

BILDSEGMENTATION MITTELS TEXTUREIGENSCHAFTEN

K.RODENACKER, P.GAIS, G.BURGER

Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München
Institut für Strahlenschutz
- Bildanalyse -
8042 Neuherberg

ZUSAMMENFASSUNG:

An einem Anwendungsfall wird die Vorgehensweise zur Bemessung von Textureigenschaften beschrieben und für die Segmentation von Bereichen bei Zellbildern benutzt. Außerdem wird versucht, den Begriff Textur zu präzisieren.

Stichwörter: Segmentation, Texturanalyse, Struktur

1. Einführung

Zur Auswertung von digitalisierten Bildern ist es häufig nötig, diese in Bereiche mit bestimmten Bedeutungen zu zerlegen. Die Zerlegung (Segmentation) erfolgt nach Kriterien wie "Form", "Farbe" oder "Textur".

Bei automatischer Segmentation hat sich gezeigt, daß eine Trennung ausschließlich nach Farbe mittels Wahl eines Schwellwertes nicht immer zum Erfolg führt. Außerdem ist es in natürlichen Szenen im Makro- und Mikrobereich oft nicht möglich, die Bilder so aufzunehmen, daß eine Trennung nach Farbe ausreichend gut würde. Hier ist es nun sinnvoll, auch Textur- und Formeigenschaften zur Segmentation heranzuziehen.

Bei dem hier beschriebenen Verfahren werden nur Textureigenschaften verwendet. Aber dazu muß der Texturbegriff erläutert werden.

Ein Blick in die Literatur läßt Autoren in drei Klassen fallen: die einen versuchen, den verwendeten Begriff Textur mehr oder weniger gut zu beschreiben wie sie ihn sehen (Pickett, Hawkins /1/, Haralick, Harlow, Preston jr./2/, Rosenfeld /3/, Tamura /4/), der überwiegende Teil verzichtet auf jegliche Begriffsbestimmung oder bezieht sich auf obengenannte und ein kleiner Teil von Autoren versucht, Textur ausschließlich als statistisch beschreibbares Phänomen zu fassen (nur als Beispiel: Conners /5/). Hierbei wird ein Bild und damit auch die darin enthaltene Textur theoretisch durch alle endlich-dimensionalen Grau-

wertverteilungen dargestellt. Dies entspricht wohl der Möglichkeit, ein Bild vollständig in einer formalen Sprache zu beschreiben.

Um den verwendeten Texturbegriff zu erklären, sei Hawkins /1/ zitiert, für den Textur aus den folgenden "Zutaten" besteht:

1. Eine Art "lokale Ordnung", die über ein Gebiet verteilt ist, das groß im Vergleich zur Größe der lokalen Ordnung ist.
2. Die Ordnung besteht aus einer nicht zufälligen Anordnung elementarer Teile.
3. Die Teile sind grob gesehen gleichmäßig verteilt mit annähernd gleicher Ausdehnung im betrachteten Gebiet.

Hinzuzufügen wäre wohl noch, daß völlig gleichmäßige Raster, Gitter, Muster etc. als Sonderfälle von Texturen betrachtet werden müssen, die eher der Beschreibung bestimmter Texturen dienen.

Hiermit sei nur eine Begriffsbestimmung gegeben. Eine exakte Definition dürfte unmöglich sein, da Textur nicht abgegrenzt werden kann (wo hört der Wald auf und wo fangen die Bäume an?), aber Abgrenzung gerade eine Eigenschaft der Definition ist.

In der Hawkins'schen Formulierung tritt eine gewisse Hierarchie auf, die wohl aus der Erfahrung bei Betrachtung von Oberflächen aus unterschiedlichen Entfernungen (Vergrößerungen) entstammt. Hieraus die Plausibilität eines hierarchischen Textur-Modells (Foith /6/) abzuleiten ist wohl fraglich. Als Ansatz der Textur begrifflich näherzukommen, muß dieses Modell jedoch hoch bewertet werden.

