

Digitale Bildverarbeitung

Einheit 6

Punktoperationen

Lehrauftrag SS 2008

Fachbereich M+I der FH-Offenburg



Dr. Bernard Haasdonk

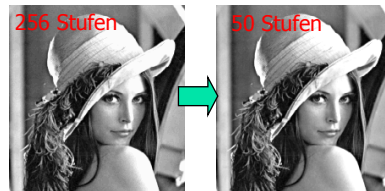
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

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 Farbebenen



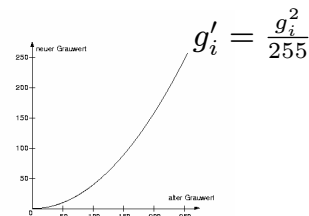
- Weitere Anwendungen:
 - Kontrastverbesserung, Beleuchtungskorrekturen
 - Falschfarbendarstellung
 - Korrekturen von Kamera oder Scanner-Empfindlichkeiten

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

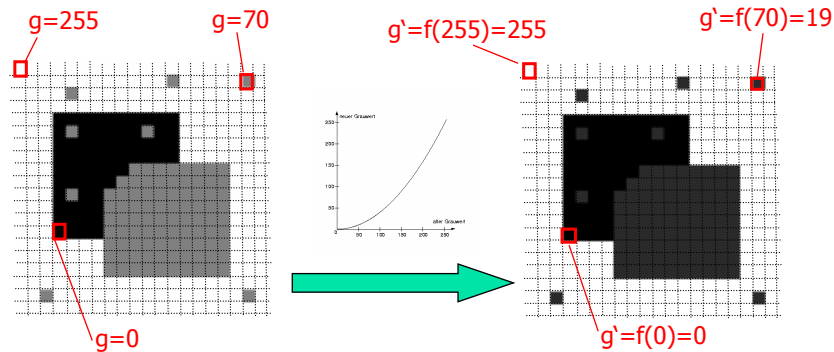
$$g'_i = f(g_i)$$
 neuer Grauwert
in Pixel i



- 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

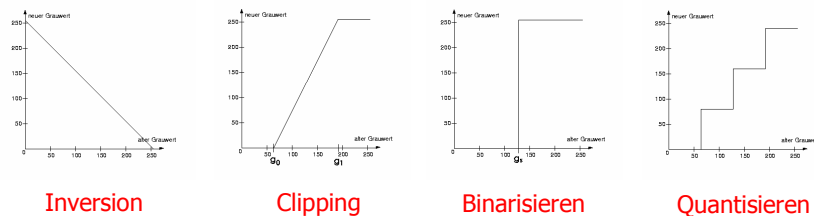
4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

5

Lineare Grauwertmodifikationen

- Betrachtet werden hier stückweise lineare Grauwertmodifikationen



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

4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

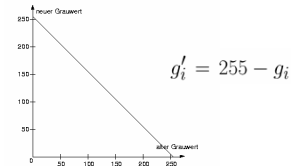
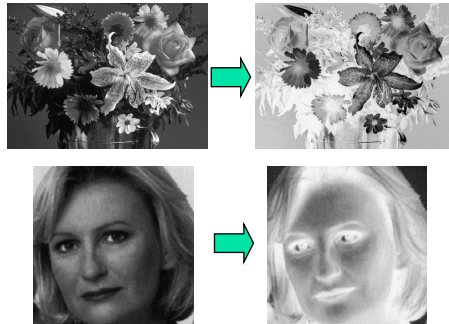
6

Beispiele für lineare Operationen

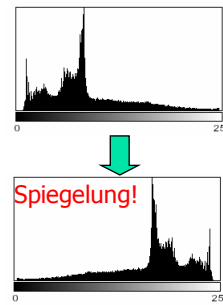
■ Invertierung

- Die Invertierung lässt ein Bild wie ein Negativ erscheinen

- Beispiele:



Auswirkung auf Histogramm:



4.3.2008

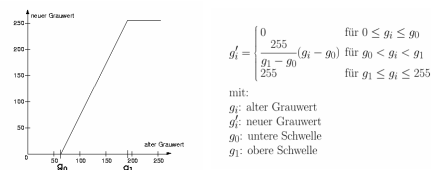
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

