**1 EINLEITUNG ..... 2**
1.1 VISUELLE WAHRNEHMUNG ..... 2
*1.1.1 Aufbau der Netzhaut ..... 2*
*1.1.2 Kontrastverstärkung im menschlichen Auge ..... 2*
1.2 STUFEN EINES BILDVERARBEITUNGSSYSTEMS ..... 3
*1.2.1 Klassifikation ..... 3*
**2 GRUNDBEGRIFFE ..... 4**
2.1 STATISTISCHE EIGENSCHAFTEN VON BILDERN ..... 5
*2.1.1 Grauwerthistogramm ..... 5*
2.2 QUANTISIERUNG VON BILDERN ..... 7
*2.2.1 Quantisierung der Ortsauflösung ..... 7*
*2.2.2 Quantisierung der Grauwerte ..... 8*
2.3 EINTEILUNG VON BILDERN ..... 9
**3 FOURIERTRANSFORMATION ..... 9**
**4 BINÄRBILDVERARBEITUNG ..... 9**
4.1 MATHEMATISCHE MORPHOLOGIE BEI BINÄRBILDERN ..... 9
*4.1.1 Dilatation und Erosion für kontinuierliche Bilder ..... 9*
*4.1.2 Dilatation und Erosion für den diskreten Fall ..... 10*
4.2 KOMPLEXE MORPHOLOGIEPROGRAMME ..... 11
*4.2.1 Öffnen und Schließen von Binärbildern ..... 11*
**5 GRAUBILDVERARBEITUNG ..... 11**
5.1 EINTEILUNG DER GRAUBILDVERARBEITUNGSOPERATIONEN ..... 11
5.2 BILDPUNKTOPERATIONEN ..... 12
*5.2.1 Modifikation der Grauwertskala durch Kennlinien ..... 12*
*5.2.2 Dehnung der Grauskala ..... 14*
*5.2.3 Dehnen der Grauskala mit Clipping ..... 15*
*5.2.4 Bildverbesserung durch Grauwertäqualisation ..... 17*
5.3 LOKALE GRAUBILDOPERATIONEN ..... 18
*5.3.1 Faltungsoperation bei diskreten Bildern ..... 18*
*5.3.2 Glättungsverfahren ..... 18*
5.3.2.1 Bewegter Mittelwert ..... 18

# 1 Einleitung

## *1.1 Visuelle Wahrnehmung*

### 1.1.1 Aufbau der Netzhaut

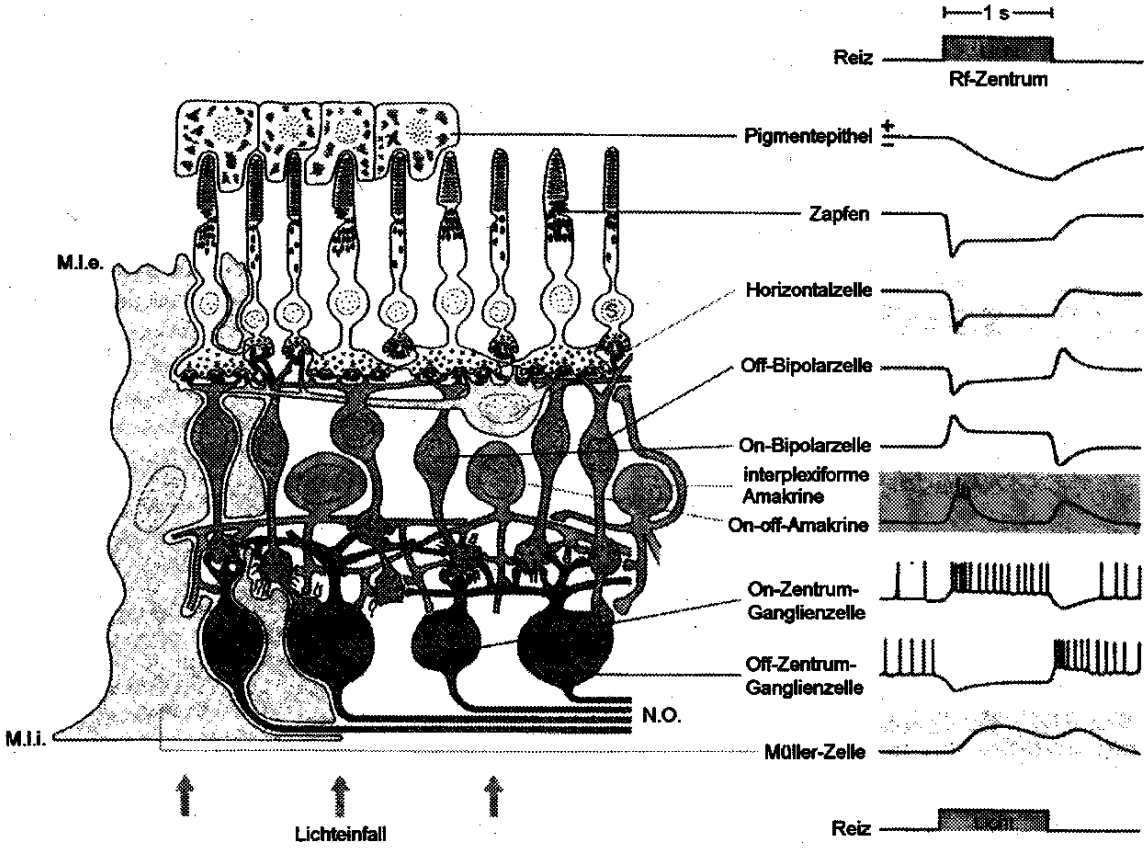
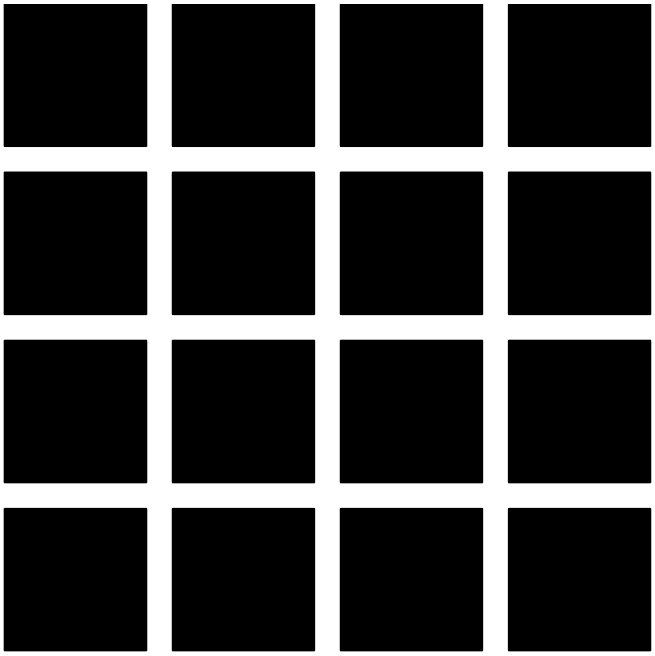



Bild 1.2: Prinzipieller Aufbau der Netzhaut mit verschiedenen Zelltypen und Schema der Reaktion einzelner Neurone der Netzhaut auf einen Lichtreiz (Quelle [Schm90]).

### 1.1.2 Kontrastverstärkung im menschlichen Auge



## 1.2 Stufen eines Bildverarbeitungssystems

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

Bild 1.7: Schema eines modularen Bildverarbeitungssystems.

