

# Digitale Bildverarbeitung

## Einheit 6

### Punktoperationen

---

Lehrauftrag SS 2007

Fachbereich M+I der FH-Offenburg



Dr. Bernard Haasdonk

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

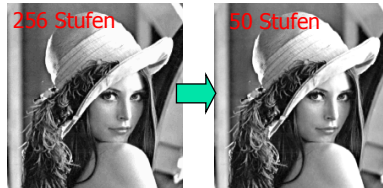
### Ziele der Einheit

---

- Elementare **Bildverbesserung** durch sogenannte **Punktoperationen** durchführen können
- Verstehen, wie ein Histogramm eines Bildes durch aktive Bildmanipulation beeinflusst werden kann.
- **Korrigieren von Bildfehlern** wie Unter- und Überbelichtung, geringe Dynamik, Histogramm-Unausgewogenheiten
- Korrigieren von gerätespezifischen Intensitäts-Empfindlichkeiten
- Gezieltes Einsetzen von **Falschfarben-Darstellung** als Effekt oder zur Verdeutlichung von Bildinhalten

## Punktoperationen

- **Punktoperationen** sind Funktionen, die die Grauwerte oder Farben von Bildern modifizieren, d.h. Pixel werden **unabhängig von** den Werten ihrer **Umgebung** verändert
- Schon bekannte Beispiele  
Grauwert-Quantisierung



Vertauschen von Farbenen



- Weitere Anwendungen:
  - Kontrastverbesserung, Beleuchtungskorrekturen
  - Falschfarbendarstellung
  - Korrekturen von Kamera oder Scanner-Empfindlichkeiten

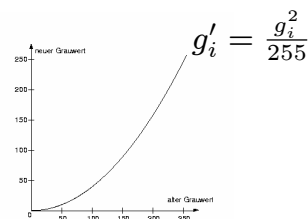
## Skalierungskennlinien

- Die vollständige Beschreibung einer Punktoperation geschieht durch Angabe der Funktion, die alte in neue Werte übersetzt
- Den Graphen dieser Funktion nennt man **Intensitäts-Skalierungskennlinie**.

alter Grauwert  
in Pixel i

$$g'_i = f(g_i)$$

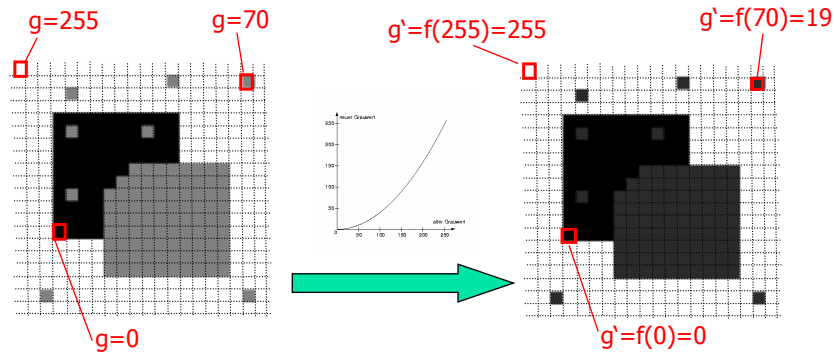
neuer Grauwert  
in Pixel i



- Weder die Anzahl der Grauwerte, noch die Bildinformation wird erhöht!
- Können auch auf Teile (ROI) eines Bildes angewandt werden

## Realisierung

- Ersetzen der Pixelwerte im Bild:



- Ein **Polynom 2. Grades** erhält hier weiß und schwarz, verdunkelt aber alle Grautöne

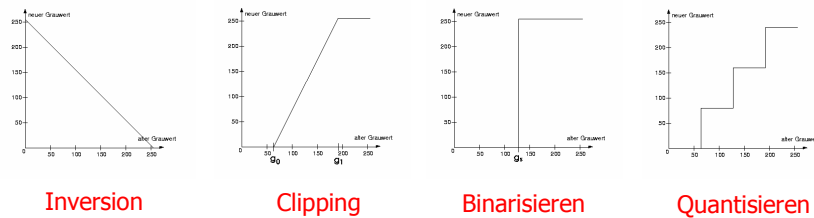
31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

5

## Lineare Grauwertmodifikationen

- Betrachtet werden hier **stückweise lineare** Grauwertmodifikationen



- Mögliche Anwendungen sind **Kontrastverbesserung**, **Eliminieren von Unter- und Überbeleuchtung**, **Segmentieren**, **Grauwert-Quantisierung**