7

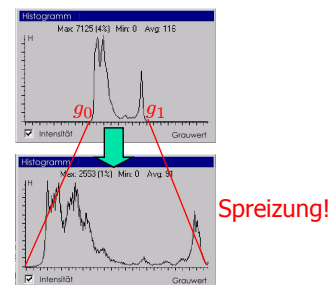
Beispiele für lineare Operationen

■ Clipping

- Einsatz zwecks Elimination von Unterbelichtung, Überbelichtung oder schlechtem Kontrast
- Falls Untere Grenze $g_0 = 0$
=> „Grauwert-Skalierung“
- Beispiel:



Auswirkung auf Histogramm:



4.3.2008

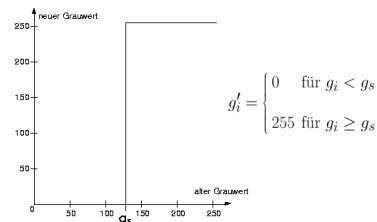
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

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:



4.3.2008

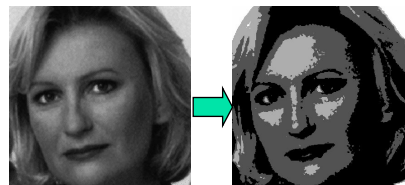
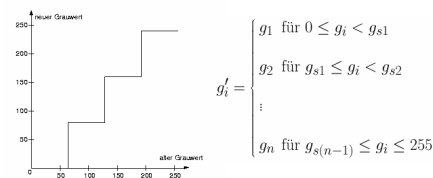
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

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

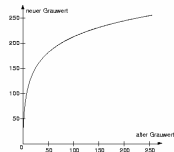
4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

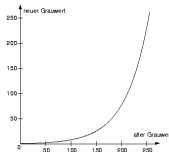
10

Nichtlineare Grauwertoperationen

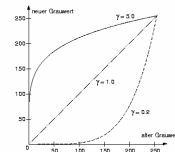
- Nichtlineare Grauwertoperationen haben eine nichtlineare Skalierungskurve
- können sehr effektiv zu Bildverbesserung eingesetzt werden



Logarithmus-Funktion



Exponential-Funktion



Gamma-Korrektur

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

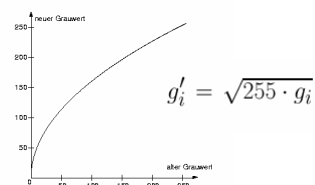
4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

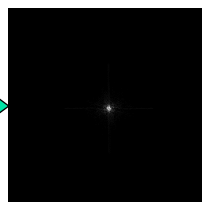
11

Beispiele für nichtlineare Operationen

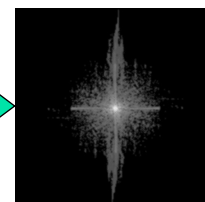
- Wurzelfunktion:
 - streckt niedere Grauwertbereiche während hohe Grauwertbereiche gestaucht werden.
 - Anwendung z.B. nach einer Fouriertransformation (FT) und Betragsbildung:



FT+
Betrag



Wurzel



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

4.3.2008

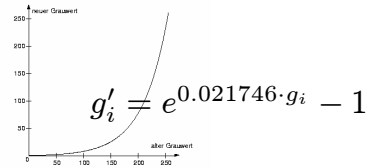
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

12

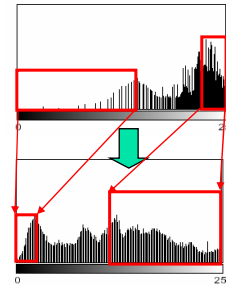
Beispiele für nichtlineare Operationen

■ 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

4.3.2008

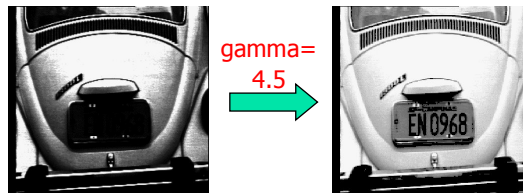
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

13

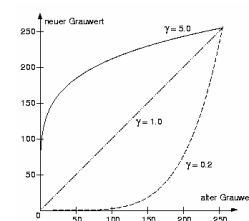
Beispiele für nichtlineare Operationen

■ 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:



