

Wissensgesteuerte Segmentierung von Urothelzellbildern

C.-E. Liedtke, F. Kappei

Institut für Theoretische Nachrichtentechnik
und Informationsverarbeitung
Universität Hannover
Callinstr. 32, 3000 Hannover 1

1. Einleitung

Der erste Schritt in der automatischen Auswertung von Bildern auf ihre Inhalte ist die Segmentierung. Unter Segmentierung verstehen wir dabei die Zerlegung eines Bildes in Teilbilder, die mit einer besonderen Bedeutung verknüpft sind. Im Falle von mikroskopischen Urothelzellbildern handelt es sich um die Zerlegung in Teilbilder mit den Bedeutungen "Zellkern", "Zellplasma" und "Hintergrund". Während ein menschlicher Beobachter scheinbar mühelos und mit großer Genauigkeit das Bild in die gesuchten Bestandteile zerlegen kann, treten bei der maschinellen Bearbeitung erhebliche Schwierigkeiten auf. Der Grund, warum der Mensch die Aufgabe der Segmentierung wesentlich zuverlässiger und unabhängig von irrelevanten Änderungen in der Bilderzeugung durchführen kann, liegt darin, daß er gegenüber der Maschine über einen erheblichen Wissensvorsprung über den Bildinhalt und die Zusammenhänge und Eigenschaften der Bildteile verfügt. Ziel der hier beschriebenen Arbeit ist es daher, Wissen über den Bildinhalt, speziell von mikroskopischen Urothelzellbildern zu formalisieren und eine Strategie zu entwickeln, die es gestattet, dieses Wissen effizient für die Aufgabe der maschinellen Bildsegmentierung einzusetzen.

2. Wissensformalisierung

Wenn man davon ausgeht, daß ein Bild eine Anordnung von Objekten gegenüber einem Hintergrund beinhaltet, kann man das Wissen grob aufgliedern in Information über

- Objektklassen, die vorhanden sein können
- Eigenschaften (Merkmale) der Objekte
- Beziehungen zwischen den Objekten.

Die Eigenschaften lassen sich beschreiben durch photometrische Merkmale, wie Grauwert, Farbe und Textur, die auf photometrischen Messungen basieren, und geometrische Merkmale, wie Größen, Richtungen und Formen. Die Beziehungen zwischen den Objekten können einen Vergleich der o.g. photometrischen und geometrischen Eigenschaften beinhalten, aber auch die räumlichen Beziehungen, d.h. die Topologie des Bildes beschreiben.

Für die Unterscheidung von Kern, Plasma und Hintergrund in Urothelzellbildern ist die Grauwertrelation von hoher Bedeutung. Textur und Farbe sind bei den vorliegenden Präparaten dagegen unwichtig. Die Form der Segmente ist relativ kompakt. Bezüglich geometrischer Eigenschaften erscheinen maximale und minimale Flächenangaben über Kern- und Zellgröße sehr wichtig. Über die topologischen Beziehungen zwischen den Segmentklassen lassen sich einige Aussagen machen, wie daß der Kern von Plasma und dieses wiederum vom Hintergrund umgeben ist, daß nur der Hintergrund Bildrandberührungen aufweisen darf und daß Kern und Plasma keine Einschlüsse aufweisen. Angaben über erlaubte und unerlaubte Nachbarschaften lassen sich tabellarisch zusammenfassen.

Die o.g. Erkenntnisse wurden aus einem Satz von mehreren Tausend Urothelzellbildern gewonnen. Hierauf aufbauend wurde eine Segmentierungsstrategie entwickelt, die eine Steuerung aufgrund der o.g. Wissenskategorien gestattet.

3. Segmentierungsalgorithmus

Die Strategie zur Segmentierung von Urothelzellbildern ist in Abb. 1 dargestellt.

Der erste Schritt des Segmentierungsverfahrens besteht darin, daß aufgrund eines Einheitlichkeitsmaßes in Anwendung auf die Grauwerte das Bild in eine Anzahl Teilbilder zerlegt wird, die wir Parzellen nennen. Die Parzellen müssen so klein sein, daß sich die gesuchten Segmente aus mindestens einer oder mehreren dieser

