Einführung in die med. Bildverarbeitung

0 Verwendetes Buch

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Abmayr, Wolfgang:
Einführung in die digitale Bildverarbeitung : mit 26 Tabellen /
von Wolfgang Abmayr. – Stuttgart : Teubner, 1994
ISBN 3-519-06138-4

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© B. G. Teubner Stuttgart 1994
Printed in Germany
Gesamtherstellung: Präzis-Druck GmbH, Karlsruhe

1 EINLEITUNG 4
1.1 VISUELLE WAHRNEHMUNG 4
1.1.1 Aufbau der Netzhaut 4
1.1.2 Kontrastverstärkung im menschlichen Auge 4
1.1.3 Visueller Simultankontrast 5
1.1.4 Größenbestimmung von Objekten 6
1.2 STUFEN EINES BILDVERARBEITUNGSSYSTEMS 6
1.2.1 Bilderfassung 6
1.2.2 Bildvorverarbeitung 7
1.2.3 Segmentierung 7
1.2.4 Merkmalsextraktion 8
1.2.5 Klassifikation 9
2 GRUNDBEGRIFFE 10
2.1 BILDER UND IHRE DARSTELLUNG 10
2.1.1 Bild als Funktion 10
2.1.2 Bild in diskreter Darstellung 10
2.1.3 Nachbarschaft von Bildpunkten 10
2.2 STATISTISCHE EIGENSCHAFTEN VON BILDERN 11
2.2.1 Grauwertprofile 11
2.2.2 Grauwerthistogramm 12
2.3 QUANTISIERUNG VON BILDERN 14
2.3.1 Quantisierung der Ortsauflösung 14
2.3.2 Quantisierung der Grauwerte 15
2.4 EINTEILUNG VON BILDERN 16
3 FOURIERTRANSFORMATION 16
4 BINÄRBILDVERARBEITUNG 16
4.1 MATHEMATISCHE MORPHOLOGIE BEI BINÄRBILDERN 16
4.1.1 Dilatation und Erosion für kontinuierliche Bilder 16
4.1.2 Dilatation und Erosion für den diskreten Fall 17
4.2 KOMPLEXE MORPHOLOGIEPROGRAMME 18
4.2.1 Öffnen und Schließen von Binärbildern 18
5 GRAUBILDVERARBEITUNG 18
5.1 EINTEILUNG DER GRAUBILDVERARBEITUNGSOPERATIONEN 18
5.2 BILDPUNKTOPERATIONEN 19
5.2.1 Modifikation der Grauwertskala durch Kennlinien 19
5.2.2 Dehnung der Grauskala 21
5.2.3 Dehnen der Grauskala mit Clipping 22
5.2.4 Bildverbesserung durch Grauwertäqualisation 24
5.2.5 Hintergrundkompensation 25
5.3 LOKALE GRAUBILDOPERATIONEN 26
5.3.1 Faltungsoperation bei diskreten Bildern 26
5.3.2 Glättungsverfahren 26
5.3.2.1 Bewegter Mittelwert 26
5.3.2.2 Medianfilter 27
5.3.3 Kantenextraktion 28
5.3.3.1 Diskrete Ableitung erster Ordnung 28
5.3.3.2 Prewitt Operator 28
5.3.3.3 Sobel Operator 28
5.3.3.4 Kompaßgradienten 30

6 SEGMENTIERUNG 32
6.1 SCHWELLWERTVERFAHREN 32
6.1.1 Einfacher Schwellwert 32
6.1.2 Lokales Schwellwertverfahren 33
6.1.3 Glättung und Schwellwert 35
6.2 REGION GROWING 35
7 DER DICOM-STANDARD 36
7.1 ÜBERSICHT 36
7.2 GESCHICHTE 36
7.3 NUTZEN FÜR DEN ANWENDER 36
7.4 STRUKTUR DES STANDARDS 36
7.5 DATENSPEICHERUNG IN DICOM 37
7.5.1 Data Sets und Data Elements 37
7.5.2 Data Elements 37
7.5.3 Registry of Data Elements 39
7.5.4 Value Representations 40
7.6 MESSAGES AND SERVICES 43

1 Einleitung

1.1 Visuelle Wahrnehmung

1.1.1 Aufbau der Netzhaut

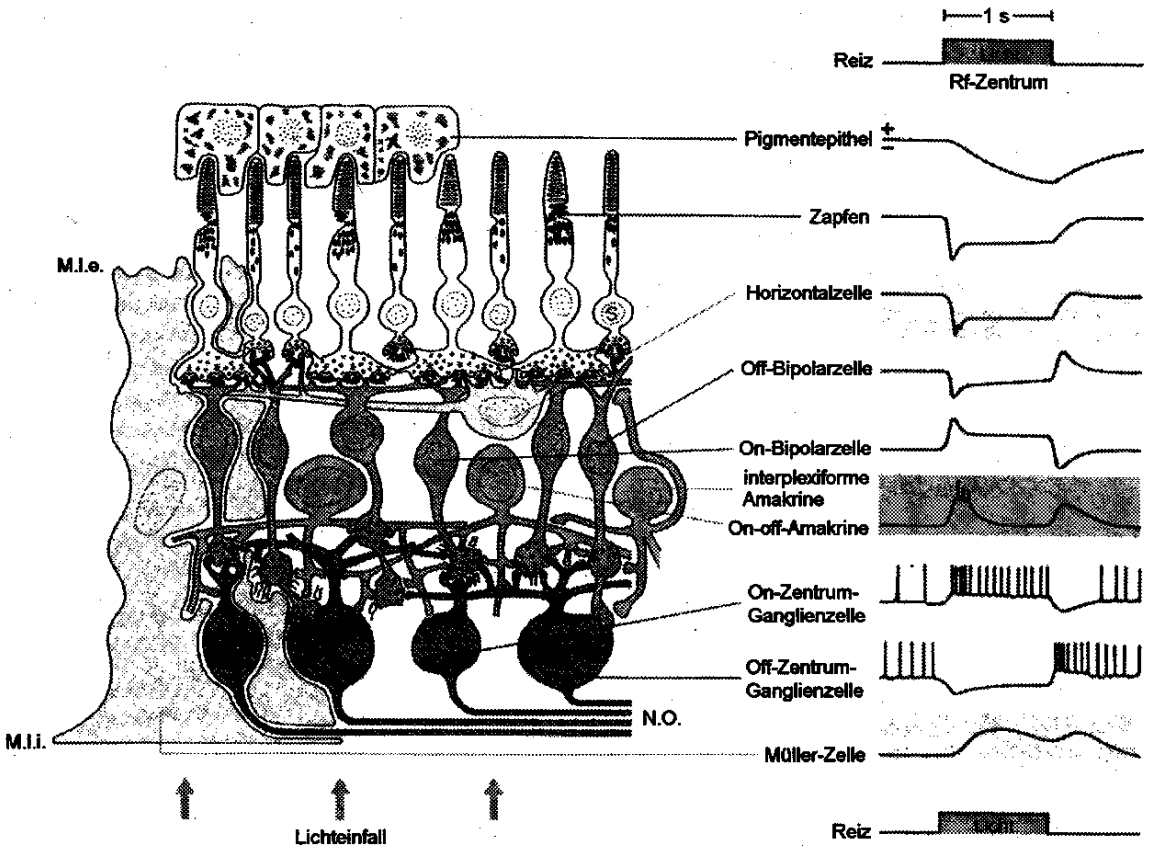
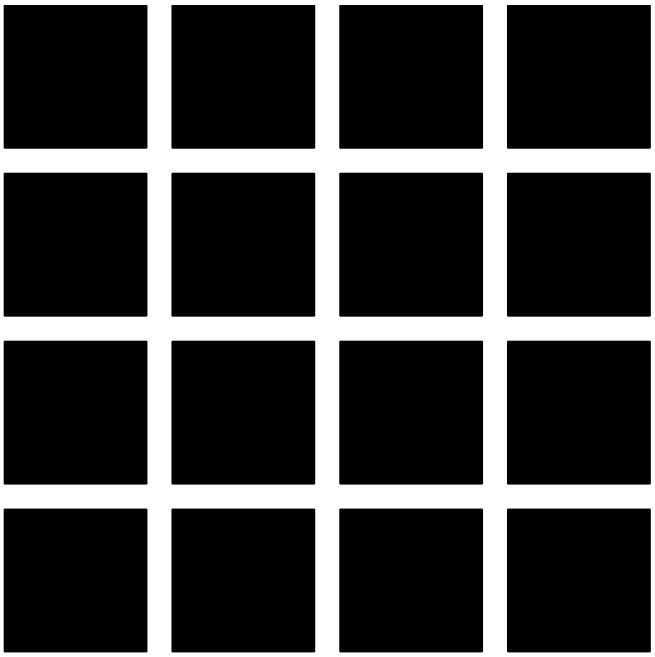
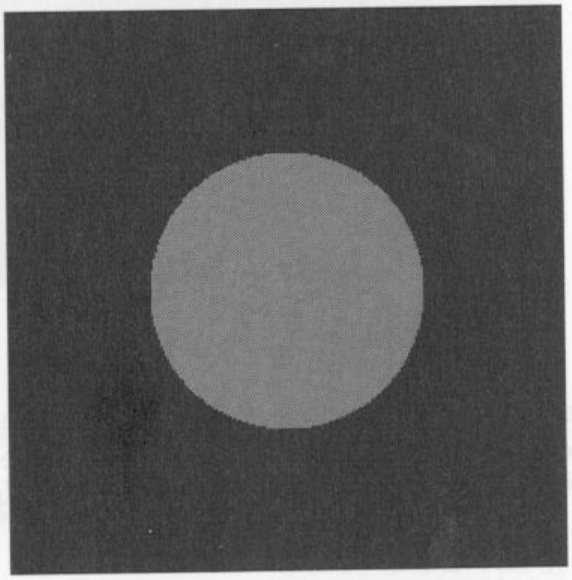


Bild 1.2: Prinzipieller Aufbau der Netzhaut mit verschiedenen Zelltypen und Schema der Reaktion einzelner Neurone der Netzhaut auf einen Lichtreiz (Quelle [Schm90]).

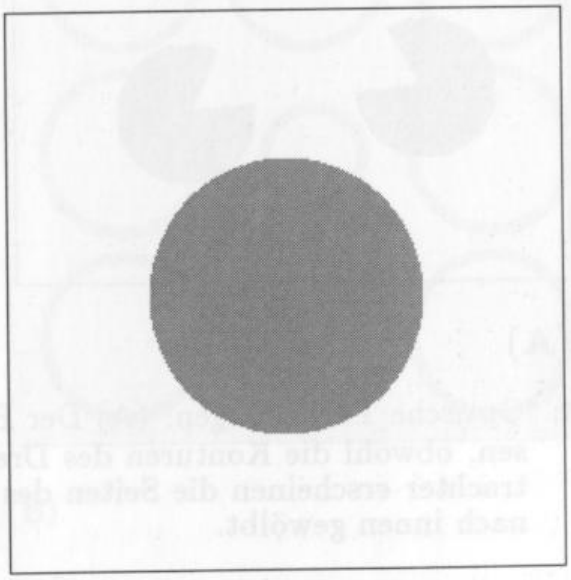
1.1.2 Kontrastverstärkung im menschlichen Auge



1.1.3 Visueller Simultankontrast



(A)



(B)

Bild 1.3: Visueller Simultankontrast: Wahrnehmung von Hell-Dunkel Objekten. Für den Betrachter erscheint die graue Fläche auf dunklem Hintergrund heller als dieselbe graue Fläche auf hellem Hintergrund.

1.1.4 Größenbestimmung von Objekten

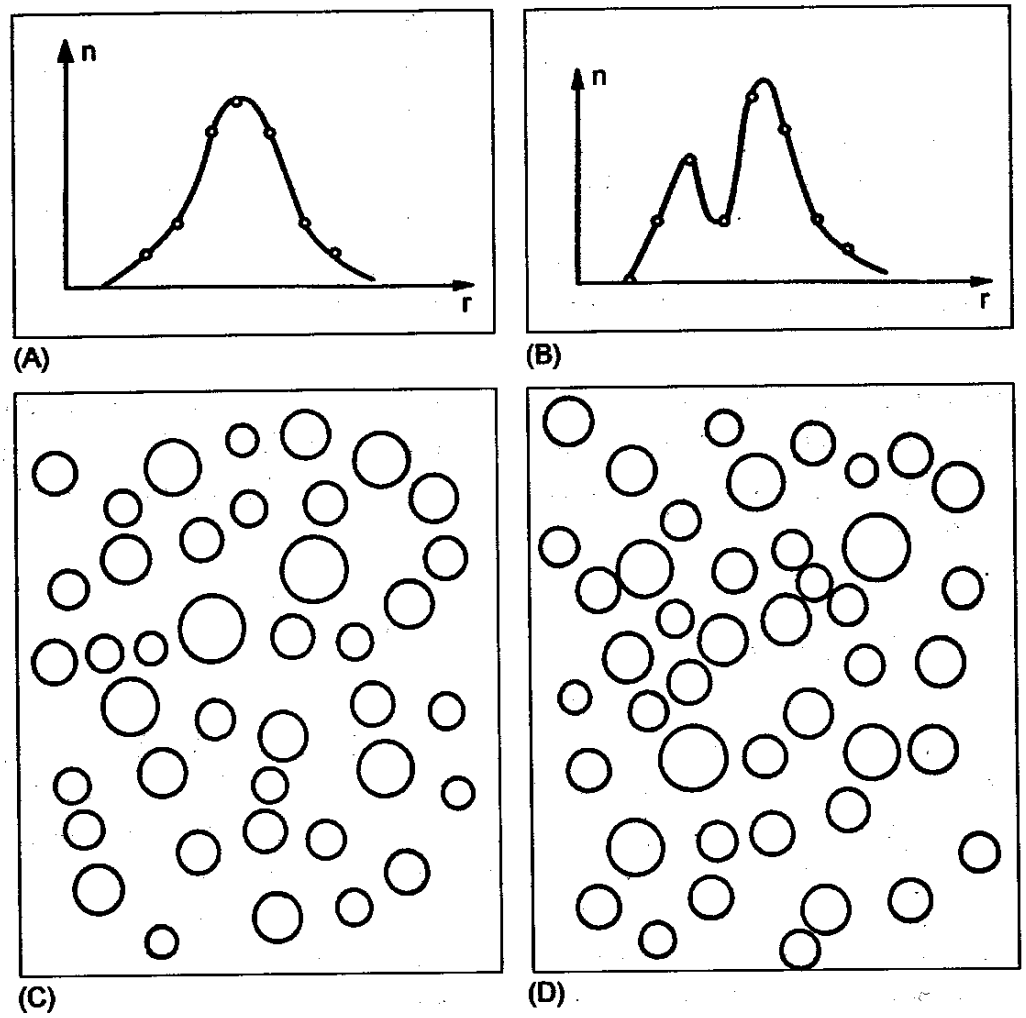


Bild 1.6: Größenbestimmung von Objekten: Die Bilder (C) und (D) sind bei visueller Betrachtung sehr ähnlich. Sie entsprechen aber den völlig verschiedenartigen Verteilungen (A) und (B) [Eins87].

1.2 Stufen eines Bildverarbeitungssystems

```
+---------+   +---------+   +---------+   +----------+   +---------+
|Bild-    |   |Vorverar-|   |Segmen-  |   |Merkmals- |   |Klassifi-|
|         |---|         |---|         |---|          |---|         |
|erfassung|   |beitung  |   |tierung  |   |extraktion|   |kation   |
+---------+   +---------+   +---------+   +----------+   +---------+
```

Bild 1.7: Schema eines modularen Bildverarbeitungssystems.

1.2.1 Bilderfassung

- Kamera
- Scanner

- Modalität (CT, MR, digit. Röntgen)

1.2.2 Bildvorverarbeitung

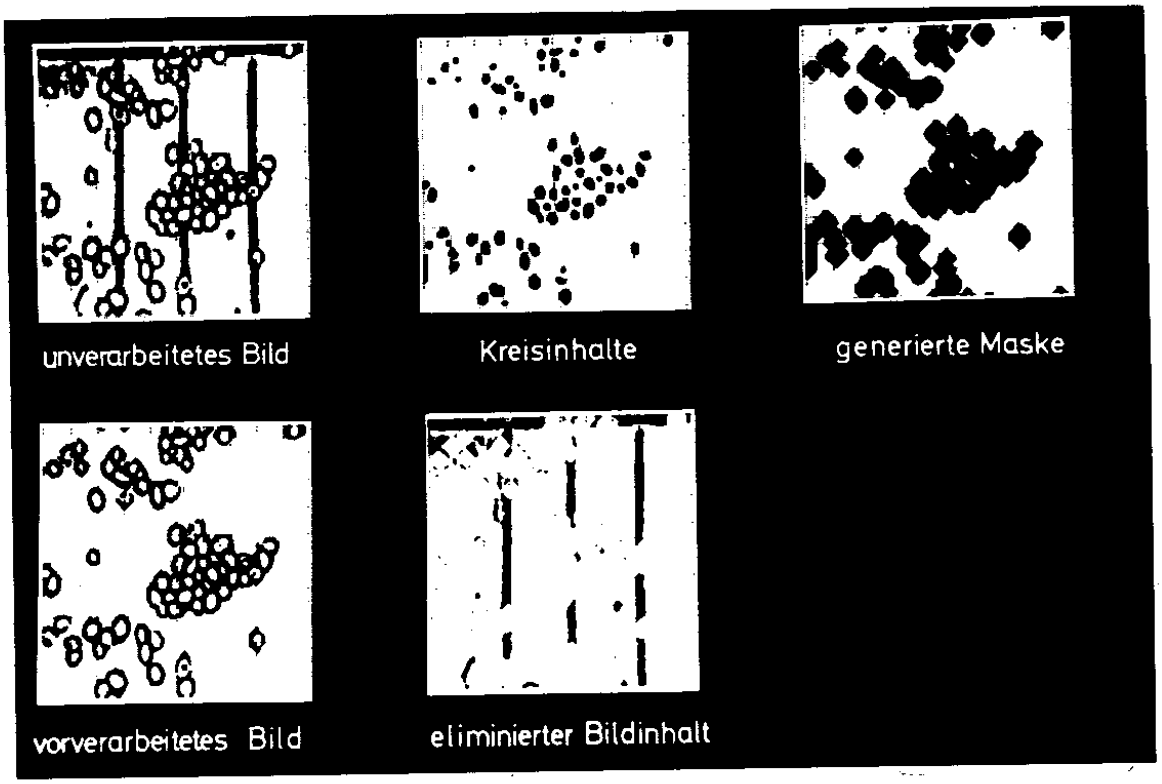


Bild 1.9: Verschiedene Zwischenschritte zur Vorverarbeitung von Hefezellbildern.