### 1.2.1 Klassifikation

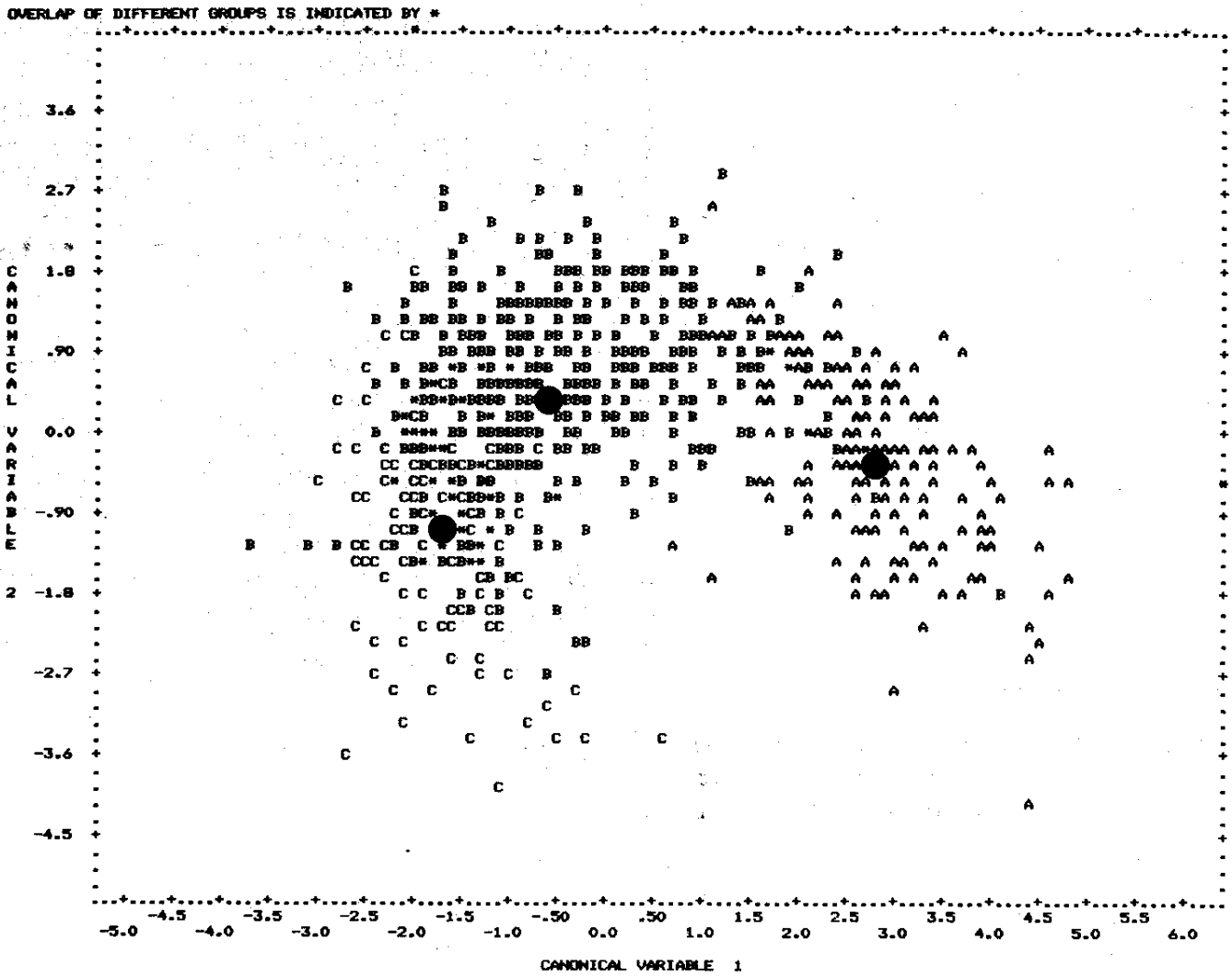



Bild 1.13: Klassifikation von Zellen: Darstellung der Zellklassen A, B und C im 2D Merkmalsraum. Die Zellklassen bilden Cluster.

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 Statistische Eigenschaften von Bildern

### 2.1.1 Grauwerthistogramm

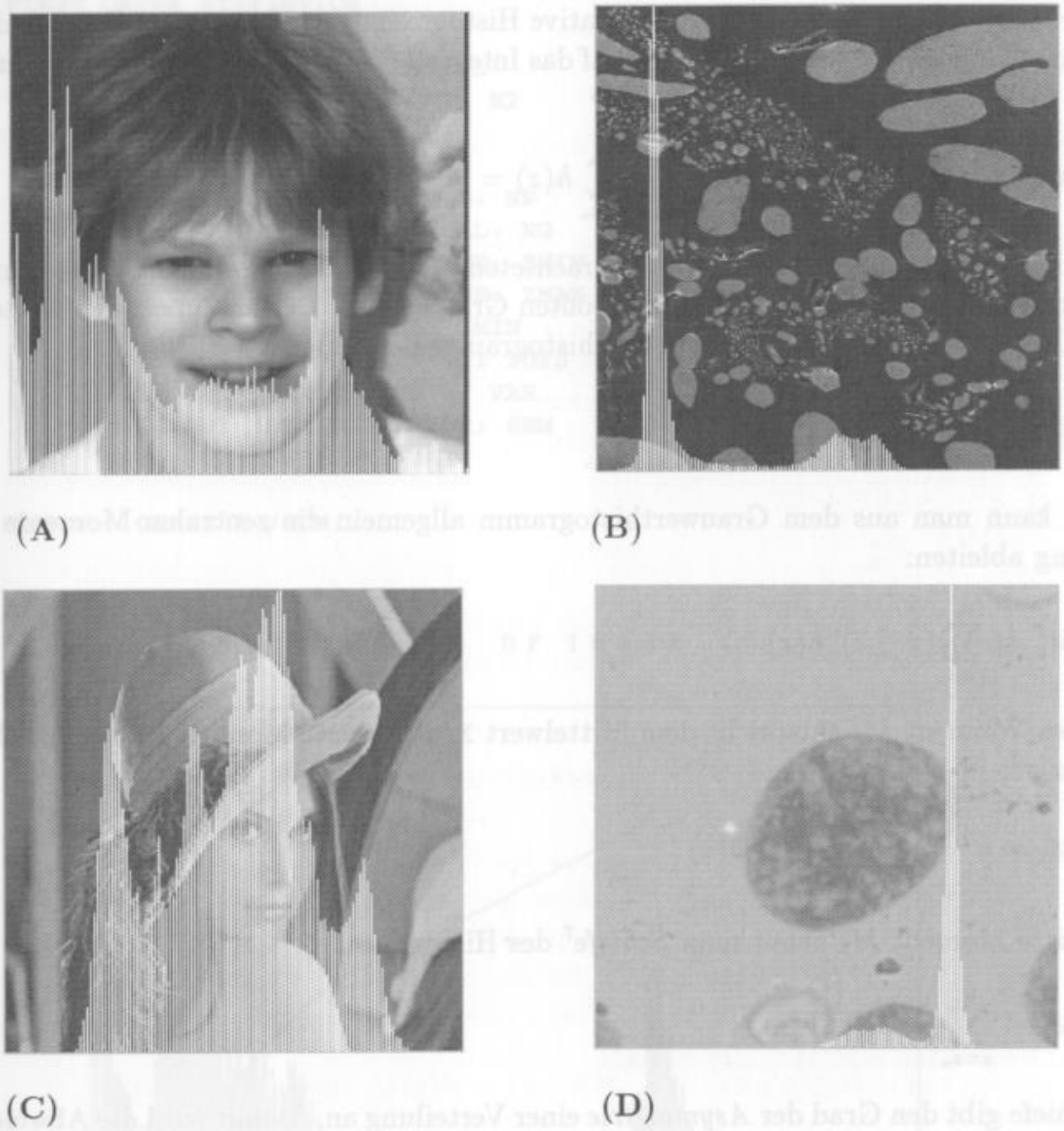



Bild 2.3: Bilder mit Grauwerthistogrammen: (A) Normales Graubild mit hellen und dunklen Strukturen, (B) Bild mit dunklem Untergrund und hellen Objekten, (C) Bild mit einer Verteilung der Grauwerte über den gesamten Grauwertbereich, (D) Bild mit hellem Untergrund und dunklen Objektstrukturen.