2. Verfahren

Die gängigen linearen und nichtlinearen Transformationen (Gradient, Ableitung, Laplace, Mittelwert, Erosion, Dilatation, Median - s.Anhang-) wirken auf bestimmte Eigenschaften des digitalisierten Bildes verstärkend oder abschwächend. Zum Beispiel beseitigt eine Mittelwertbildung den größten Teil der Textur und verschmiert die Ränder von Objekten, wie die Medianoperation, die jedoch Ränder erhält. Der Gradient, hier Roberts-Gradient, läßt unterschiedliche Ausrichtung in der Textur verschwinden. Der Laplaceoperator verstärkt Ränder, aber auch alle körnigen Texturen. Dies sind übrigens Eigenschaften, die schon lange bei der Bildverbesserung genutzt werden. Das Problem ist nun, charakteristische Größen (und Transformationen) für die abzutrennenden Texturbereiche aufzufinden.

Als Beispiel für eine mögliche Vorgehensweise sei der Versuch skizziert, Textur mit ausgeprägter Richtungskomponente abzutrennen (Bild 1). Hier muß der Gradient unter -45 grad nahezu Null sein, d.h., mit $DIX(\text{bild})$ und $DIY(\text{bild})$, den partiellen Ableitungen in X- bzw. Y-Richtung (f_x, f_y), sind alle Bildpunkte (k,j) wichtig, für die gilt:

$$f_x(k,j) / f_y(k,j) \approx + 1$$

Natürlich darf nicht der Einfluß vernachlässigt werden, den die Schrittweite bei der Bestimmung der Ableitungen hat.

Hier hat es sich als sinnvoll erwiesen, aus Ableitungen mit unterschiedlichen Schrittweiten durch lineares Kombinieren zu erhöhten Genauigkeiten zu gelangen (höhere Differenzen verringern den Fehlerterm).

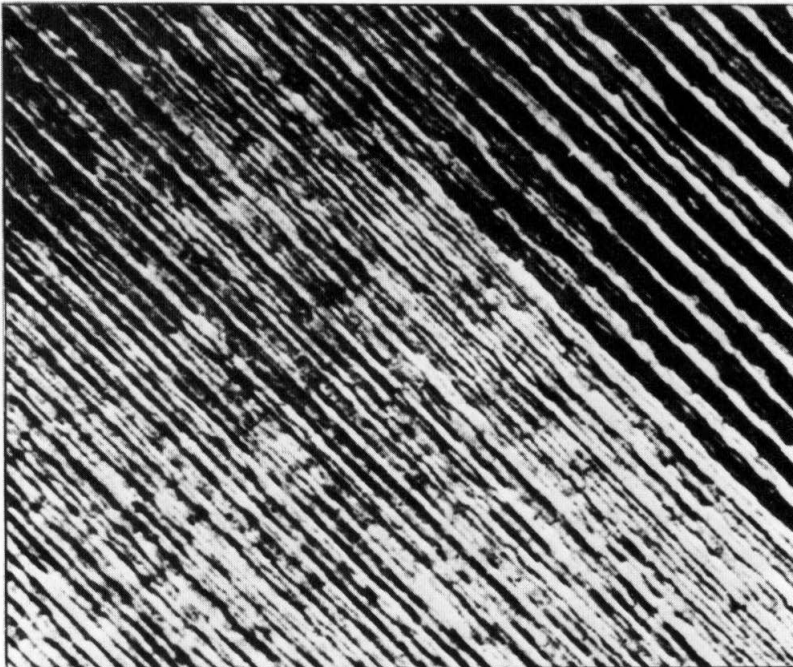


Bild 1

Textur mit ausgeprägter Richtungskomponente

Mit dem Programmsystem DIBIVE war es leicht möglich, verschiedene Verfahren durchzugehen, gewonnene Masken zu verifizieren und auch Binärbildoperationen (logische Verknüpfung verschiedener Masken, Blow- und Shrinkoperationen sowie Auffüllen und Löschen von Störstellen (Abmayr /8/) anzuwenden. Leider war es noch nicht möglich, zu Zeitaussagen mit dem angeschlossenen Arrayprocessor zu gelangen.

3. Anwendung

Bei der automatischen Krebsfrüherkennung ist es notwendig, Objekte in einem größeren Bildfeld zu lokalisieren und Masken für diese Objekte zu bestimmen.

Da es sich immer um Mikroskopbilder handelt mit einer bis zu 1000fachen Vergrößerung, sind die Schärfeebenen sehr schmal, so daß meistens der Untergrund unscharf erscheint, oder, mit anderen Worten, der Untergrund ist ein Gebiet mit geringer oder gar keiner Textur (Bild 2). Hier bietet sich der Laplaceoperator an, der texturverstärkend wirkt (Bild 4).

