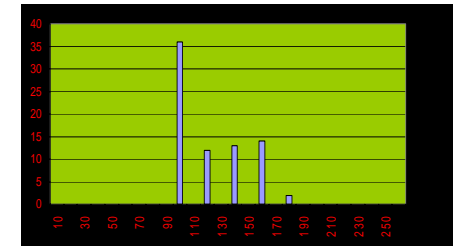


Übersicht

- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm
 - Entropie
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren (Wiederholung anhand von Demos):
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

Ein Maß zur Beurteilung eines Bildes

Histogramm: Häufigkeitsverteilung der Grauwerte



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
1	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
2	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	137
3	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	178
4	100	100	100	120	160	160	140	140	140	140	177
5	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136
6	100	100	100	120	160	160	120	100	100	100	136

Zugrunde
liegendes
Grautonbild

Übersicht

- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm ✓
 - Entropie
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren (Wiederholung anhand von Demos):
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

Von der absoluten Häufigkeit eines Grauwertes zur relativen Häufigkeit eines Grauwertes

- **Absolute Häufigkeit eines Grauwertes:**
Wie oft kommt dieser Grauwert innerhalb eines Bildes vor?

$$h(g)$$

- **Relative Häufigkeit eines Grauwertes:**

Relativ zur Gesamtanzahl aller Pixel:

$$h^{\#}(g) = h(g) / M \cdot N$$

daraus folgt

$$0 \leq h^{\#}(g) \leq 1$$

und

$$\sum h^{\#}(g) = 1$$

Informationsgehalt eines Grauwertes

Ausgehend von der *relativen* Häufigkeit eines Grauwertes kann man folgendes ermitteln:

Informationsgehalt eines Grauwertes:

- Häufig vorkommende Grauwerte: geringer Informationsgehalt
- Selten vorkommende Grauwerte: hoher Informationsgehalt

Berechnung des Informationsgehalt eines Grauwertes : $I(g) = -\log_2(h^\#(g))$

Wie berechnet man \log_2 mit dem Taschenrechner? $\log_2(x) = \frac{\log(x)}{\log(2)}$

Allgemein: Berechnung des Logarithmus zur Basis b $\log_b(x) = \frac{\log(x)}{\log(b)}$

Vom Informationsgehalt eines Grauwerts zur Entropie!

Entropie = mittlerer Informationsgehalt eines Bildes!

$$\text{Entropie } H = \sum_{g \in [g_{MIN}, g_{MAX}]} h^\#(g) \cdot I(g)$$

Mit $I(g)$ = Informationsgehalt eines Grauwerts g

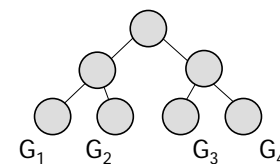
$$\text{Entropie } H = \sum_{g \in [g_{MIN}, g_{MAX}]} h^\#(g) \cdot \underbrace{\log_2(h^\#(g))}_{\text{Informationsgehalt eines Grauwerts}}$$

Achtung!

Was besagt die Entropie?

1. Die Entropie gibt an wie viel Bits mindestens zum Kodieren aller Grauwerte des Bildes benötigt werden.

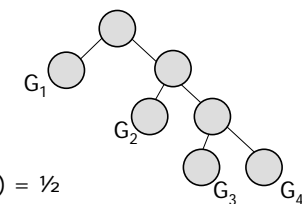
Jeder Grauwert besitzt den gleichen Informationsgehalt:



$$h^\#(G_i) = 1/4 \text{ mit } i = \{1, \dots, 4\}$$

$$H = - [0,25 * (-2)] * 4 = 2$$

Grauwert besitzt einen unterschiedlichen Informationsgehalt:



$$h^\#(G_1) = 1/2$$

$$h^\#(G_2) = 1/4$$

$$h^\#(G_3) = h^\#(G_4) = 1/8$$

$$H = - [0,5 * (-1) + 0,25 * (-2) + 2 * 0,125 * (-3)] \\ = - [(-0,5) + (-0,5) + (-0,75)] = 1,75$$

1. Die Entropie H besagt, wie viele Bits zum Kodieren benötigt werden:

Was besagt die Entropie?