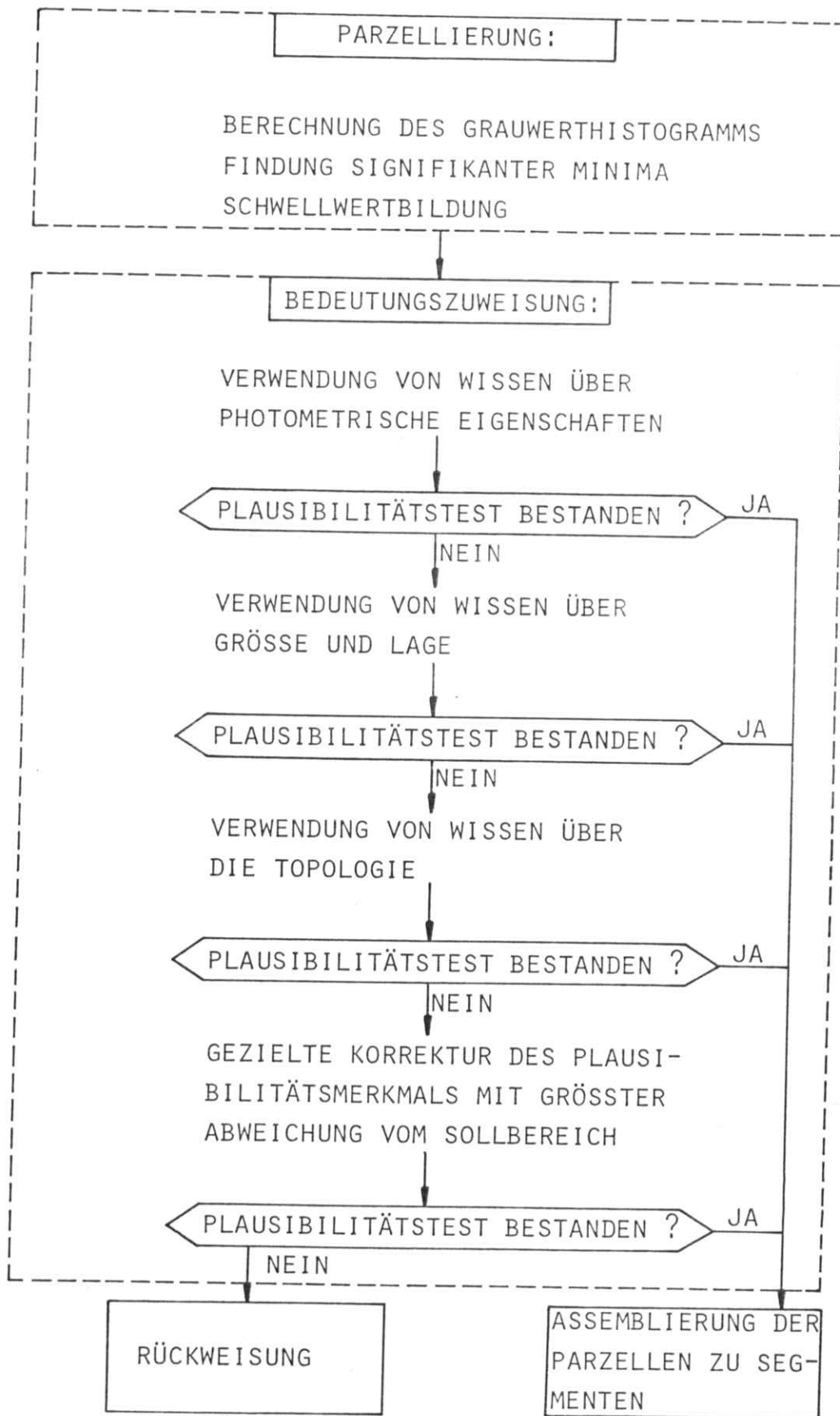


ABB. 1. STRATEGIE ZUR SEGMENTIERUNG VON UROTHELZELLBILDERN

Parzellen zusammensetzen lassen. Zum anderen sollten die Parzellen so groß sein, daß sich gegenüber der Gesamtzahl der Bildpunkte eine erhebliche Datenreduktion ergibt. Alle weiteren Operationen werden nur noch auf die Parzellen und nicht mehr auf die einzelnen Bildpunkte angewendet. Die Parzellierung erfolgt durch Schwellwertbildung an Grauwertschwellen, die als signifikante Minima aus dem Grauerthistogramm des Zellbildes gewonnen worden sind. Sie ist in Abb. 2a-2c an einem Beispiel dargestellt.

Wie aus der Segmentierungsstrategie nach Abb.1 hervorgeht, besteht nach der Parzellierung der zweite Schritt darin, daß jeder Parzelle eine Bedeutung zugewiesen wird. Die Bedeutungszuweisung zu jeder Parzelle erfolgt mit Hilfe eines Wahrscheinlichkeitsvektors, dessen Komponenten bei dieser konkreten Anwendung angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit die betreffende Parzelle "Kern", "Plasma" oder "Hintergrund" ist. In aufeinanderfolgenden Blöcken werden die Wissensgruppen

- photometrische Eigenschaften
- Größen- und Lageinformation
- räumliche Nachbarschaftsbeziehungen
- Form

überprüft und gegebenenfalls die Wahrscheinlichkeiten in der Bedeutungszuweisung aufgrund des Ergebnisses der Überprüfung verändert. In Abhängigkeit vom Bestehen eines Plausibilitätstests wird die Segmentierung abgeschlossen oder die Änderung der Bedeutungszuweisungen anhand anderer Kriterien weitergeführt. Abschließend werden die Parzellen zu Segmenten mit den Bedeutungen zusammengefaßt, für die sie die höchste Wahrscheinlichkeit aufweisen.

In Abb.2 und Abb.3 sind Korrekturen in der Bedeutungszuweisung zu den Parzellen sowie die endgültigen Resultate dargestellt. Die unterschiedlichen Bedeutungen der Parzellen sind durch unterschiedliche Grauwerte wiedergegeben. Der Plausibilitätstest beinhaltet die Überprüfung einer Zahl ausgesuchter und als besonders wichtig befundener Merkmale zur Beschreibung der Größe, Form

und Topologie von Kern und Gesamtzelle.

Die Erfolgsquote der vollautomatischen Analyse wurde durch subjektive Beurteilung von 2200 Zellbildern bestimmt und liegt z.Z. bei ca. 78%.