1.2.3 Segmentierung

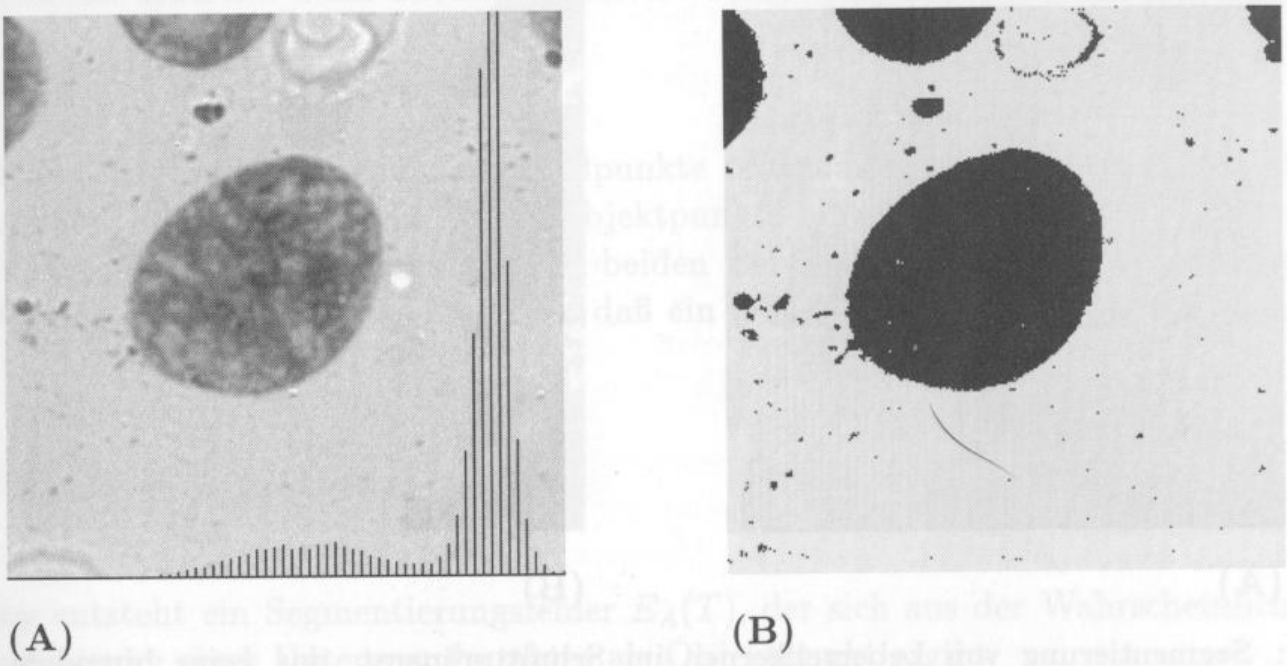
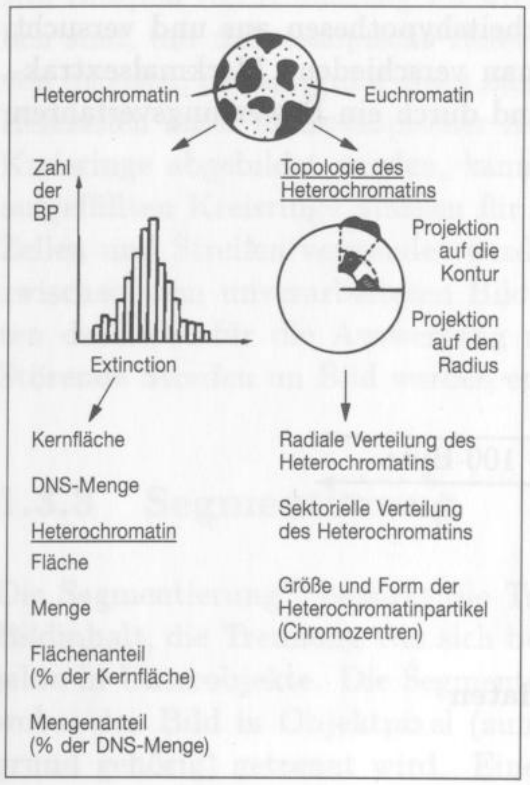


Bild 6.1: Segmentierung eines Bildes mit einer bimodalen Verteilung: (A) Mikroskopbild eines Zellkerns mit Histogramm, (B) Binärbild, als Ergebnis der Segmentierung.

1.2.4 Merkmalsextraktion



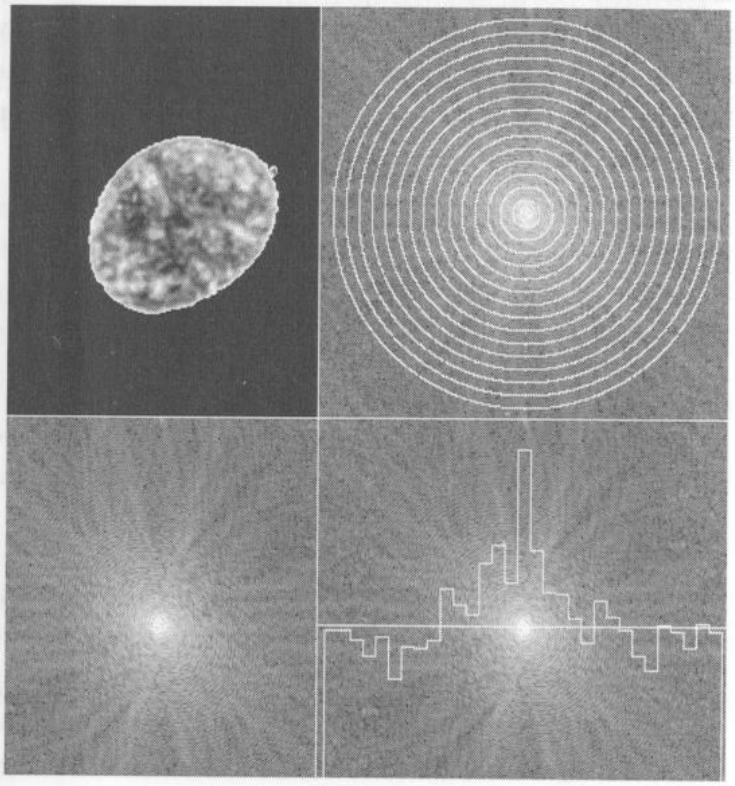


Bild 1.12: Merkmalsextraktion: (links) Morphologie des Zellkerns, Merkmale sind mit visuellen Merkmalen korreliert Quelle [Simo75], (rechts) Extraktion von abstrakten Merkmalen mittels Fouriertransformation.

1.2.5 Klassifikation

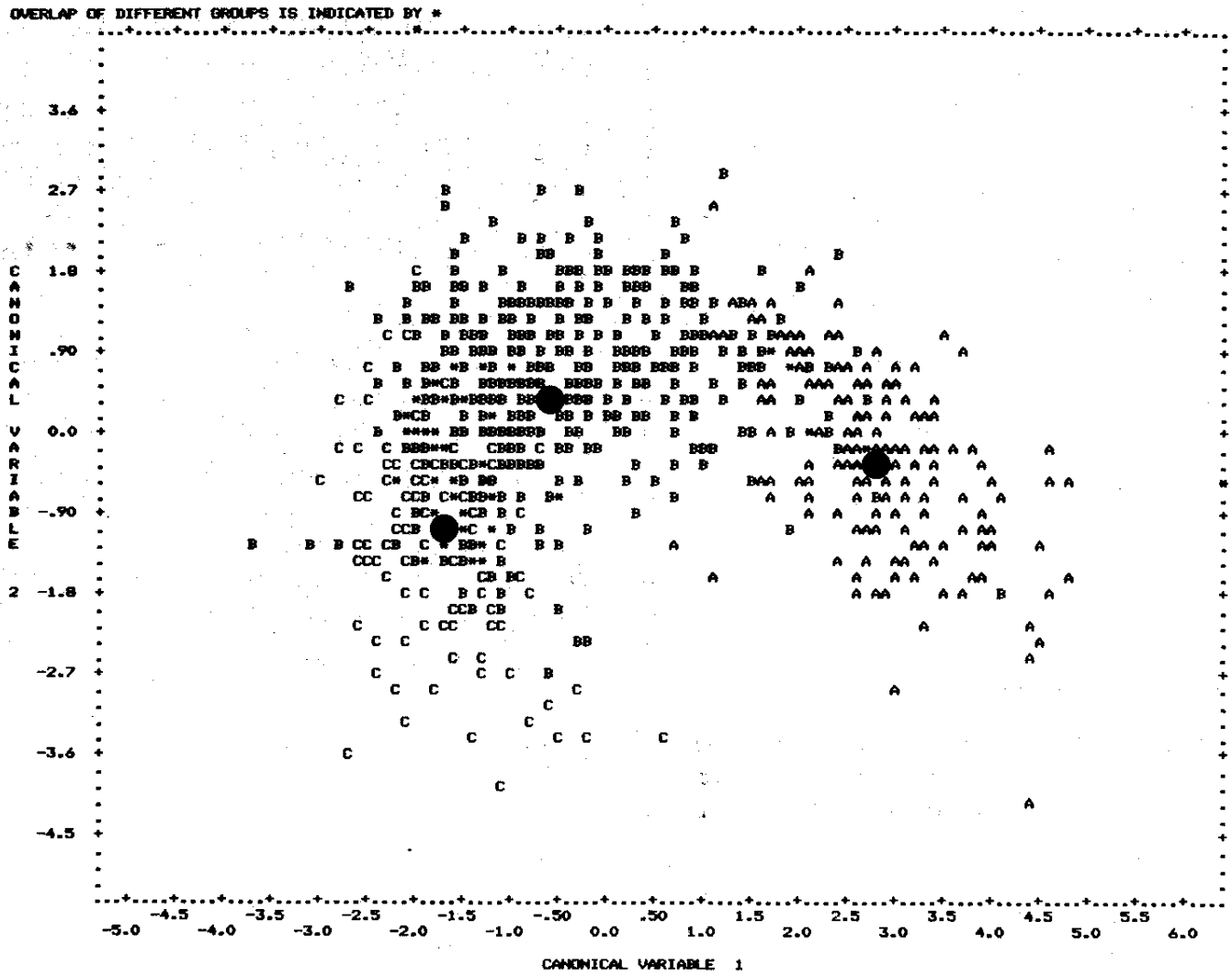


Bild 1.13: Klassifikation von Zellen: Darstellung der Zellklassen A, B und C im 2D Merkmalsraum. Die Zellklassen bilden Cluster.

Klassifikationsmatrix

Zelltyp	% korrekt	Anzahl der Zellen klassifiziert als A	B	C	gesamt
A	97.2	171	5	0	176
B	69.8	36	328	106	470
C	89.6	0	14	121	135
gesamt	79.4	207	347	227	781

Tabelle 1.2: Klassifikationsmatrix der in Abbildung 1.13 gezeigten Merkmalsverteilung für drei Zelltypen.

2 Grundbegriffe

2.1 Bilder und Ihre Darstellung

2.1.1 Bild als Funktion

$b(x,y)$, wobei $0 \leq b(x,y) \leq b_{max}$

2.1.2 Bild in diskreter Darstellung

Diskrete Bildpunkte $B(x,y)$ „Pixel“ mit $1 \leq x \leq M$ und $1 \leq y \leq N$
mit M als Anzahl Spalten und N als Anzahl Zeilen

2.1.3 Nachbarschaft von Bildpunkten

- Quadratisches Raster: 4 Nachbarn und 8 Nachbarn
- Hexagonales Raster: 6 Nachbarn

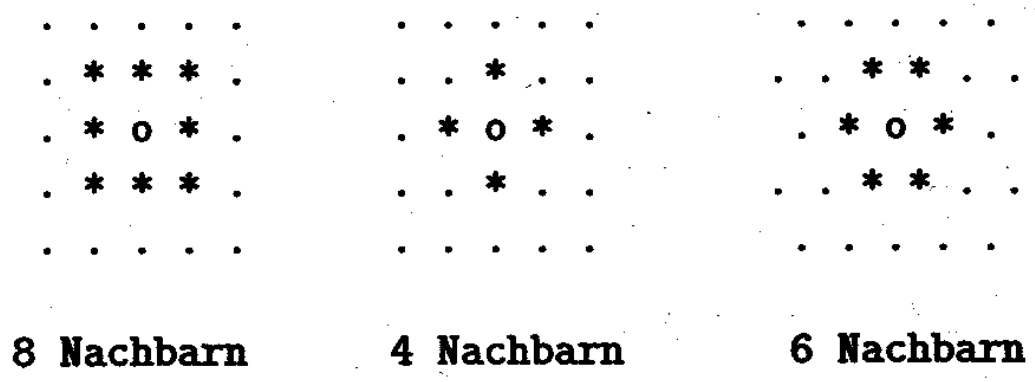


Bild 2.1: Nachbarschaftsbeziehungen in Bildern.

2.2 Statistische Eigenschaften von Bildern

2.2.1 Grauwertprofile

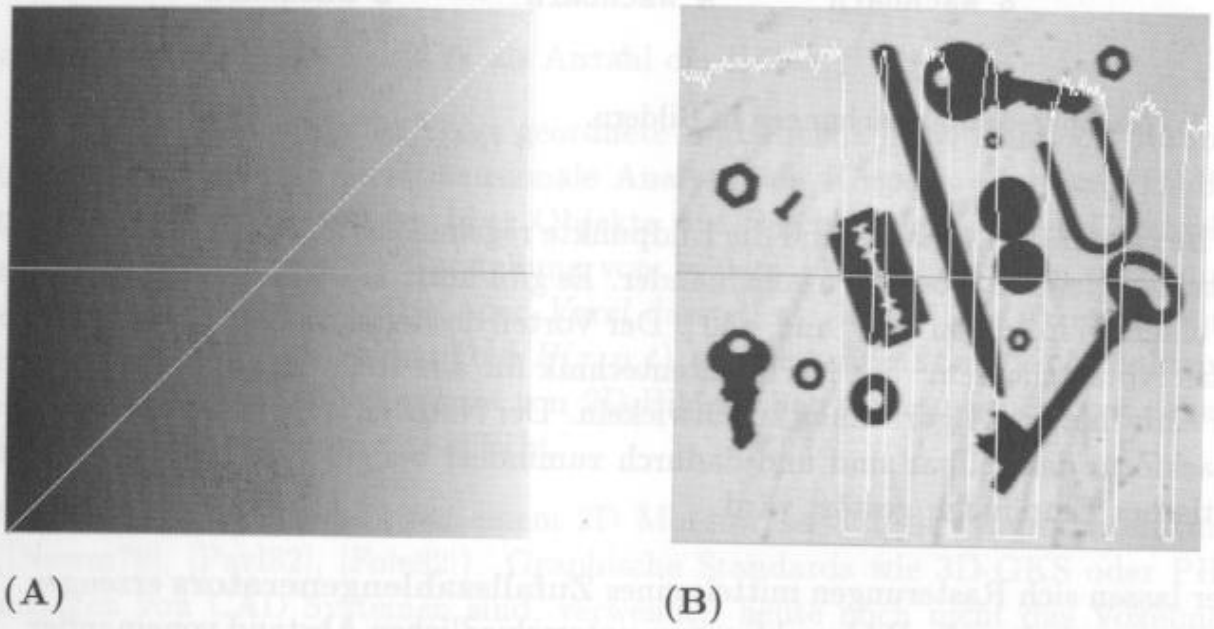


Bild 2.2: Grauwertprofile entlang einer Linie: (A) Grauwertprofil bei einem Graukeil, (B) Grauwertprofil in einem Graubild.

2.2.2 Grauwerthistogramm

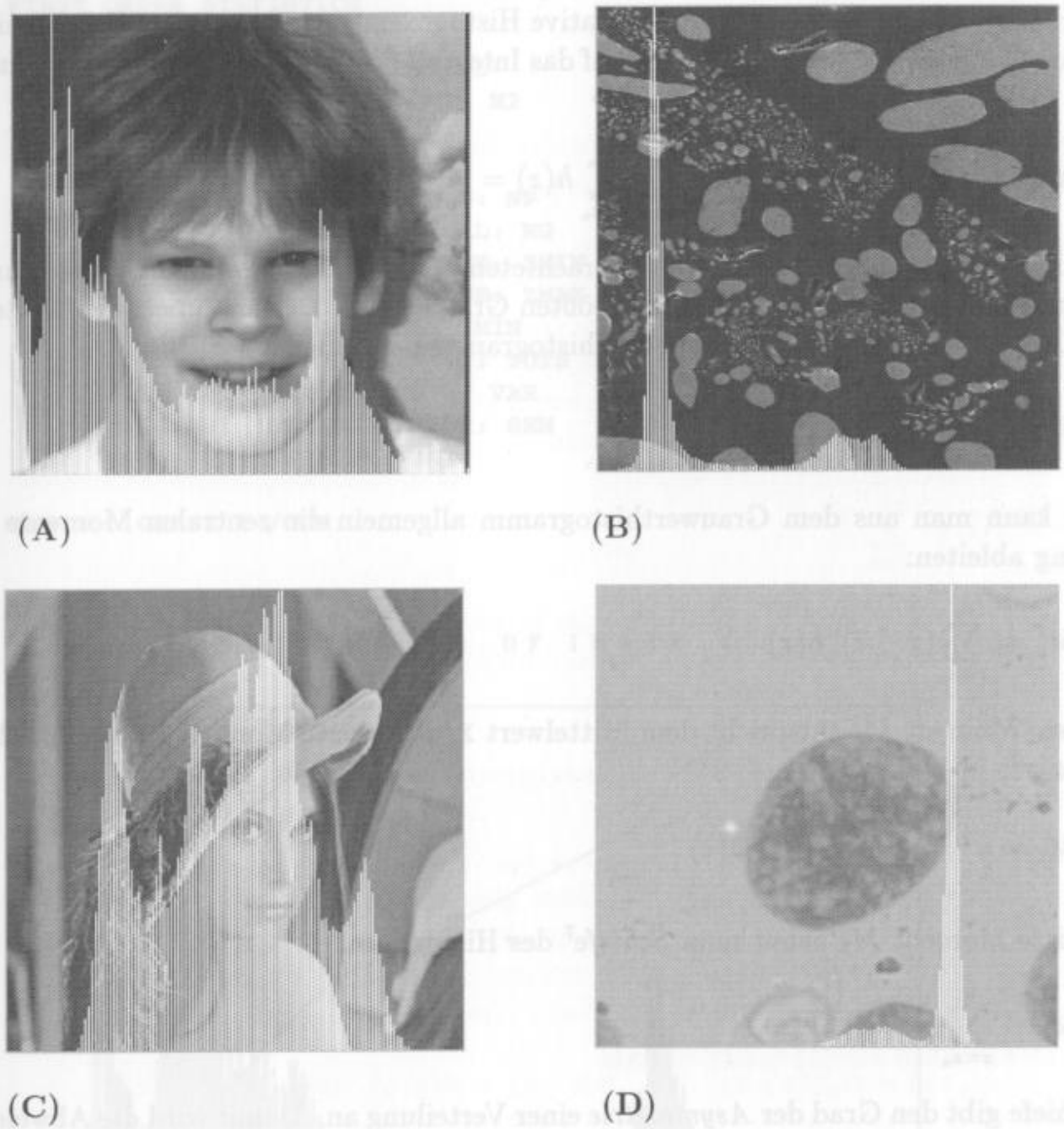


Bild 2.3: Bilder mit Grauwerthistogrammen: (A) Normales Graubild mit hellen und dunklen Strukturen, (B) Bild mit dunklem Untergrund und hellen Objekten, (C) Bild mit einer Verteilung der Grauwerte über den gesamten Grauwertbereich, (D) Bild mit hellem Untergrund und dunklen Objektstrukturen.