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



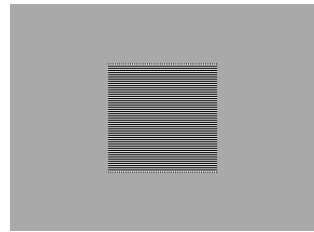
4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, 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



4.3.2008

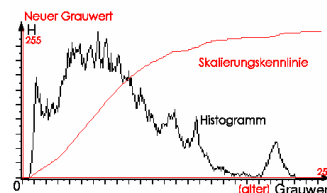
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

15

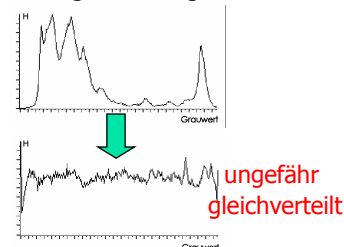
Beispiele für nichtlineare Operationen

- **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:

$$g'_i = \frac{255}{n_{\text{pixel}}} \cdot \sum_{k=0}^{g_i} H(k) - 1$$



Auswirkung auf Histogramm:



4.3.2008

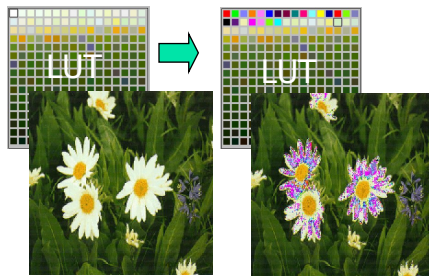
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

16

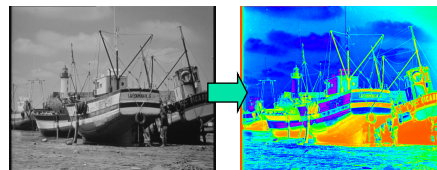
Farboperationen

- 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:



4.3.2008

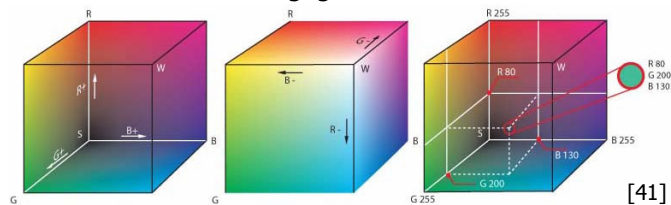
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

17

Farboperationen

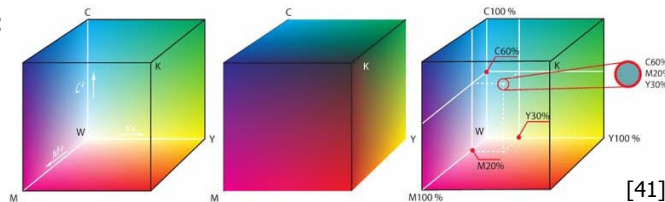
- Allgemeine Farbbilder sind durch 3 Kennlinien modifizierbar
- Achsen sind durch den Farbraum gegeben:
 - RGB:

Additive
Farbmischung
(Licht)



- CMYK:

Subtraktive
Farbmischung
(Pigmentfarben)



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

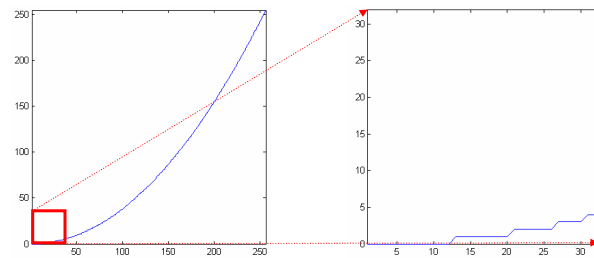
4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

18

Skalierungskennlinien

- Anwendung von Skalierungskennlinien ist meist verlustbehaftet:
 - „waagerechte“ Stücke: mehrere Grauwerte werden auf denselben Zielwert abgebildet
 - Im allgemeinen ist die Operation also nicht mehr umkehrbar.



- Ausnahmen:
 - Identität, Inversion, allgemeine Grauwertpermutation

4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

19

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**

4.3.2008

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg SS 2008, Einheit 6

20

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:CMYK_farbwuerfel.jpg