31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

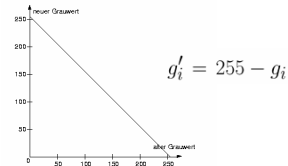
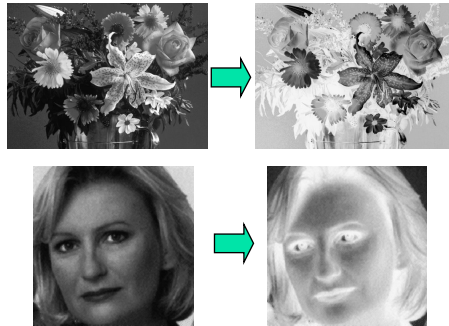
6

## Beispiele für lineare Operationen

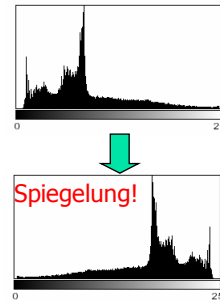
### ■ Invertierung

- Die Invertierung lässt ein Bild wie ein Negativ erscheinen

- Beispiele:



Auswirkung auf Histogramm:



31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

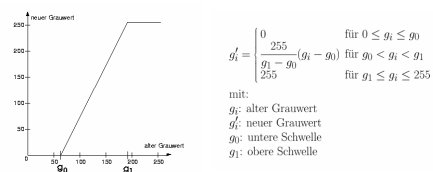
7

## Beispiele für lineare Operationen

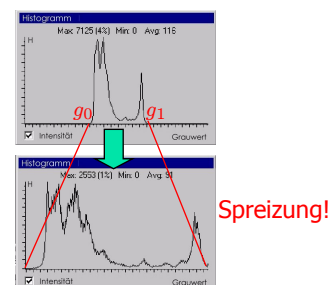
### ■ Clipping

- Einsatz zwecks Elimination von Unterbelichtung, Überbelichtung oder schlechtem Kontrast

- Beispiel:



Auswirkung auf Histogramm:



31.7.2007

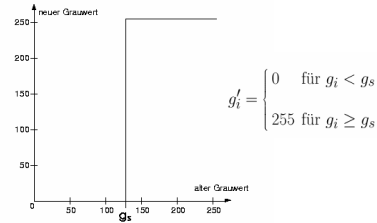
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

8

## Beispiele für lineare Operationen

### ■ Binarisierung

- Extremes Clipping, bei dem die Schwellen zusammenfallen
- Erzeugt aus einem Grauwertbild ein Binärbild, d.h. sie setzt alle Grauwerte unterhalb einer Schwelle  $g_s$  auf den Wert 0 und oberhalb auf den Wert 255
- Anwendung beim Telefax
- Anwendung bei [Segmentierung](#) von Bildern bei bimodalen Histogrammen:



31.7.2007

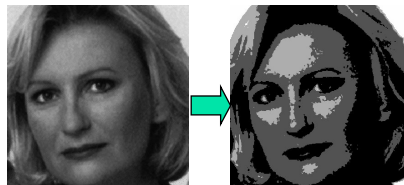
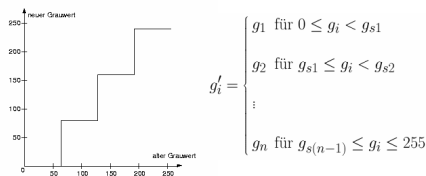
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

9

## Beispiele für lineare Operationen

### ■ Posterizing

- Reduziert das Bild auf wenige Grauwerte und erreicht dadurch einen Plakateffekt.
- Posterizing ist eine beabsichtigt [grobe Grauwertquantisierung](#)
- Ist eine Realisierung von verlust-behafteter Signalkompression
- Anwendungsbereich ist hauptsächlich künstlerisch
- Beispiel:



- Viele Punktoperationen sind in ImageJ realisiert

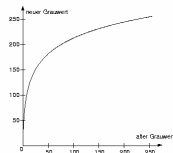
31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

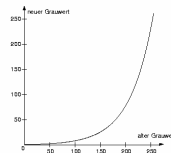
10

## Nichtlineare Grauwertoperationen

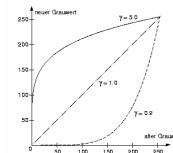
- Nichtlineare Grauwertoperationen haben eine nichtlineare Skalierungskurve
- können sehr effektiv zu Bildverbesserung eingesetzt werden



Logarithmus-Funktion



Exponential-Funktion

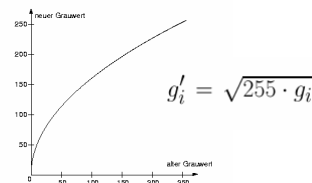


Gamma-Korrektur

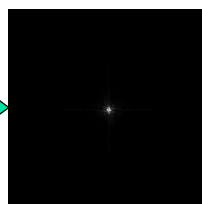
- Wichtige Arten von Operationen sind
  - Strecken von hellen Grautönen
  - Strecken von dunklen Grautönen
  - Gamma-Korrektur
  - Histogrammausgleich (Histogrammskalierung)