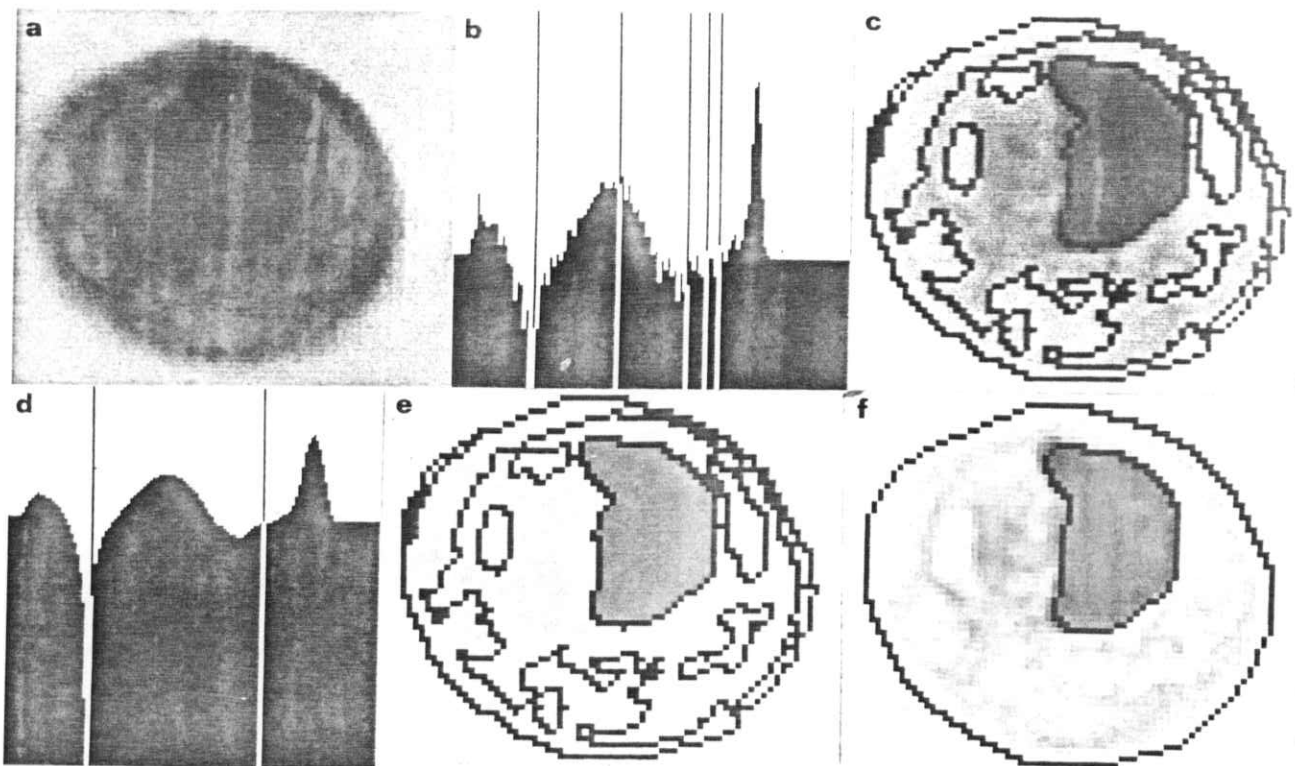
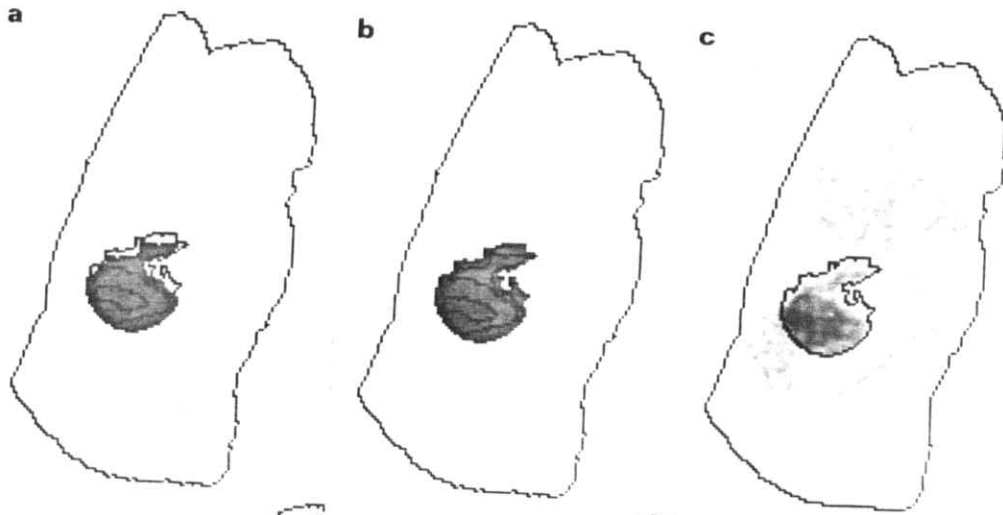
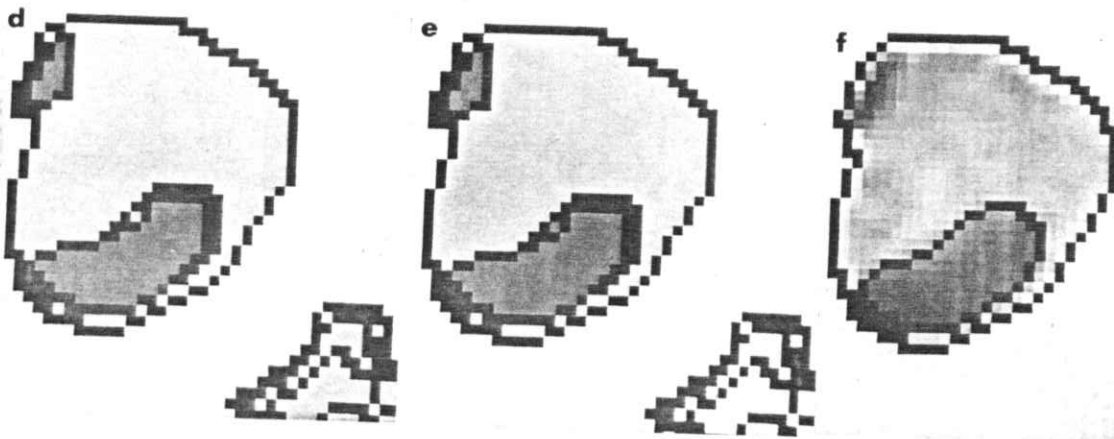


Abb.2, Parzellierung und Segmentierung eines Zellbildes
(a) Original, (b) Grauwerthistogramm mit signifikanten Minima,
(c) Parzellen, (d) geglättetes Grauwerthistogramm mit Bereichs-
grenzen des Grauwertmerkmals für "Kern", "Plasma" und "Hinter-
grund", (e) Bedeutungszuweisung durch photometrische Merkmale,
(f) Resultat.