# 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
```

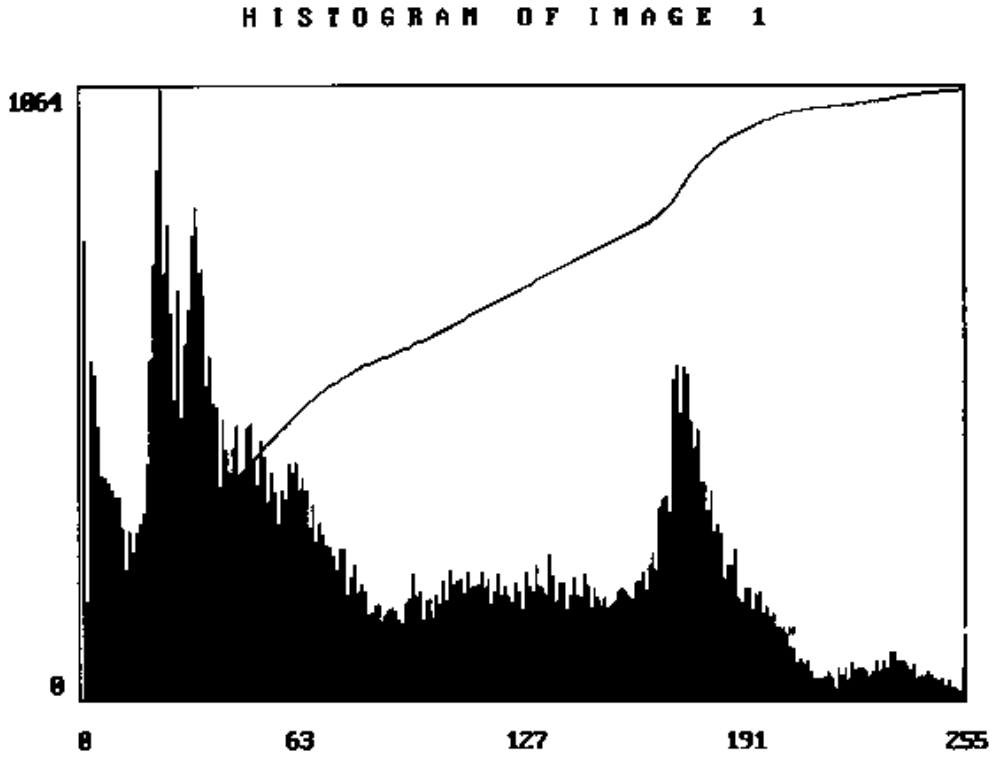



Bild 2.4: Graubildstatistik: Mit dem IMAGE Kommando GSTAT wird die Graubildstatistik berechnet und mit dem Kommando GHIST /CUM das Graubildhistogramm und das kumulative Histogramm am VGA-Monitor dargestellt.

## 2.2 Quantisierung von Bildern

### 2.2.1 Quantisierung der Ortsauflösung

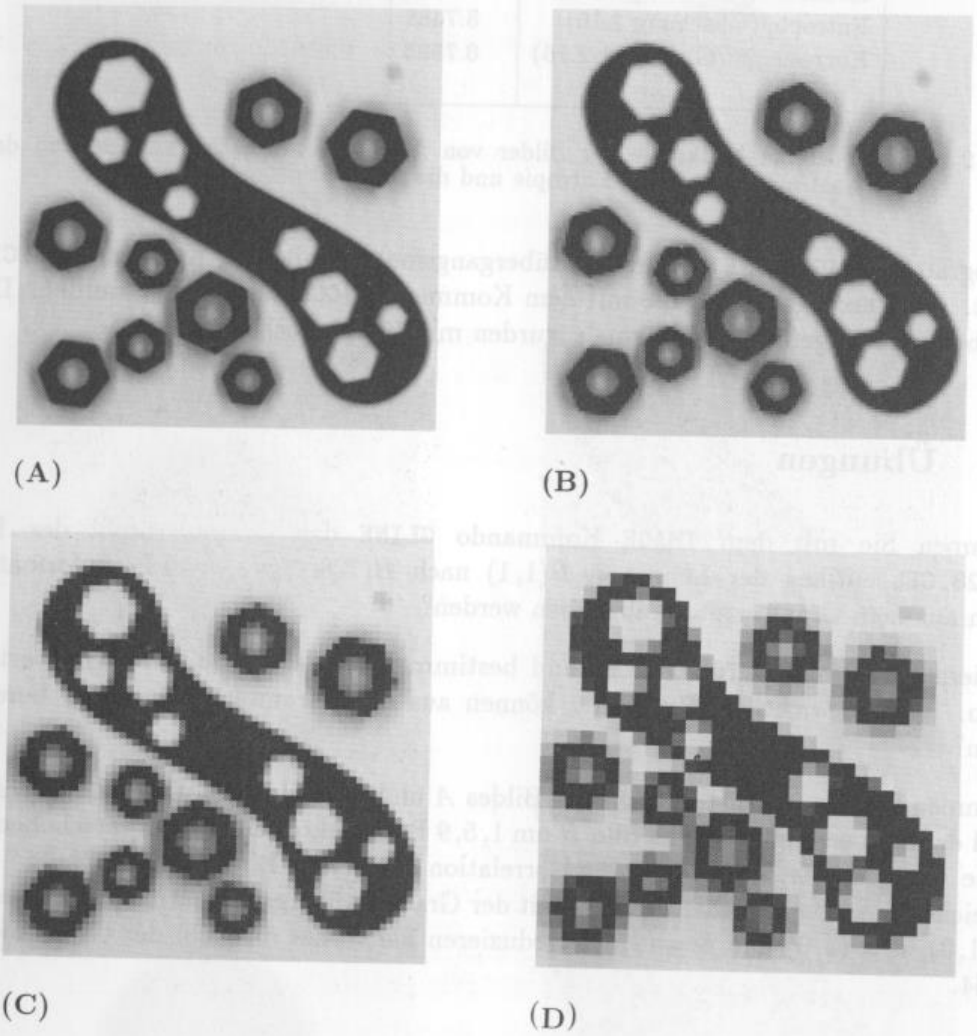



Bild 2.8: Quantisierung der Ortsauflösung eines Bildes: (A) $256 \times 256$ Bildpunkte, (B) $128 \times 128$ Bildpunkte, (C) $64 \times 64$ Bildpunkte und (D) $32 \times 32$ Bildpunkte.

### 2.2.2 Quantisierung der Grauwerte

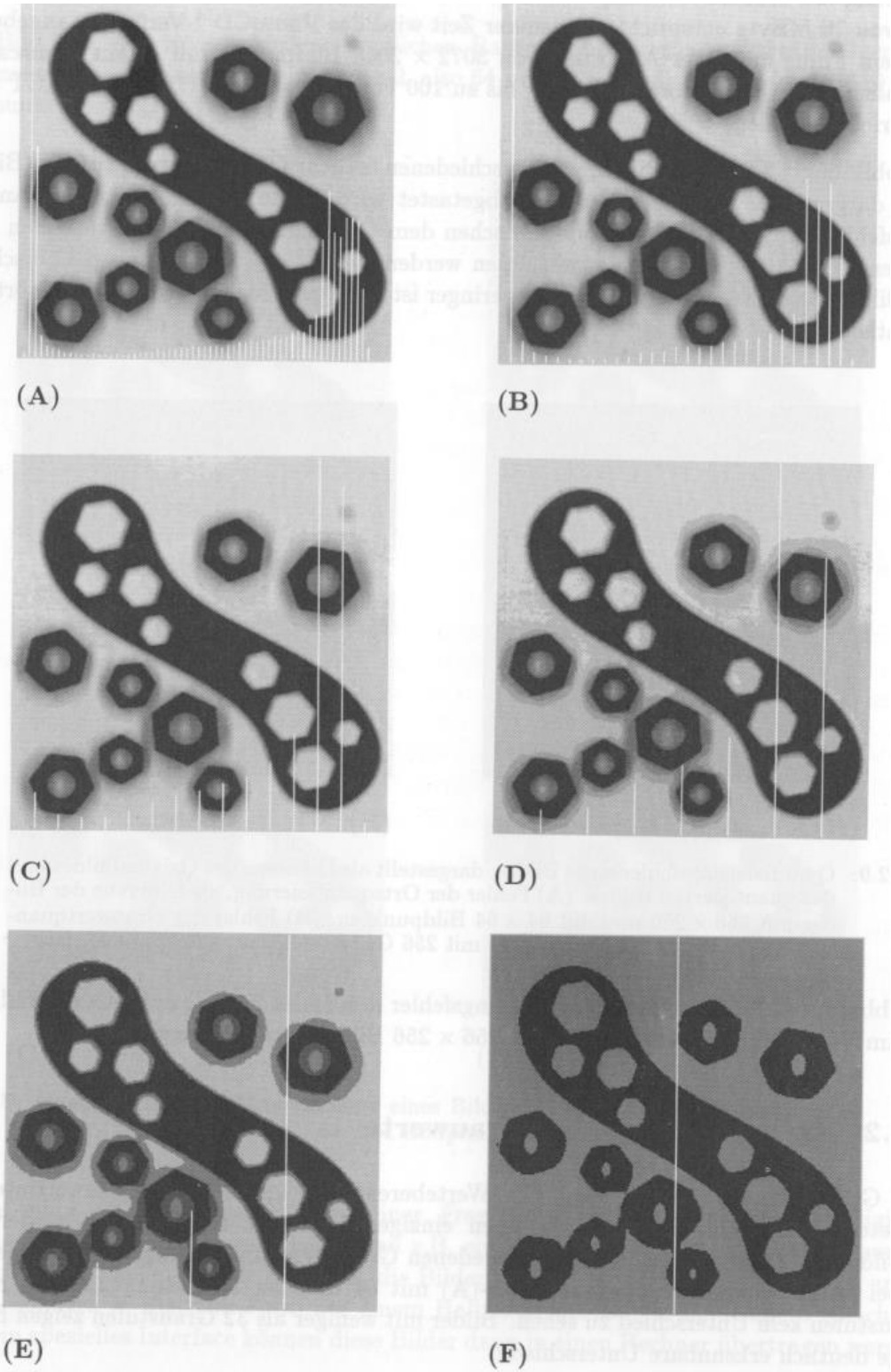



Bild 2.10: Grauwertquantisierung mit Histogramm als Overlay: (A) 64 Graustufen, (B) 32 Graustufen, (C) 16 Graustufen, (D) 8 Graustufen, (E) 4 Graustufen und (F) 2 Graustufen. Unterschiede sind bei weniger als 32 Graustufen zu erkennen.