Bild 6 stellt die Bildpunkte dar, für die der Laplaceoperator die Werte zwischen -2 und $+2$ annimmt. Diese Maske ist noch nicht gut, so daß erst eine nachfolgende Mittelwert- und anschließende Schwellwertbildung ($-2,2$) zu einer ordentlichen Maske führen (Bilder 5, 7 und 3).

Der Vorteil des Verfahrens ist die Möglichkeit, ziemlich genau vorherzusagen, wie gut die Segmentation erfolgen wird.

Die Bilder 8-13 zeigen eine Zelle mit einem Erfassungsfehler, der sich in der Textur auswirkte und entsprechend verfälschte Masken zur Folge hatte.

4. Diskussion

Es wird die Vorgehensweise skizziert, Gebiete mit bestimmten Textureigenschaften abzutrennen. Das Problem ist hier, das mehr oder weniger Vorhandensein dieser Eigenschaft zu bemessen. Der vorgeschlagene Weg führt über die Erkennung von Primitiven, ohne diese explizit zu beschreiben, ihrer Bewertung durch verschiedene Transformationen und Verknüpfung in einer Maßfunktion. In unserem Fall waren die "Primitiven" alle Bildpunkte, deren zwei Schritte entfernte Nachbarn mit dem Mittelpunkt annähernd auf einer Ebene lagen. Selbst in diesem relativ einfachen Fall wurde nach Versuch und Irrtum vorgegangen. Aber gerade diese Arbeit mit den Bildtransformationen sowie der Untersuchung der Ergebniswerte, teilweise nach Einzelpunkten, hat die Wahrnehmung und Beurteilung von Texturen verschärft.

LITERATURHINWEISE

- /1/ Edt. Lipkin-Rosenfeld
Picture Processing and Psychopictorics
Academic Press New York, 1970
- /2/ Edt. Rosenfeld
Digital Picture Analysis
Springer Verlag Berlin, 1978
- /3/ A. Rosenfeld
Digital Picture Processing
Academic Press New York, 1976
- /4/ Tamura, Mori, Yamawaki
Proc. of the 3.Int.Joint Conf. of Pattern Recognition, 1976,
p. 273
- /5/ Connors, R.W.
Some Theory on Statistical Models for Textur and its application
to Radiographic Image Processing.
University of Missouri-Columbia
Disseration
- /6/ Foith, J.P.
Ein hierarchisches Textur-Modell
Bildverarbeitung und Mustererkennung
DAGM Symposium Oberpfaffenhofen, Okt. 1978
Edt. Triendl Springer Verlag Berlin
- /7/ Zucker, et al.,
Picture Segmentation by Texture Discrimination
IEEE Trans.Comp Dec. 1975, pp 1228-1233
- /8/ Abmayr, W.
Die quantitative Auswertung optischer Information aus dem
phys. und biomed. Forschungsbereich
Dissertation
Oktober 1974, GSF-Bericht S 323