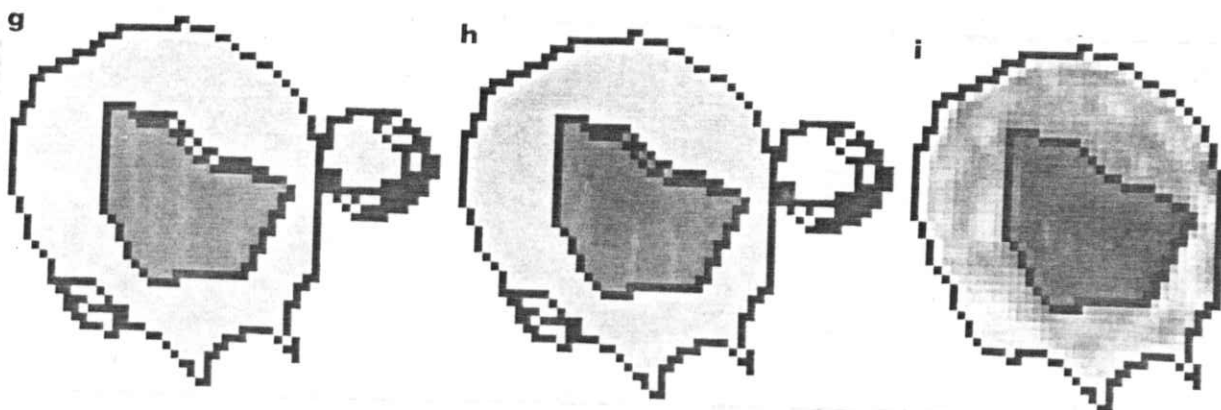
Abb.3, Korrekturmaßnahmen in der Bedeutungszuweisung zu Parzellen: Kern = Schwarz, Plasma = Grau, Hintergrund = Weiß



(a) Bedeutungen aufgrund photometrischer Merkmale,
(b) Korrektur aufgrund von Kerngröße und Randberührung,
(c) Resultat.



(d) Zwischenresultat, (e) Korrektur aufgrund von Nachbarschaftsbeziehungen, (f) Resultat.



(g) Zwischenresultat, (h) Korrektur aufgrund der Form, (i) Resultat.