## Beispiele für nichtlineare Operationen

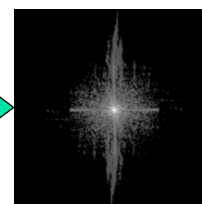
- Wurzelfunktion:
  - streckt niedere Grauwertbereiche während hohe Grauwertbereiche gestaucht werden.
  - Anwendung z.B. nach einer Fouriertransformation (FT) und Betragsbildung:



FT+  
Betrag



Wurzel

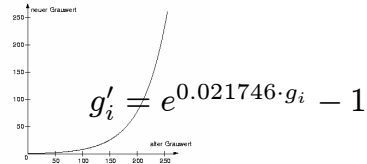


- Ähnlich: Logarithmus-Funktion
  - Stärker ausgeprägte Streckung/Stauchung

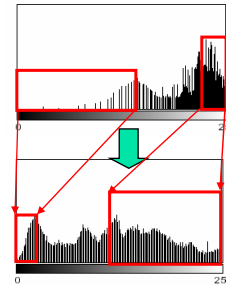
## Beispiele für nichtlineare Operationen

### ■ Exponentialfunktion

- streckt hohe Grauwertbereiche während niedrige Grauwertbereiche gestaucht werden.
- Anwendung z.B. bei hellen Bildern mit komplettem Dynamik-Umfang:



Auswirkung auf Histogramm:



### ■ Ähnlich: Polynomfunktion 2. Grades

- Etwas weniger ausgeprägte Streckung/Stauchung

31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

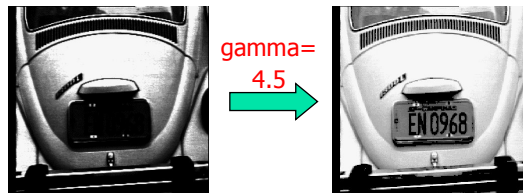
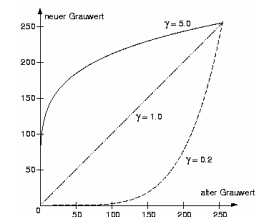
13

## Beispiele für nichtlineare Operationen

### ■ Gamma-Korrektur

- Verschiedene Effekte sind möglich in Abhängigkeit des Exponenten gamma
- $\gamma > 1$ : niedrige Grauwerte werden gestreckt, hohe Grauwerte gestaucht
- $0 < \gamma < 1$ : niedrige Grauwerte werden gestaucht hohe Grauwerte gestreckt
- Beispiel:

$$g'_i = 255 \cdot \left( \frac{g_i}{255} \right)^{1/\gamma}$$



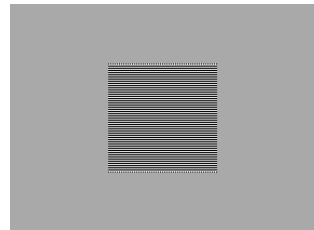
31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

14

## Beispiele für nichtlineare Operationen

- **Hohe Relevanz** der Gamma-Korrektur in Bildverarbeitung:
  - Kalibrierung, Einstellung oder Verbesserung der (Farb)-Intensität
  - Viele Geräte in der Bildverarbeitungskette einschließlich des menschlichen Auges haben einen nichtlinearen Intensität/Helligkeits-Zusammenhang (z.B. CMOS-Kamera und Auge: logarithmisch)
  - Oft unterschiedlich in verschiedenen Farbkomponenten
  - Beim Übergang von einem Medium auf ein anderes muss daher oft eine Gamma-Korrektur vorgenommen werden
- Anwendung als **Folgestufe der Bildaufnahme**
  - Z.B. Kalibrieren eines Scanners, einer Kamera
- Anwendung als **Vorstufe für Bildausgabe**
  - Kalibrieren eines Monitors oder der Druckerausgabe
  - Einstellung durch Testmuster z.B. über Bild mit feinem schwarz-weiß Muster und einem 50% Grauton
  - Variation von gamma bis man gleiche „Helligkeit“ in beiden Bereichen erhält



31.7.2007

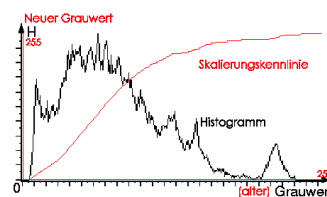
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