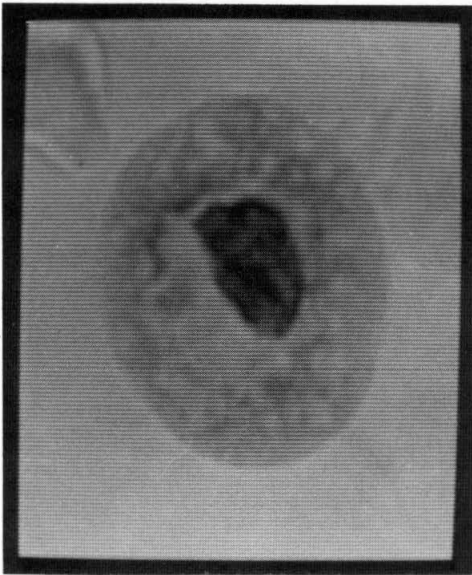


Bild 2: Original
Metaplasie

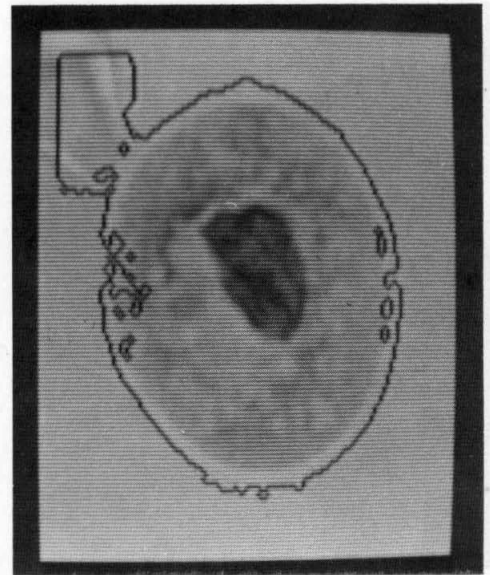


Bild 3: Original mit
erzeugtem Rand



Bild 4: Original nach LAPLACE-
Transformation

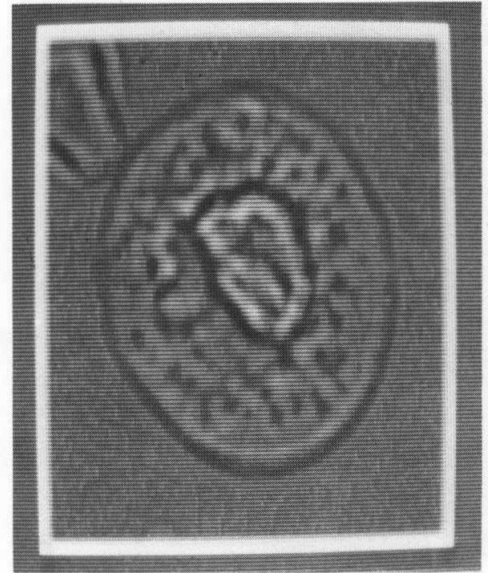


Bild 5: Bild 3 nach Zwischen-
raum AVERAGE-Bildung

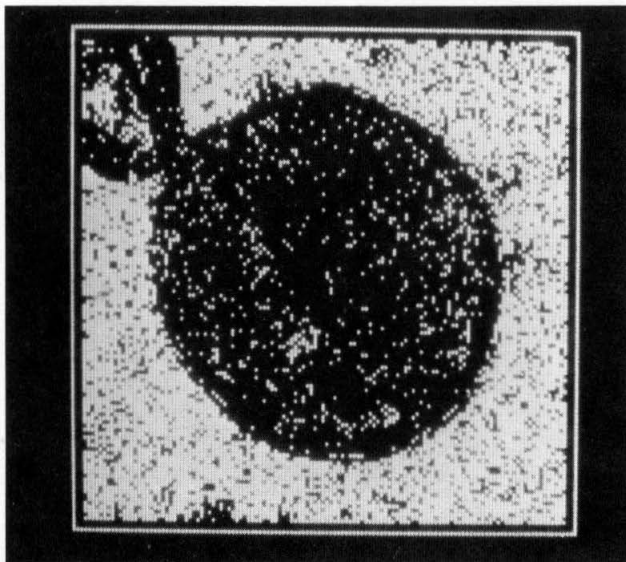


Bild 6: Schwellbild,
erzeugt aus Bild 4

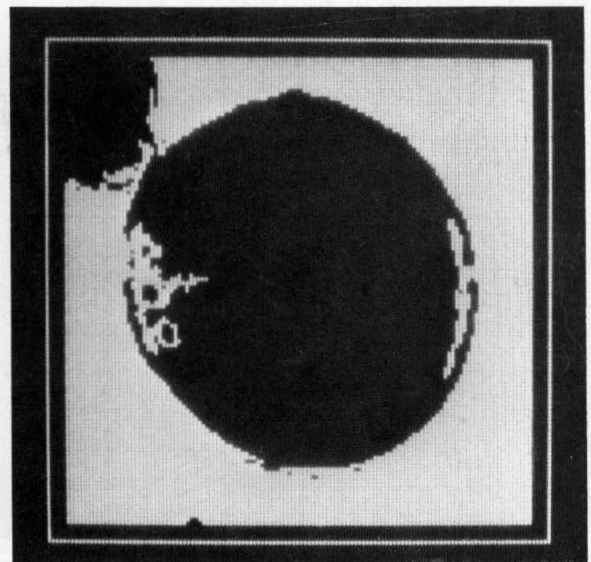


Bild 7: Schwellbild,
erzeugt aus Bild 5

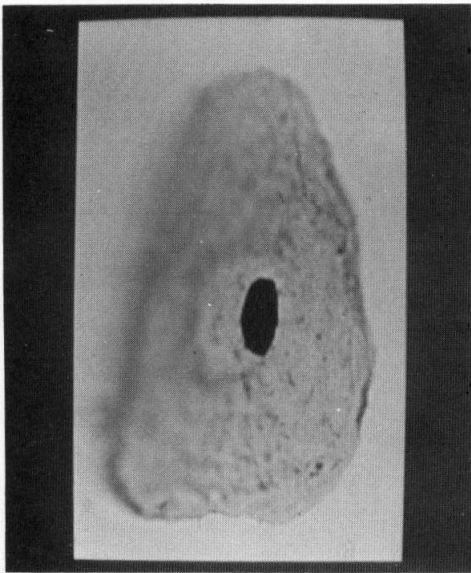


Bild 8: Original
Intermediärzelle

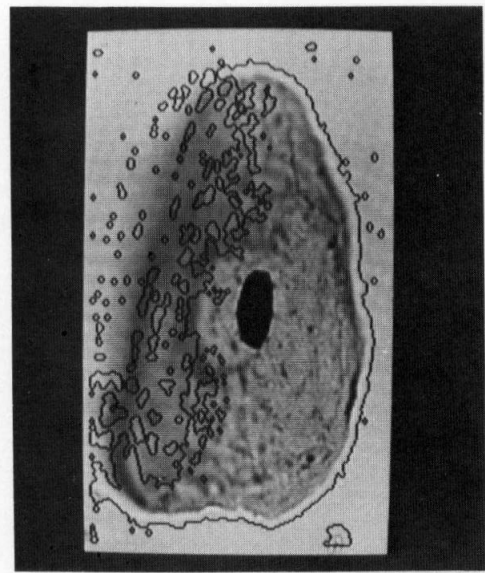


Bild 9: Original mit
erzeugtem Rand

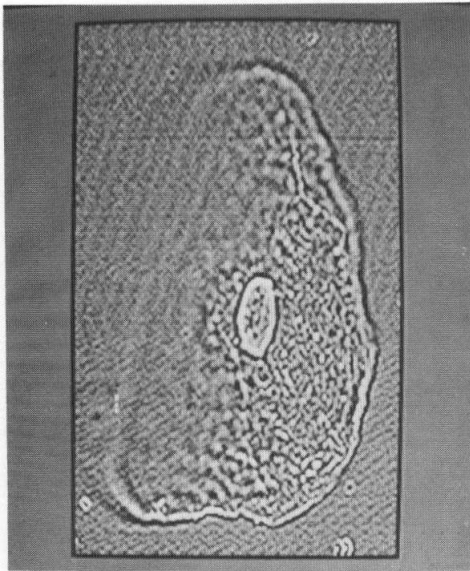


Bild 10: Original nach LAPLACE-
Transformation

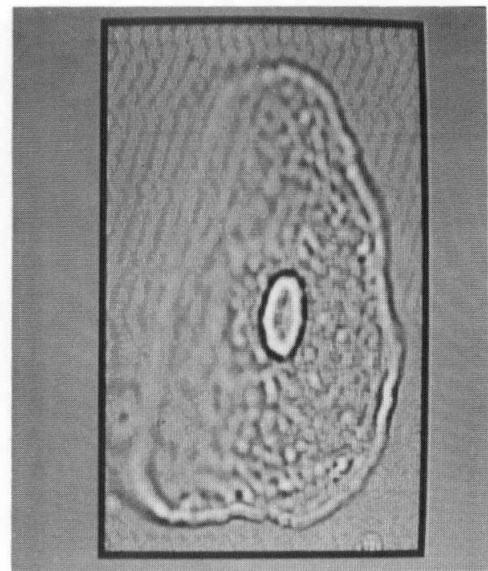


Bild 11: Bild 10 nach
AVERAGE-Bildung

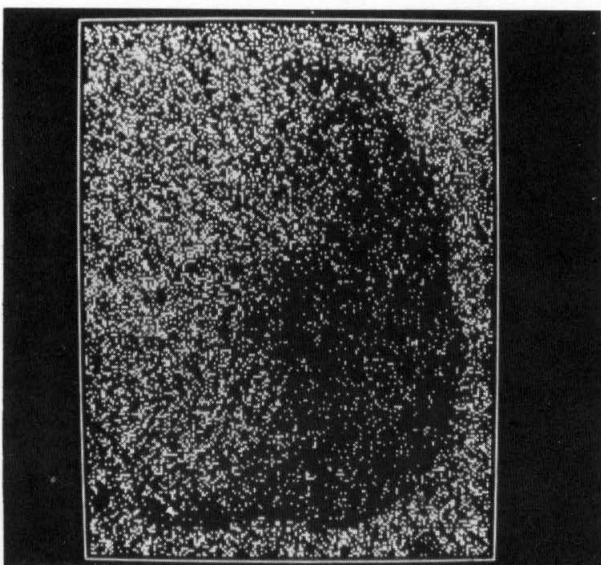


Bild 12: Schwellbild,