### *2.3 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

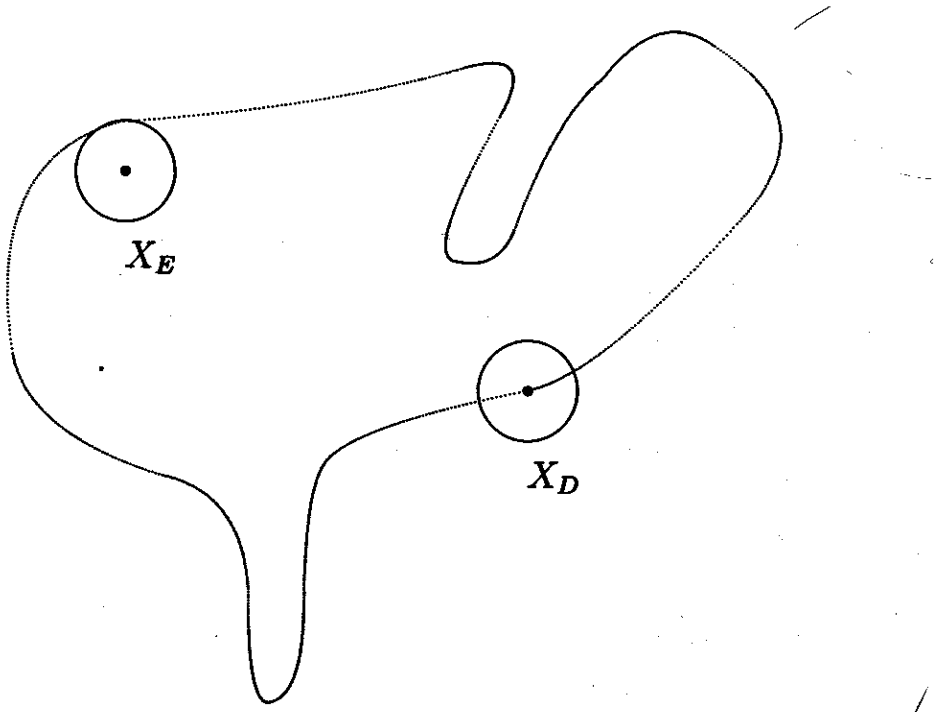



Bild 4.4: Graphische Darstellung der Dilatation und Erosion am Beispiel einer Kreisscheibe: Wenn der Bezugspunkt des strukturierenden Elements $X_D$ durch Translation entlang des Objektrandes bewegt wird, so beschreibt die Vereinigungsmenge aus strukturierendem Element und Objekt das dilatierte Bild. 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

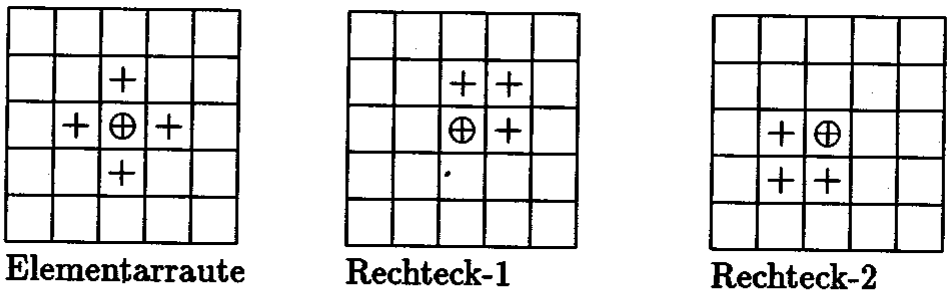



Bild 4.7: Kleinste strukturierende Elemente im Rechteckraster: Elementarraute, Elementarrechteck–1 und Elementarrechteck–2. Symbole: + Bildpunkt, ⊕ Bezugspunkt mit Bildpunkt.

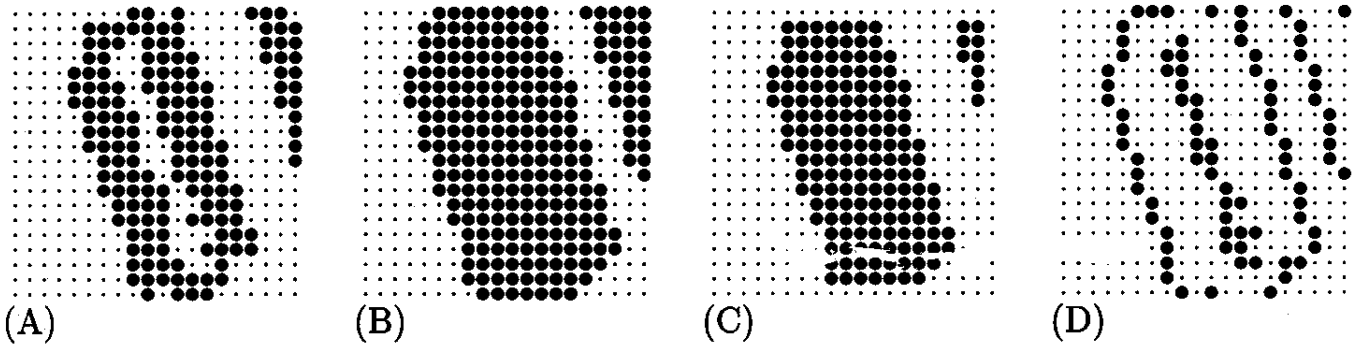