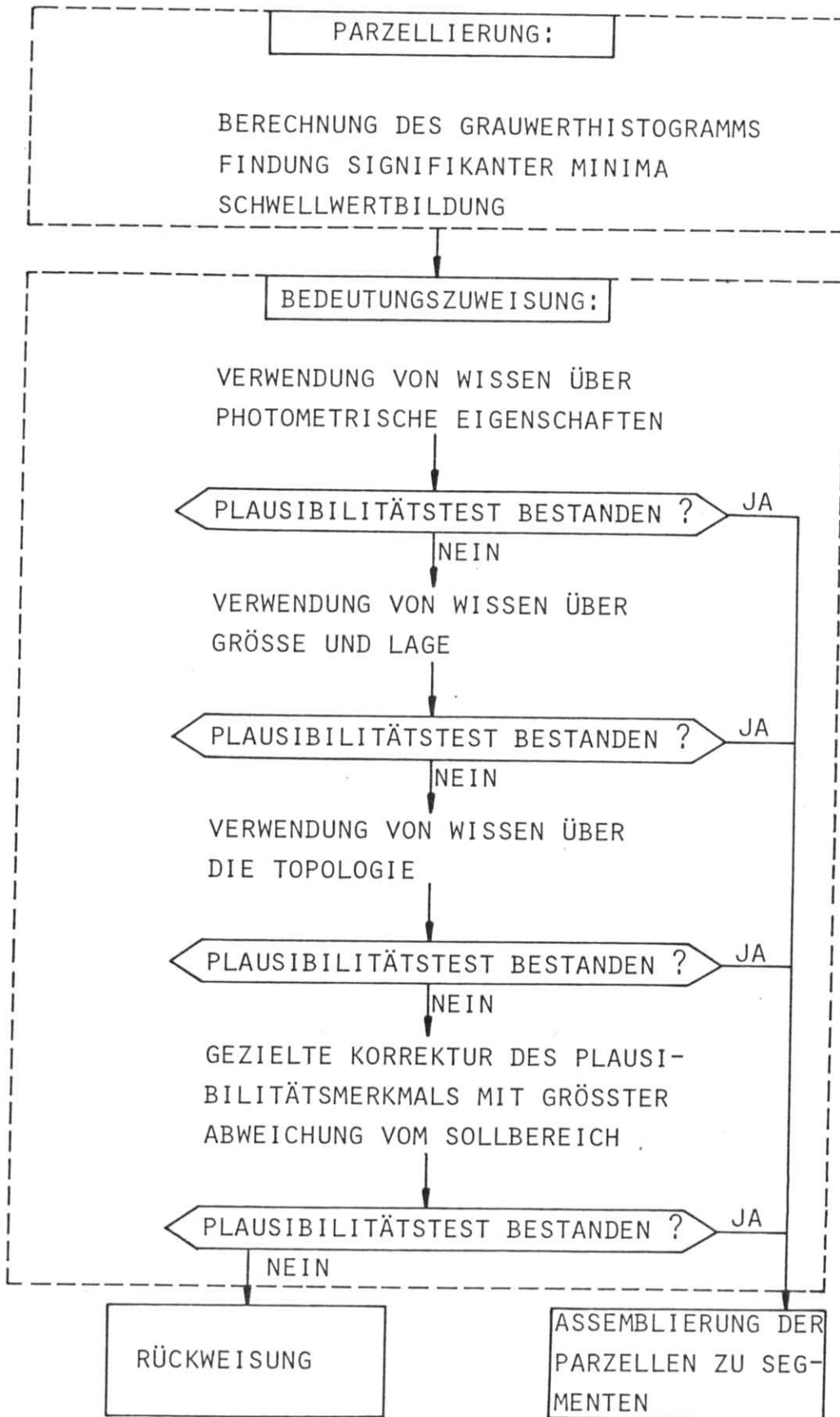


ABB. 1, STRATEGIE ZUR SEGMENTIERUNG VON UROTHELZELLBILDERN

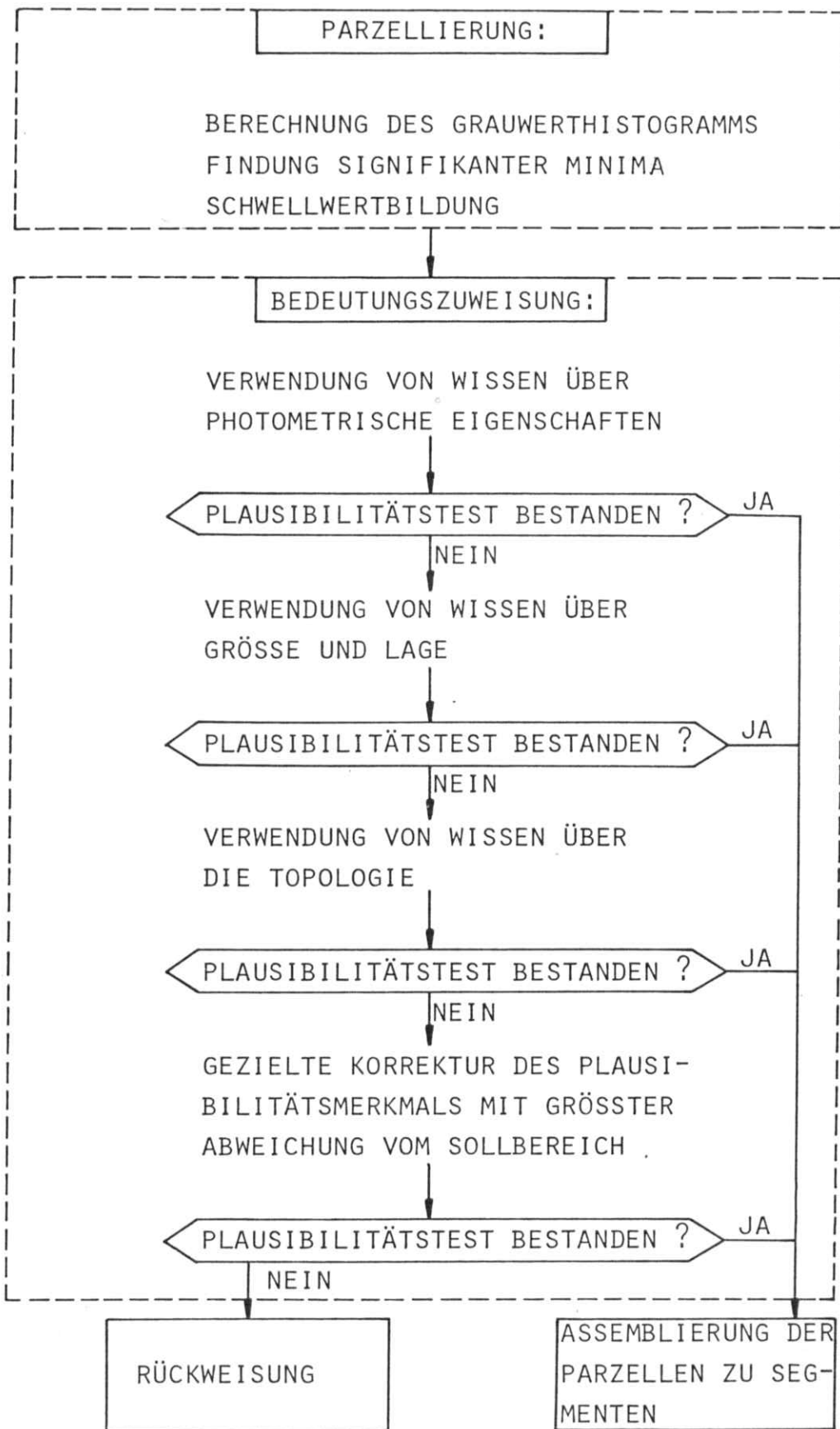


ABB. 1. STRATEGIE ZUR SEGMENTIERUNG VON UROTHELZELLBILDERN