Graubildstatistik

```
***   CMD >   GSTAT 1

      FIRST ORDER STATISTICS

            #01  G01  MEAN VALUE: M1                      89.8686
            #02  G01  STANDARD DEV: M2                    66.8715
            #03  G01  SKEWNESS: M3'                         .4716
            #04  G01  KURTOSIS: M4'                       -1.0928
            #05  G01  NUMBER-PIXELS: NP                65536.0000
            #06  G01  NUMBER-GREYVAL: NG                 256.0000
            #07  G01  MIN. GREYVALUE: ZMIN                  .0000
            #08  G01  MAX. GREYVALUE: ZMAX               255.0000
            #09  G01  RANGE: ZMAX-ZMIN                   255.0000
            #10  G01  TOTSUM*10**-4: TOTS                588.9628
            #11  G01  VARCOEF IN %: VAR                   74.4103
            #12  G01  STANDARDERROR: SEM                    .5224
            #13  G01  ENTROPY: ENT                         7.6388

***   CMD >   GHIST 1 /CUM
```

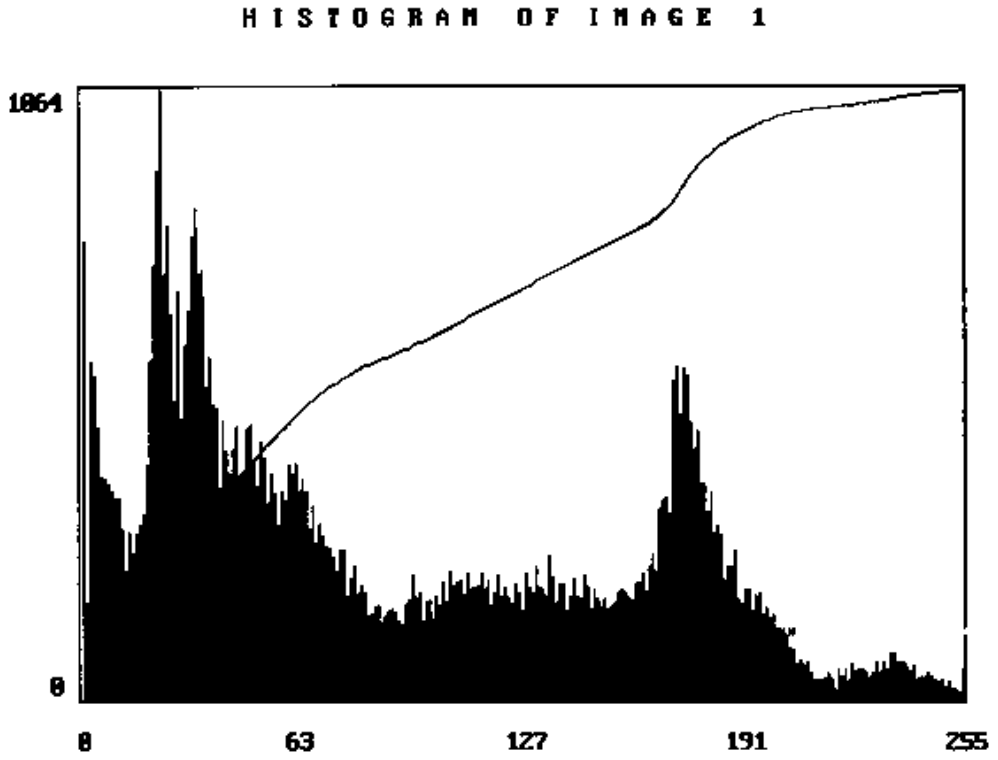


Bild 2.4: Graubildstatistik: Mit dem IMAGE Kommando GSTAT wird die Graubildstatistik berechnet und mit dem Kommando GHIST /CUM das Graubildhistogramm und das kumulative Histogramm am VGA-Monitor dargestellt.

2.3 Quantisierung von Bildern

2.3.1 Quantisierung der Ortsauflösung

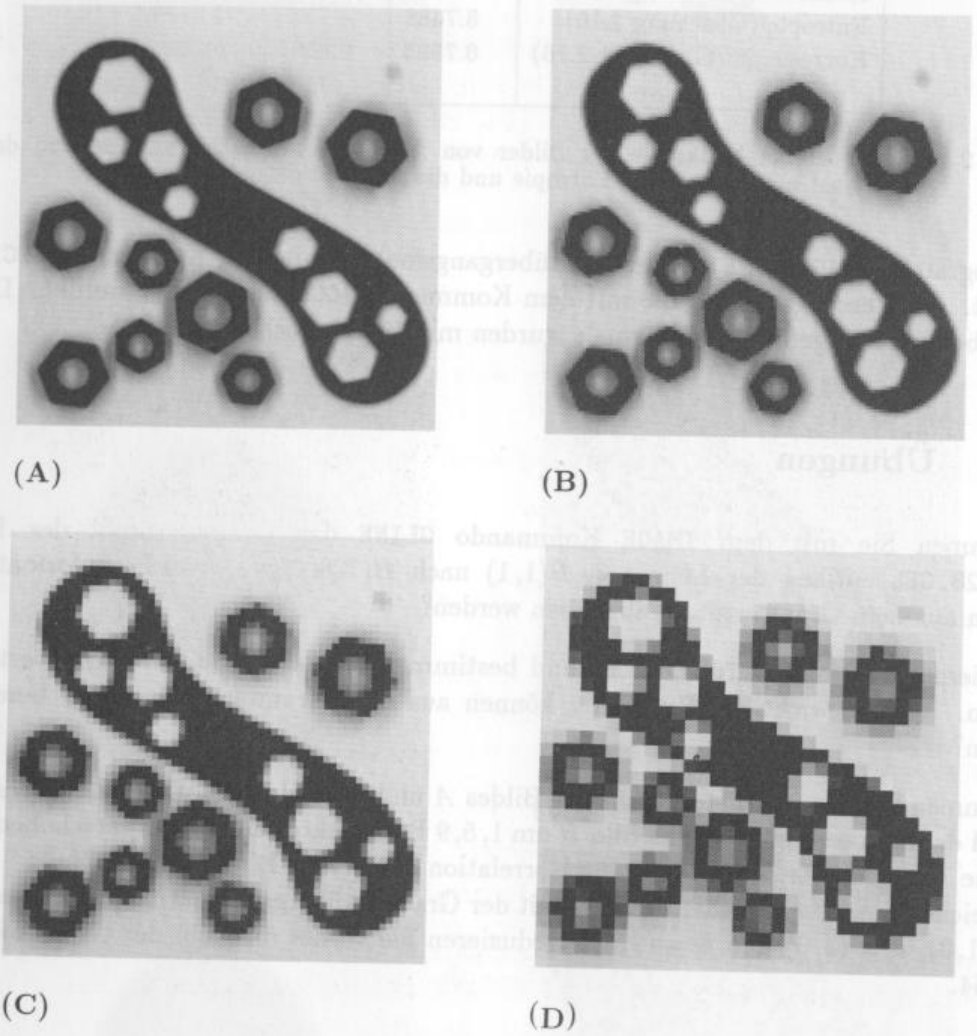


Bild 2.8: Quantisierung der Ortsauflösung eines Bildes: (A) 256×256 Bildpunkte, (B) 128×128 Bildpunkte, (C) 64×64 Bildpunkte und (D) 32×32 Bildpunkte.

2.3.2 Quantisierung der Grauwerte

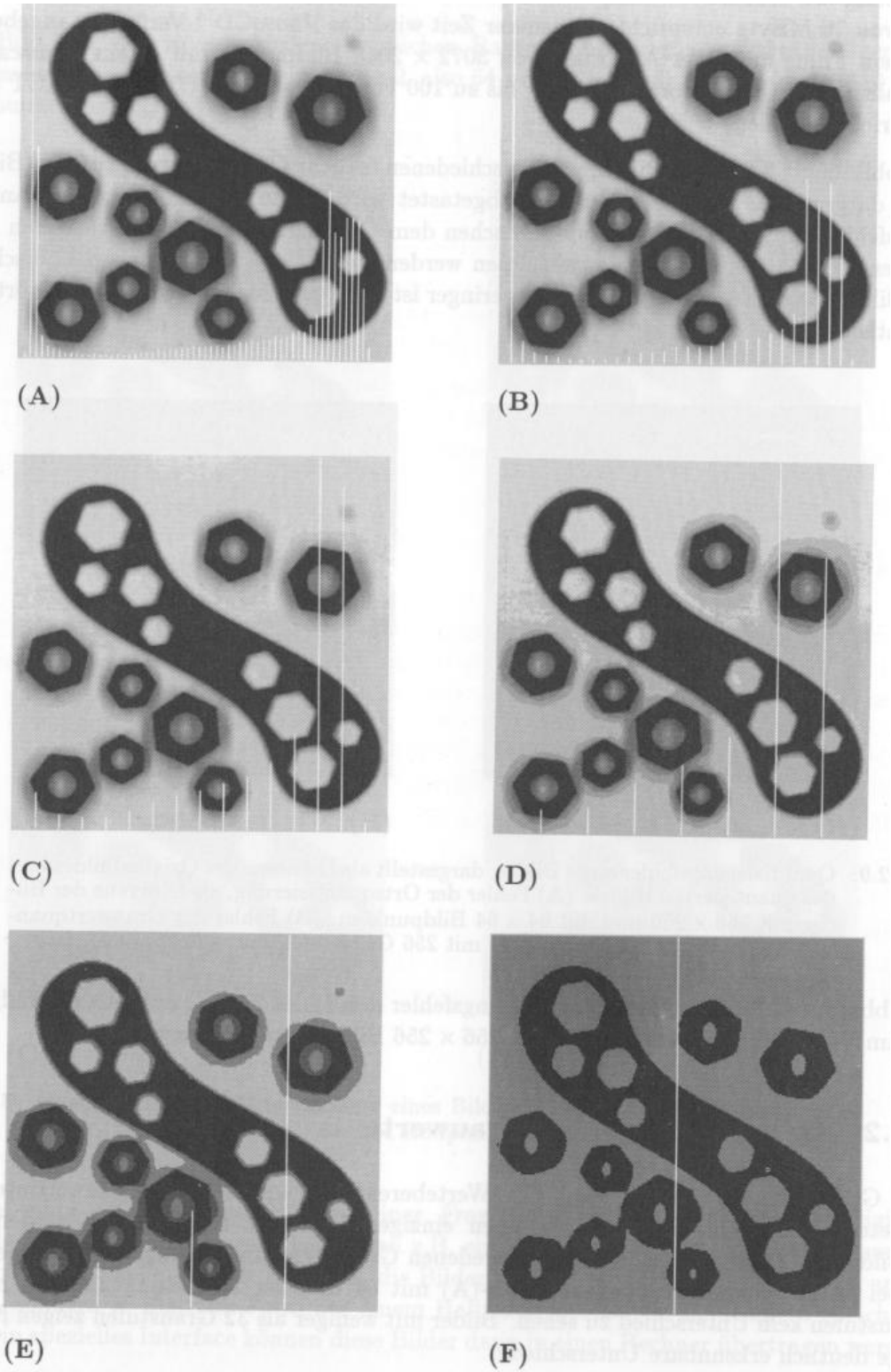


Bild 2.10: Grauwertquantisierung mit Histogramm als Overlay: (A) 64 Graustufen, (B) 32 Graustufen, (C) 16 Graustufen, (D) 8 Graustufen, (E) 4 Graustufen und (F) 2 Graustufen. Unterschiede sind bei weniger als 32 Graustufen zu erkennen.

2.4 Einteilung von Bildern

a) Binäre Bilder
b) Graubilder
c) Farbbilder
d) 3D-Bilddarstellungen
e) Bildfolgen (zeitlich)

3 Fouriertransformation

4 Binärbildverarbeitung

4.1 Mathematische Morphologie bei Binärbildern

4.1.1 Dilatation und Erosion für kontinuierliche Bilder

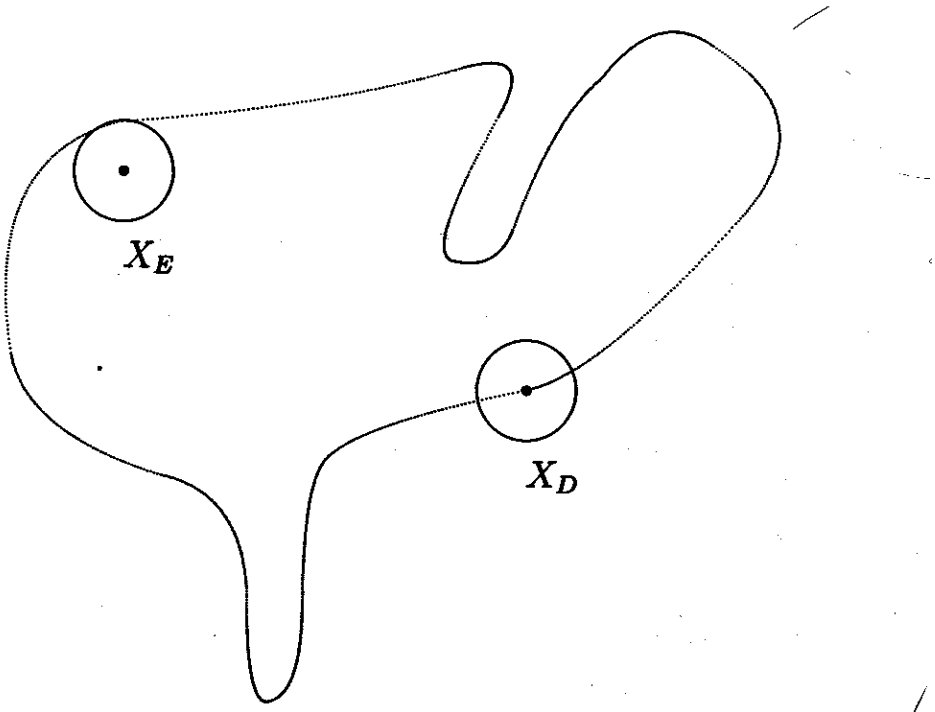


Bild 4.4: Graphische Darstellung der Dilatation und Erosion am Beispiel einer Kreisscheibe: Wenn der Bezugspunkt des strukturierenden Elements X_D durch Translation entlang des Objektrandes bewegt wird, so beschreibt die Vereinigungsmenge aus strukturierendem Element und Objekt das dilatierte Bild. Wenn das strukturierende Element X_E durch Translation so am inneren Objektrand entlanggeführt wird, daß das strukturierende Element vollständig im Objekt enthalten ist, so beschreibt der Bezugspunkt des strukturierenden Elements die neue Kontur des erodierten Bildes.

4.1.2 Dilatation und Erosion für den diskreten Fall

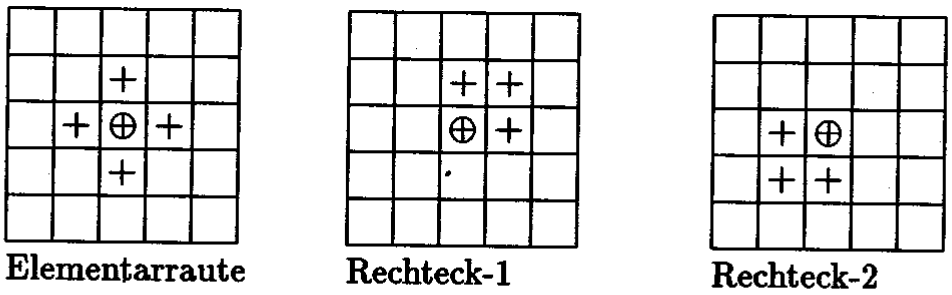


Bild 4.7: Kleinste strukturierende Elemente im Rechteckraster: Elementarraute, Elementarrechteck–1 und Elementarrechteck–2. Symbole: + Bildpunkt, ⊕ Bezugspunkt mit Bildpunkt.

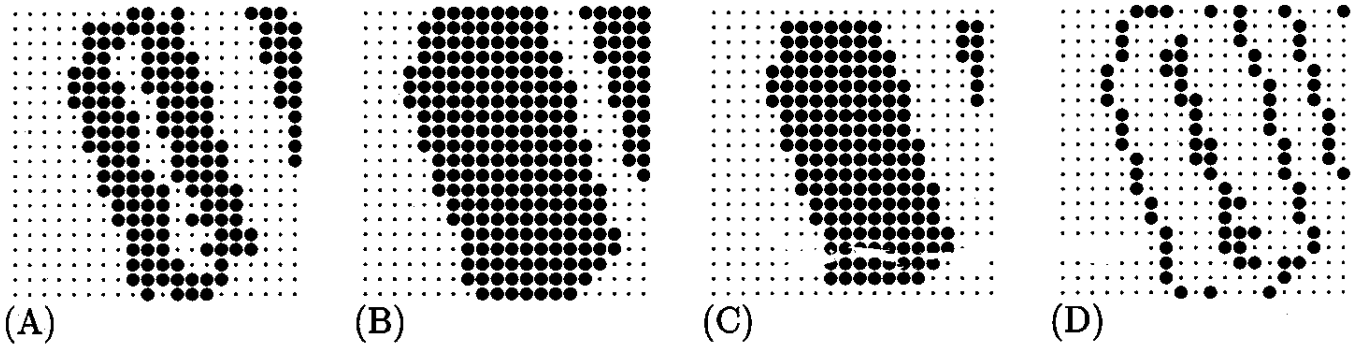


Bild 4.3: *SHRINK* und *BLOW* bei Binärbildern: (A) Originalbild, (B) Vermehrung der Bildpunkte von Bi A durch *BLOW*, (C) Reduzierung der Bildpunkte von Bild B durch *SHRINK*, (D) Objektrand durch Differenz Bild $A - C$.