1. Die Entropie gibt an wie viel Bits mindestens zum Kodieren aller Grauwerte des Bildes benötigt werden.
2. Die Entropie sagt etwas über die Anzahl und die Gewichtung der im Bild enthaltenen Grauwerte aus:

Beispiele zur Veranschaulichung:

 - a. Eine Grauwert dominiert
 - b. Zwei unterschiedliche Grauwerte kommen gleich oft vor
 - c. Vier unterschiedliche Grauwerte mit gleicher Häufigkeit
 - d. Vier unterschiedliche Grauwerte und einer dominiert
 - e. Acht unterschiedliche Grauwerte mit gleicher Häufigkeit

2. Die Entropie sagt etwas über die Anzahl und die Gewichtung der im Bild enthaltenen Grauwerte aus

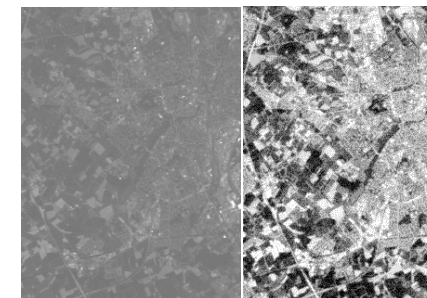
	Relative Häufigkeit der Grauwerte	Entropie
Ein Grauwert dominiert	$g_1 = 1/9$ $g_2 = 8/9$	0,503
Zwei Grauwerte mit gleicher Häufigkeit	$g_1 = 1/2$ $g_2 = 1/2$	1
Vier Grauwerte mit gleicher Häufigkeit	$g_1 = 1/4$ $g_2 = 1/4$ $g_3 = 1/4$ $g_4 = 1/4$	2
Vier Grauwerte und einer dominiert etwas	$g_1 = 1/2$ $g_2 = 1/4$ $g_3 = 1/8$ $g_4 = 1/8$	1,75
Acht Grauwerte mit gleicher Häufigkeit	$g_1 = g_2 = \dots = g_8 = 1/8$	3

Übersicht

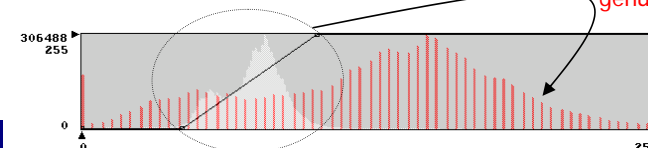
- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm ✓
 - Entropie ✓
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - **Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)**
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - **Gamma-Korrektur**
- Lokale Bildoperatoren (Wiederholung anhand von Demos):
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

Punktoperation: Lineare Grauwerttransformation

http://ivvgeo.uni-muenster.de/Vorlesung/FE_Script/kapitel3/main3-2.html

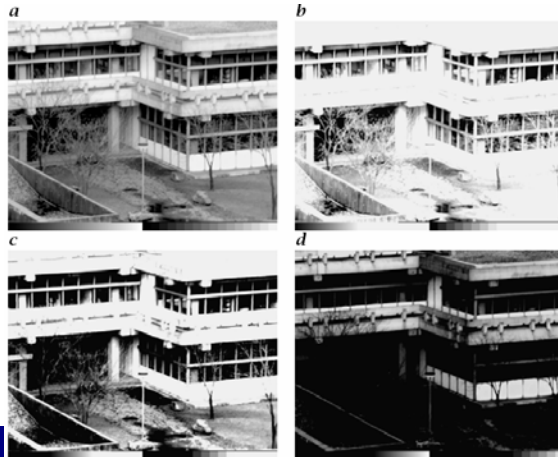


Multiplikation bewirkt, dass **nicht mehr jeder Grauwert genutzt wird!!**



Übung zur linearen Grauwerttransformation:

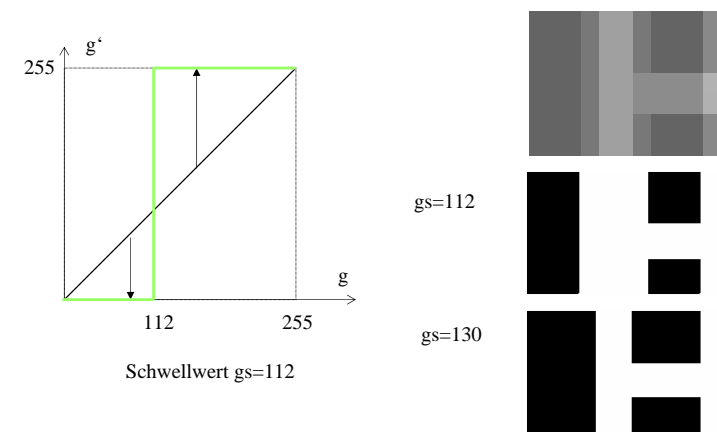
Kontraststreckung (aus: Jähne, Digitale Bildverarbeitung)



Wie sehen die g - g' -Koordinatensysteme dazu aus?

