

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Modellbasierte Bildanalyse . . . . .	4
1.1.1	Zweidimensionale Objektmodelle . . . . .	4
1.1.2	Dreidimensionale Gesichtsmodelle . . . . .	5
1.1.3	Rekonstruktion ohne Vorwissen . . . . .	7
1.2	Aufbau der Arbeit . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Das Flexible Objektmodell</b>	<b>9</b>
2.1	Formvektoren, Morphs und Korrespondenz . . . . .	10
2.2	Lineare Objektklassen . . . . .	11
2.3	Textur . . . . .	13
2.4	Symmetrie und Korrelation . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Aufbau eines Flexiblen Gesichtsmodells</b>	<b>17</b>
3.1	Dreidimensionale Laserscans . . . . .	17
3.1.1	Datenbasis . . . . .	18
3.1.2	Vorverarbeitung . . . . .	18
3.2	Korrespondenz mit Optischem Fluß . . . . .	21
3.2.1	Optischer Fluß auf Bilddaten . . . . .	22
3.2.2	Das Verfahren von Lucas und Kanade . . . . .	24
3.2.3	Bildpaare . . . . .	24
3.2.4	Das Verfahren von Bergen und Hingorani . . . . .	25
3.2.5	Korrespondenz zwischen dreidimensionalen Scans . . . . .	27
3.3	Glättung und Interpolation des Flußfeldes . . . . .	30
3.3.1	Motivation . . . . .	30
3.3.2	Glättung durch Kopplung der Flußvektoren . . . . .	32
3.3.3	Andere Glättungsverfahren . . . . .	35
3.4	Aufbau des Vektorraumes . . . . .	35
3.5	Ergebnisse des Korrespondenzalgorithmus . . . . .	37
3.6	Segmentierung . . . . .	38
3.6.1	Zusammenfügen der Segmente . . . . .	39
3.7	Principal Component Analysis . . . . .	40
3.7.1	Die Eigenvektoren der Kovarianzmatrix . . . . .	41
3.7.2	Anzahl der Hauptachsen . . . . .	42

3.7.3	Schätzung der Wahrscheinlichkeitsverteilung . . . . .	43
3.7.4	PCA für Form- und Textur . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Anpassung des Gesichtsmodells an Bilder</b>	<b>47</b>
4.1	Die Bilderzeugung . . . . .	48
4.1.1	Dreiecksliste . . . . .	49
4.1.2	Rigide Transformation . . . . .	50
4.1.3	Perspektivische Projektion . . . . .	50
4.1.4	Oberflächennormalen . . . . .	51
4.1.5	Beleuchtungsmodell . . . . .	51
4.1.6	Transformation der Farbwerte . . . . .	53
4.1.7	Rasterung und Visibilität . . . . .	53
4.1.8	Schlagschatten . . . . .	54
4.2	Der Anpassungsprozeß . . . . .	55
4.2.1	Parameter der Anpassung . . . . .	55
4.2.2	Die Kostenfunktion . . . . .	56
4.2.3	Stochastischer Gradientenabstieg . . . . .	57
4.2.4	Ableitungen . . . . .	60
4.2.5	Schrittweiten . . . . .	60
4.2.6	Grob-zu-Fein Strategie . . . . .	62
4.2.7	Konturen . . . . .	63
4.3	Simultane Anpassung an mehrere Bilder . . . . .	65
4.4	Erschließung fehlender Daten . . . . .	66
4.5	Beleuchtungskorrigierte Texturextraktion . . . . .	67
<b>5</b>	<b>Ergebnisse des Anpassungsalgorithmus</b>	<b>69</b>
5.1	Synthetische Daten . . . . .	69
5.1.1	Fehlerhafte Korrespondenz . . . . .	70
5.1.2	Bildrekonstruktion . . . . .	73
5.1.3	Tiefenrekonstruktion . . . . .	76
5.1.4	Dreidimensionale Rekonstruktion . . . . .	77
5.1.5	Beurteilung durch menschliche Beobachter . . . . .	80
5.2	Reale Daten . . . . .	80
5.3	Gesichtserkennung durch Modellanpassung . . . . .	82
5.4	Synthetische Daten . . . . .	83
5.4.1	Identifikation mit Vektorenvergleich . . . . .	84
5.4.2	Identifikation mit Rekonstruktion und Bildvergleich . . . . .	85
5.4.3	Gesichtserkennung mit Vektorenvergleich . . . . .	86
5.5	Reale Daten . . . . .	89
<b>6</b>	<b>Anpassung des Gesichtsmodells an Laserscans</b>	<b>91</b>
6.1	Anpassungsalgorithmus . . . . .	92
6.1.1	Rekonstruktion von Laserscans . . . . .	93
6.1.2	Optimierungsalgorithmus . . . . .	94

6.1.3	Extraktion der Textur- und Radiuswerte . . . . .	94
6.2	Ergebnisse . . . . .	95
<b>7</b>	<b>Gesichtsattribute</b>	<b>99</b>
7.1	Allgemeine Eigenschaften von Gesichtern . . . . .	99
7.2	Gesichtsausdrücke . . . . .	100
7.3	Vorhersage von Gesichtsattributen . . . . .	102
7.3.1	Lineare Regression . . . . .	103
7.4	Manipulation von Gesichtern . . . . .	106
7.4.1	Abhängigkeit vom Skalarprodukt . . . . .	107
7.4.2	Kürzester Weg in der Mahalanobisdistanz . . . . .	108
7.4.3	Manipulation binärer Attribute . . . . .	112
7.4.4	Ermittlung der Lerndaten $\mu_j$ . . . . .	113
7.4.5	Ergebnisse . . . . .	113
7.5	Karikaturen von Gesichtern . . . . .	114
<b>8</b>	<b>Modellbasierte Bildverarbeitung</b>	<b>115</b>
8.1	Manipulation eines Gesichts im Bild . . . . .	115
8.2	Bildmanipulation mit Verschiebungsfeldern . . . . .	118
<b>9</b>	<b>Technische Anwendungen</b>	<b>123</b>
9.1	3D Modelle aus Bildern . . . . .	123
9.2	Modellierung und Manipulation dreidimensionaler Gesichter . . . . .	123
9.3	Gesichtsanimation . . . . .	124
9.4	Bildanalyse . . . . .	126
9.4.1	Erkennung von Gesichtern . . . . .	126
9.4.2	Erkennung von Gesichtsausdrücken . . . . .	126
9.5	Anwendung auf andere Objektklassen . . . . .	126
<b>10</b>	<b>Diskussion</b>	<b>131</b>
<b>11</b>	<b>Ausblicke</b>	<b>133</b>
11.1	Kombination mit Stereoalgorithmen . . . . .	133
11.2	Beschleunigung durch off-line Berechnung . . . . .	134
11.3	Erweiterung des Gesichtsmodells . . . . .	134
<b>A</b>	<b>Ableitungen der Kostenfunktion</b>	<b>137</b>
A.1	Ableitungen nach den Texturkoeffizienten $\beta_i$ . . . . .	138
A.2	Ableitungen nach den Formkoeffizienten $\alpha_i$ . . . . .	138
A.3	Ableitungen nach den Bildparametern $\rho_i$ . . . . .	139
<b>B</b>	<b>Warp-Operationen</b>	<b>141</b>
<b>C</b>	<b>Singulärwertzerlegung (SVD)</b>	<b>145</b>
C.1	Principal Component Analysis (PCA) mit SVD . . . . .	145

<b>D Die Pseudoinverse</b>	<b>149</b>
D.1 Eigenschaften . . . . .	150
D.2 Berechnung mit SVD . . . . .	152
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>155</b>