15

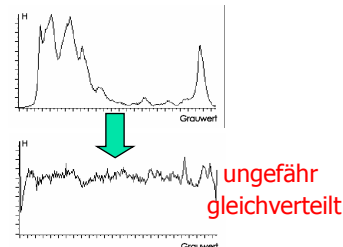
## Beispiele für nichtlineare Operationen

- **Histogrammausgleich** (Histogrammskalierung)
  - Der Histogrammausgleich ändert die **Grauwerte** im Bild so, daß sie anschließend **möglichst gleichverteilt** sind.
  - Für den Histogrammausgleich wird die Kennlinienfunktion nicht vorgegeben, sondern aus dem Histogramm generiert.
  - Beispiel:

$$g'_i = \frac{256}{n_{\text{pixel}}} \cdot \sum_{k=0}^{g_i} H(k) - 1$$



Auswirkung auf Histogramm:



31.7.2007

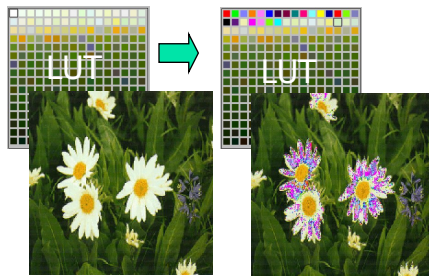
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

16

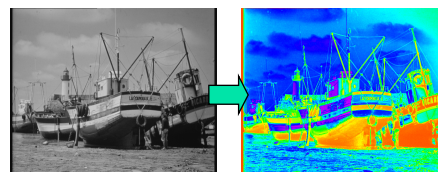
## Farboperationen

- Graubilder oder indizierte Farbbilder sind durch eine Lookup-Table (LUT) modifizierbar
- Ermöglicht Falschfarben-Darstellung
  - Einsatz als Bildeffekt
  - Einsatz zur Verstärkung von Bildinformation

Indiziertes Farbbild:



Graubild:



31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

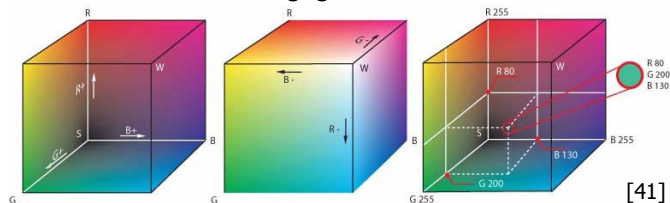
17

## Farboperationen

- Allgemeine Farbbilder sind durch 3 Kennlinien modifizierbar
- Achsen sind durch den Farbraum gegeben:

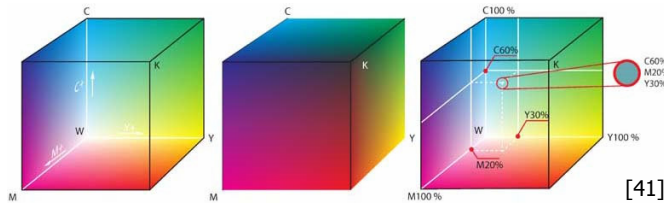
- RGB:

Additive  
Farbmischung  
(Licht)



- CMYK:

Subtraktive  
Farbmischung  
(Pigmentfarben)



- Weitere: HSV (von Künstler bevorzugt), YUV (PAL Fernsehen)

31.7.2007

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2007, Einheit 6

18

## Zusammenfassung

- **Punktoperationen** verändern die Farben oder Grauwerte von Bildern unabhängig von Nachbarschaft
- Weder die Anzahl der Grauwerte, noch die Bildinformation wird erhöht, die subjektive **Bildqualität** kann verbessert werden
- Man unterscheidet **lineare** und **nichtlineare Intensitäts-Skalierungskennlinien**
- Das **Clipping** ermöglicht einfaches Korrigieren von Beleuchtungsproblemen
- **Gamma-Korrektur** ist bequemes und wichtiges Hilfsmittel zur Korrektur von nichtlinearen Geräte-Kennlinien, ermöglicht Spreizen von dunklen oder hellen Bereichen
- Kennlinien können sich aus einem gegebenen Histogramm selbst erzeugen, z.B. beim **Histogramm-ausgleich**

## Bild-Referenzen

Die Bilder wurden entweder selbst erstellt, stammen aus dem WBT/Skript von Frau Erhardt oder aus folgenden Quellen (identische Nummerierung wie in Skript):

- [41] Wikipedia
  - [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:RGB\\_farbwuerfel.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:RGB_farbwuerfel.jpg)
  - [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:CMYK\\_farbwuerfel.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:CMYK_farbwuerfel.jpg)