

„Bildverarbeitung“

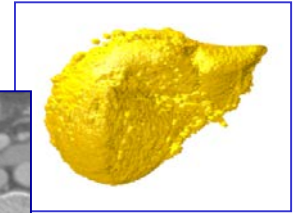
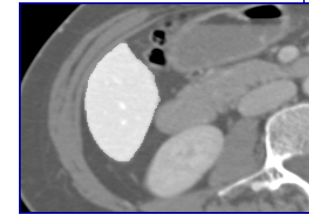
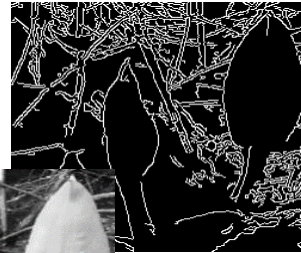
Hochschule Niederrhein

Regina Pohle-Fröhlich

Grauwerttransformation

Roter Faden durch die Vorlesung

- Bildaufnahme
- Histogramme
- **Grauwertmodifikation**
- Glättungsfilter
- Kantenfilter
- Nichtlineare Filter
- Segmentierung
- Morphologische Operationen
- Fourier Transformation
- Anwendung der FFT
- Probeklausur



3 Einsatzbereiche

Wann ist eine Veränderung der Grauwerte/Farbwerte sinnvoll?

- Bei visueller Betrachtung der Bilder
- Bei einer interaktiven bzw. semiautomatischen Bildsegmentierung
- Wenn ähnlich wahrgenommene Farbwerte die Grundlage für eine Homogenitätsentscheidung liefern sollen
- Bei Bildern, deren Werteumfang den darstellbaren Bereich überschreitet
- für Bildmontagen oder bei 3D-Darstellung
- bei Klassifikationsaufgaben

3.1 Punktoperationen

- Jeder neue Pixelwert hängt ausschließlich vom alten Pixelwert ab, unabhängig von anderen Pixelwerten im Bild
- Homogene Punktoperation: Operation ist unabhängig von den Bildkoordinaten

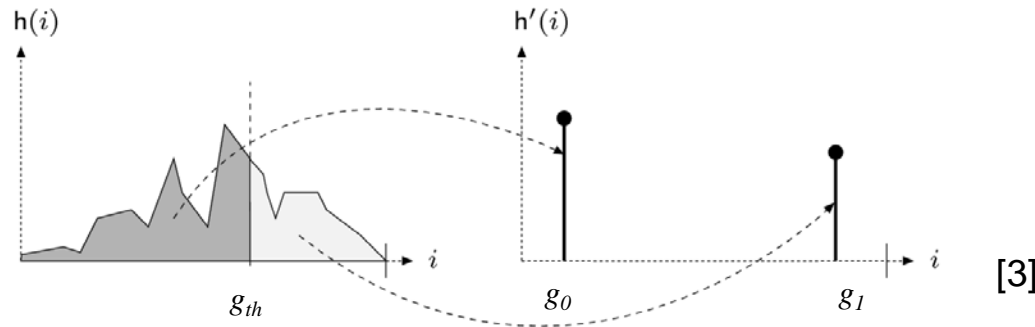
Beispiele:

- Grauwert- oder Farbwerttransformation
($g_{neu} = f(g)$ oder $[r_{neu}, g_{neu}, b_{neu}] = [f(r), f(g), f(b)]$)
- Falschfarbdarstellung ($[r_{neu}, g_{neu}, b_{neu}] = [f(g)]$)
- Invertieren und Addieren von Bildern
- Schwellwertbildung
- Realisierung oft über Lookup-Tabellen (LUTs)

3.1 Punktoperationen

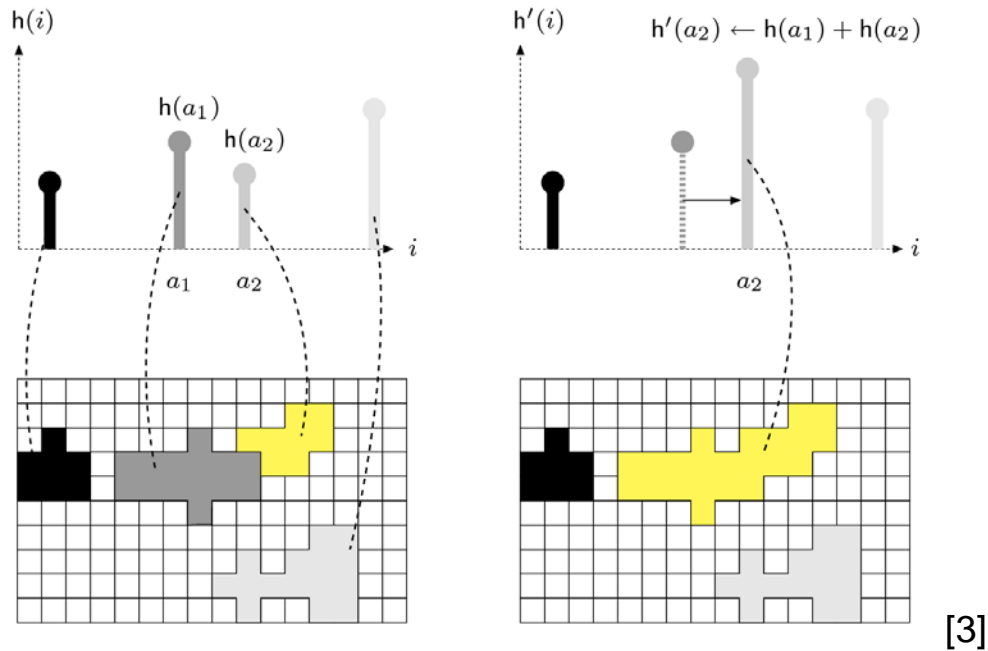
Änderung der Bildintensität

- Kontraständerung: $f_c(g) = 1.5 \cdot g$
- Helligkeitsänderung: $f_b(g) = g + 10$
- Beschränkung (clamping): für $(g > 255)$ $g = 255$ und für $(g < 0)$ $g = 0$;
- Invertieren: $f_{inv}(g) = g_{\max} - g$
- Schwellwert (Thresholding): $f_{th}(g) = g_0$ für $g < g_{th}$ und $f_{th}(g) = g_1$ für $g \geq g_{th}$



