktion . . . . .	101
5.6.1	Sensorbahn mittels RANSAC-Verfahren . . . . .	101
5.6.2	Korrektur und Eliminierung von Ausreißern . . . . .	102
5.6.3	Geschwindigkeitssteigerung durch Interpolation . . . . .	103
5.6.4	Vorhersage der nächsten Transformation . . . . .	103
5.7	Normalenberechnung . . . . .	103
5.8	Visualisierung . . . . .	104
5.9	Preview- und Continuation-Modus . . . . .	107
5.10	Globale Optimierung . . . . .	108
5.11	Post-Processing . . . . .	109
5.11.1	Mittelung und Reduktion der Messpunkte . . . . .	109
5.11.2	Texturierung der Punktfolge . . . . .	112
5.11.3	Ansatz zur Ausreißereliminierung . . . . .	114
<b>6</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>117</b>
6.1	Anwendungen . . . . .	117
6.1.1	Realisierte Sensoren . . . . .	117
6.1.2	Anwendung als Trackingsystem . . . . .	121
6.2	Untersuchung der Messgenauigkeit . . . . .	121
6.2.1	Theoretische Grenzen . . . . .	121
6.2.2	Simulation der Datenakquisition . . . . .	125
6.2.3	Optimierung der Registrierparameter . . . . .	128
6.2.4	Untersuchung der lokalen Messgenauigkeit . . . . .	131
6.2.5	Untersuchung der Fehlerfortpflanzung . . . . .	133
6.3	Messbeispiele . . . . .	137
6.4	Fazit und Ausblick . . . . .	141
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>143</b>
A.1	Mathematische Grundlagen . . . . .	143
A.1.1	Rotationsmatrix, Eulerwinkel und Quaternionen . . . . .	143
A.1.2	Singulärwertzerlegung . . . . .	147
A.2	Algorithmische Grundlagen . . . . .	150
A.2.1	Iterative-Closest-Point-Algorithmus . . . . .	150
A.2.2	Random-Sample-Consensus-Algorithmus . . . . .	152
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>155</b>
:		