B - A

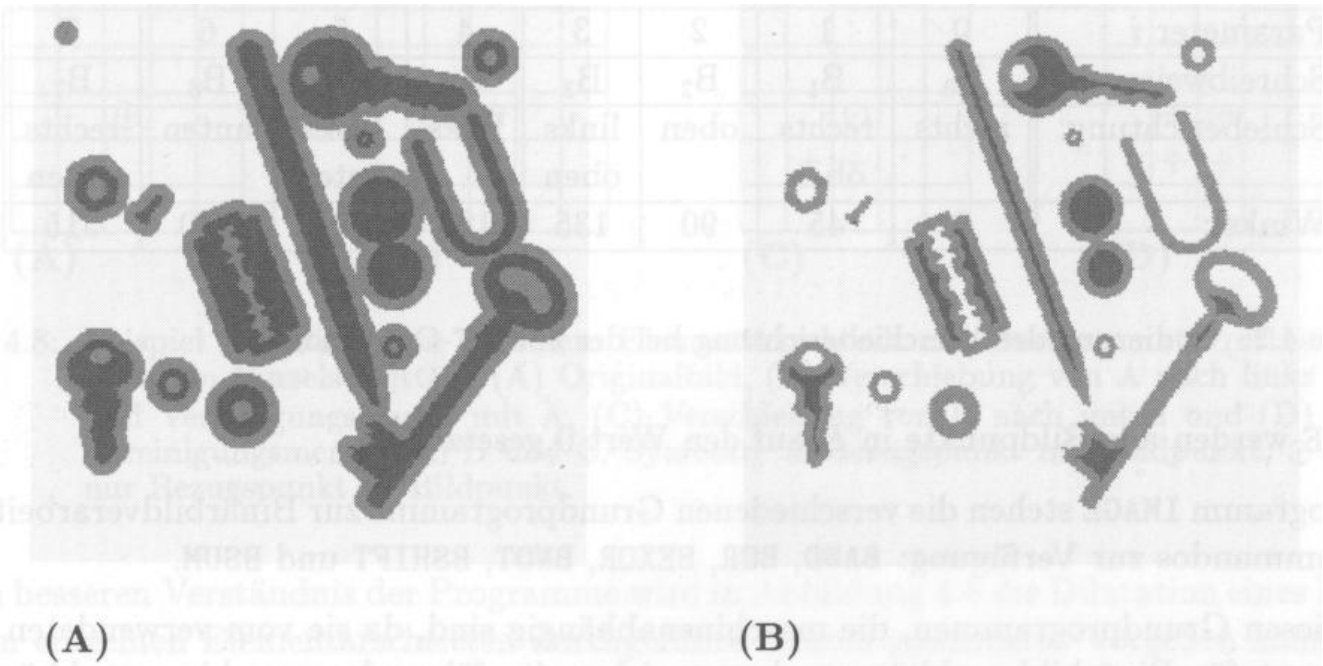
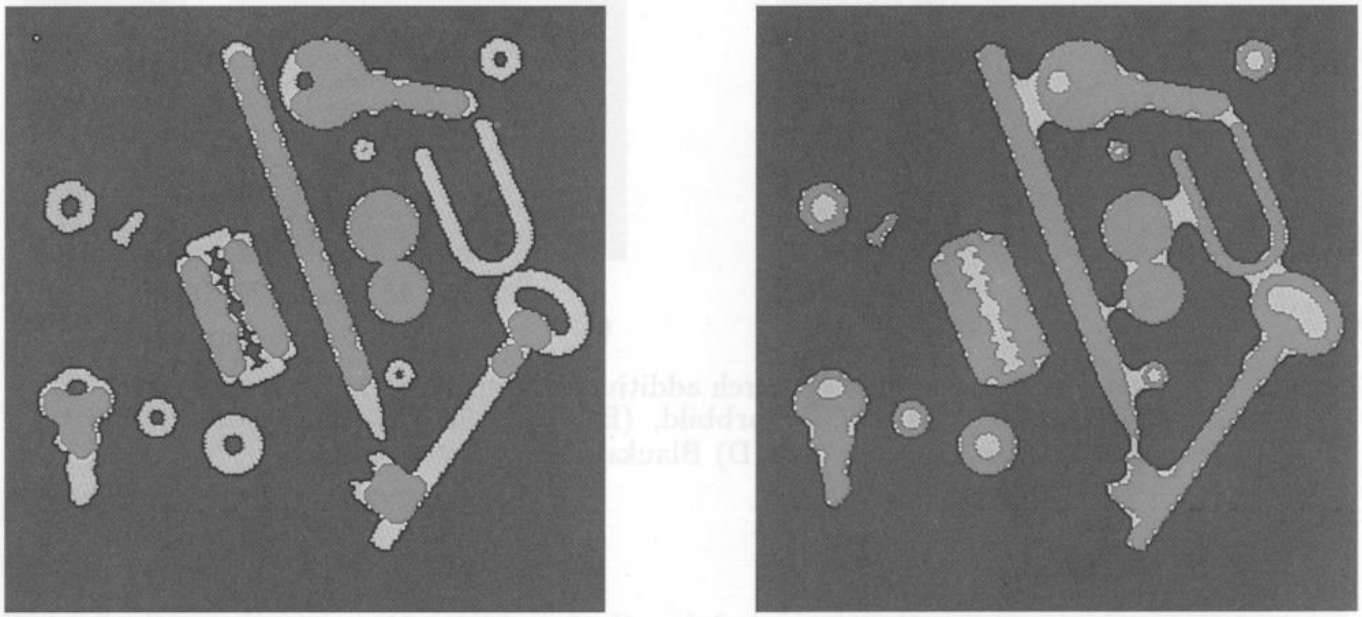


Bild 4.6: Beispiel zur Dilatation und Erosion eines Bildes: (A) Dilatation von Schwarz mit $R_{Scheibe} = 5$, (B) Erosion von Schwarz mit $R_{Scheibe} = 4$. Links oben im Bild ist das strukturierende Element abgebildet.

4.2 Komplexe Morphologieprogramme

4.2.1 Öffnen und Schließen von Binärbildern



(A) (B)

Bild 9.6: Öffnen und Schließen bei einem Binärbild: (A) Zum Öffnen wird das strukturierende Element X mit Radius 5 und (B) zum Schließen das strukturierende Element X auch mit Radius 5 verwendet. Durch Öffnen und Schließen entstehen Artefakte.

5 Graubildverarbeitung

5.1 Einteilung der Graubildverarbeitungsoperationen

a) Bildpunktoperationen
b) Lokale Nachbarschaftsoperationen
c) Globale Nachbarschaftsoperationen

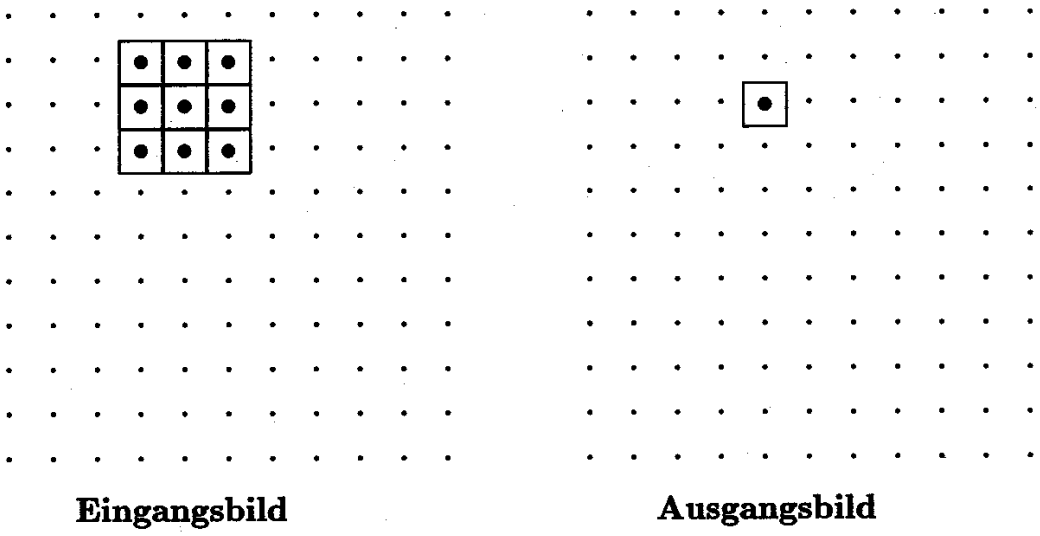


Bild 5.1: Lokale Nachbarschaftsoperationen: Das Eingangsbild $B(x, y)$ wird unter Berücksichtigung von Nachbarpunkten in das Ausgangsbild $A(x, y)$ transformiert

5.2 Bildpunktoperationen

5.2.1 Modifikation der Grauwertskala durch Kennlinien

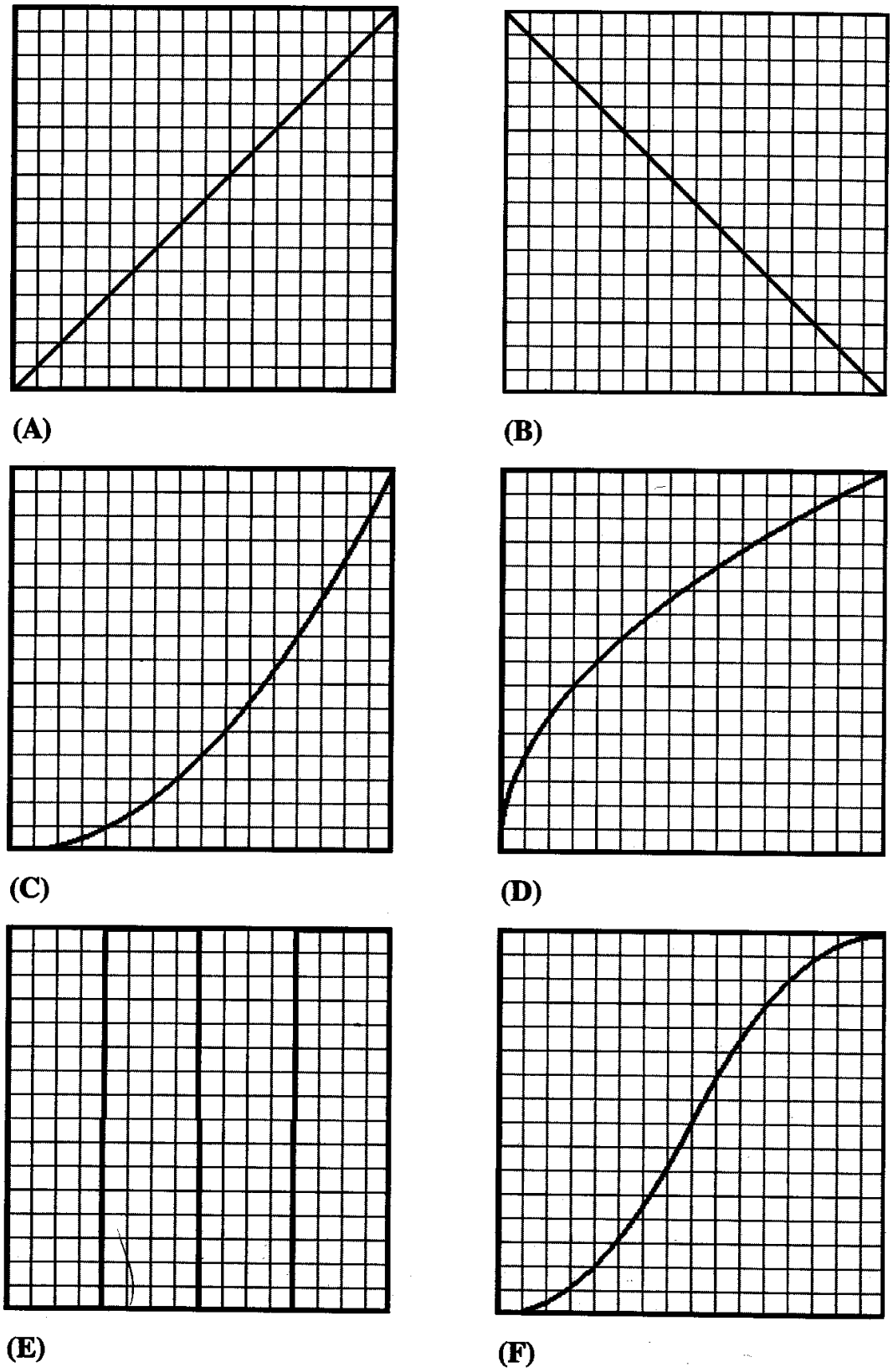


Bild 5.3: 6 Beispiele von Look–up–Kennlinien: (A) lineare Kennlinie, (B) Kennlinie zur Invertierung, (C) quadratische Kennlinie, (D) Quadratwurzel, (E) Binarisierung, (F) Gauß–Funktion.

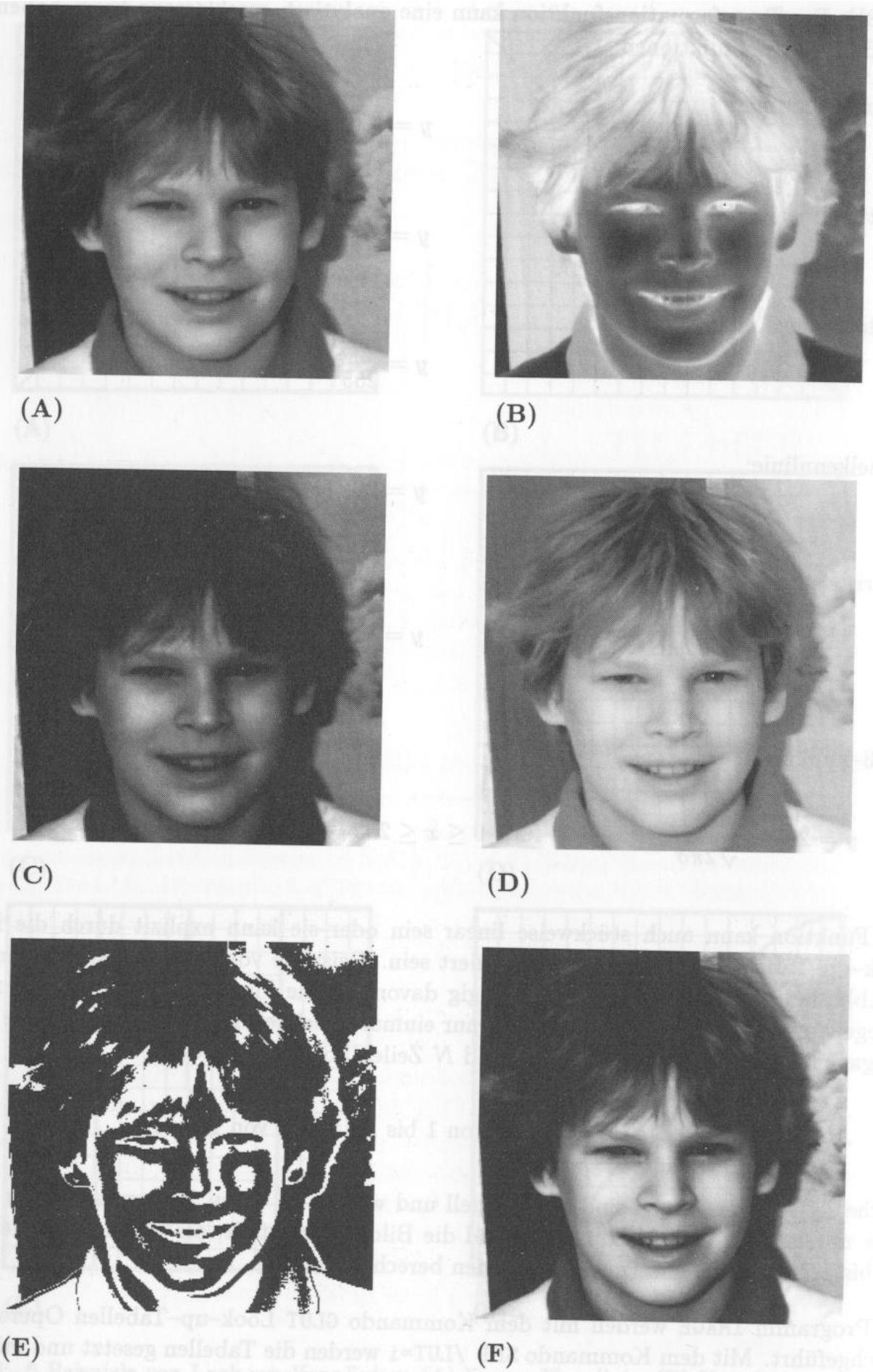


Bild 5.4: Ergebnisse von Transformationen mittels LUT: (A) lineare Kennlinie, (B) Kennlinie zur Invertierung, (C) quadratische Kennlinie, (D) Quadratwurzel, (E) Binarisierung, (F) Gauß–Funktion.

5.2.2 Dehnung der Grauskala

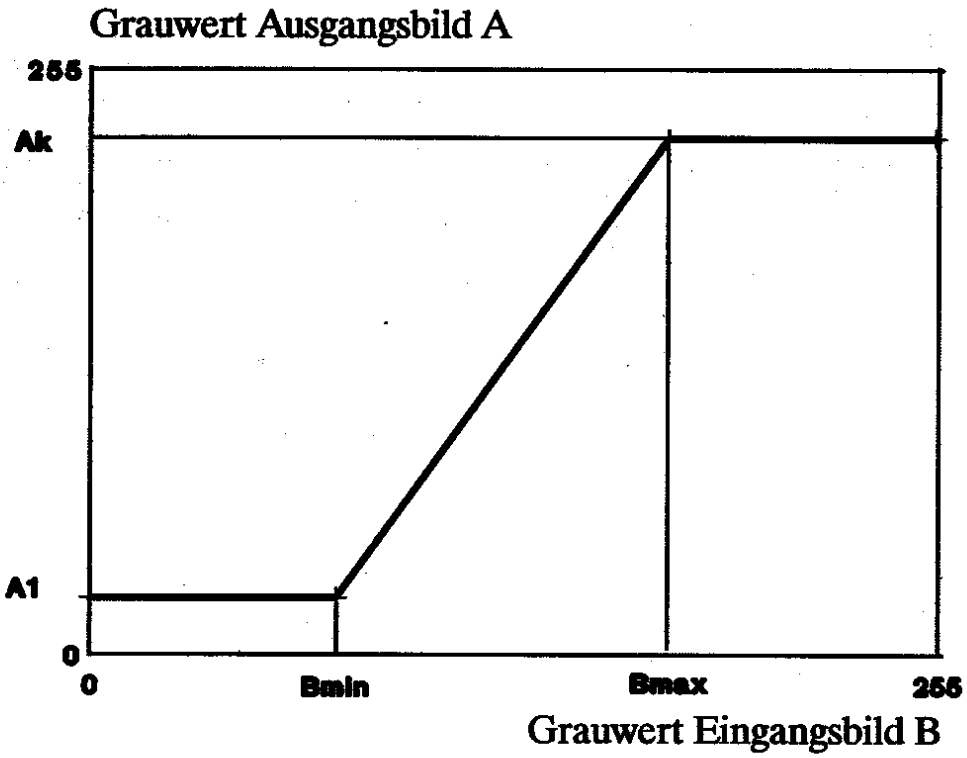


Bild 5.6: Allgemeine LUT-Kennlinie zur Kontrastanreicherung des Eingangsbildes B von B_{min} bis B_{max} auf das Ausgangsbild A von A_1 bis A_k.