3.1 Punktoperationen

Verlust von Bildinformation/Dynamik ist möglich



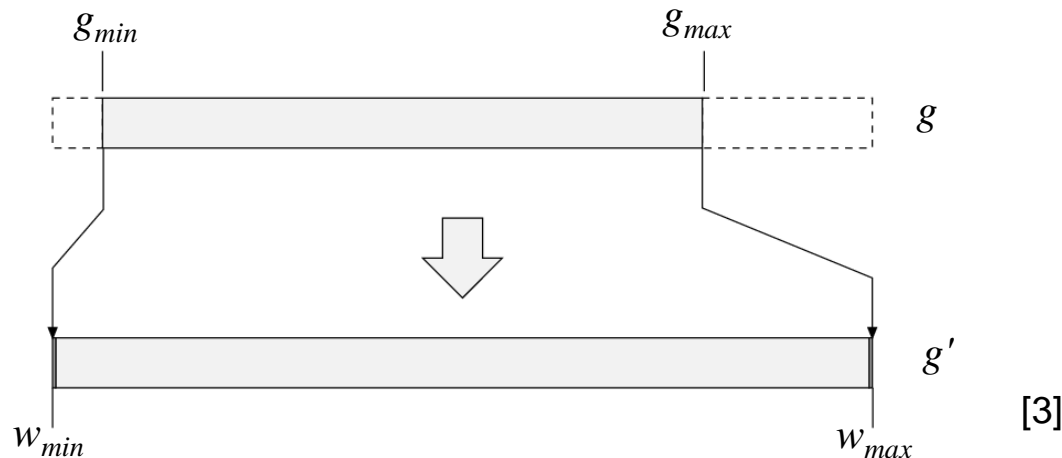
3.1 Punktoperationen

- Methoden
 - Monotone, lineare Abbildung der Grauwerte
 - Erhöhung des globalen Kontrasts
 - Monotone, nichtlineare Grauwertabbildung
 - Erhöhung des lokalen Kontrasts
 - Linearer Histogrammausgleich
 - Erhöhung der Entropie
 - Nichtmonotone Skalierung der Grauwerte
 - Falschfarbdarstellung

3.2 Monotone lineare Skalierung

Einfachste Kontrastanpassung: Dehne und verschiebe Histogramm so, dass dunkelster Pixel g_{min} auf w_{min} (z.B. 0) und hellster Pixel g_{max} auf Maximalwert w_{max} (z.B. 255) fällt

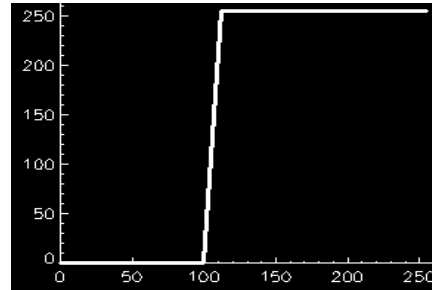
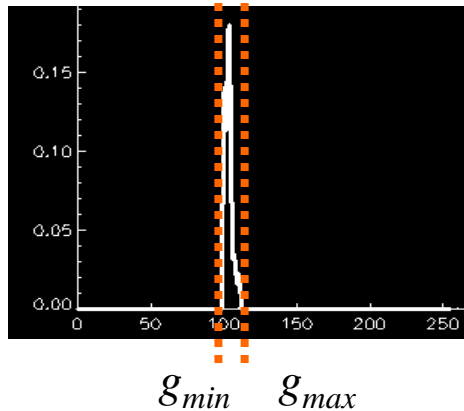
Transferfunktion: $g'(g) = (g - g_{min}) \cdot \frac{w_{max} - w_{min}}{g_{max} - g_{min}}$



3.2 Monotone lineare Skalierung



$$g_{\min} = 100, g_{\max} = 112$$
$$g'(g) = (g - 100) \cdot \frac{255}{12}$$



Transferfunktion

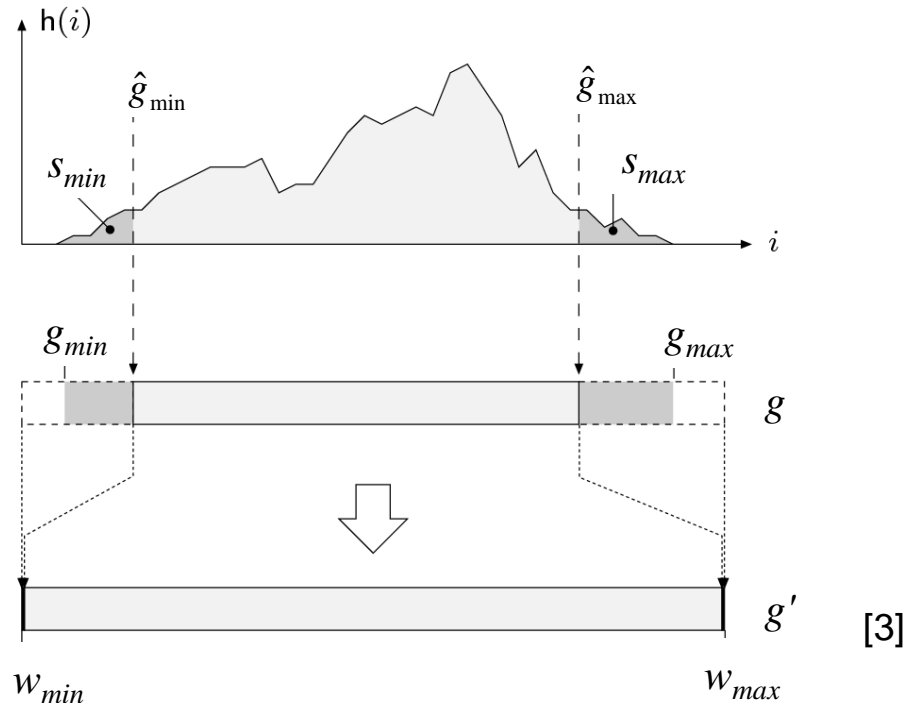
[2]

3.2 Monotone lineare Skalierung

Robuste Kontrastanpassung mit Quantilen: s_{low} und s_{high} sei der Anteil der Pixel, der in Dunkel- bzw. Hellsättigung übergehen darf und A ist die Fläche des Bildes in Pixeln.