erzeugt aus Bild 10

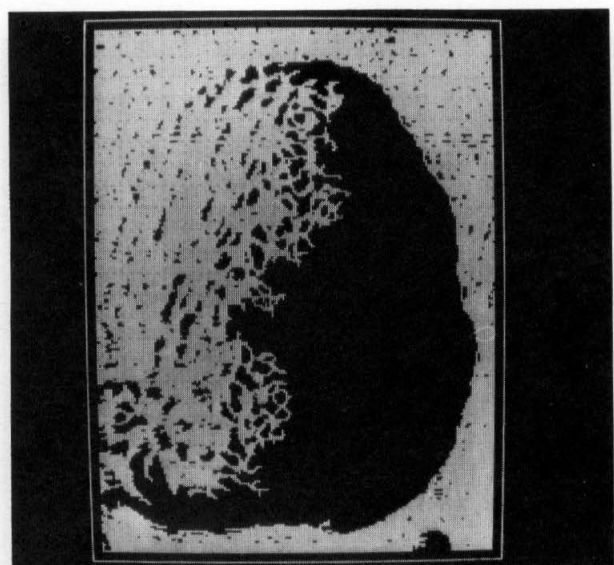


Bild 13: Schwellbild,
erzeugt aus Bild 11

$$h_{DIN} = \begin{pmatrix} & & 1 & & \\ & 1 & & & \\ & & 0 & & \\ 1 & & & & -1 \\ & & & -1 & \\ & & & & -1 \end{pmatrix} \quad h_{DIP} = \begin{pmatrix} & & & & -1 \\ & & & & -1 \\ & & 0 & & \\ 1 & & & & \\ & 1 & & & \\ & & & 1 & \end{pmatrix}$$

$$h_{AVG} = \begin{pmatrix} \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & \dots & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad h_{ij} = \begin{pmatrix} & & & & i \\ & & & & 0 \\ & & & & \vdots \\ & & & & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \dots 0 \leftarrow j \\ & & & & 0 \\ & & & & 0 \end{pmatrix}$$

Nichtlineare Transformationen

$$g_{ROB}(x,y) = \max (|f * h_{DIX}(x,y)| , |f * h_{DIY}(x,y)|) \quad \text{Roberts-Gradient}$$