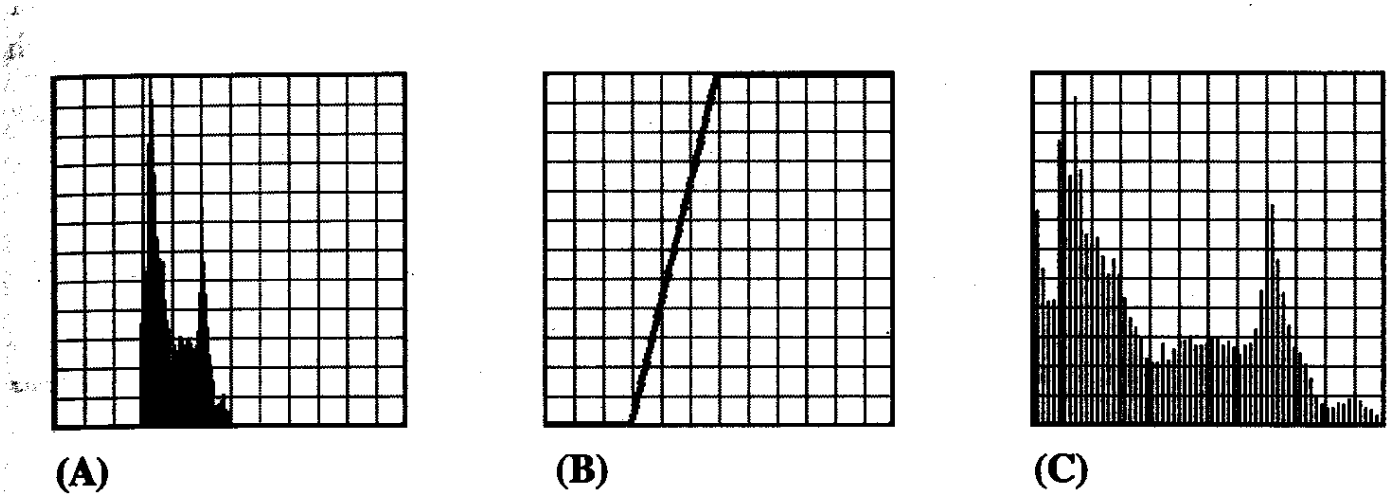


Bild 5.7: Kontrastanreicherung eines Bildes bezogen auf B_{min} und B_{max}: (A) Histogramm des Bildes $h_B(g_B)$ vor der Transformation, (B) Look–up–Tabelle $g_A = LUT(g_B)$, (C) Histogramm des Bildes $h_A(g_A)$ nach der Transformation.

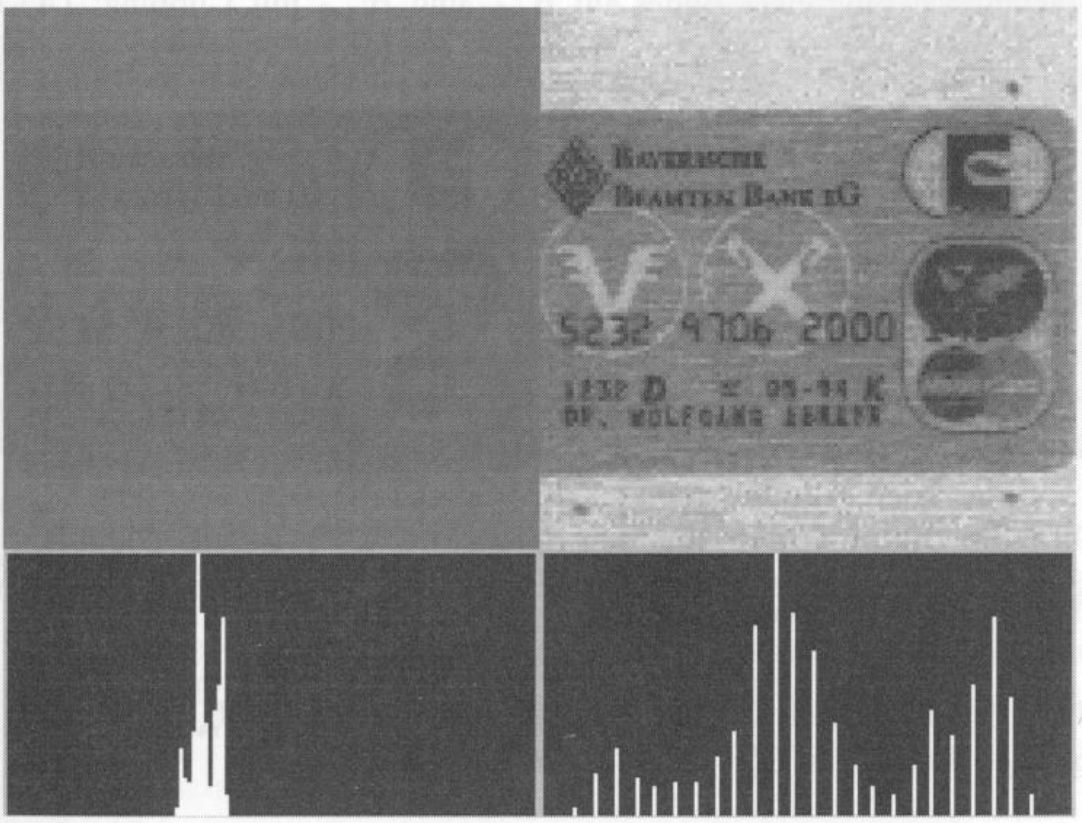
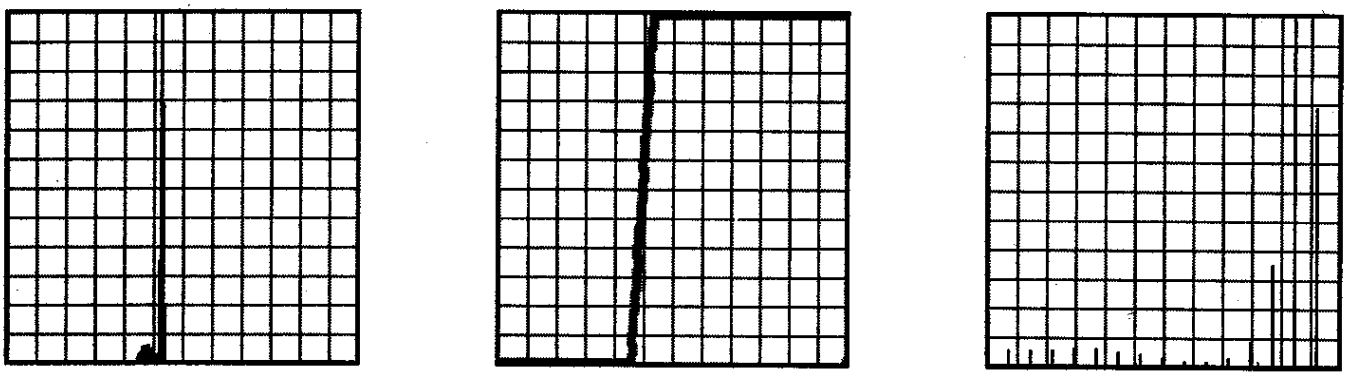


Bild 5.8: Beispiel der Kontrastanreicherung des Bildes einer Kreditkarte durch lineares Dehnen der Grauskala.

5.2.3 Dehnen der Grauskala mit Clipping



(A) **(B)** **(C)**

Bild 5.9: Kontrastanreicherung eines Bildes auf B'_{min} und B'_{max} mit Clipping: (A) Histogramm des Bildes vor der Transformation, (B) Look–up–Tabelle, (C) Histogramm des Bildes nach der Transformation. Der untere Clippingwert liegt bei 5% und der obere Clippingwert liegt auch bei 5%.

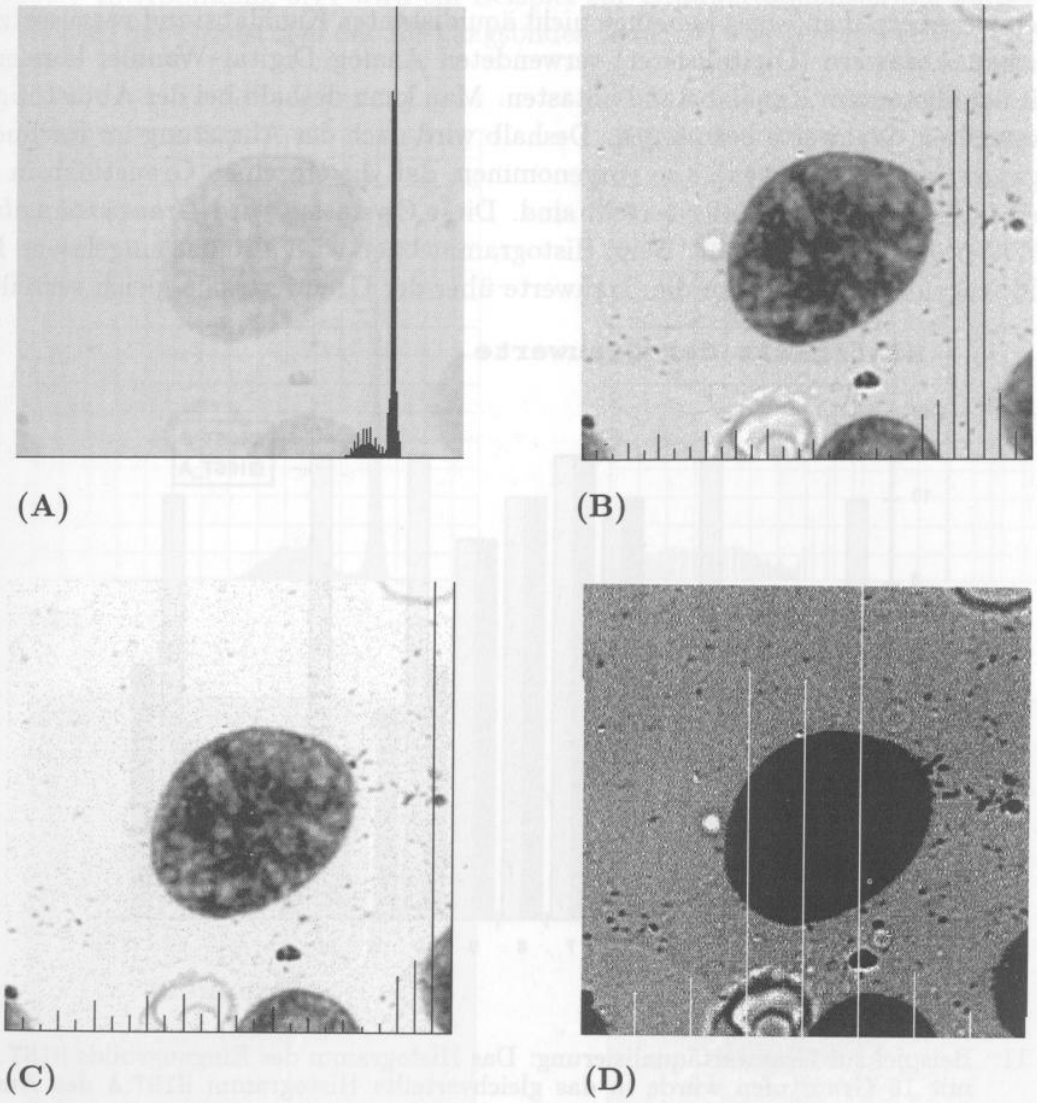


Bild 5.10: Beispiele der Kontrastanreicherung: (A) Originalbild, (B) lineares Dehnen und Clippen mit $B'_{min} = 1\%$ und $B'_{max} = 1\%$, (C) lineares Dehnen und Clipping mit $B'_{min} = 1\%$ und $B'_{max} = 50\%$, (D) lineares Dehnen und Clipping mit $B'_{min} = 20\%$ und $B'_{max} = 1\%$.

5.2.4 Bildverbesserung durch Grauwertäqualisation

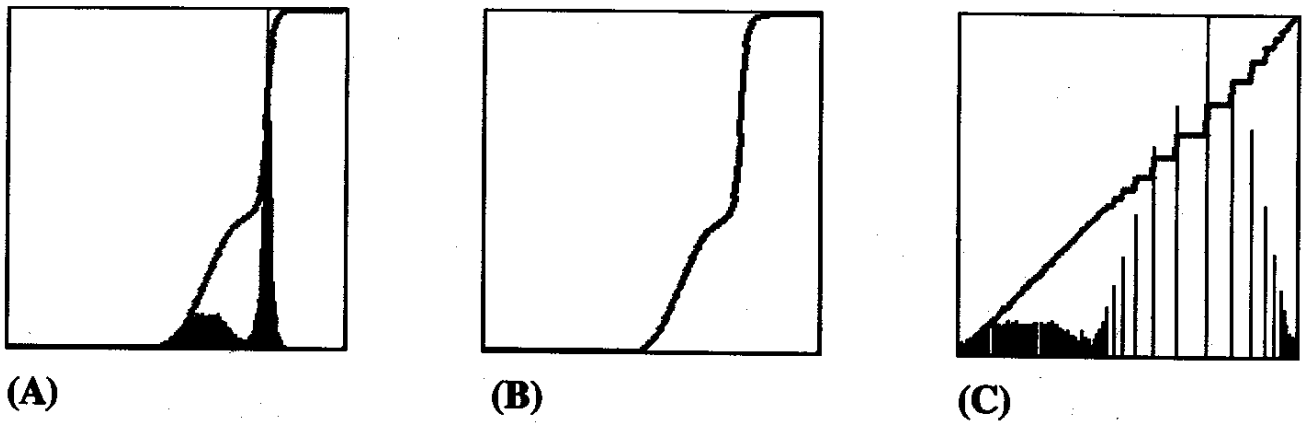


Bild 5.13: Äqualisation eines Bildes: (A) Histogramm und kumulatives Histogramm des Originalbildes, (B) LUT der Äqualisierung, (C) Histogramm und kumulatives Histogramm des äqualisierten Bildes.

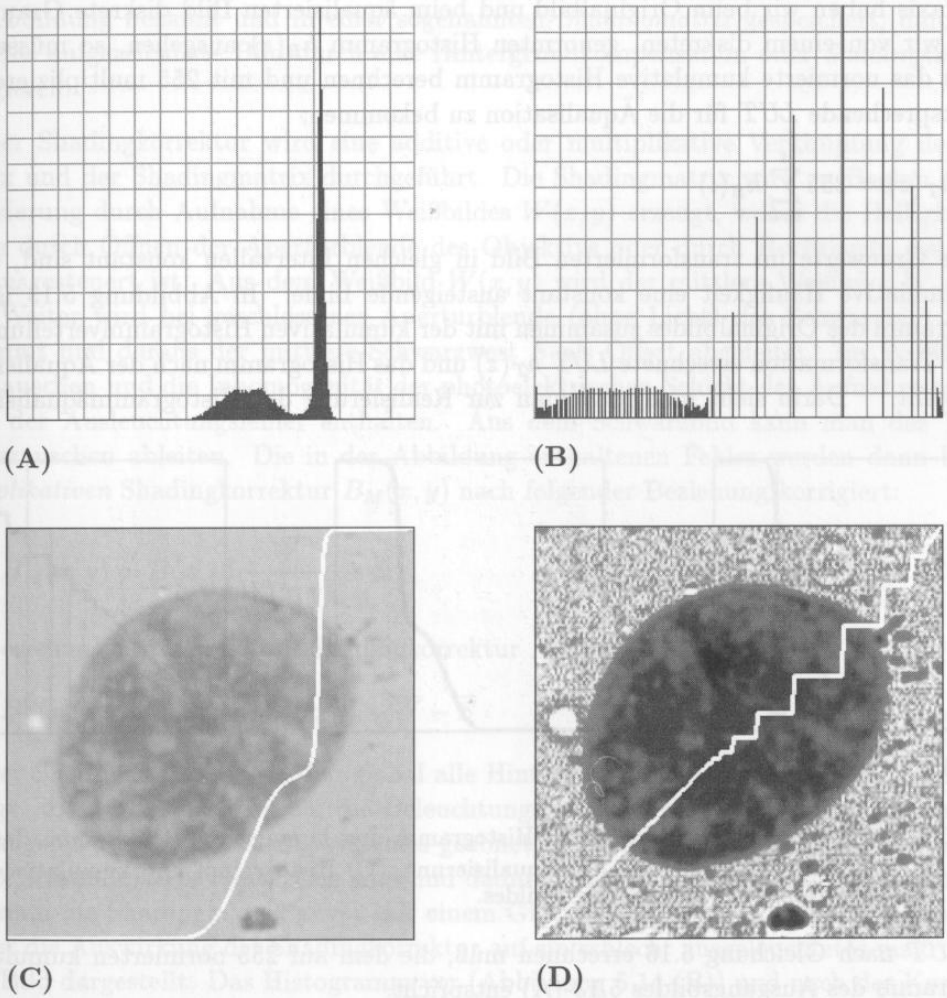


Bild 5.12: Grauwertäqualisation eines Bildes: (A) Histogramm des Originalbild, (B) Histogramm des äqualisierten Bildes, (C) Originalbild mit kumulativer Häufigkeit, (D) äqualisiertes Bild mit kumulativer Häufigkeit.