13

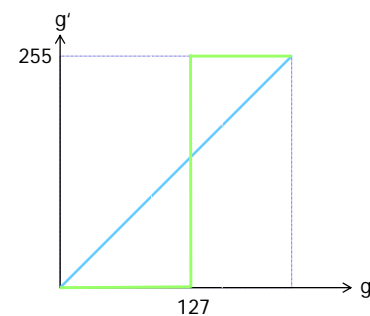
Punktoperation: Binarisierung



Prof. Dr. Elke Hergenröther

14

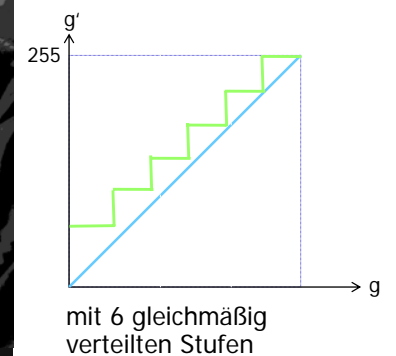
Punktoperation: Binarisierung



Prof. Dr. Elke Hergenröther

15

Punktoperation: Äquidistantenbild (Poster)



Prof. Dr. Elke Hergenröther

16

Punktoperation: Äquidistantenbild (Poster)



mit 14 gleichmäßig verteilten Stufen

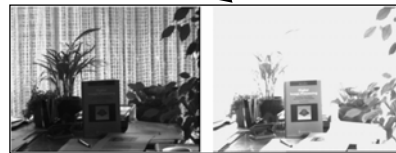
Übersicht

- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm ✓
 - Entropie ✓
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte: ✓
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte:
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren (Wiederholung anhand von Demos):
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

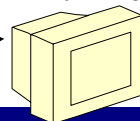
Motivation zur Gamma-Korrektur

Geg.: Hardwarebedingte nicht lineare Grauwertverfälschung beispielsweise durch Monitor oder Kamera

Nicht lineare Grauwertverfälschung bei der Aufnahme von Bildern



Durch die nur **lineare und nur im Intervall begrenzte** Abbildungsmöglichkeit der CCDs muss man sich entscheiden, ob man den Fokus auf das helle oder auf das dunkel Objekt legt



Motivation zur Gamma-Korrektur

Geg.: Hardwarebedingte *nicht lineare* Grauwertverfälschung beispielsweise durch Monitor oder Kamera



Nicht lineare Grauwertverfälschung bei der Wiedergabe des Bildes auf dem Monitor



Gamma-Korrektur

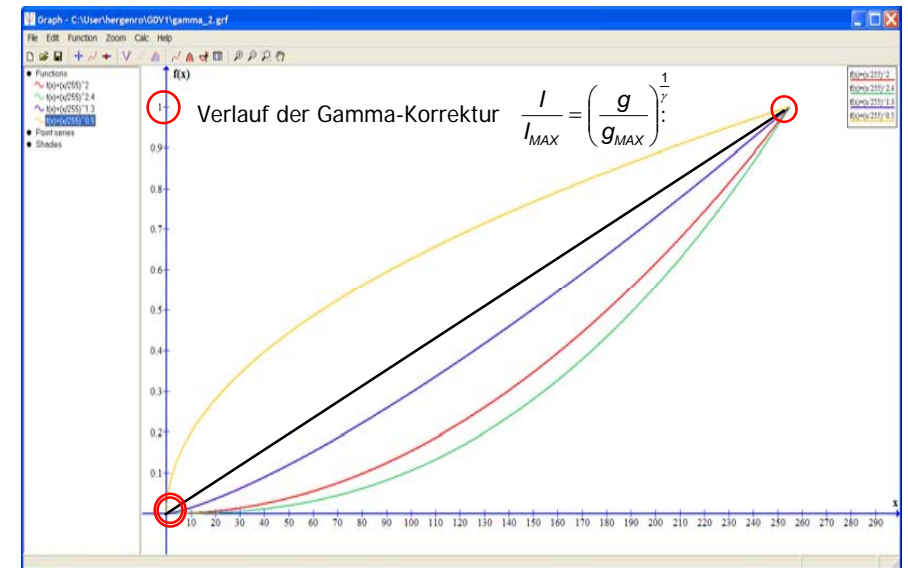
Die hardwarebedingte nicht lineare Grauwertverfälschung wird durch die folgende Funktion erfasst:

$$\frac{I}{I_{MAX}} = \left(\frac{g}{g_{MAX}} \right)^\gamma$$

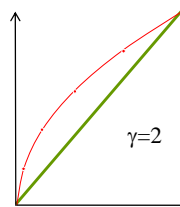
- Gegebene Grauwerte: $g \in [0, g_{MAX}]$
- dargestellte Grauwerte (beispielsweise Bildschirmpunkte): $I \in [0, I_{MAX}]$

Vorteil: Man kann sehr leicht eine Umkehrfunktion dazu bilden:

$$\frac{I}{I_{MAX}} = \left(\frac{g}{g_{MAX}} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{Gamma-Korrektur}$$



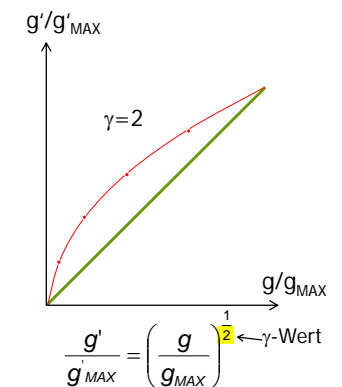
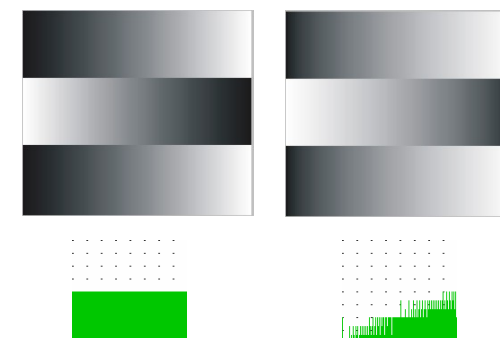
Gamma-Korrektur



$$\frac{g'}{g_{MAX}} = \left(\frac{g}{g_{MAX}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

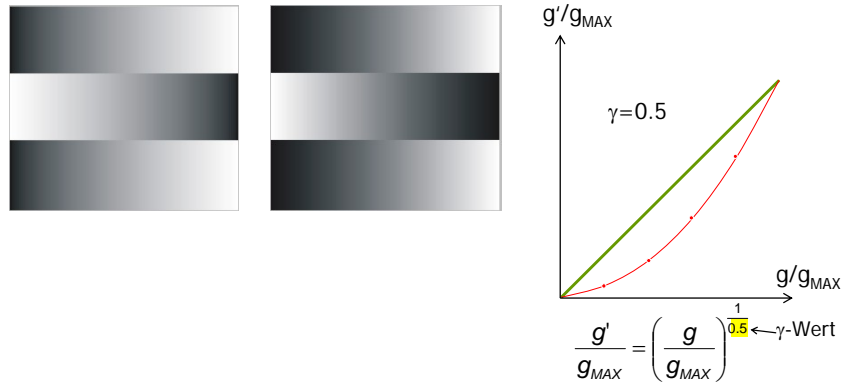
Gamma-Korrektur

Nicht lineares Aufhellen der Grauwerte



Gamma-Korrektur

Nicht lineares Abdunkeln der Grauwerte



Demos der Gamma-Korrektur

- Gamma-Korrektur am Rechner durchführen
- Testbilder zur Bestimmung der Gamma-Korrektur:
 - Grauwertbild
 - Farbbild
 (leider NUR für CRT geeignet!)