Bild 4.3: *SHRINK* und *BLOW* bei Binärbildern: (A) Originalbild, (B) Vermehrung der Bildpunkte von B: A durch *BLOW*, (C) Reduzierung der Bildpunkte von Bild B durch *SHRINK*, (D) Objektrand durch Differenz Bild $A - C$.

B - A

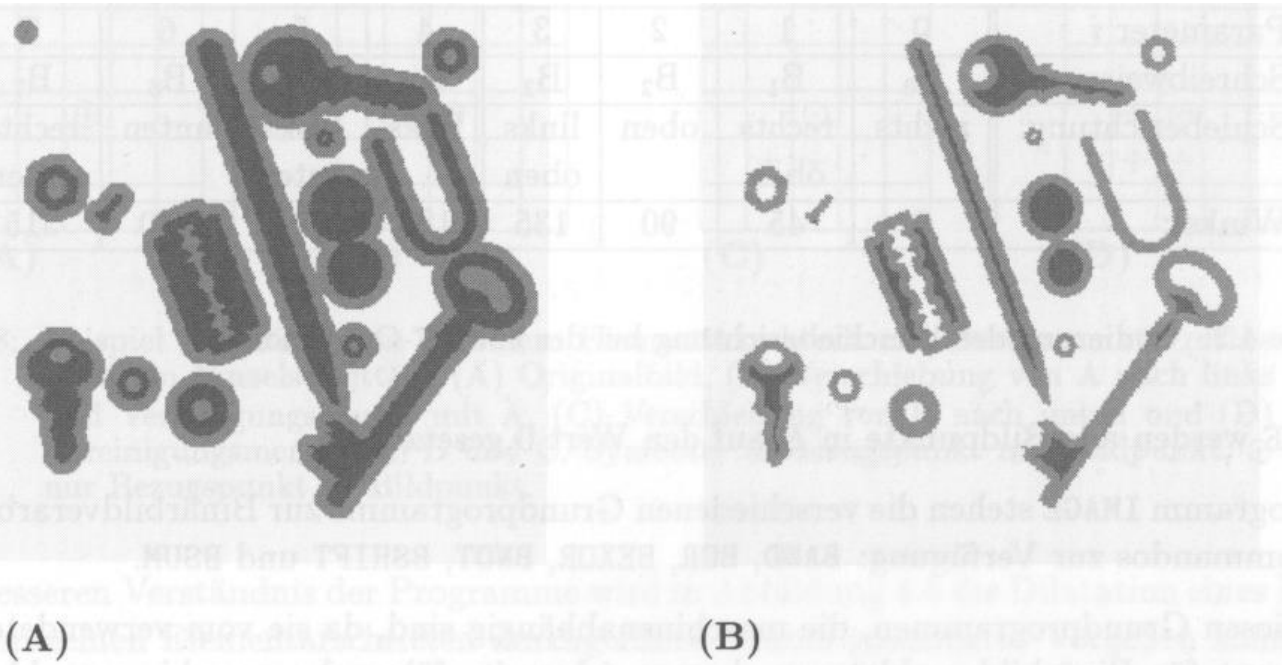
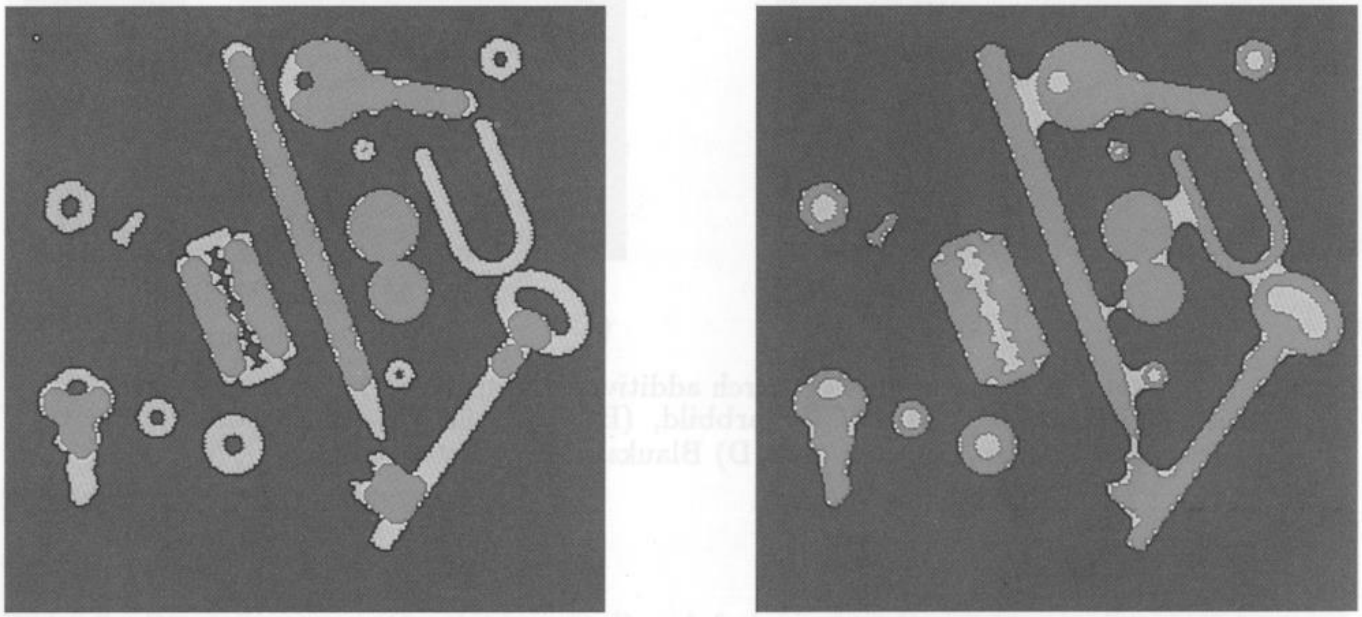



Bild 4.6: Beispiel zur Dilatation und Erosion eines Bildes: (A) Dilatation von Schwarz mit $R_{Scheibe} = 5$, (B) Erosion von Schwarz mit $R_{Scheibe} = 4$. Links oben im Bild ist das strukturierende Element abgebildet.

## 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

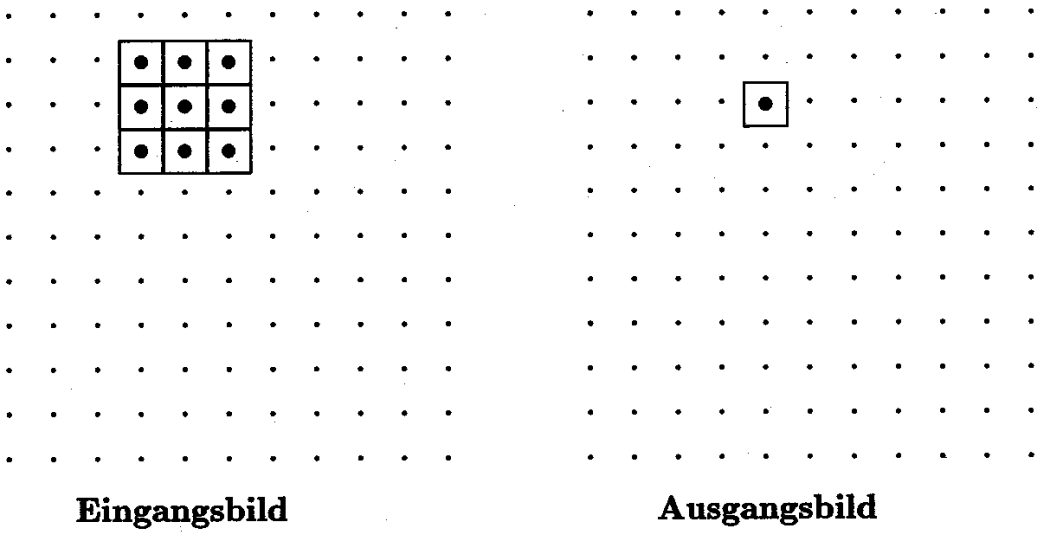



**Bild 5.1: Lokale Nachbarschaftsoperationen: Das Eingangsbild $B(x, y)$ wird unter Berücksichtigung von Nachbarpunkten in das Ausgangsbild $A(x, y)$ transformiert**

## 5.2 Bildpunktoperationen

### 5.2.1 Modifikation der Grauwertskala durch Kennlinien

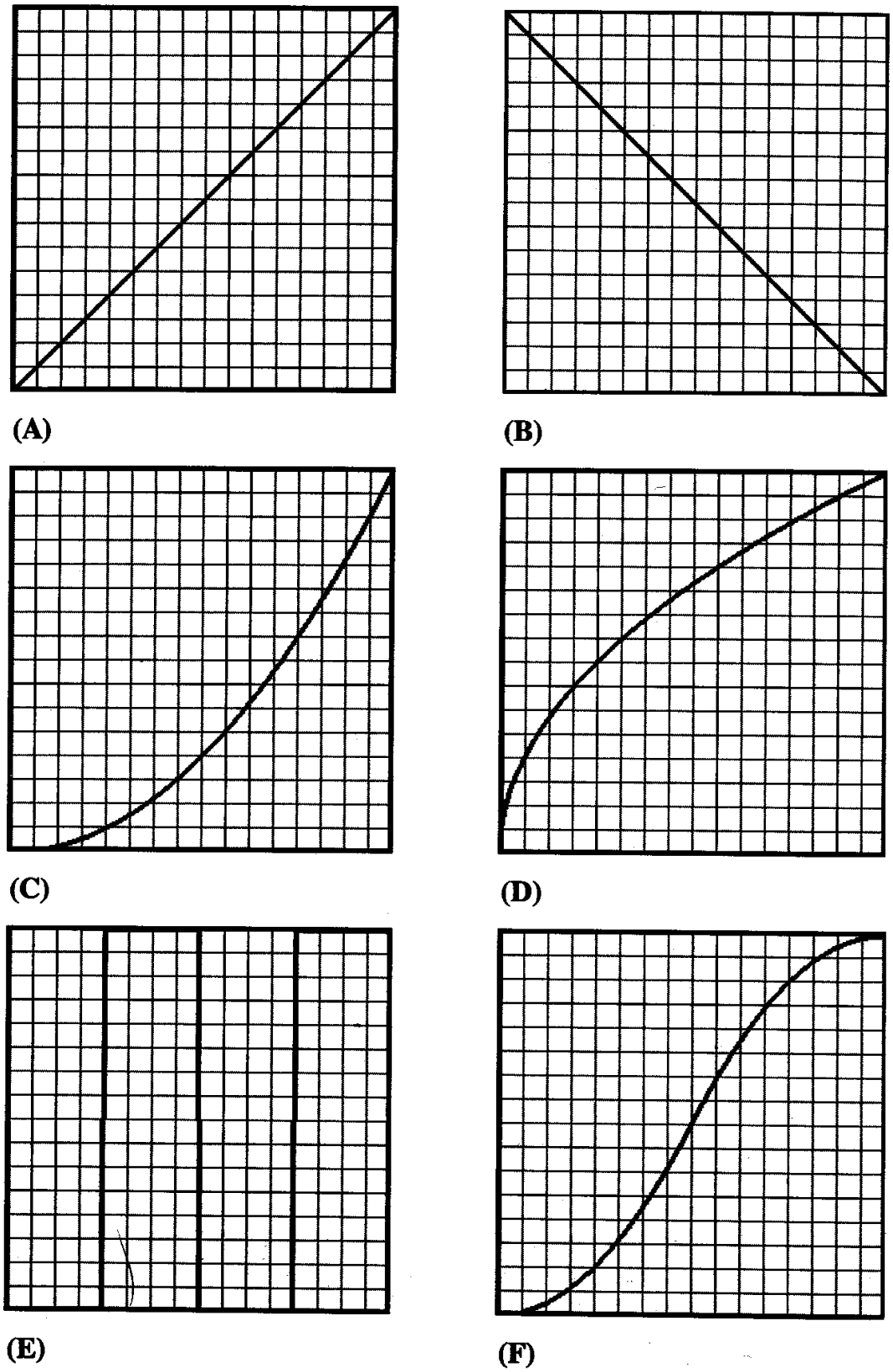