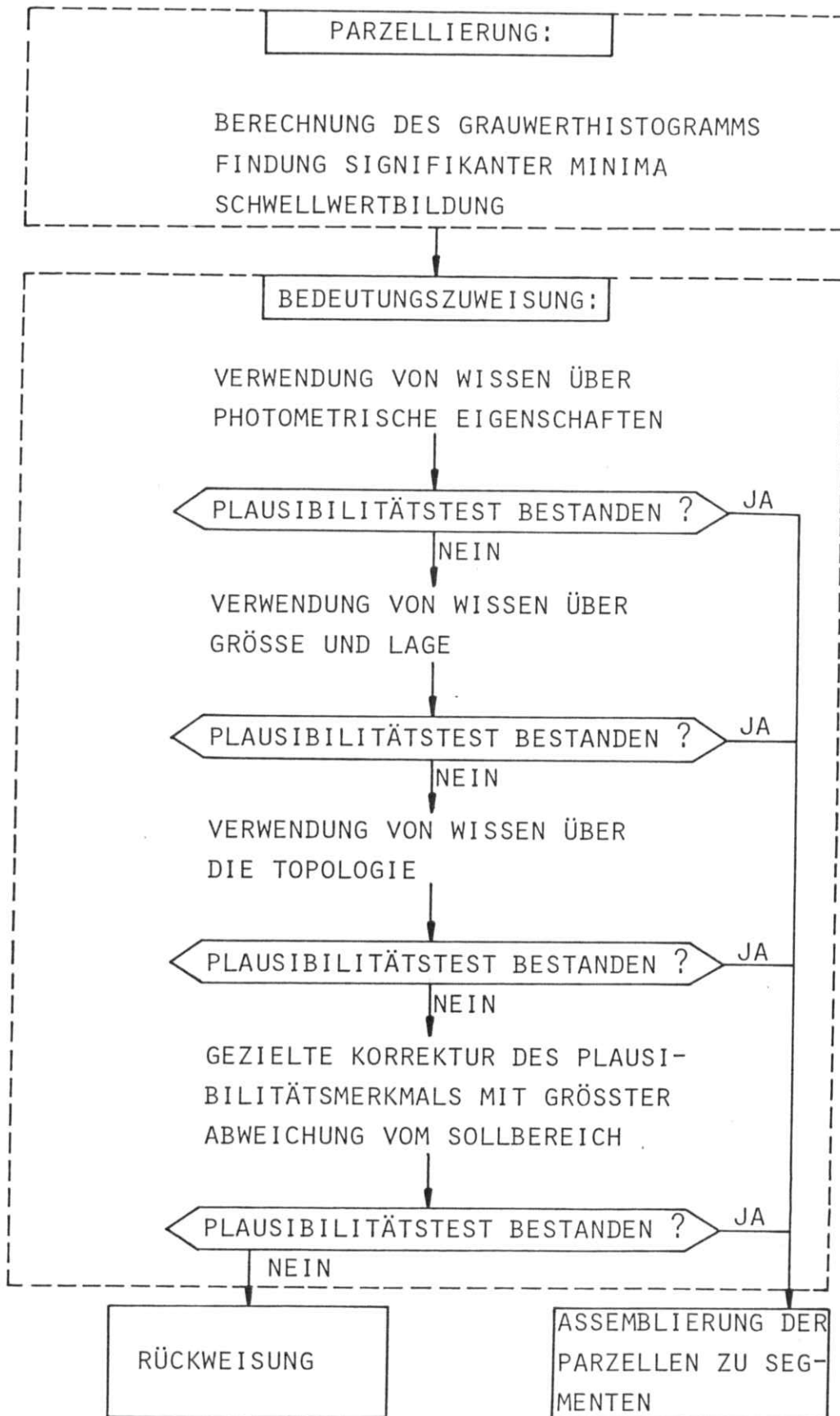


ABB. 1, STRATEGIE ZUR SEGMENTIERUNG VON UROTHELZELLBILDERN

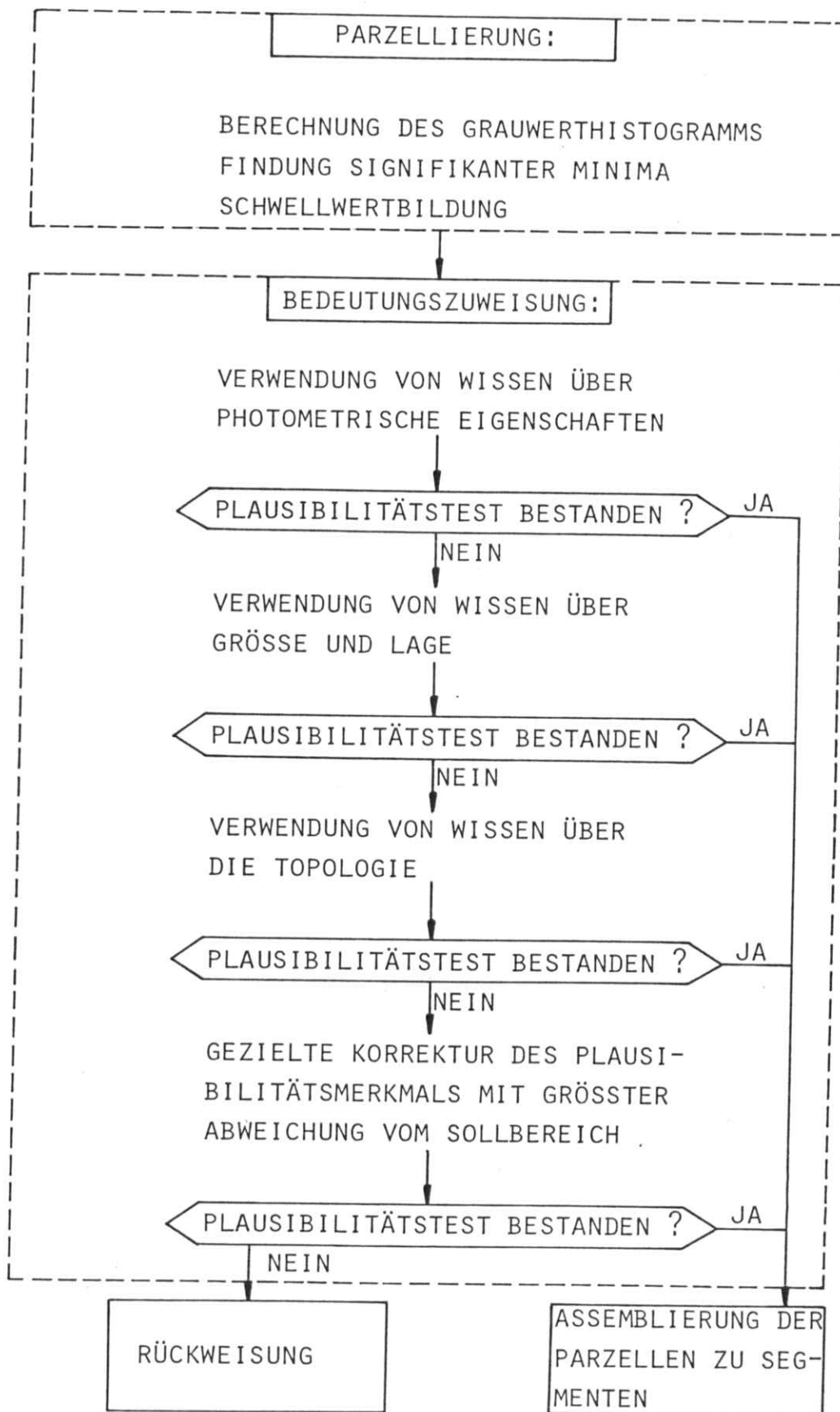


ABB. 1. STRATEGIE ZUR SEGMENTIERUNG VON UROTHELZELLBILDERN

und Topologie von Kern und Gesamtzelle.

