

Henning Bässmann  
Philipp W. Besslich

# Bildverarbeitung Ad Oculos

Mit 150 Abbildungen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg NewYork  
London Paris Tokyo  
Hong Kong Barcelona Budapest

Dr.-Ing. Henning Bässmann  
Prof. Dr.-Ing. Philipp W. Besslich

Universität Bremen, FB-1  
Institut für Theoretische Elektrotechnik  
und Digitale Systeme  
Arbeitsgruppe »Digitale Systeme«  
Kufsteiner Straße  
2800 Bremen 33



ISBN 3-540-54176-4 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme  
Bässmann, Henning:  
Bildverarbeitung ad oculos / H. Bässmann ; P.W. Besslich. -  
Berlin ; Heidelberg ; New York ; London ; Paris ; Tokyo ;  
Hong Kong ; Barcelona ; Budapest : Springer, 1991  
ISBN 3-540-54176-4 (Berlin ...)  
ISBN 0-387-54176-4 (New York ...)  
NE: Besslich, Philipp:

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Ver- vielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1991  
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hin- zuzuziehen.

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage der Autoren  
Druck: Color-Druck Dorfi GmbH, Berlin; Bindearbeiten: B. Helm, Berlin  
68/3020 543210 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

wicklung GmbH ist mit un-  
e AdOculus. Für die außer-  
Kollegen von DBS.

kussionen mit wissenschaft-  
Besonderer Dank gebührt  
ntierung, Wolfgang Bothmer  
und Bereichssegmentierung  
der Mustererkennung.

ngefertigt. Ihr gebührt ein

nsere zum Teil unkonventio-

assmann Ph. W. Besslich

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Grundaufbau eines Bildverarbeitungssystems . . . . .	2
1.2	Digitale Bilder . . . . .	6
1.3	Rahmen-Prozedur . . . . .	9
1.4	Hinweise zu den Beispielprozeduren . . . . .	11
	Literatur zu Kapitel 1 . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Punktoperationen</b>	<b>13</b>
2.1	Überblick . . . . .	13
2.2	Beispiele für Punktoperationen . . . . .	13
2.3	Realisierung von Punktoperationen . . . . .	16
2.4	Ergänzungen zu Punktoperationen . . . . .	17
	Literatur zu Kapitel 2 . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Lokale Operatoren</b>	<b>19</b>
3.1	Überblick . . . . .	19
3.1.1	Lineare Operatoren . . . . .	21
3.1.2	Nichtlineare Operatoren . . . . .	23
3.2	Beispiele lokaler Operatoren . . . . .	25
3.2.1	Lineare Operatoren . . . . .	25
3.2.2	Nichtlineare Operatoren . . . . .	25

3.3	Realisierung lokaler Operatoren . . . . .	28
3.3.1	Lineare Operatoren . . . . .	28
3.3.2	Nichtlineare Operatoren . . . . .	28
3.4	Ergänzungen zu lokalen Operatoren . . . . .	30
	Literatur zu Kapitel 3 . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Globale Operatoren</b>	<b>32</b>
4.1	Überblick . . . . .	32
4.2	Beispiel globaler Operatoren . . . . .	33
4.3	Realisierung globaler Operatoren . . . . .	37
4.4	Ergänzungen zu globalen Operatoren . . . . .	37
	Literatur zu Kapitel 4 . . . . .	39
<b>5</b>	<b>Bereichssegmentierung</b>	<b>40</b>
5.1	Überblick . . . . .	40
5.1.1	Schwellwertoperationen . . . . .	41
5.1.2	Zusammenhangsanalyse . . . . .	42
5.1.3	Merkmalsextraktion . . . . .	42
5.2	Beispiele zur Bereichssegmentierung . . . . .	44
5.2.1	Schwellwertoperationen . . . . .	44
5.2.2	Zusammenhangsanalyse . . . . .	46
5.2.3	Merkmalsextraktion . . . . .	46
5.3	Realisierung der Bereichssegmentierung . . . . .	47
5.3.1	Schwellwertoperationen . . . . .	47
5.3.2	Zusammenhangsanalyse . . . . .	56
5.3.3	Merkmalsextraktion . . . . .	63

..... 28  
 ..... 28  
 ..... 28  
 ..... 30  
 ..... 31  
  
**32**  
 ..... 32  
 ..... 33  
 ..... 37  
 ..... 37  
 ..... 39  
  
**40**  
 ..... 40  
 ..... 41  
 ..... 42  
 ..... 42  
 ..... 44  
 ..... 44  
 ..... 46  
 ..... 46  
 ..... 47  
 ..... 47  
 ..... 56  
 ..... 63

5.4 Ergänzungen zur Bereichssegmentierung ..... 67  
 5.4.1 Schwellwertoperationen ..... 67  
 5.4.2 Zusammenhangsanalyse ..... 68  
 5.4.3 Merkmalsextraktion ..... 69  
 Literatur zu Kapitel 5 ..... 69  
  
**6 Kontursegmentierung** ..... **71**  
 6.1 Überblick ..... 71  
 6.1.1 Konturpunktdetektion ..... 71  
 6.1.2 Konturverdünnung ..... 74  
 6.1.3 Konturpunktverkettung ..... 76  
 6.1.4 Konturapproximation ..... 77  
 6.2 Beispiele zur Kontursegmentierung ..... 77  
 6.2.1 Konturpunktdetektion ..... 77  
 6.2.2 Konturverdünnung ..... 77  
 6.2.3 Konturpunktverkettung ..... 80  
 6.2.4 Konturapproximation ..... 80  
 6.3 Realisierung der Kontursegmentierung ..... 80  
 6.3.1 Konturpunktdetektion ..... 80  
 6.3.2 Konturverdünnung ..... 83  
 6.3.3 Konturpunktverkettung ..... 88  
 6.3.4 Konturapproximation ..... 90  
 6.4 Ergänzungen zur Kontursegmentierung ..... 93  
 6.4.1 Konturpunktdetektion ..... 93  
 6.4.2 Konturaufbesserung ..... 95  
 6.4.3 Konturpunktverkettung ..... 97  
 6.4.4 Konturapproximation ..... 98  
 6.4.5 Andere Konturverfahren ..... 98  
 Literatur zu Kapitel 6 ..... 99