Bild 5.3: 6 Beispiele von Look–up–Kennlinien: (A) lineare Kennlinie, (B) Kennlinie zur Invertierung, (C) quadratische Kennlinie, (D) Quadratwurzel, (E) Binarisierung, (F) Gauß–Funktion.

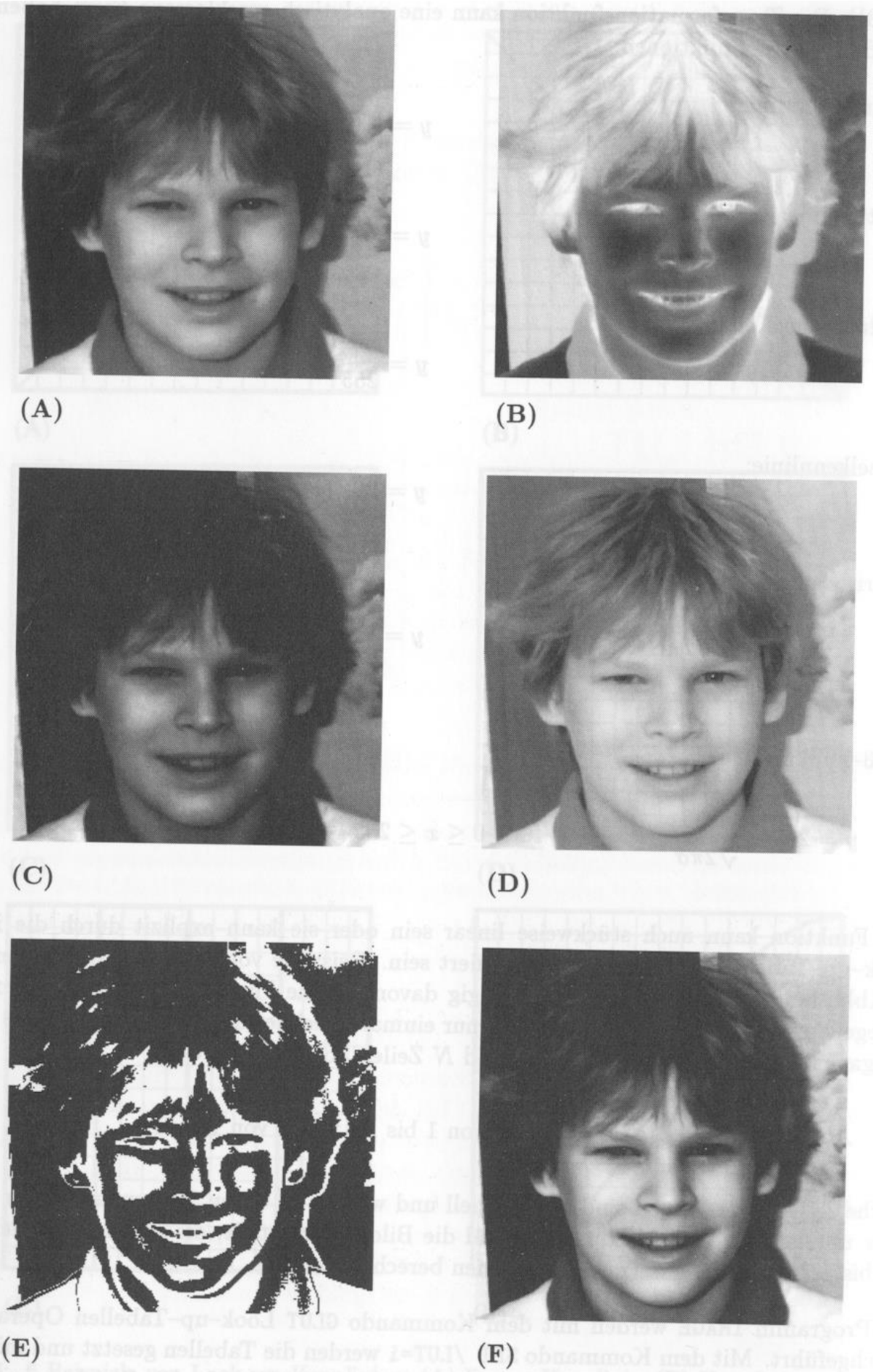



Bild 5.4: Ergebnisse von Transformationen mittels LUT: (A) lineare Kennlinie, (B) Kennlinie zur Invertierung, (C) quadratische Kennlinie, (D) Quadratwurzel, (E) Binarisierung, (F) Gauß–Funktion.

### 5.2.2 Dehnung der Grauskala

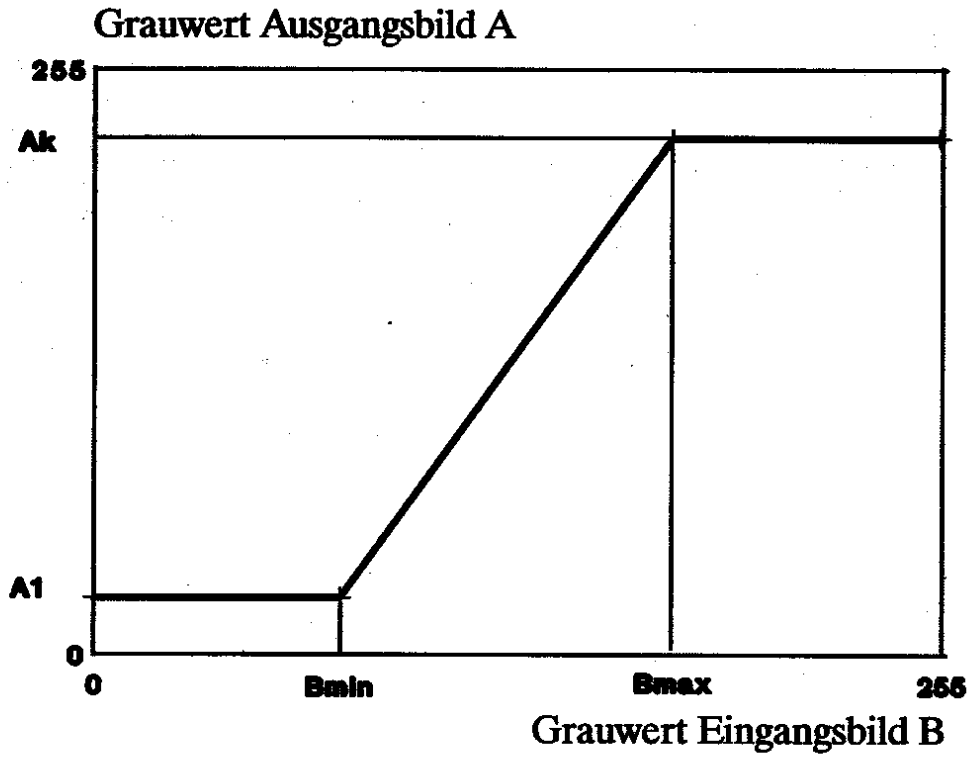



Bild 5.6: Allgemeine $LUT$-Kennlinie zur Kontrastanreicherung des Eingangsbildes $B$ von $B_{min}$ bis $B_{max}$ auf das Ausgangsbild $A$ von $A_1$ bis $A_k$.

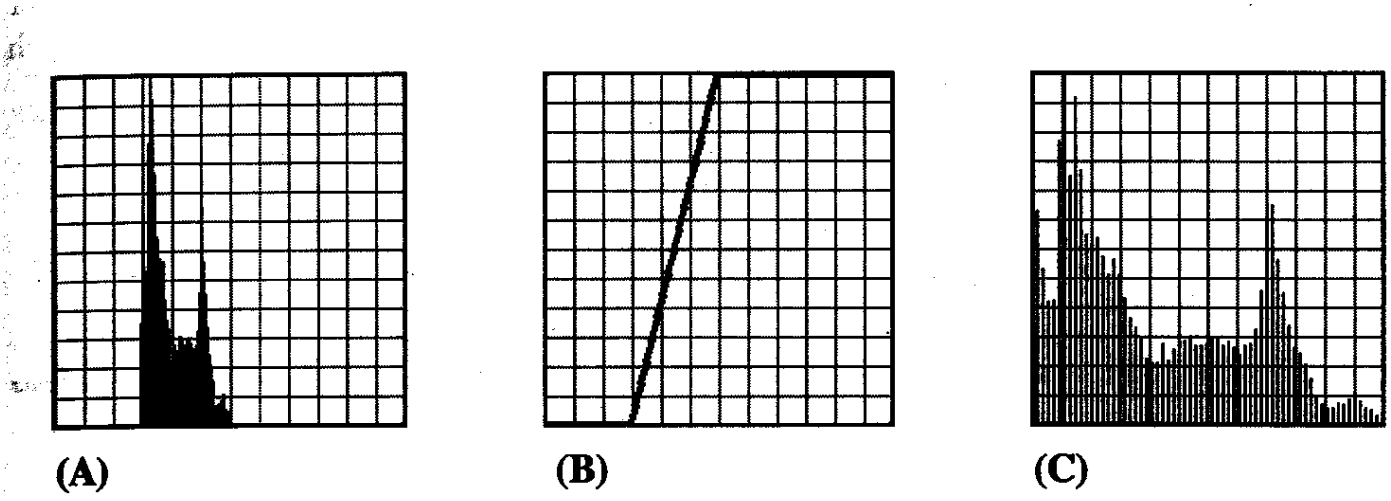