5.2.5 Hintergrundkompensation

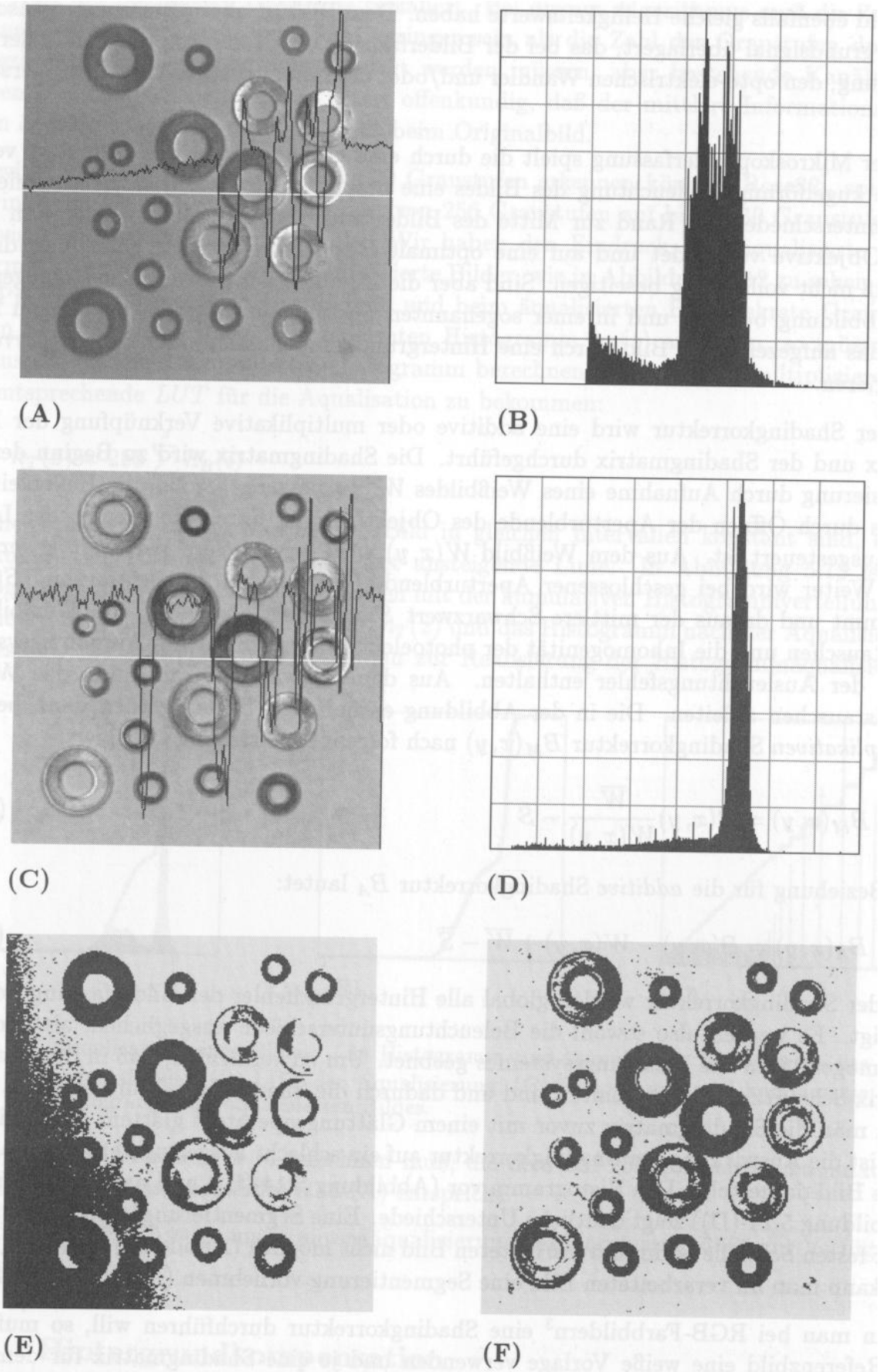


Bild 5.14: Shadingkorrektur: (A) Originalbild mit Intensitätsverteilung entlang der Zeile, (B) Histogramm des Originalbildes, (C) Bild nach der Shadingkorrektur mit Intensitätsverteilung entlang der Zeile, (D) Histogramm nach Shadingkorrektur, (E) Binärbild erzeugt aus Bild A und (F) Binärbild erzeugt aus Bild C.

5.3 Lokale Graubildoperationen

5.3.1 Faltungsoperation bei diskreten Bildern

5.3.2 Glättungsverfahren

5.3.2.1 Bewegter Mittelwert

(A)

	1	
1	1	1
	1	

(B)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(C)

1	1	1
1	2	1
1	1	1

(D)

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Bild 5.23: Verschiedene Faltungsmatrizen für Mittelwertfilter: (A) 5–Punkte Nachbarschaft, (B) 9–Punkte Nachbarschaft ungewichtet, (C) 9–Punkte Nachbarschaft gewichtet, (D) 9–Punkte Gaußfilter.

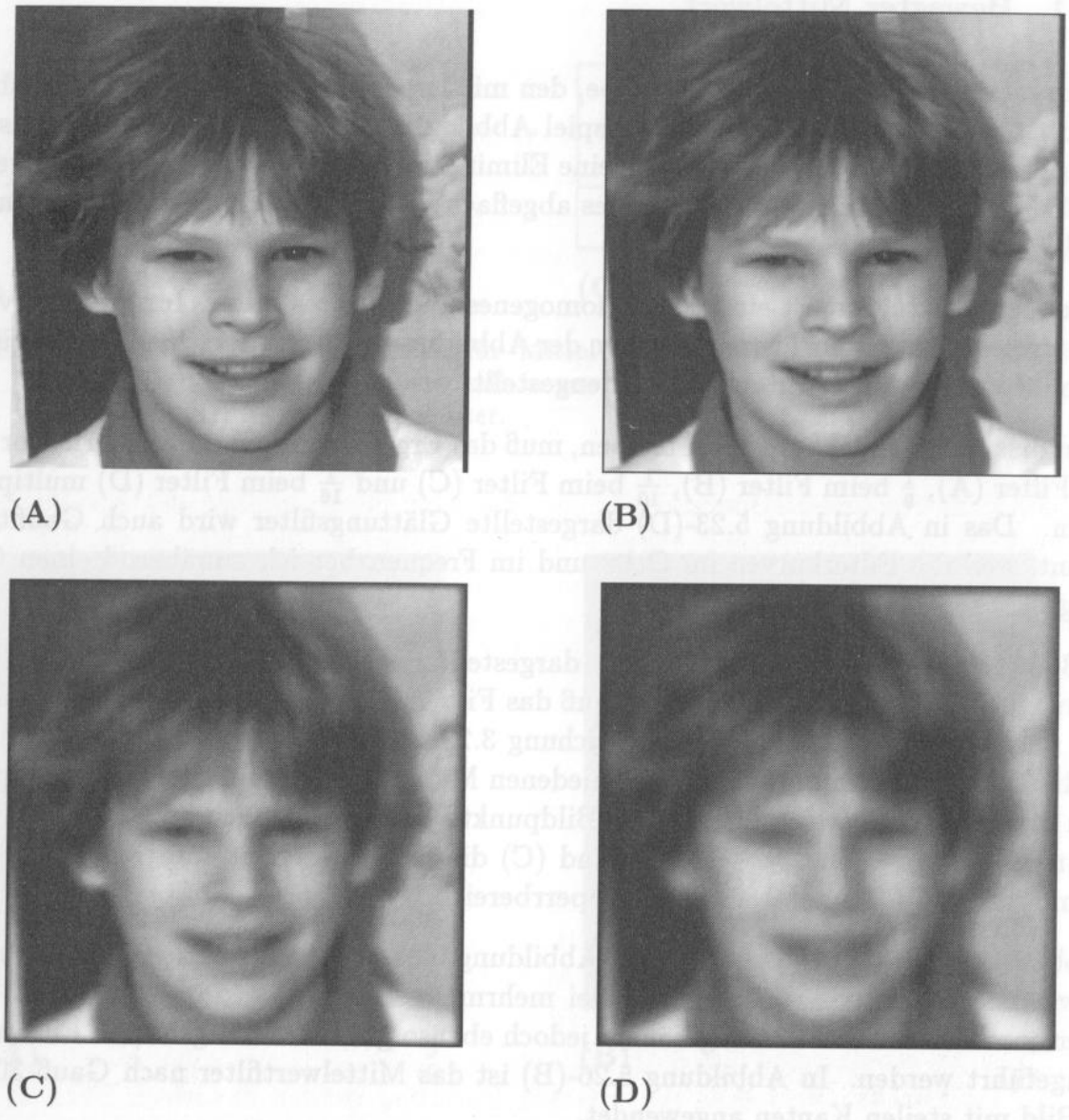


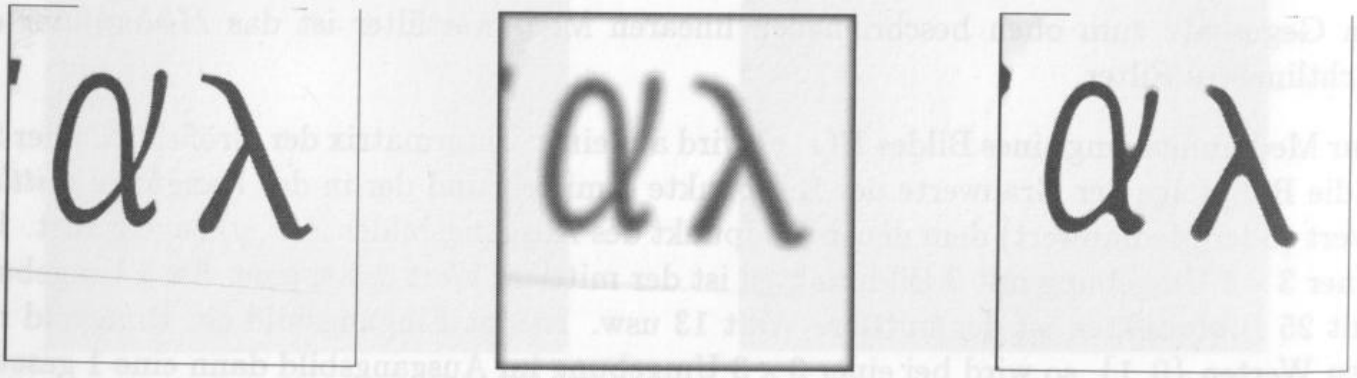
Bild 5.25: Anwendung des 3×3 Mittelwertfilters nach Gauß auf ein Bild: (A) Originalbild, (B) $1\times$ gefiltert, (C) $10\times$ gefiltert und (D) $30\times$ gefiltert.

5.3.2.2 Medianfilter

```
. . . . .                                  . . . . .
. 1 1 1 .                                  . 1 1 1 .
. 1 1 1 .                                  . 1 1 1 .
. . 1 1 .            1 1 1                 . 1 1 1 .
. 1 1 . .     MED    1 1 1     -->         . 1 1 1 .
. 1 1 1 .            1 1 1                 . 1 1 1 .
. 1 1 . .                                  . 1 1 1 .
. 1 1 1 .                                  . 1 1 1 .
. . . . .                                  . . . . .
  (A)                (B)                     (C)
```

(A) (B)

Bild 5.27: Filterung eines Bildes mit dem Medianfilter 3×3: (A) $10\times$ gefiltert und (B) $30\times$ gefiltert.



(A) (B) (C)

Bild 5.26: Vergleich von 3×3 Gaußfilter und 3×3 Medianfilter: (A) Originalbild, (B) $20\times$ Glättungsfilter nach Gauß, (C) $20\times$ Medianfilter.

5.3.3 Kantenextraktion

5.3.3.1 Diskrete Ableitung erster Ordnung

Einfachste Faltungsmatrix in x-Richtung: $C_x = | -1\ 1 |$

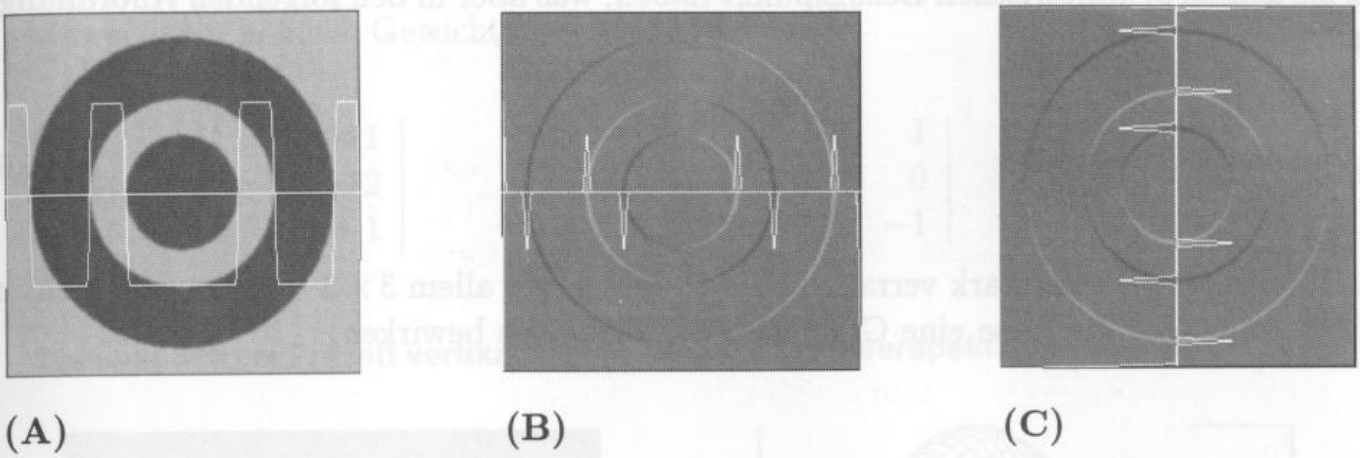


Bild 5.28: Pseudoplastisches Bild eines Kreisrings mit Zeilenintensitätsverlauf: (A) Ausgangsbild, (B) erste Ableitung in horizontaler Richtung, (C) erste Ableitung in vertikaler Richtung.

Symmetrische Faltungsmatrizen

$$C_x = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \qquad C_y = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{vmatrix} \tag{5.62}$$

Da Bildsignale oft sehr stark verrauscht sind, werden vor allem 3×3 Vektorgradienten und größer verwendet, da diese eine Glättung des Bildsignals bewirken.

5.3.3.2 Prewitt Operator

Der *Prewitt*–Operator hat folgende Anordnung:

$$C_{Px} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \qquad C_{Py} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

5.3.3.3 Sobel Operator

Der *Sobel*–Operator unterscheidet sich dadurch vom Prewitt–Operator, daß die mittleren Matrixwerte ein höheres Gewicht haben.

$$C_{Sx} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \qquad C_{Sy} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix} \tag{5.64}$$

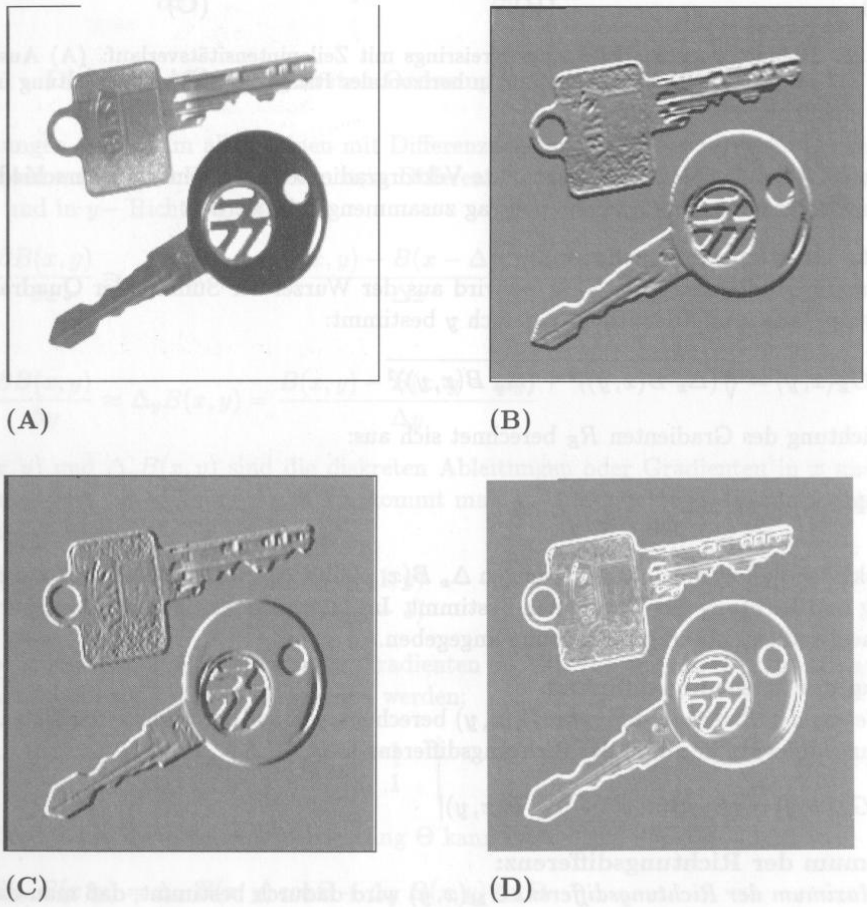


Bild 5.29: Sobel–Operator: (A) Originalbild, (B) Ableitung in vertikaler Richtung, (C) Ableitung in horizontaler Richtung und (D) Betrag der Richtungsdifferenz nach Gleichung 5.60.

5.3.3.4 Kompaßgradienten

$$H_0 = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \qquad H_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$H_2 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \qquad H_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

$$H_4 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} \qquad H_5 = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$H_6 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \qquad H_7 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

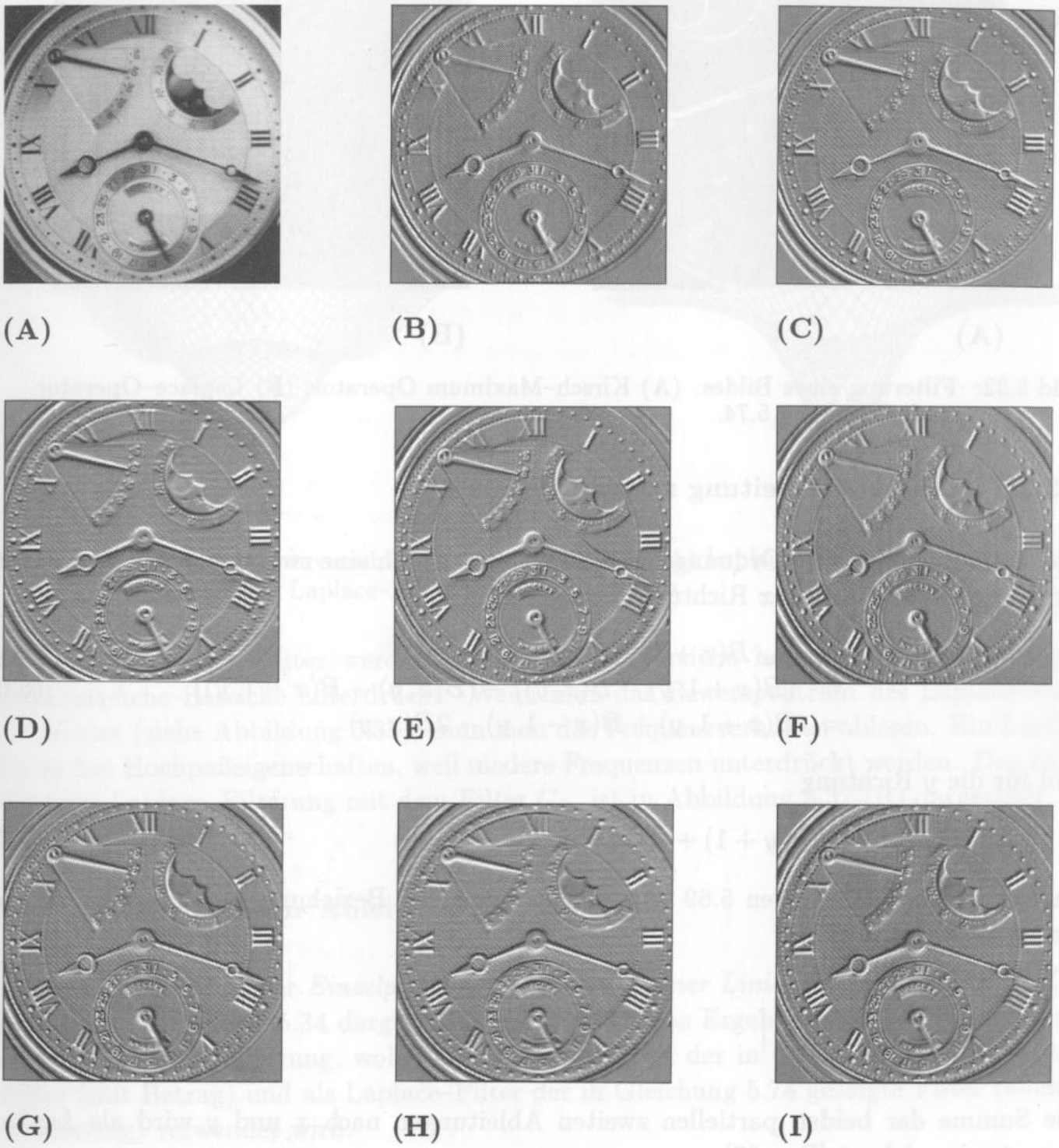


Bild 5.31: Pseudoplastische Filterung mit den Filtern aus Gleichung 5.67: (A) Originalbild, (B) H_0 Richtung Ost, (C) H_1 Richtung Nordost, (D) H_2 Richtung Nord, (E) H_3 Richtung Nordwest, (F) H_4 Richtung West, (G) H_5 Richtung Südwest, (H) H_6 Richtung Süd, (I) H_7 Richtung Südost.