<b>7 Hough-Transformation</b>	<b>101</b>
7.1 Überblick . . . . .	101
7.2 Beispiele zur Hough-Transformation . . . . .	106
7.3 Realisierung der Hough-Transformation . . . . .	109
7.4 Ergänzungen zur Hough-Transformation . . . . .	118
Literatur zu Kapitel 7 . . . . .	121
<b>8 Morphologische Bildverarbeitung</b>	<b>122</b>
8.1 Überblick . . . . .	122
8.1.1 Binäre morphologische Verfahren . . . . .	122
8.1.2 Morphologische Verarbeitung von Grauwertbildern . . . . .	127
8.2 Beispiele zur morphologischen Bildverarbeitung . . . . .	131
8.2.1 Binäre morphologische Verfahren . . . . .	131
8.2.2 Morphologische Verarbeitung von Grauwertbildern . . . . .	131
8.3 Realisierung morphologischer Verfahren . . . . .	134
8.3.1 Binäre morphologische Verfahren . . . . .	134
8.3.2 Morphologische Verarbeitung von Grauwertbildern . . . . .	134
8.4 Ergänzungen zur morphologischen Bildverarbeitung . . . . .	137
8.4.1 Binäre morphologische Verfahren . . . . .	137
8.4.2 Morphologische Verarbeitung von Grauwertbildern . . . . .	140
Literatur zu Kapitel 8 . . . . .	142
<b>9 Texturanalyse</b>	<b>143</b>
9.1 Überblick . . . . .	143
9.2 Beispiele zur Texturanalyse . . . . .	147
9.3 Realisierung der Texturanalyse . . . . .	150
9.4 Ergänzungen zur Texturanalyse . . . . .	155
Literatur zu Kapitel 9 . . . . .	156

	101
.....	101
.....	106
.....	109
.....	118
.....	121
	122
.....	122
.....	122
wertbildern	127
.....	131
.....	131
wertbildern	131
.....	134
.....	134
wertbildern	134
.....	137
.....	137
wertbildern	140
.....	142
	143
.....	143
.....	147
.....	150
.....	155
.....	156

<b>10 Mustererkennung</b>	<b>157</b>
10.1 Überblick	157
10.2 Beispiele zur Mustererkennung	162
10.3 Realisierung der Mustererkennung	166
10.4 Ergänzungen zur Mustererkennung	171
Literatur zu Kapitel 10	182
<b>11 Bildfolgenverarbeitung</b>	<b>183</b>
11.1 Überblick	183
11.2 Beispiele zur Bildfolgenverarbeitung	187
11.3 Realisierung der Bildfolgenverarbeitung	187
11.4 Ergänzungen zur Bildfolgenverarbeitung	195
Literatur zu Kapitel 11	198

**Anhang**

<b>A Beispiele aus der industriellen Bildverarbeitung</b>	<b>200</b>
A.1 Positionierung von Glasfasern	200
A.1.1 Problemstellung	200
A.1.2 Randbedingungen	201
A.1.3 Problemlösung	201
A.2 Abgleich von Tintenstrahl Druckern	207
A.2.1 Problemstellung	207
A.2.2 Randbedingungen	208
A.2.3 Problemlösung	209
A.3 Vollständigkeitskontrolle im Karosseriebau	213
A.3.1 Problemstellung	213
A.3.2 Randbedingungen	213
A.3.3 Problemlösung	215

A.4	Lagenversatzmessungen an Multilayer-Platinen . . . . .	218
A.4.1	Problemstellung . . . . .	219
A.4.2	Randbedingungen . . . . .	219
A.4.3	Problemlösung . . . . .	219
A.5	Vermessung von Fahrzeugen . . . . .	223
A.5.1	Problemstellung . . . . .	223
A.5.2	Randbedingungen . . . . .	224
A.5.3	Problemlösung . . . . .	224
<b>B</b>	<b>Prozeduren zur allgemeinen Verwendung</b>	<b>228</b>
B.1	Definitionen . . . . .	228
B.2	Speicherverwaltung . . . . .	229
B.3	Die Prozeduren <b>MaxAbs</b> und <b>MinAbs</b> . . . . .	230
B.4	Diskreter Arcus-Tangens . . . . .	230
B.5	Generierung eines digitalen Geradenstücks . . . . .	232
B.6	FFT-Prozedur . . . . .	233
<b>C</b>	<b>Variationsrechnung</b>	<b>235</b>
	Literatur zu Anhang C . . . . .	241
<b>D</b>	<b>Regeln zur Integration</b>	<b>242</b>
<b>E</b>	<b>Taylor-Entwicklung/Totales Differential</b>	<b>243</b>
<b>F</b>	<b>Gauß-Seidel-Iterationsverfahren</b>	<b>245</b>
	Literatur zu Anhang F . . . . .	246
<b>G</b>	<b>Mehrdimensionale Gauß-Funktion</b>	<b>247</b>
	Literatur zu Anhang G . . . . .	247
	<b>Sachregister</b>	<b>248</b>