Bild 5.7: Kontrastanreicherung eines Bildes bezogen auf $B_{min}$ und $B_{max}$: (A) Histogramm des Bildes $h_B(g_B)$ vor der Transformation, (B) Look–up–Tabelle $g_A = LUT(g_B)$, (C) Histogramm des Bildes $h_A(g_A)$ nach der Transformation.

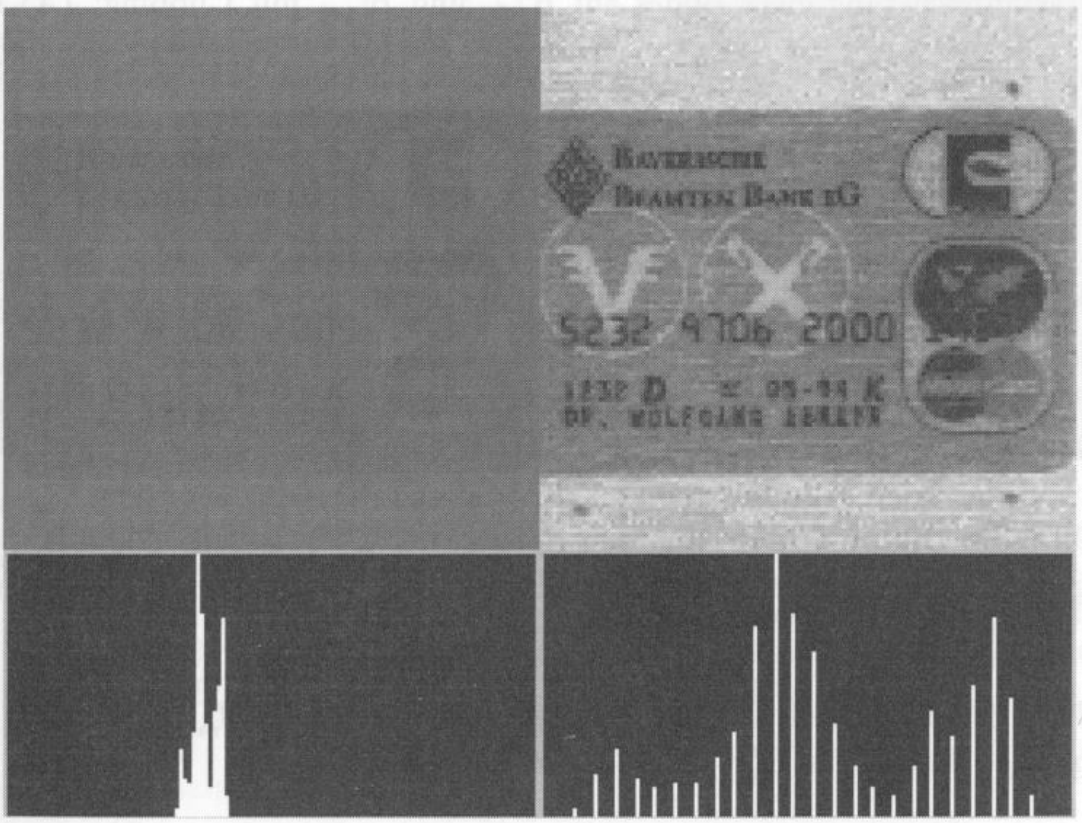
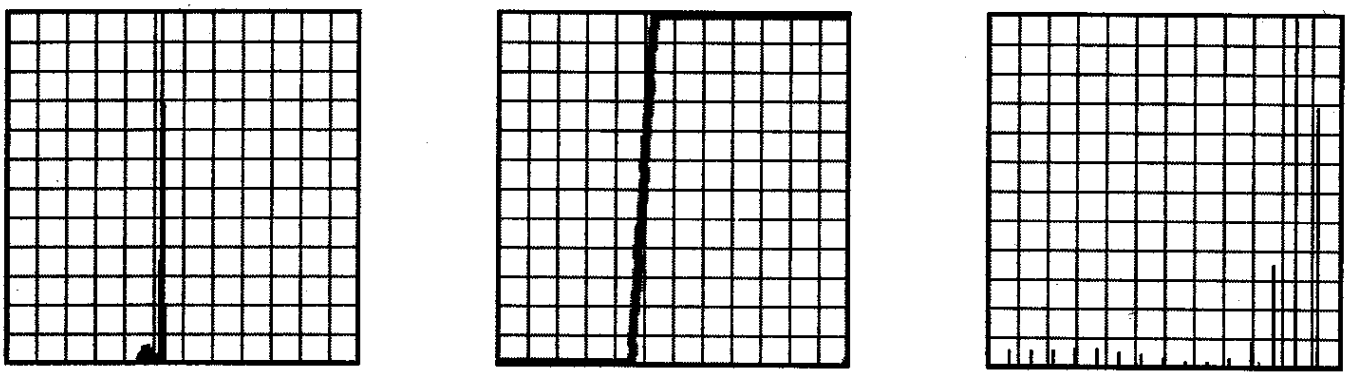



Bild 5.8: Beispiel der Kontrastanreicherung des Bildes einer Kreditkarte durch lineares Dehnen der Grauskala.

### 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%.**

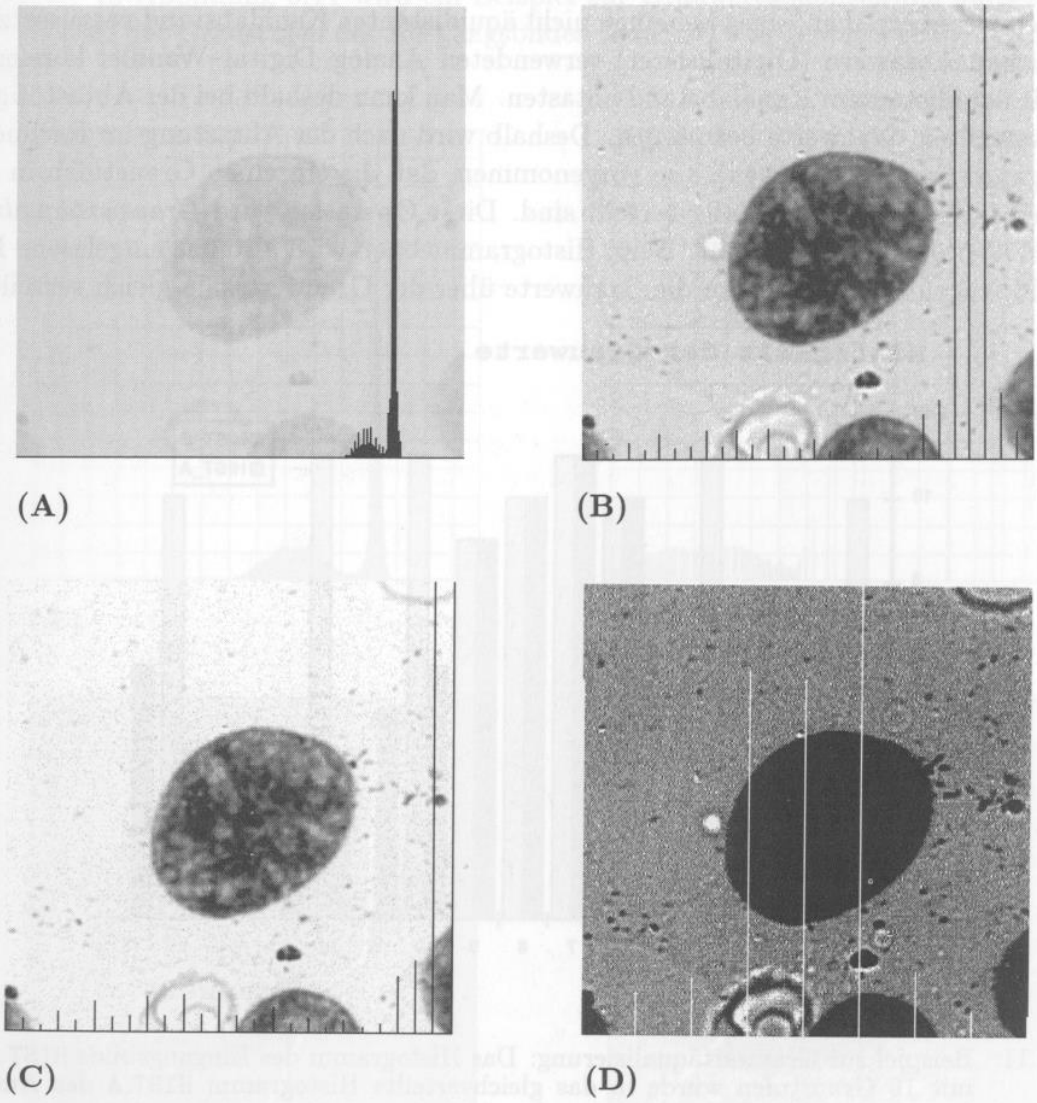



Bild 5.10: Beispiele der Kontrastanreicherung: (A) Originalbild, (B) lineares Dehnen und Clippen mit $B'_{min} = 1\%$ und $B'_{max} = 1\%$, (C) lineares Dehnen und Clipping mit $B'_{min} = 1\%$ und $B'_{max} = 50\%$, (D) lineares Dehnen und Clipping mit $B'_{min} = 20\%$ und $B'_{max} = 1\%$.

