

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Einführung in die Bildfolgenanalyse</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1	Historie . . . . .	9
1.2	Übersicht über die Arbeit . . . . .	10
1.3	Bildentstehung: Bildfolge . . . . .	11
1.4	Bildfolgenanalyse und Bewegungsdeutung . . . . .	13
1.4.1	Änderungsdetektion . . . . .	13
1.4.2	Bewegungsschätzung und -deutung . . . . .	13
1.4.3	Kriterien zur Bewegungsdeutung . . . . .	14
1.5	Bewegungsmessung in Bildsequenzen . . . . .	15
1.5.1	Kriterien zur Klassifizierung von Zuordnungsverfahren . . . . .	16
1.5.2	Intensitätsbasierte Verfahren . . . . .	16
1.5.3	Merkmalsbasierte Verfahren . . . . .	18
1.6	3D-Rekonstruktion von Bewegung und Struktur . . . . .	18
1.6.1	Inversionsansätze . . . . .	19
1.6.2	Projektionsansätze . . . . .	20
1.7	Passive Navigation . . . . .	21
1.7.1	Abgrenzung passiver von aktiver visueller Navigation . . . . .	22
1.7.2	Rekursive kinematische Modellierung . . . . .	22
1.7.3	Der Realwelt-Datensatz: Bildsequenz Rastatt . . . . .	24
1.8	Problemstellung und Zielsetzung dieser Arbeit . . . . .	26
<b>2</b>	<b>Bewegungsmodellierung</b>	<b>29</b>
2.1	Bewegung im dreidimensionalen Raum . . . . .	30
2.1.1	Starrkörperbewegung . . . . .	30
2.1.2	Differentielle Bewegung . . . . .	32
2.2	Rotation . . . . .	33
2.2.1	Kriterien für die Parametrisierung . . . . .	34
2.2.2	Parametrisierung mit den Elementen des Einheitsquaternions . . . . .	35
2.2.3	Interpretation der Quaternionen-Parametrisierung . . . . .	37
2.2.4	Zusammengesetzte Rotationen . . . . .	38
2.2.5	Ermittlung von Quaternionen-Parametern aus gegebener Rotationsmatrix . . . . .	39
2.2.6	Differentielle Rotationsparameter . . . . .	39
2.3	Projizierte Bewegung . . . . .	40

2.3.1	Projektion . . . . .	40
2.3.2	Differentielle projizierte Bewegung . . . . .	41
2.3.3	Starrheitsannahme . . . . .	42
2.3.4	Objektmodell Ebene . . . . .	43
2.3.5	Lokal quadratische Oberflächen . . . . .	45
2.4	Rekonstruktionsansätze . . . . .	46
2.4.1	Die beobachteten Daten . . . . .	47
2.4.2	Lösungswege und Anwendungen bei geringer Anzahl von Bildern . . . . .	48
2.4.3	Rekonstruktionsansatz für die lange Bildsequenz . . . . .	51
<b>II</b>	<b>Bildzuordnung</b>	<b>56</b>
<b>3</b>	<b>Schätzung des optischen Flusses</b>	<b>59</b>
3.1	Regularisierung und finite Elemente Analyse . . . . .	60
3.2	Variationsformulierungen zur Schätzung des optischen Flusses . . . . .	63
3.2.1	Variationsprobleme und Euler'sche Gleichung . . . . .	63
3.2.2	Beobachtungsmodelle des optischen Flusses . . . . .	64
3.2.3	Variationslösung von Horn und Schunk . . . . .	67
3.2.4	Weitere Ansätze von Hildreth und von Nagel . . . . .	68
3.2.5	Diskussion . . . . .	70
3.3	Bewegungsschätzung in örtlich begrenzten Bildausschnitten . . . . .	71
3.3.1	Starre Szene . . . . .	71
3.3.2	Lokal schwach gekrümmte Flächen . . . . .	72
3.3.3	Lokal ebene Objekte . . . . .	73
3.3.4	Differentialgeometrische Interpretation . . . . .	73
3.3.5	Konturorientierte Beobachtungen . . . . .	74
3.3.6	Affinapproximation . . . . .	75
3.3.7	Lokale Fenster . . . . .	75
3.3.8	Differentialgeometrische Modellierung der Bildfunktion . . . . .	76
3.3.9	Diskussion . . . . .	78
3.4	Ein Vergleich von Variations- und Kleinste-Quadrate-Formulierungen . . . . .	80
3.4.1	Bildzuordnung in der Photogrammetrie . . . . .	80
3.4.2	Variations- versus Kleinste-Quadrate-Formulierung: Ein Beispiel . . . . .	82
3.5	Bildflußparadigma . . . . .	85

<b>4</b>	<b>Markante Punkte und Korrespondenz</b>	<b>90</b>
4.1	Kriterien an die Extraktion markanter Punkte . . . . .	91
4.2	Operatoren zur Extraktion markanter Punkte . . . . .	93
4.2.1	Klassifizierung in indirekte und direkte Verfahren . . . . .	93
4.2.2	Punktfinder: Statistische Verfahren . . . . .	95
4.2.3	Punktfinder: Differentialgeometrische Verfahren . . . . .	97
4.2.4	Punktfinder: Klassifizierende Verfahren . . . . .	102
4.2.5	Weitere Verfahren und abschließende Bewertung . . . . .	109
4.3	Merkmalsbasierte Punktverfolgung - Experimentelle Untersuchung . . . . .	112
4.3.1	Verfahren zur Punktverfolgung . . . . .	112
4.3.2	Experimente und Resultate zur Punktextraktion und -verfolgung . . . . .	114
4.3.3	Beispiele verfolgter Punkte und Diskussion . . . . .	117
<b>5</b>	<b>Intensitätsbasierte Bildzuordnung im Scale-Space</b>	<b>122</b>
5.1	Bildpyramiden und Scale-Space . . . . .	122
5.2	Ein Verfahren zur Bildzuordnung im Scale-Space . . . . .	124
5.2.1	Hintergründe und theoretische Grundlagen . . . . .	124
5.2.2	Konzeption des Verfahrens . . . . .	125
5.2.3	Parametrischer Ansatz und Kleinste-Quadrate-Lösung . . . . .	127
5.3	Intensitätsbasierte Punktverfolgung - Experimentelle Untersuchung . . . . .	128
5.3.1	Vorgehensweise . . . . .	129
5.3.2	Voruntersuchungen . . . . .	130
5.3.3	Ergebnisse und Diskussion . . . . .	132
<b>III</b>	<b>3D-Rekonstruktion von Bewegung und Struktur</b>	<b>137</b>
<b>6</b>	<b>Entwurf und Realisierung eines 3D-Kalman-Filters</b>	<b>137</b>
6.1	Kalman-Filter . . . . .	137
6.2	Entwurf eines 3D-Kalman-Filters . . . . .	140
6.2.1	Konzeption des Verfahrens . . . . .	140
6.2.2	Realisierung . . . . .	141
6.3	Experimentelle Untersuchungen . . . . .	142
6.3.1	Kontrollinformation . . . . .	142
6.3.2	Verschiedene Versionen der Filterung . . . . .	143
6.3.3	Bereinigung von Zuordnungsfehlern . . . . .	144
6.3.4	Schätzung der Eigenbewegung . . . . .	145
6.3.5	Schätzung von Strukturparametern . . . . .	150
6.4	Zusammenfassende Beurteilung . . . . .	154

<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>155</b>
<b>Literatur</b>	<b>157</b>
<b>Danksagung</b>	<b>168</b>
<b>Lebenslauf</b>	<b>168</b>