$$g_{GRR}(x,y) = \max (|f * h_{DIN}(x,y)| , |f * h_{DIP}(x,y)|) \quad \text{" "}$$

$$g_{ERO}(x,y) = \min_{\substack{i=-n,n \\ j=-n,n}} (f * h_{ij}(x,y)) \quad \text{Verallg. Erosion}$$

$$g_{DIL}(x,y) = \max_{\substack{i=-n,n \\ j=-n,n}} (f * h_{ij}(x,y)) \quad \text{Verallg. Dilatation}$$

$$g_{VAR}(x,y) = \text{Streuung der Grauwerte in der Transformationsmatrix}$$

$$g_{ARR}(x,y) = \arctan(f * h_{DIX}(x,y) / f * h_{DIY}(x,y))$$

$$g_{ARG}(x,y) = \arctan(f * h_{DIN}(x,y) / f * h_{DIP}(x,y))$$

$$g_{GRA}(x,y) = (f * h_{DIX}(x,y)^2 + f * h_{DIY}(x,y)^2)^{\frac{1}{2}}$$

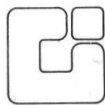
Informatik-Fachberichte

Herausgegeben von W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

20

Angewandte Szenenanalyse

DAGM Symposium, Karlsruhe
10. – 12. Oktober 1979



Herausgegeben von J. P. Foith



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1979