Quantile:

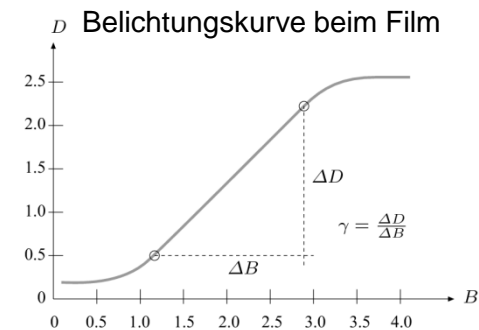
$$\hat{g}_{\min} = \min \{i \mid H(i) \geq A_{s_{\min}}\}$$
$$\hat{g}_{\max} = \min \{i \mid H(i) \leq A_{s_{\max}}\}$$



3.3 Monotone nichtlineare Skalierung

Problem:

- Bilder können trotz hohem globalem Kontrast in weiten Bildbereichen schlecht ausgeleuchtet wirken, aber globaler Kontrast kann auch nicht weiter erhöht werden
- Reale Aufnahmesysteme (Kameras, Scanner,..) setzen Intensitäten nicht 1:1 in Grauwerte um sondern nutzen meist eine nichtlineare Funktion
- Ausgabegeräte (z.B. Bildschirme) setzen Grauwerte nicht 1:1 in Helligkeiten um → Nichtlinearitäten
- **Grundidee der Gammakorrektur:** homogene Punktoperation kompensiert die geräteabhängige Nichtlinearität
- Grauwerte entsprechen nach der Korrektur nicht den absoluten Intensitäten, aber ihr relatives Verhältnis entspricht (idealerweise) der Wirklichkeit



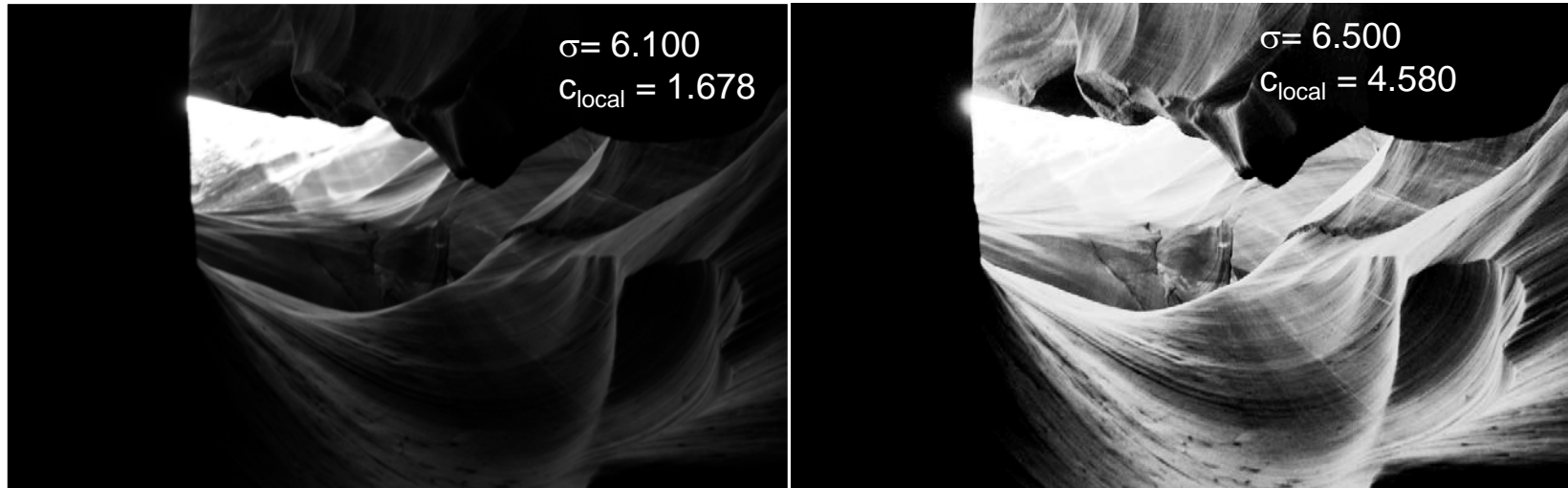
[3]

3.3 Monotone nichtlineare Skalierung

Kenngröße zur Messung der Verbesserung

- Lokaler Kontrast: z.B. durchschnittlicher Grauwertunterschied zwischen benachbarten Pixeln

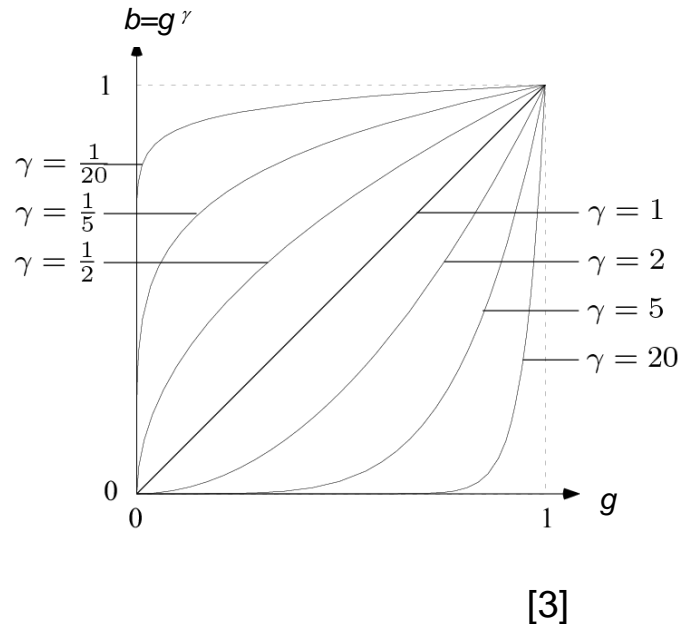
$c_{\text{local}}(f) = 1/MN \sum_m \sum_n |f(m,n) - f_{nb}(m,n)|$ mit $f_{nb}(m,n)$ – durchschnittlicher Grauwert in der Umgebung von (m,n)



