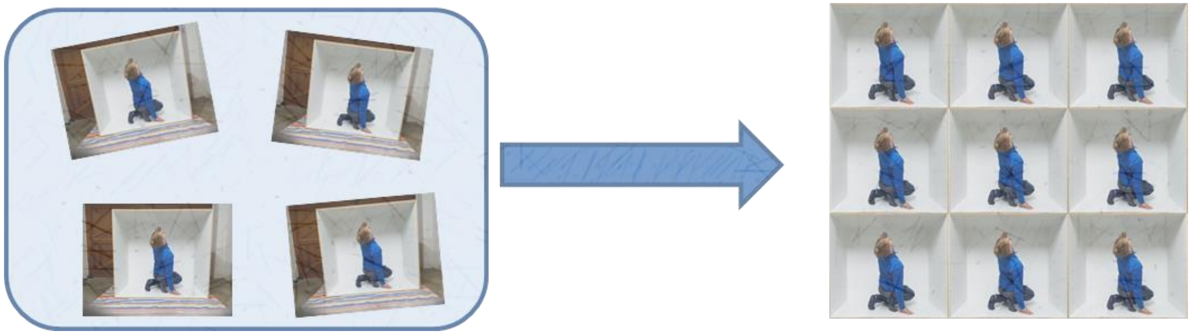
Digitale Bildverarbeitung 1

Einführung in die digitale Bilderverarbeitung für Informatikstudierende im Bachelor

Vorlesung: Michael Möller – michael.moeller@uni-siegen.de
Übungen: Hannah Dröge – hannah.droege@uni-siegen.de