Die Erfolgsquote der vollautomatischen Analyse wurde durch subjektive Beurteilung von 2200 Zellbildern bestimmt und liegt z.Z. bei ca. 78%.

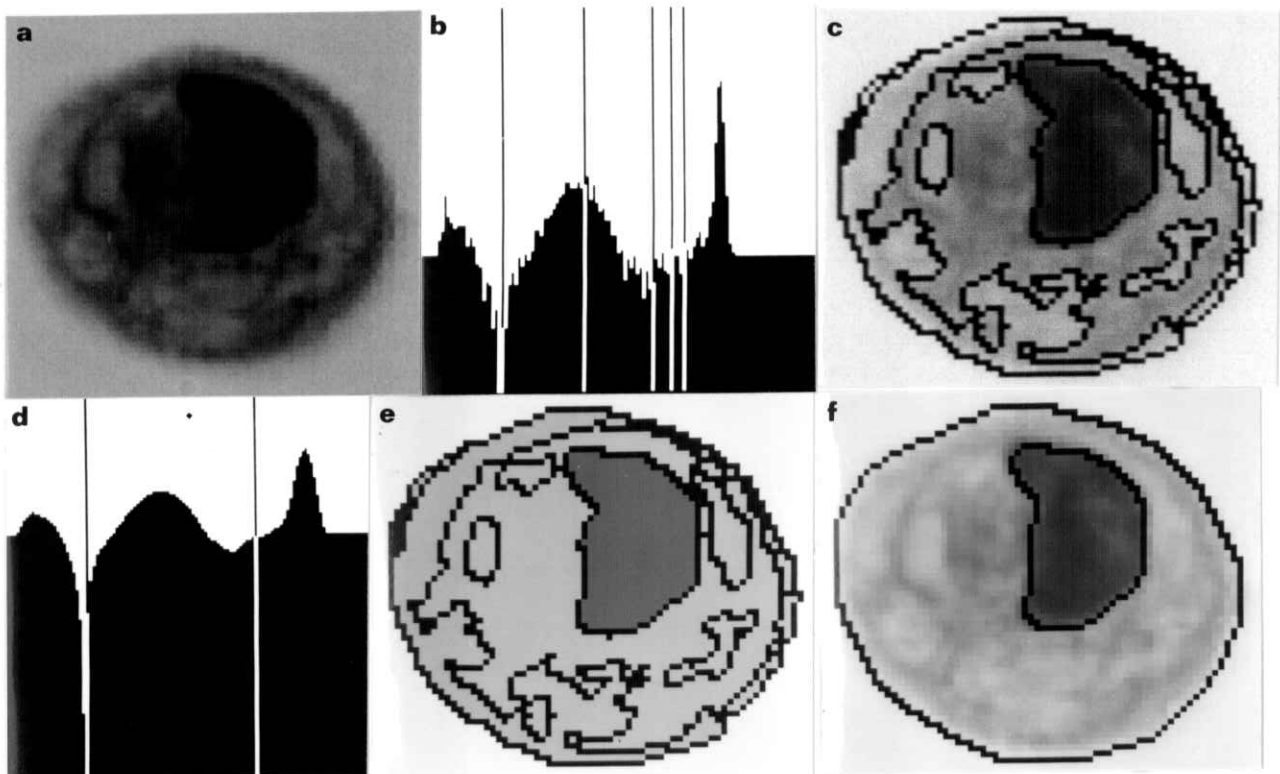
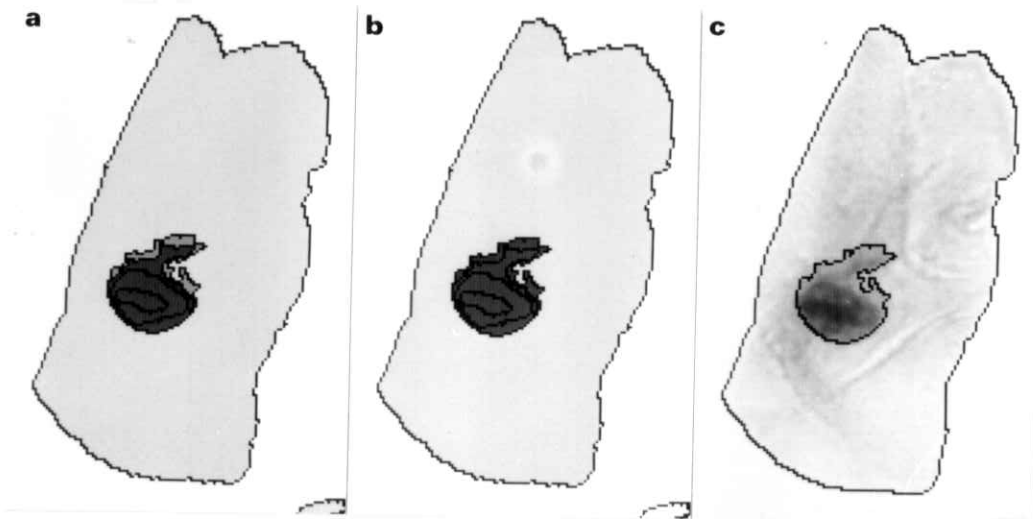