[2]

3.3 Monotone nichtlineare Skalierung

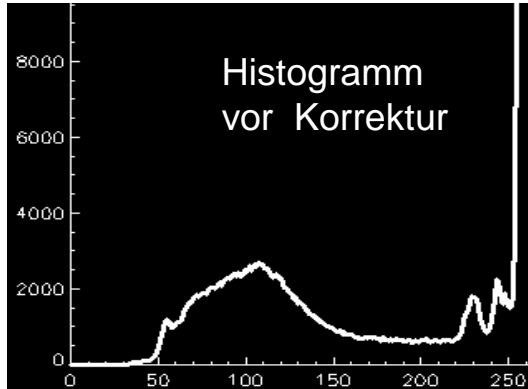
Gammakorrektur



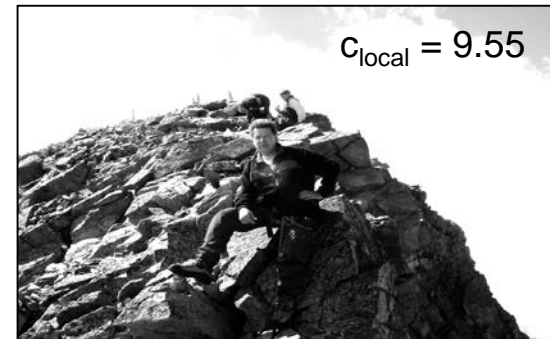
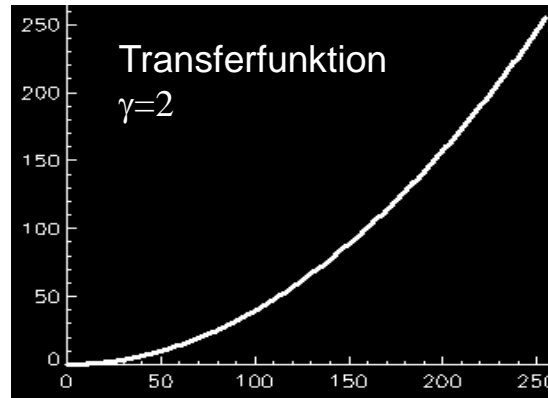
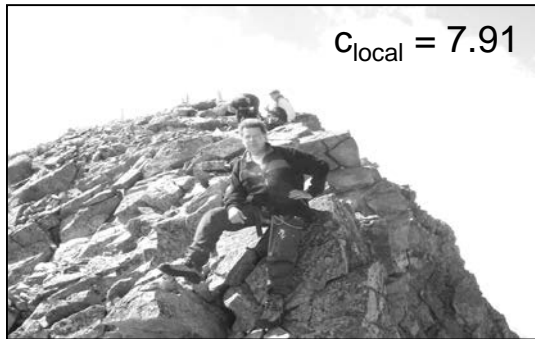
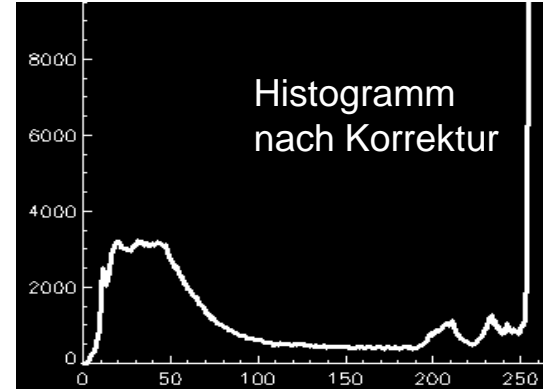
$$g'(g) = w_{\max} \cdot \left(\frac{g}{w_{\max}} \right)^\gamma$$

- γ heißt Gammawert
- $\gamma = 1$: $I_{\text{out}} = I_{\text{in}}$, lineare Abbildung
- $\gamma < 1$: konkave Abbildung (kleine Eingabewerte werden stark gespreizt, große gestaucht)
- $\gamma > 1$: konvexe Abbildung (kleine Eingabewerte werden gestaucht, große gespreizt)

3.3 Monotone nichtlineare Skalierung



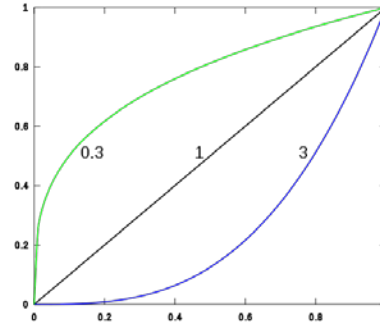
$$g'(g) = w_{\max} \cdot \left(\frac{g}{w_{\max}} \right)^{\gamma}$$



[2]

3.3 Monotone nichtlineare Skalierung

$$g' = (255 / 255^\gamma) \cdot g^\gamma$$



$\gamma = 3.0$



$\gamma = 1.0$



$\gamma = 0.3$

[4]