### 5.2.4 Bildverbesserung durch Grauwertäqualisation

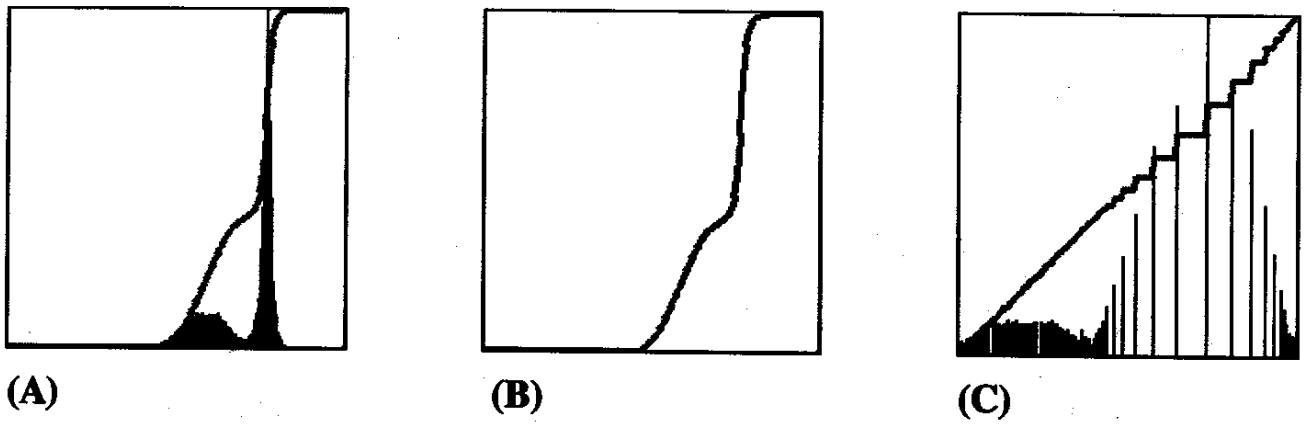



**Bild 5.13: Äqualisation eines Bildes: (A) Histogramm und kumulatives Histogramm des Originalbildes, (B) LUT der Äqualisierung, (C) Histogramm und kumulatives Histogramm des äqualisierten Bildes.**

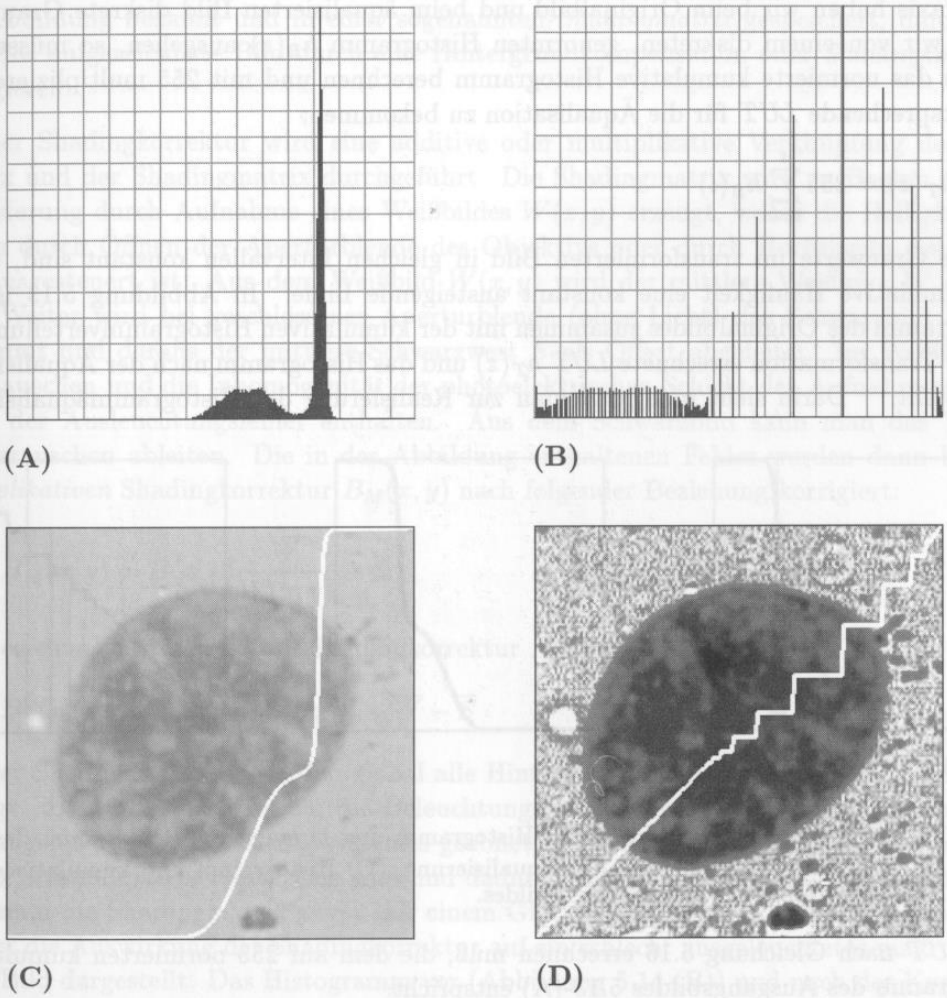



Bild 5.12: Grauwertäqualisation eines Bildes: (A) Histogramm des Originalbild, (B) Histogramm des äqualisierten Bildes, (C) Originalbild mit kumulativer Häufigkeit, (D) äqualisiertes Bild mit kumulativer Häufigkeit.

## 5.3 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.**

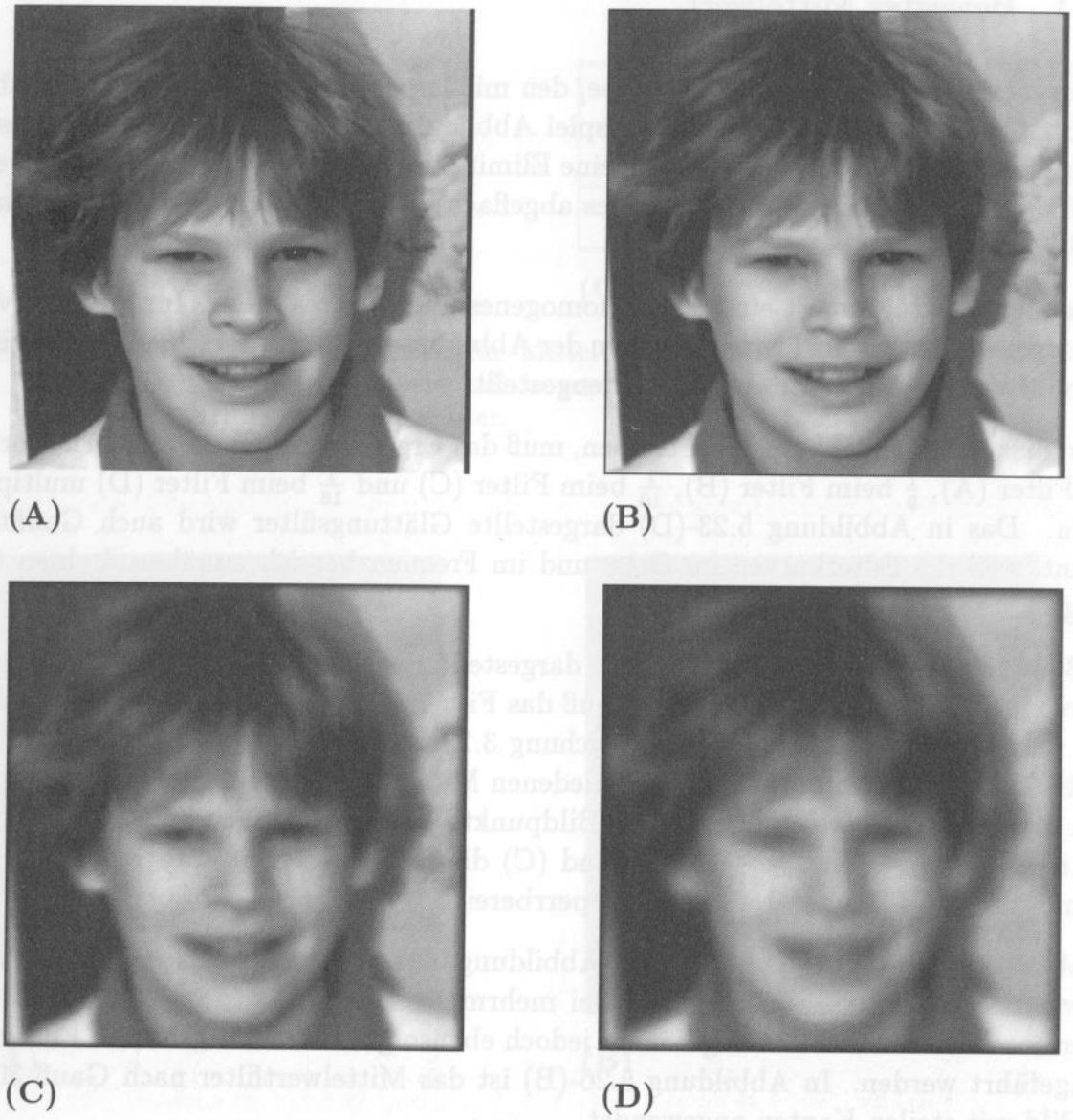



Bild 5.25: Anwendung des $3 \times 3$ Mittelwertfilters nach Gauß auf ein Bild: (A) Originalbild, (B) $1\times$ gefiltert, (C) $10\times$ gefiltert und (D) $30\times$ gefiltert.