6 Segmentierung

6.1 Schwellwertverfahren

6.1.1 Einfacher Schwellwert

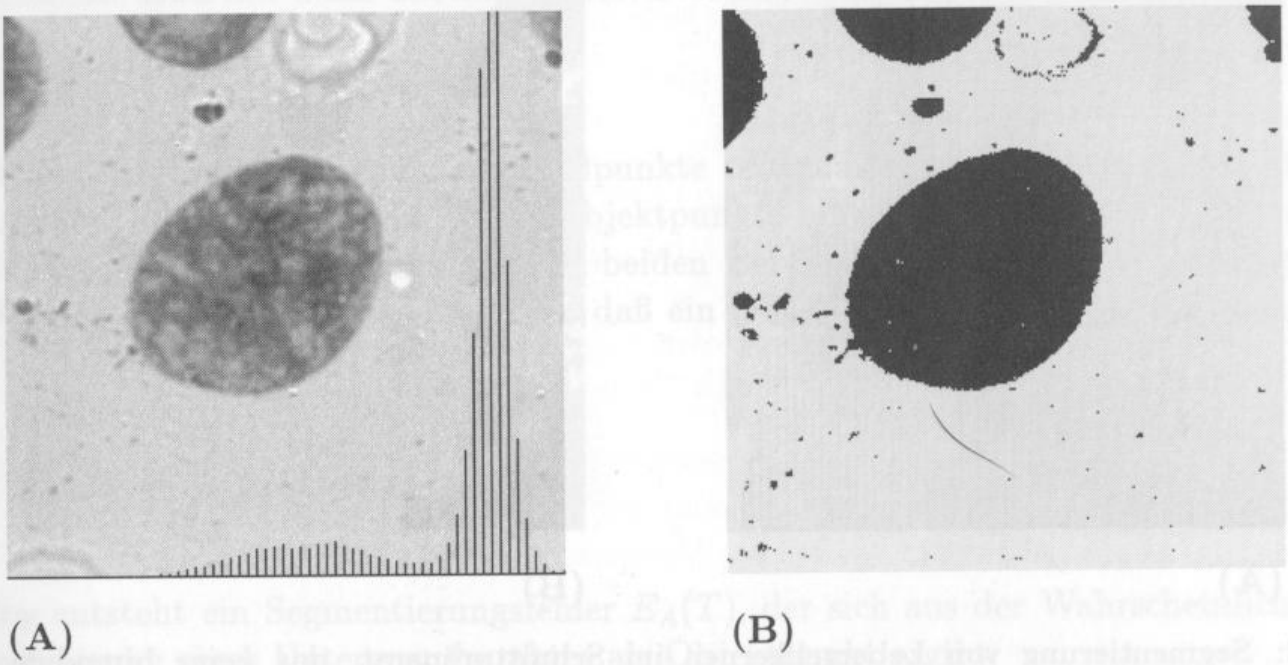


Bild 6.1: Segmentierung eines Bildes mit einer bimodalen Verteilung: (A) Mikroskopbild eines Zellkerns mit Histogramm, (B) Binärbild, als Ergebnis der Segmentierung.

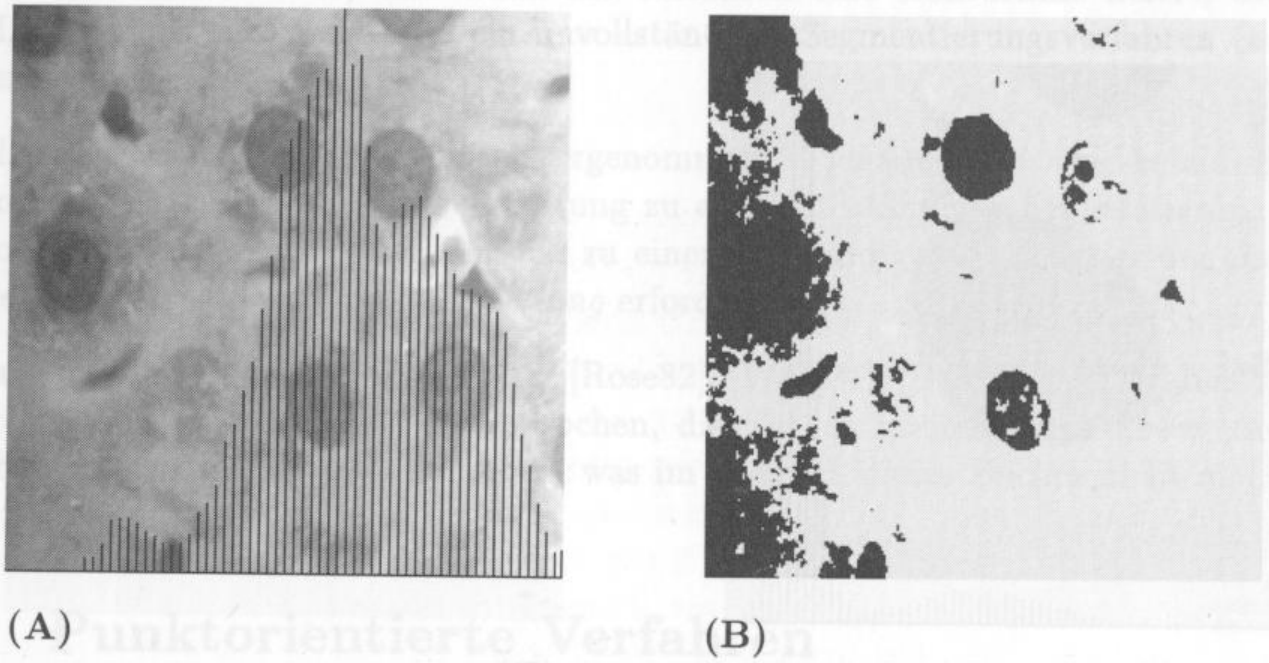


Bild 6.2: Segmentierung von Leberzellkernen im Schnittpräparat, das *keine* bimodale Grauwertverteilung besitzt: (A) Unverarbeitetes Bild mit Histogramm, (B) Ergebnis der Segmentierung bei Schwelle $T = 128$.

6.1.2 Lokales Schwellwertverfahren

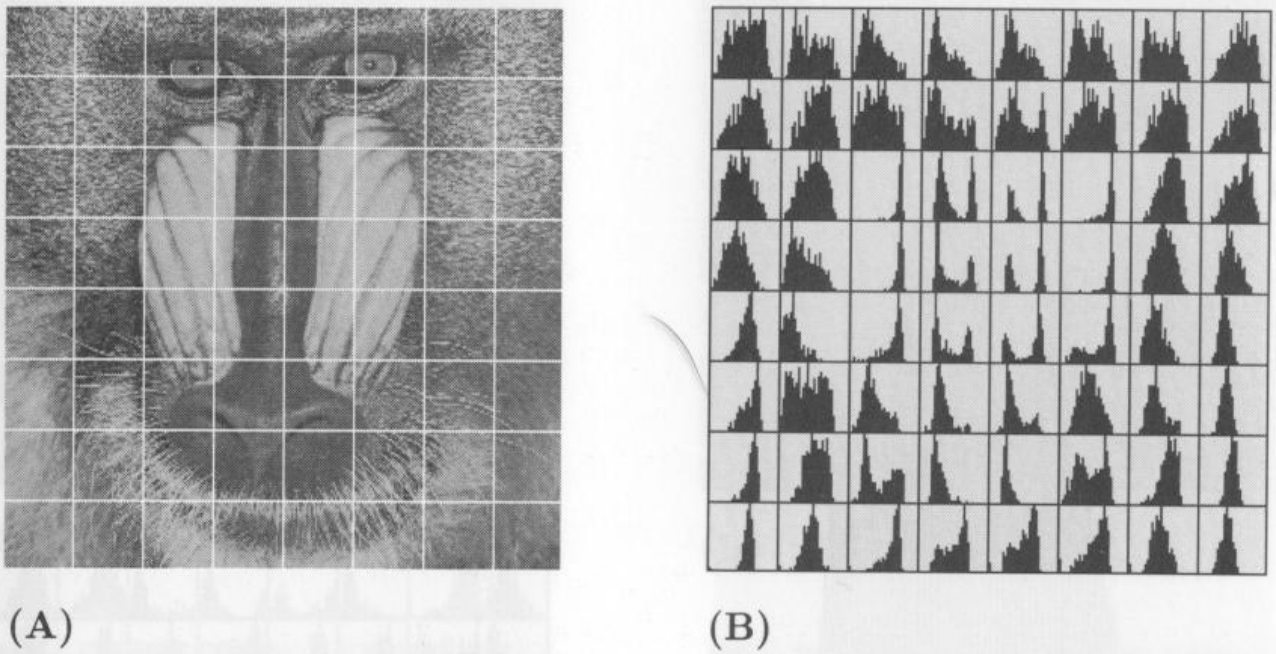


Bild 6.3: Ermittlung von lokalen Schwellen: (A) Bild mit einem überlagerten Raster, das die lokale Einteilung angibt, (B) lokale Histogramme, aus denen die lokalen Schwellen ermittelt werden.

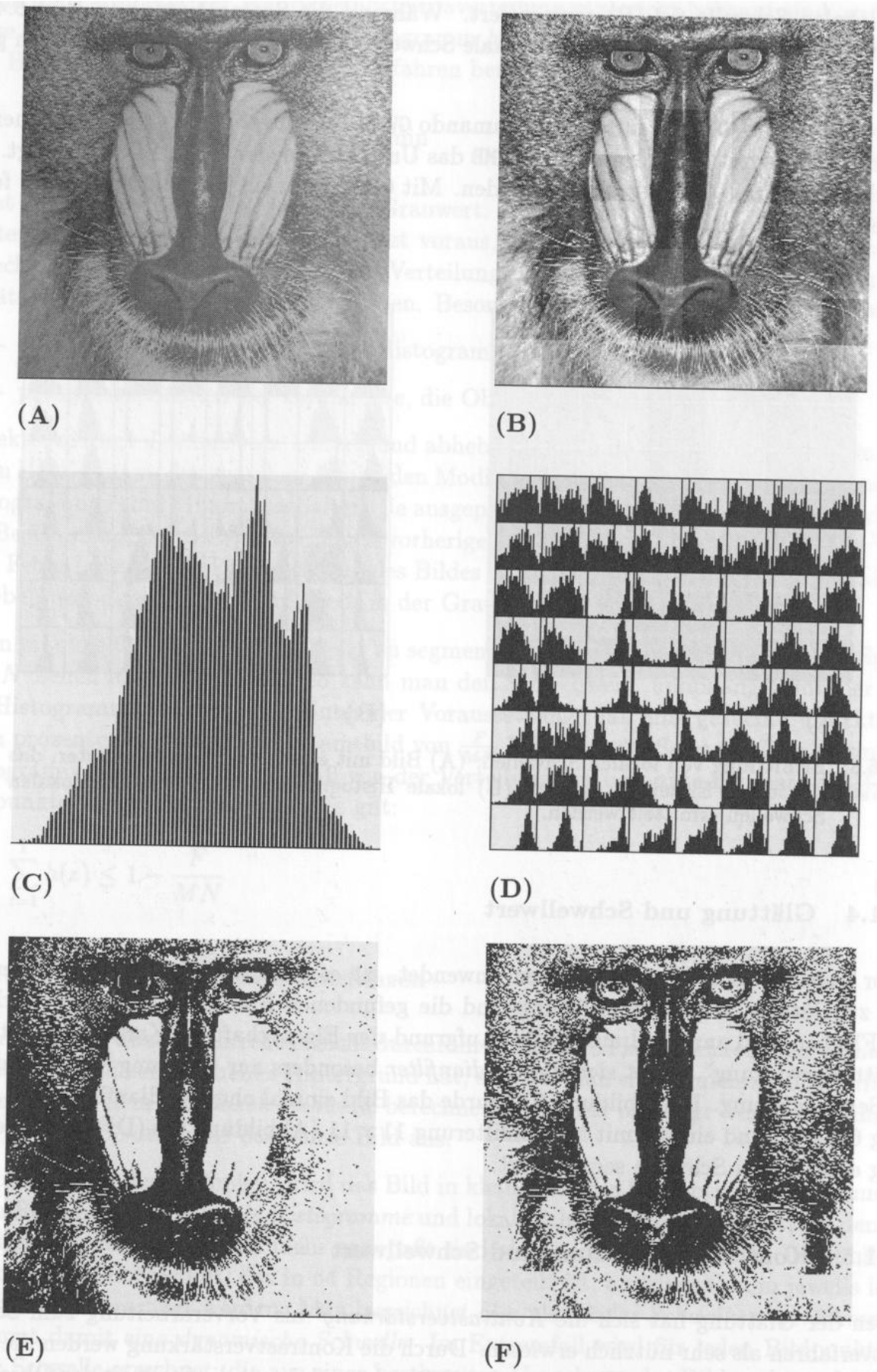


Bild 6.4: Segmentierung eines Bildes mit globaler und lokaler Schwelle: (A) Normiertes Originalbild, (B) Normierung des Bildes in lokalen Bereichen, (C) Histogramm des Gesamtbildes, (D) 64 lokale Histogramme, (E) Binärbild bei fester Schwelle 128, (F) Binärbild bei lokaler Schwelle 128 nach lokaler Normierung.

6.1.3 Glättung und Schwellwert

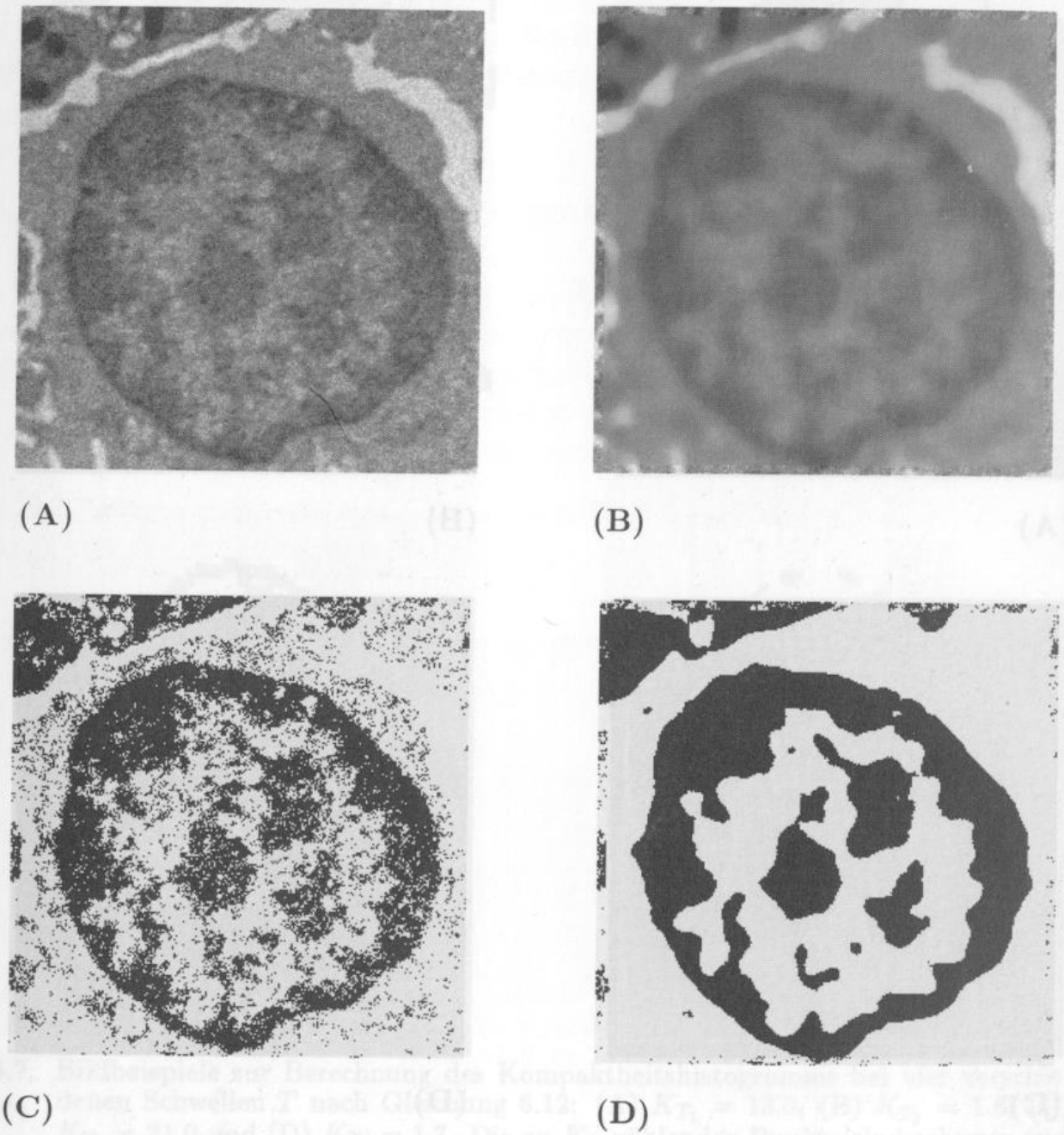


Bild 6.5: Glättung und Schwellwertverfahren: (A) Elektronenmikroskopisches Zellbild, (B) Filterung von Bild A mit Medianfilter 11 × 11, (C) Schwellwertbild von A, (D) Schwellwertbild von B.