3.4 Linearer Histogrammausgleich

Kenngroße zur Beschreibung des Informationsgehalts

- Beschreibt die „Überraschung“, die „Unordnung“ des Bildes

$$E = - \sum h(g) \cdot \log_2[h(g)]$$

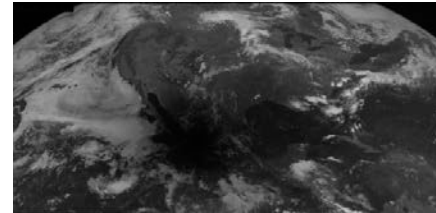
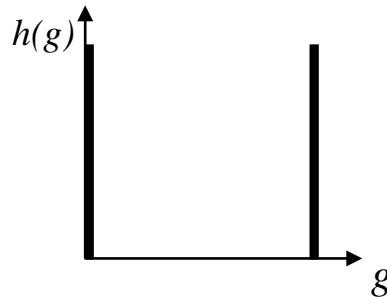
E - Entropie

h - Wahrscheinlichkeitsverteilung

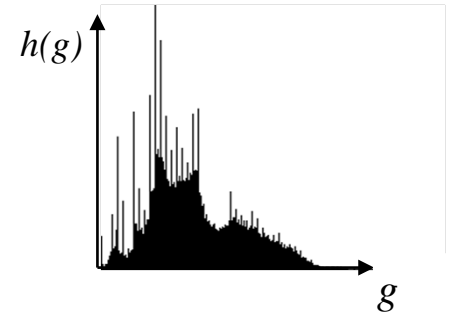
g - Grauwert



$E=1.00$

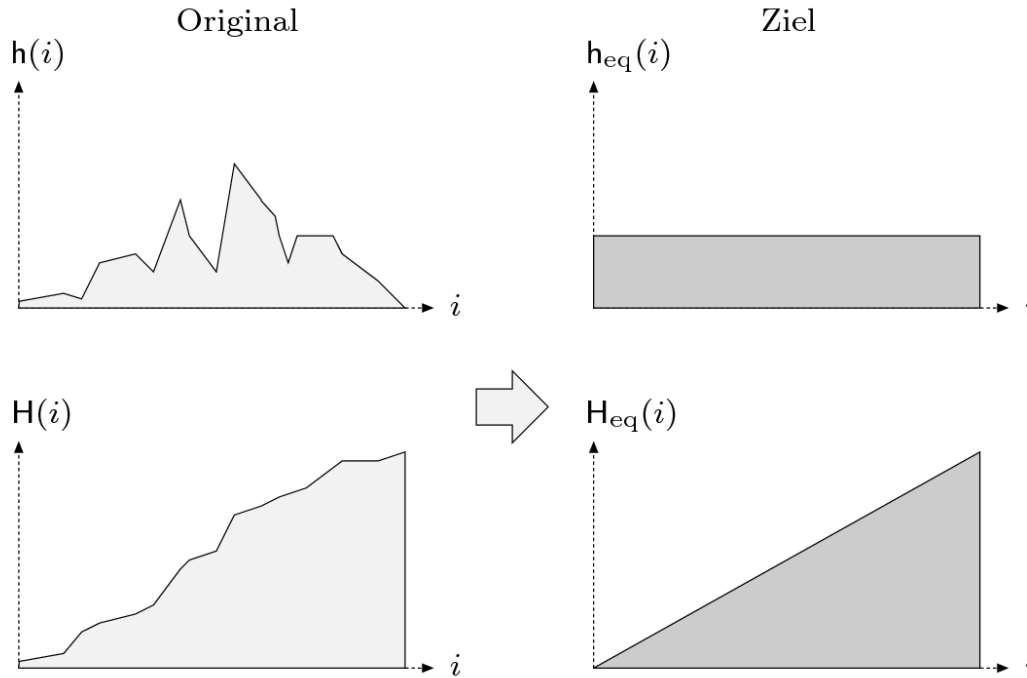


$E=6.97$



3.4 Linearer Histogrammausgleich

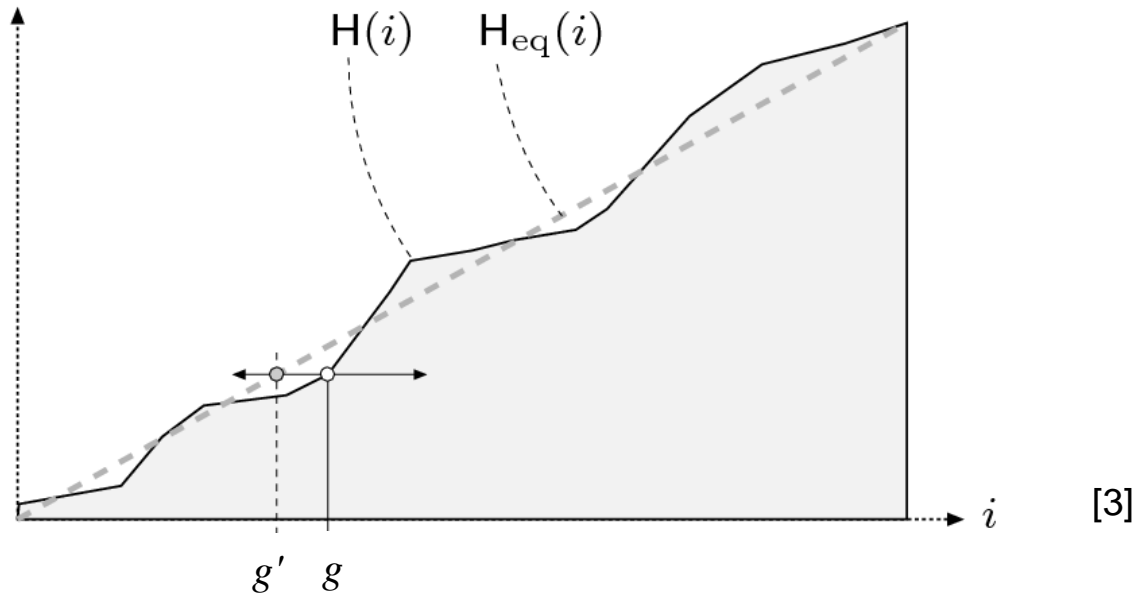
Ziel: Bild durch homogene Punktoperation so verändern, dass gleichverteiltes Histogramm vorliegt. Gleichverteilte Grauwerte haben theoretisch den höchsten Informationsgehalt.