Übersicht

- Maße zur Beurteilung von Bildern:
 - Histogramm ✓
 - Entropie ✓
- Punktoperationen:
 - Lineare Veränderung der Grauwerte: ✓
 - Addition & Multiplikation
 - Komb. aus Add. & Mult.: lineare Grauwerttransformation
 - Binarisierung & Äquidistantenbildung (Vorgriff auf Kap. 14)
 - Nicht lineare Veränderung der Grauwerte: ✓
 - Gamma-Korrektur
- Lokale Bildoperatoren (Wiederholung anhand von Demos):
 - Faltung
 - Rangfolgeoperatoren

Faltungsoperatoren

- Mittelwertoperator (Weichzeichner)
- Differenzoperatoren } (Kantendetektor)
- Laplace-Operator }
- Relief-Filter / Kontrastverstärker

Faltung

- Ergebniswerte $e(i,j)$
- Position des aktuell betrachteten Pixels (i,j)
- Grauwerte des aktuell betrachteten Pixels $g(i,j)$
- Wert der Faltungsmatrix $f(k,l)$

Beispiel einer 3x3-Faltungsmatrix

$$e(i,j) = \sum_{l=0}^2 \sum_{k=0}^2 \{g(i-1+k, j-1+l) * f(k,l)\}$$

Übungsaufgabe: Faltung

Falten Sie das folgende Bild mit dem senkrechten Kantendetektor (Differenzoperator):

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Übungsaufgabe: Faltung

Falten Sie das folgende Bild mit dem senkrechten Kantendetektor (Differenzoperator):

	255	255	0	0	-255	-255	
	2 x 255	2 x 255	0	0	2 x -255	2 x -255	
	3 x 255	3 x 255	0	0	3 x -255	3 x -255	
	3 x 255	3 x 255	0	0	3 x -255	3 x -255	
	2 x 255	2 x 255	0	0	2 x -255	2 x -255	
	255	255	0	0	-255	-255	

Rangfolgeoperatoren

Rangfolge der Grauwerte wird gebildet:

1. Sortieren: $g_0 \leq g_1 \leq \dots \leq g_n$
2. Entsprechend des Operators wird ein Grauwert an einer spezifischen Position der Rangfolge ausgewählt:
 - Median-Operator: $g'(i,j) = g_4$
 - Erosion: $g'(i,j) = g_0$
 - Dilatation: $g'(i,j) = g_8$

Übungsaufgabe: Faltung

Führen Sie auf dem Grauwertbild eine Erosion/Dilatation aus:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	255	255	255	255	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Übungsaufgabe: Faltung

Ergebnis der Erosion:

	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	255	255	0	0	
	0	0	255	255	0	0	
	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	

Übungsaufgabe: Faltung

Ergebnis der Dilatation:

	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	
	255	255	255	255	255	255	

Einleitung Segmentierung

- Unterscheidung der Objekte vom Hintergrund und die Unterscheidung der Objekte untereinander.
- Für jeden Pixel wird entschieden: Hintergrund oder Objekt.
- Wenn Objekt: Zu welchem Objekt gehört er?
- Segmentierung steht zwischen der ersten Stufe der Bildverarbeitung und der Bildanalyse.

Segmentierung

Segmentieren der Fahrbahnmarkierung:

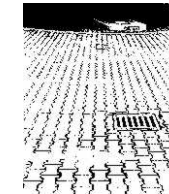
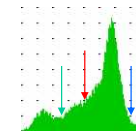


Binarisierung

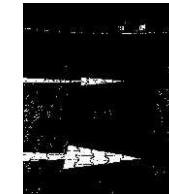
Original



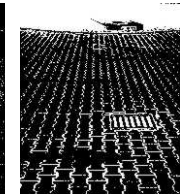
Histogramm



Schwelwert 127



Schwelwert 225



Schwelwert 70
Ergebnis invertiert

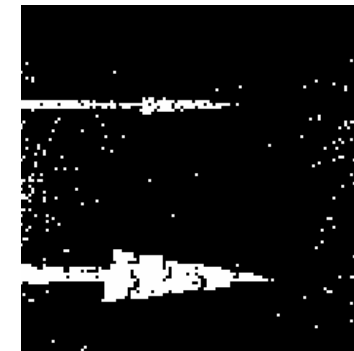
Segmentierung

Segmentieren der Fahrbahnmarkierung:

1. Binarisierung



Erosion



Nach der Binarisierung



Nach der Erosion

Nach der Erosion muss noch eine Dilatation durchgeführt werden, dass das Objekt wieder seine ursprüngliche Größe annimmt