6.2 Region Growing

Bei Region Growing Verfahren werden, ausgehend von einem Startpunkt, die unmittelbaren Nachbarschaftspunkte daraufhin untersucht, ob sie

a) Eine definierte Ähnlichkeit zum Grauwert des Startpunktes oder der bisher segmentierten Punkte besitzen ODER
b) Eine Kanteneigenschaft an dieser Stelle nicht oder nur schwach ausgeprägt ist

Solche Punkte werden zum segmentierten Objekt hinzugenommen.

7 Der DICOM-Standard

7.1 Übersicht

- Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) ist ein offener Standard zum Austausch von Informationen in der Medizin.
- Diese Informationen können beispielsweise digitale Bilder, Zusatzinformationen wie Segmentierungen, Oberflächendefinitionen oder Bildregistrierungen sein.
- DICOM standardisiert sowohl das Format zur *Speicherung* der Daten, als auch das *Kommunikationsprotokoll* zu deren Austausch.
- Fast alle Hersteller bildgebender oder bildverarbeitender Systeme in der Medizin wie z. B. Digitales Röntgen, Magnetresonanztomographie, Computertomographie oder Sonografie implementieren den DICOM-Standard in ihren Produkten. Dadurch wird im klinischen Umfeld *Interoperabilität* zwischen Systemen verschiedener Hersteller erreicht.
- DICOM ist auch die Grundlage für die digitale *Bildarchivierung* in Praxen und Krankenhäusern (Picture Archiving and Communication System, PACS).

7.2 Geschichte

Im Zuge der Entwicklung digitaler Bildgebungssysteme zu Beginn der 1970er Jahre, allen voran getrieben durch die Entwicklung des Computertomografen durch Godfrey Hounsfield, erwuchs der Bedarf, Bilddaten zwischen Systemen verschiedener Hersteller austauschen zu können. Daraufhin gründeten 1982 das American College of Radiology (ACR) als Interessenvertretung der Anwender und die National Electrical Manufacturers Association (NEMA) als Berufsverband der nordamerikanischen Hersteller eine Arbeitsgruppe, die den Austausch digitaler Bildinformationen definieren sollte.

1985 wurde die erste Version des ACR/NEMA-Standards veröffentlicht, 1988 eine zweite und mit der Version 3.0 von 1993 erfolgte die Umbenennung von „ACR-NEMA“ in DICOM. Seither erscheinen in regelmäßigen Abständen neue Revisionen des Standards, doch verwendet man hierbei nicht die Bezeichnung „3.0“, sondern man bezieht sich auf das Erscheinungsjahr der jeweiligen Version. Aktuell ist die Version 2008 erhältlich.

7.3 Nutzen für den Anwender

- Mit DICOM als offenem Standard kommunizieren Geräte primär der bildgebenden Medizin unabhängig von der verwendeten Systemplattform oder dem Hersteller. Ein Anwender hat somit die Freiheit, die Geräte zu verwenden, mit denen er seine Aufgaben am besten lösen kann.
- DICOM kann auch Arbeitsabläufe in Kliniken unterstützen. Bewährt hat sich hier seit vielen Jahren die „Worklist“-Implementierung in der Radiologie, wie auch im Laborbereich. Dies ermöglicht ein filmfreies Arbeiten und die Langzeitarchivierung in digitalen Systemen.

7.4 Struktur des Standards

Der DICOM-Standard, der bei der NEMA in der aktuellen Fassung bereitgestellt wird, besteht aus mehreren Teilen (Stand 2008):

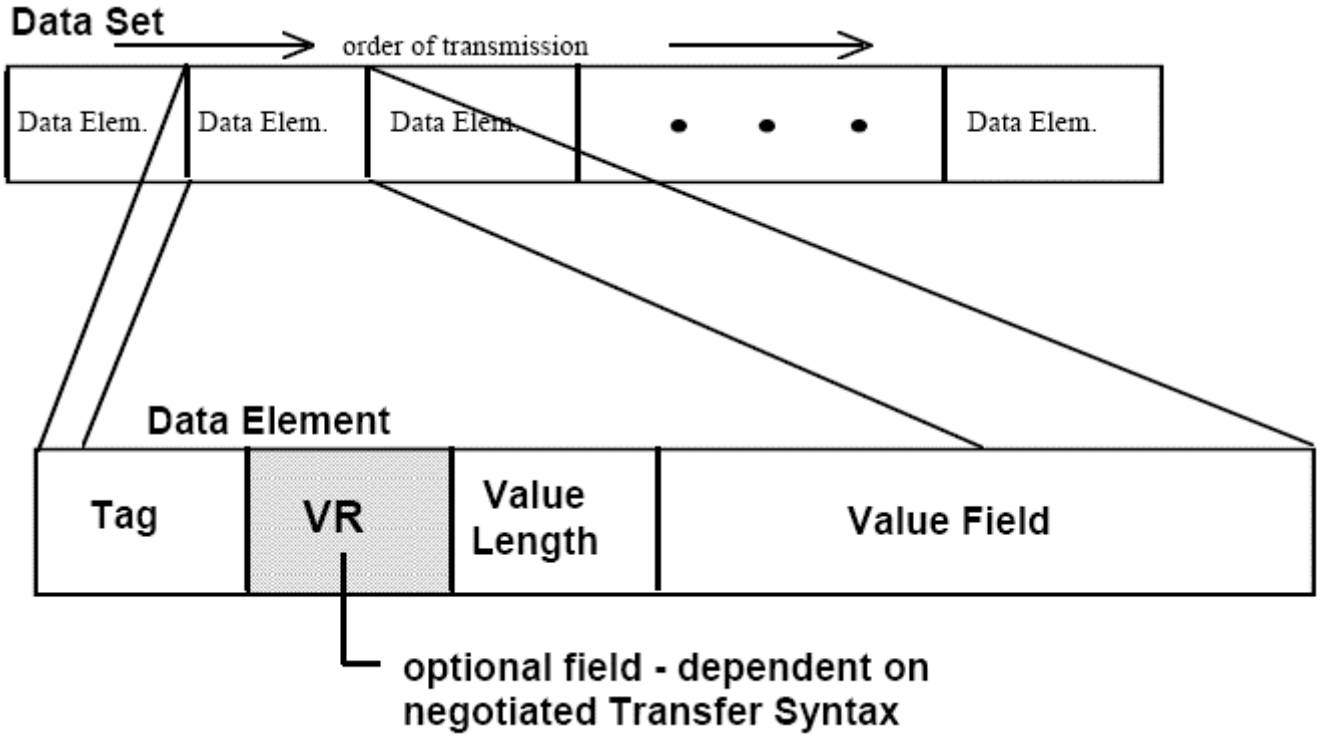
- Part 1: Introduction and Overview (Einführung und Überblick)
- Part 2: Conformance (Konformität)
- Part 3: Information Object Definitions (Informationsobjekt Definitionen)
- Part 4: Service Class Specifications (Serviceklassen Spezifikationen)
- Part 5: Data Structures and Encoding (Datenstrukturen und Kodierung)
- Part 6: Data Dictionary (Datenlexikon)
- Part 7: Message Exchange (Nachrichtenaustausch)

- Part 8: Network Communication Support for Message Exchange (Netzwerkkommunikationsunterstützung für Datenaustausch)
- Part 10: Media Storage and File Format for Media Interchange (Speicherung auf Medien und Dateiformat für den Medienaustausch)
- Part 11: Media Storage Application Profiles (Anwendungsprofile für die Speicherung auf Medien)
- Part 12: Media Formats and Physical Media for Media Interchange (Medienformate und physische Medien für den Medienaustausch)
- Part 14: Grayscale Standard Display Function (Grauskala-Standard-Anzeigefunktion)
- Part 15: Security and System Management Profiles (Profile für Sicherheit und Systemmanagement)
- Part 16: Content Mapping Resource (Hilfsquelle zur Inhaltszuordnung)
- Part 17: Explanatory Information (Erklärende Informationen)
- Part 18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO) (Web-Zugriff auf persistente DICOM-Objekte (WADO))

Die Teile 9 und 13 sind nicht mehr im Standard enthalten.

7.5 Datenspeicherung in DICOM

7.5.1 Data Sets und Data Elements



7.5.2 Data Elements

Table 7.1-1
DATA ELEMENT WITH EXPLICIT VR OF OB, OW, OF, SQ, UT OR UN

Tag		VR		Value Length	Value
Group Number (16-bit unsigned integer)	Element Number (16-bit unsigned integer)	VR (2 byte character string) of "OB", "OW", "OF", "SQ", "UT" or "UN"	Reserved (2 bytes) set to a value of 0000H	32-bit unsigned integer	Even number of bytes containing the Data Element Value(s) encoded according to the VR and negotiated Transfer Syntax. Delimited with Sequence Delimitation Item if of Undefined Length.
2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	4 bytes	'Value Length' bytes if of
					Explicit Length

Table 7.1-2
DATA ELEMENT WITH EXPLICIT VR OTHER THAN AS SHOWN IN TABLE 7.1-1

Tag		VR	Value Length	Value
Group Number (16-bit unsigned integer)	Element Number (16-bit unsigned integer)	VR (2 byte character string)	(16-bit unsigned integer)	Even number of bytes containing the Data Element Value(s) encoded according to the VR and negotiated Transfer Syntax.
2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes	'Value Length' bytes

When using the Implicit VR structure the Data Element shall be constructed of three consecutive fields: Data Element Tag, Value Length, and Value (see Table 7.1-3). If the Value Field has an Explicit Length then the Value Length Field shall contain a value equal to the length (in bytes) of the Value Field. Otherwise, the Value Field has an Undefined Length and a Sequence Delimitation Item marks the end of the Value Field.

Table 7.1-3
Data element with implicit VR

Tag		Value Length	Value
Group Number (16-bit unsigned integer)	Element Number (16-bit unsigned integer)	32-bit unsigned integer	Even number of bytes containing the Data Elements Value encoded according to the VR specified in PS 3.6 and the negotiated Transfer Syntax. Delimited with Sequence Delimitation Item if of Undefined Length.
2 bytes	2 bytes	4 bytes	'Value Length' bytes or Undefined Length

7.5.3 Registry of Data Elements

Tag	Name	VR	VM	
(0008,0001)	*Length to End*	*UL*	*1*	*RET*
(0008,0005)	Specific Character Set	CS	1-n	
(0008,0008)	Image Type	CS	1-n	
(0008,0010)	*Recognition Code*	*CS*	*1*	*RET*
(0008,0012)	Instance Creation Date	DA	1	
(0008,0013)	Instance Creation Time	TM	1	
(0008,0014)	Instance Creator UID	UI	1	
(0008,0016)	SOP Class UID	UI	1	
(0008,0018)	SOP Instance UID	UI	1	
(0008,001A)	Related General SOP Class UID	UI	1-n	
(0008,001B)	Original Specialized SOP Class UID	UI	1	
(0008,0020)	Study Date	DA	1	
(0008,0021)	Series Date	DA	1	
(0008,0022)	Acquisition Date	DA	1	
(0008,0023)	Content Date	DA	1	
(0008,0024)	*Overlay Date*	*DA*	*1*	*RET*
(0008,0025)	*Curve Date*	*DA*	*1*	*RET*
(0008,002A)	Acquisition Datetime	DT	1	
(0008,0030)	Study Time	TM	1	
(0008,0031)	Series Time	TM	1	

Tag	Name	VR	VM
(0010,0010)	Patient’s Name	PN	1
(0010,0020)	Patient ID	LO	1
(0010,0021)	Issuer of Patient ID	LO	1
(0010,0022)	Type of Patient ID	CS	1
(0010,0030)	Patient's Birth Date	DA	1
(0010,0032)	Patient's Birth Time	TM	1
(0010,0040)	Patient's Sex	CS	1
(0010,0050)	Patient's Insurance Plan Code Sequence	SQ	1

(0010,0101)	Patient’s Primary Language Code Sequence	SQ	1
(0010,0102)	Patient’s Primary Language Code Modifier Sequence	SQ	1
(0010,1000)	Other Patient IDs	LO	1-n
(0010,1001)	Other Patient Names	PN	1-n
(0010,1002)	Other Patient IDs Sequence	SQ	1
(0010,1005)	Patient's Birth Name	PN	1
(0010,1010)	Patient's Age	AS	1
(0010,1020)	Patient's Size	DS	1
(0010,1030)	Patient's Weight	DS	1
(0010,1040)	Patient's Address	LO	1
(0010,1050)	*Insurance Plan Identification*	*LO*	*1-n*
(0010,1060)	Patient's Mother's Birth Name	PN	1
(0010,1080)	Military Rank	LO	1
(0010,1081)	Branch of Service	LO	1
(0010,1090)	Medical Record Locator	LO	1
(0010,2000)	Medical Alerts	LO	1-n
(0010,2110)	Contrast Allergies	LO	1-n
(0010,2150)	Country of Residence	LO	1
(0010,2152)	Region of Residence	LO	1
(0010,2154)	Patient’s Telephone Numbers	SH	1-n
(0010,2160)	Ethnic Group	SH	1
(0010,2180)	Occupation	SH	1

Tag	Name	VR	VM
(7FE0,0010)	Pixel Data	OW or OB	1

7.5.4 Value Representations

Table 6.2-1
DICOM VALUE REPRESENTATIONS

VR Name	Definition	Character Repertoire	Length of Value
AE Application Entity	A string of characters that identifies an Application Entity with leading and trailing spaces (20H) being non-significant. A value consisting solely of spaces shall not be used.	Default Character Repertoire excluding character code 5CH (the BACKSLASH "\" in ISO-IR 6), and control characters LF, FF, CR and ESC.	16 bytes maximum
AS Age String	A string of characters with one of the following formats -- nnnD, nnnW, nnnM, nnnY; where nnn shall contain the number of days for D, weeks for W, months for M, or years for Y. Example: "018M" would represent an age of 18 months.	"0"-"9", "D", "W", "M", "Y" of Default Character Repertoire	4 bytes fixed
DA Date	A string of characters of the format yyyymmdd; where yyyy shall contain year, mm shall contain the month, and dd shall contain the day. This conforms to the ANSI HISPP MSDS Date common data type. Example: "19930822" would represent August 22, 1993. Notes: 1. For reasons of backward compatibility with versions of this standard prior to V3.0, it is recommended that implementations also support a string of characters of the format yyyy.mm.dd for this VR.	"0"-"9" of Default Character Repertoire Note: For reasons specified in the previous column, implementations may wish to support the "." character as well.	8 bytes fixed Note: For reasons specified in the previous columns, implementations may also wish to support a 10 byte fixed length as well.

TM Time	A string of characters of the format hhmmss.frac; where hh contains hours (range "00" - "23"), mm contains minutes (range "00" - "59"), ss contains seconds (range "00" - "59"), and frac contains a fractional part of a second as small as 1 millionth of a second (range “000000” - “999999”). A 24 hour clock is assumed. Midnight can be represented by only “0000“ since “2400“ would violate the hour range. The string may be padded with trailing spaces. Leading and embedded spaces are not allowed. One or more of the components mm, ss, or frac may be unspecified as long as every component to the right of an unspecified component is also unspecified. If frac is unspecified the preceding “.” may not be included. Frac shall be held to six decimal places or less to ensure its format conforms to the ANSI HISPP MSDS Time common data type. Examples: 1. “070907.0705 ” represents a time of 7 hours, 9 minutes and 7.0705 seconds. 2. “1010” represents a time of 10 hours, and 10 minutes. 3. “021 ” is an invalid value. Notes: 1. For reasons of backward compatibility with versions of this standard prior to V3.0, it is recommended that implementations also support a string of characters of the format hh:mm:ss.frac for this VR. 2. See also DT VR in this table.	"0”-”9”, “.” of Default Character Repertoire	16 bytes maximum

7.6 Messages and Services

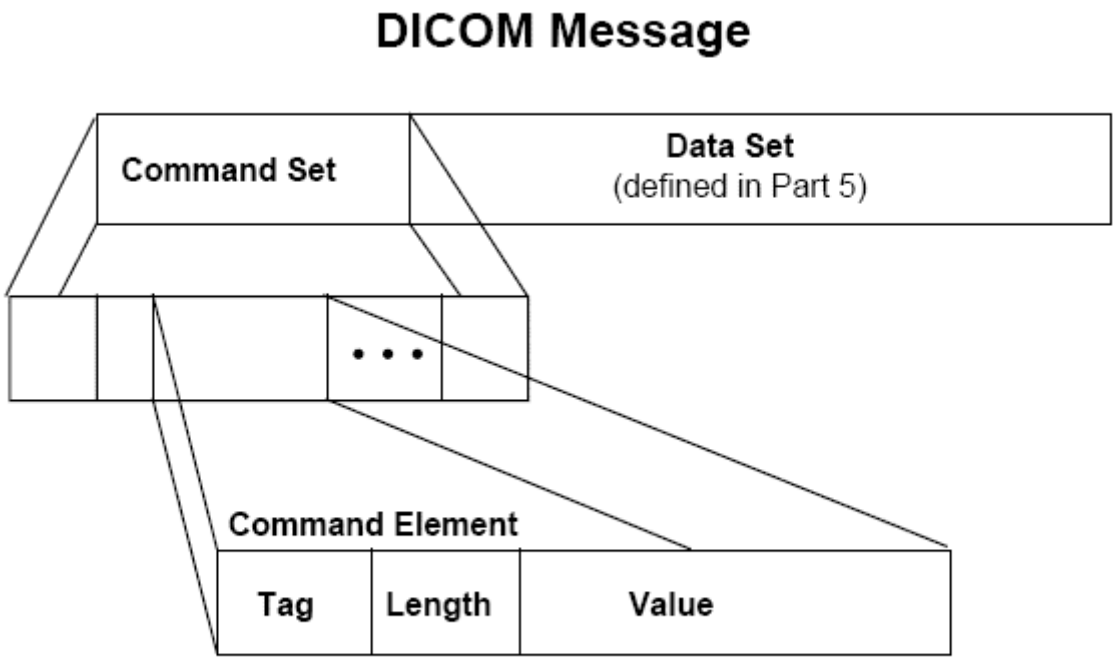


Figure 6.3-1
DICOM MESSAGE STRUCTURE

Table 7.5-2
DIMSE SERVICES AND PROCEDURES

Name	Sub-Operations	Multiple Responses	Cancel
C-STORE	—	—	—
C-GET	M	C	M
C-MOVE	M	C	M
C-FIND	—	C	M
C-ECHO	—	—	—
N-EVENT-REPORT	—	—	—
N-GET	—	—	—
N-SET	—	—	—
N-ACTION	—	—	—
N-CREATE	—	—	—
N-DELETE	—	—	—