[3]

3.4 Linearer Histogrammausgleich

- Histogrammeinträge können nur verschoben oder zusammengefügt, nicht aber getrennt werden
- Verschieben so gestalten, dass näherungsweise keilförmiges Histogramm entsteht



3.4 Linearer Histogrammausgleich

Transferfunktion für ein diskretes Histogramm:

$$g'(g) = \left\lceil w_{\text{anz}} \cdot \sum_{i=0 \dots g} h(i) \right\rceil - 1, \text{ mit: } w_{\text{anz}} = \text{Anzahl der Grauwerte}$$

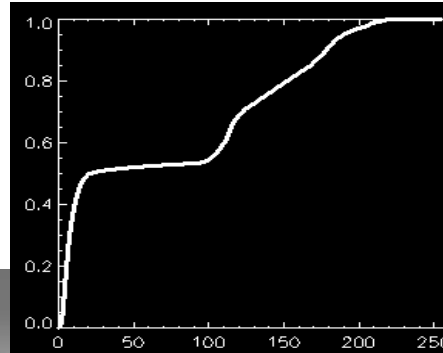
Algorithmus

- Berechne Histogramm
- Normierung des Histogramms
- Berechnung des kumulativen Histogramms
- Multiplikation mit Anzahl der Grauwerte
- Aufrunden
- Subtraktion von 1

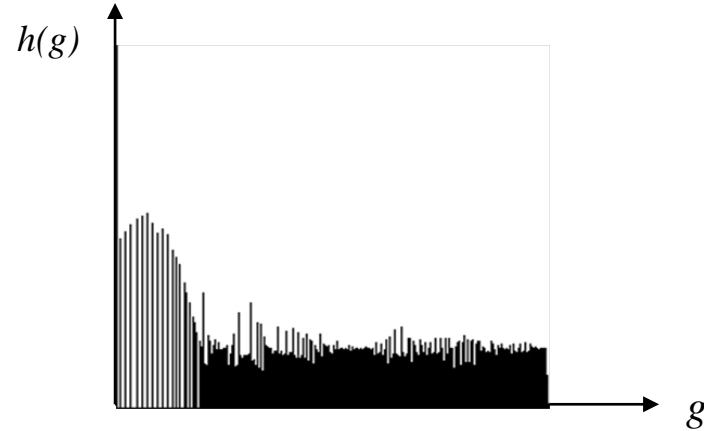
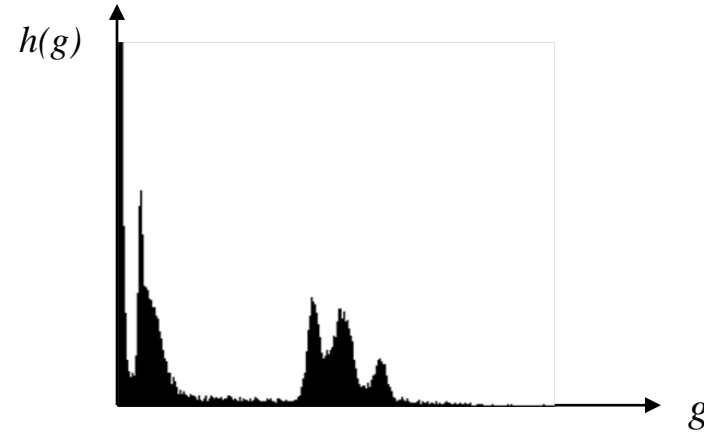
Keine **Linearisierung**, sondern von der Häufigkeit abhängige **Spreizung**.

3.4 Linearer Histogrammausgleich

Warum wurde die Entropie
kleiner?



3.4 Linearer Histogrammausgleich



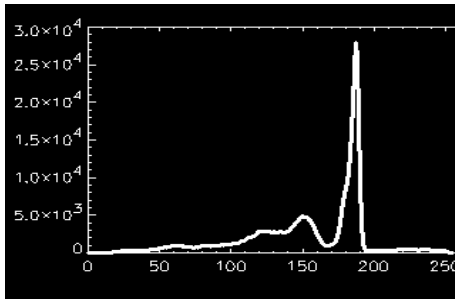
3.4 Linearer Histogrammausgleich

Problem



[2]

Das „Unwichtige“ wurde verstärkt, das Wichtige abgeschwächt!



3.4 Linearer Histogrammausgleich

- Das geht auch in Farbe.
- Farbkanäle werden unabhängig voneinander behandelt, was zu verändertem Farbeindruck führt