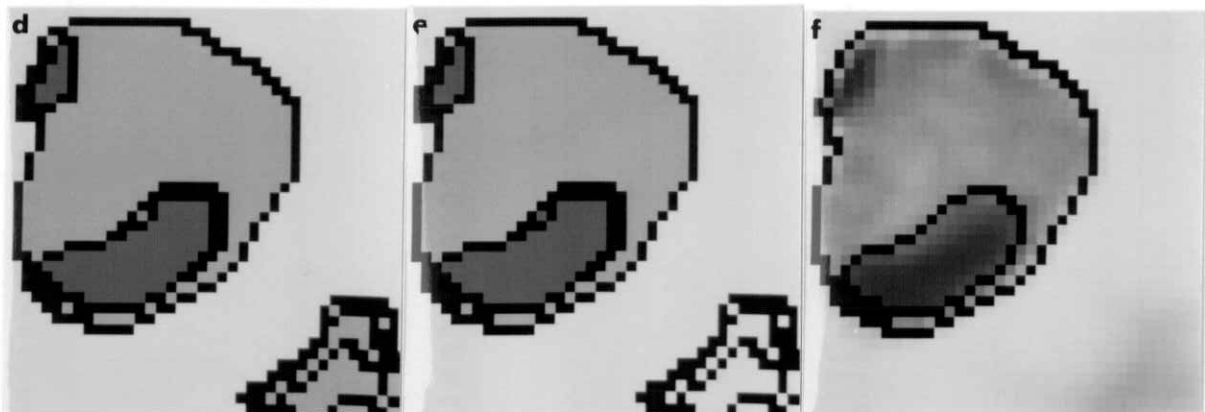
Abb.2, Parzellierung und Segmentierung eines Zellbildes

(a) Original, (b) Grauwert histogramm mit signifikanten Minima, (c) Parzellen, (d) geglättetes Grauwert histogramm mit Bereichsgrenzen des Grauwertmerkmals für "Kern", "Plasma" und "Hintergrund", (e) Bedeutungszuweisung durch photometrische Merkmale, (f) Resultat.

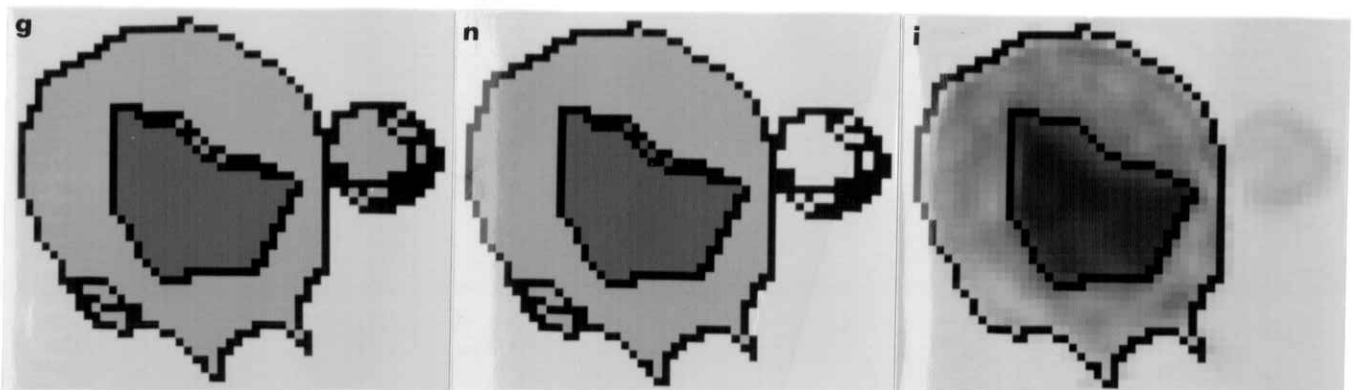
Abb.3, Korrekturmaßnahmen in der Bedeutungszuweisung zu Parzellen: Kern = Schwarz, Plasma = Grau, Hintergrund = Weiß



(a) Bedeutungen aufgrund photometrischer Merkmale,
(b) Korrektur aufgrund von Kerngröße und Randberührung,
(c) Resultat.



(d) Zwischenresultat, (e) Korrektur aufgrund von Nachbarschafts-
beziehungen, (f) Resultat.



(g) Zwischenresultat, (h) Korrektur aufgrund der Form, (i) Resultat.