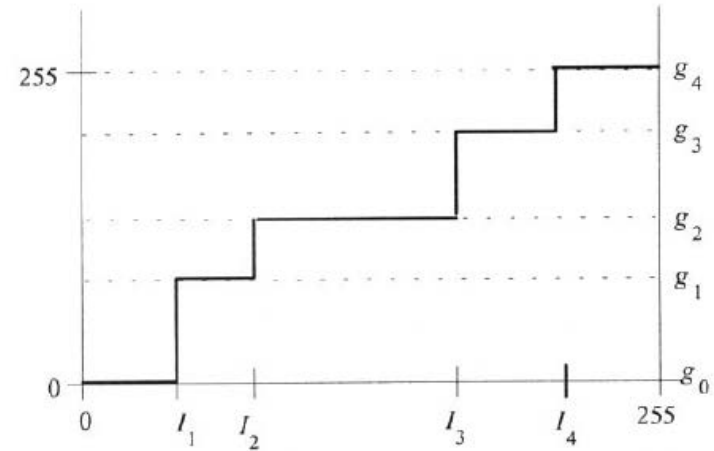


3.5 Äquidensitendarstellung

- stückweise konstante Transformation

Transferfunktion

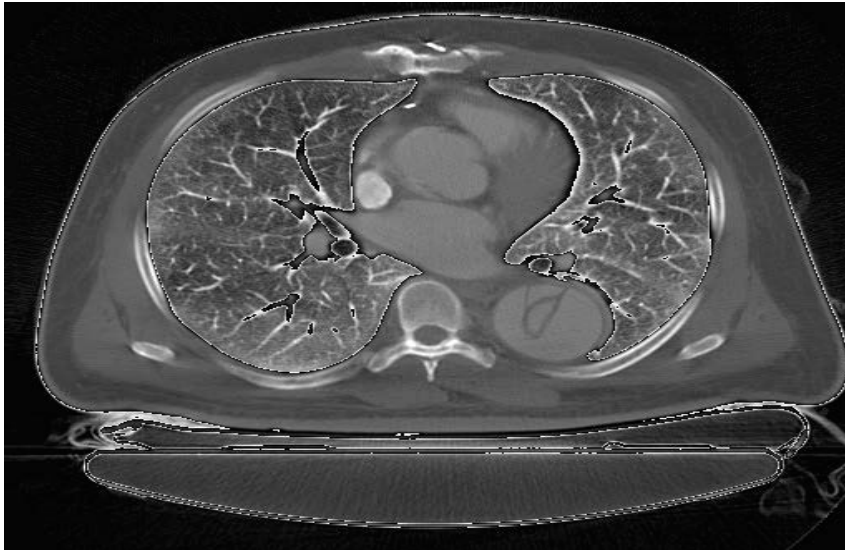
$$f(g) = \begin{cases} g_0, & \text{für } I_0 \leq g < I_1 \\ g_1, & \text{für } I_1 \leq g < I_2 \\ \dots & \\ g_k, & \text{für } I_{k-1} \leq g < I_k \end{cases}$$



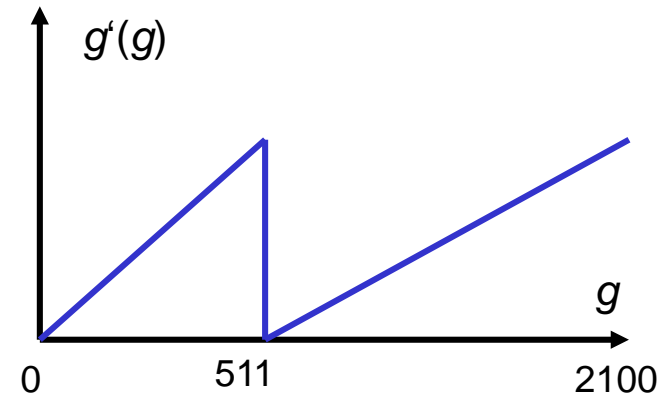
[3]

3.6 Nichtmonotone Grauwertabbildung

Fensterung: Anwendung bei Bilddaten mit mehr als 256 Graustufen



Zwei Grauwertfenster in einem Bild.



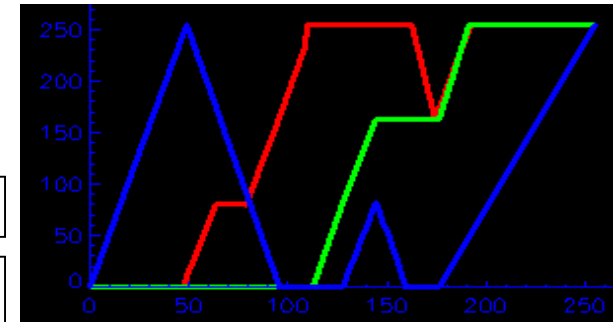
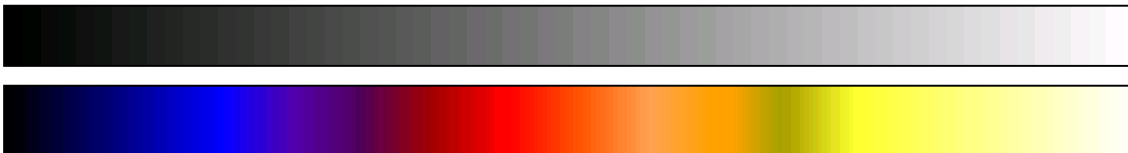
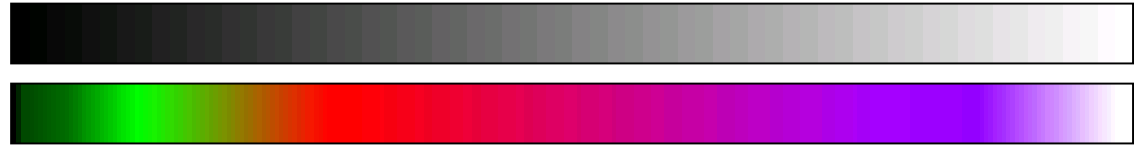
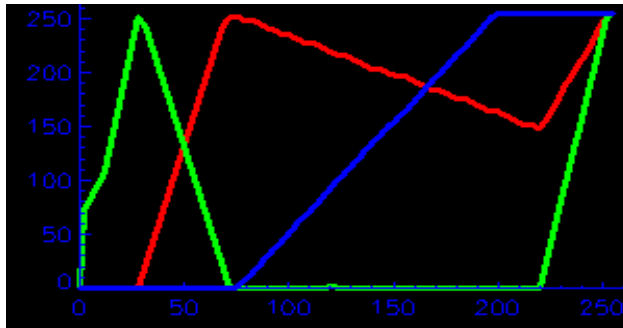
[2]

- Erzeugt künstliche Kanten.
- Grenzen von Maxima der Transferfunktion nicht immer erkennbar.

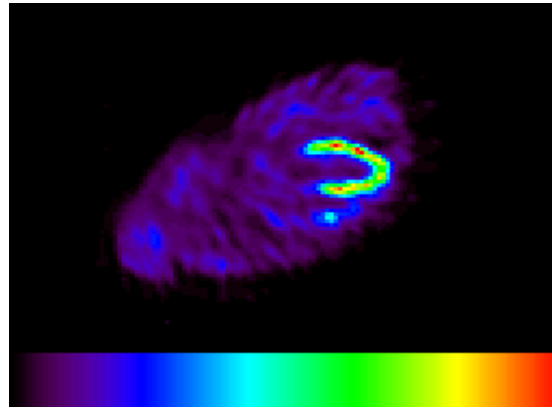
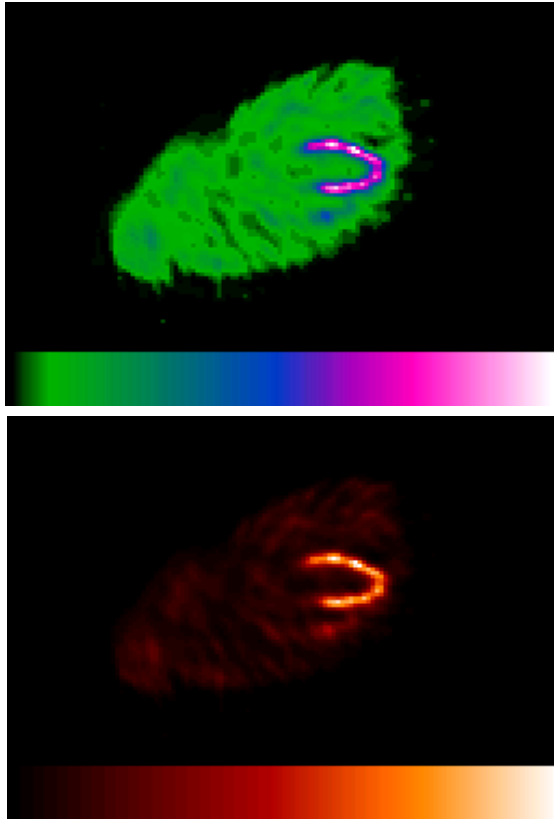
3.7 Farbe zur Kontrastverstärkung

Es können wesentlich mehr Farb- als Grauwerte unterschieden werden.

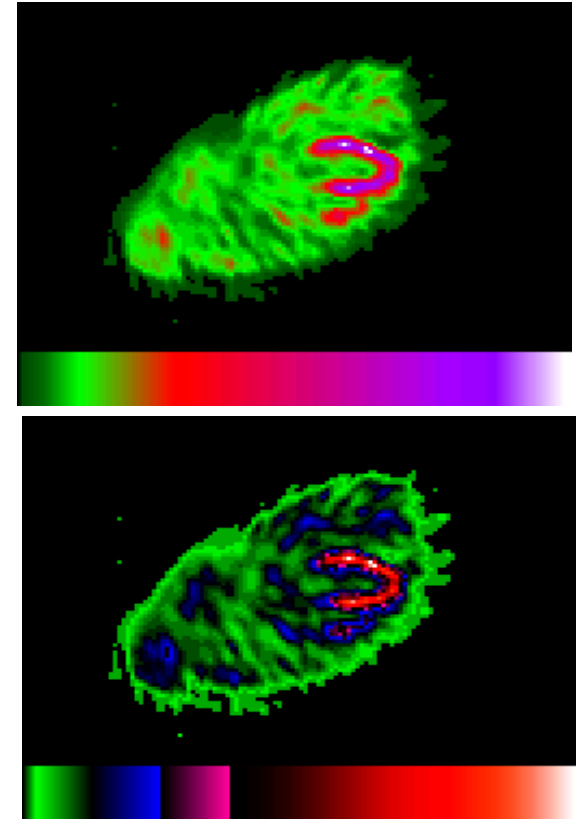
Kontrastverstärkung durch drei nicht-lineare, nicht-monotone Abbildungsfunktionen der Grauwerte: $red_i(g)$, $green_i(g)$, $blue_i(g)$



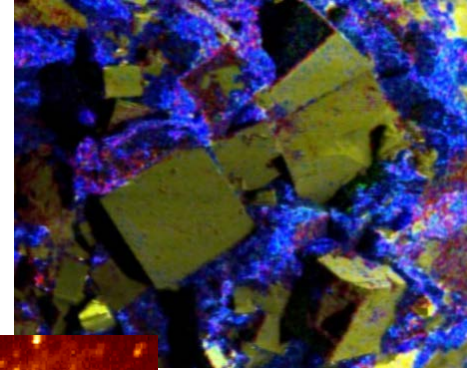
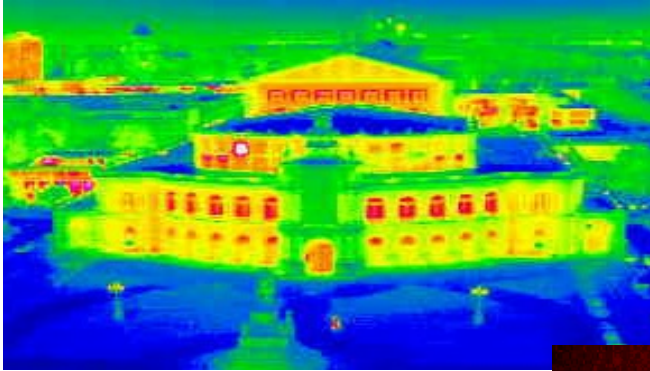
3.7 Farbe zur Kontrastverstärkung



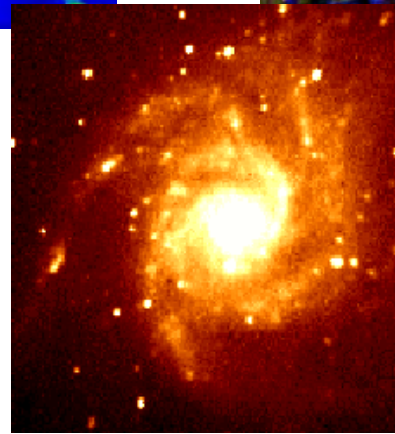
Achtung: Nichtlineare Transformationen erzeugen **künstliche Kanten**.



3.7 Farbe zur Kontrastverstärkung



Anwendungen



Zusammenfassung

- Punktbasierte Verfahren werden über eine Transferfunktion zwischen Grauwerten (Farbwerten) definiert.
- Grauwerttransformationen
 - monoton: linear, γ -Korrektur, Histogrammausgleich
 - Nicht monoton: Stufentransformation, Falschfarbdarstellung.
- Erfolg kann an kontrastbasierten Maßzahlen ermittelt werden.

Bildquellen

- [1] A. Ehrhardt: Einführung in die Digitale Bildverarbeitung, Vieweg+Teubner, 2008
- [2] K. D. Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung, Pearson Studium, 2005
- [3] W. Burger, M.J. Burge: Digitale Bildverarbeitung, Springer Verlag, 2005
- [4] B. Jähne: Digitale Bildverarbeitung, Springer Verlag, 2005