Entrauschen

Letzte Vorlesung: Entrauschen mittels Patch-basiertem DCT Thresholding

Heute: Allgemeines Konzept hierzu – nichtlineare lokale Filter

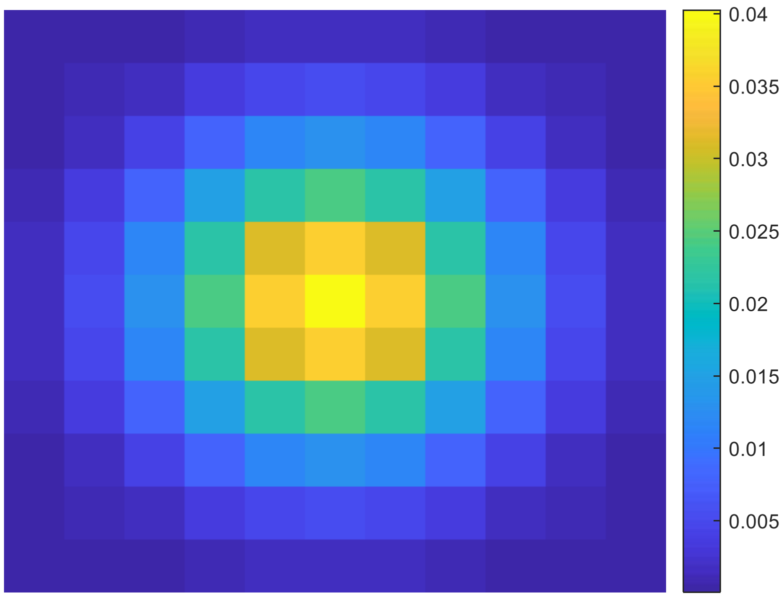
Erinnerung: Faltungen

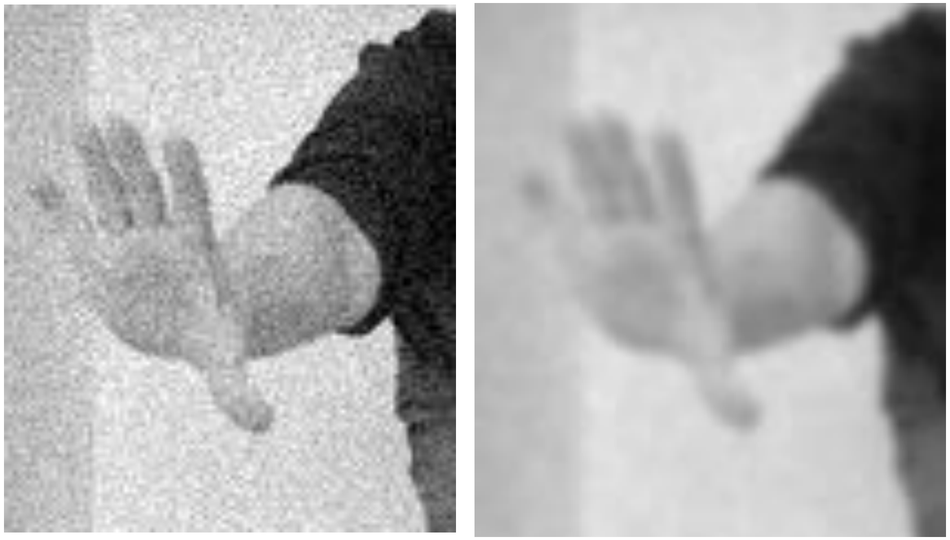
Bereits diskutiert: Lokale lineare Filter – **Faltungen und Kreuzkorrelation**

$$(k \star f)_{i,j} = \sum_{m=-w_y}^{w_y} \sum_{l=-w_x}^{w_x} f_{i+m,j+l} \;\; k_{w_y+m,w_x+l}$$

Entrausch-artige Anwendung: Glätten mit Gaußschem Kern

$$\tilde{k}_{ij} = \exp\left(-\frac{(i-i_c)^2+(j-j_c)^2}{\sigma^2}\right), \qquad k_{ij} = \frac{1}{\sum_{r,s} \tilde{k}_{r,s}} \tilde{k}_{i,j}$$





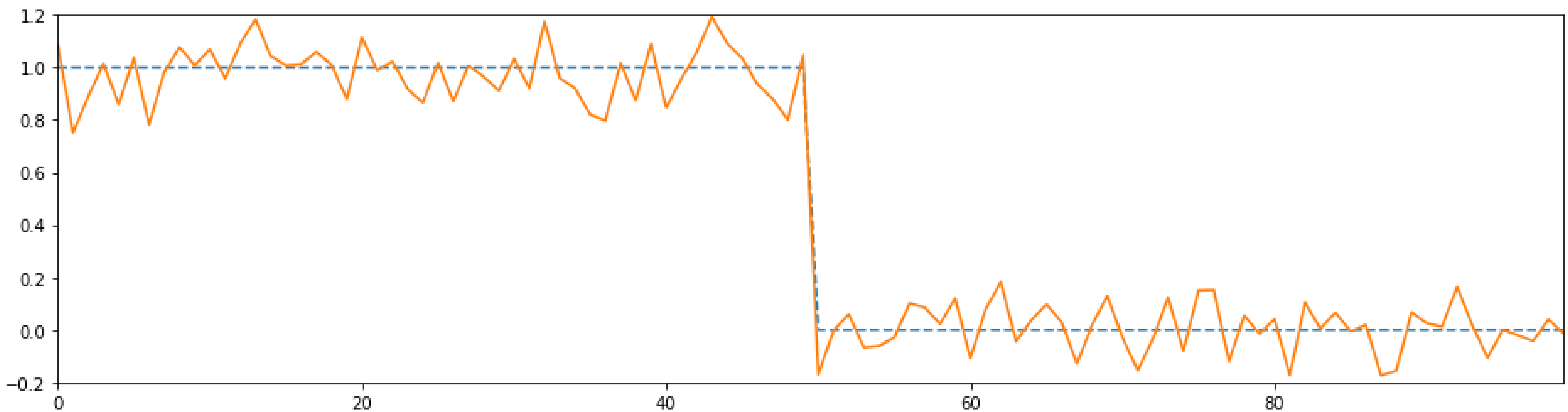
Das Resultat wird oft unscharf!

Linear vs. nichtlinear

Das wichtigste für einen scharfen visuellen Eindruck von Bildern sind Sprünge/Kanten!

Hier ein Beispiel in 1d

Verrauschtes Signal

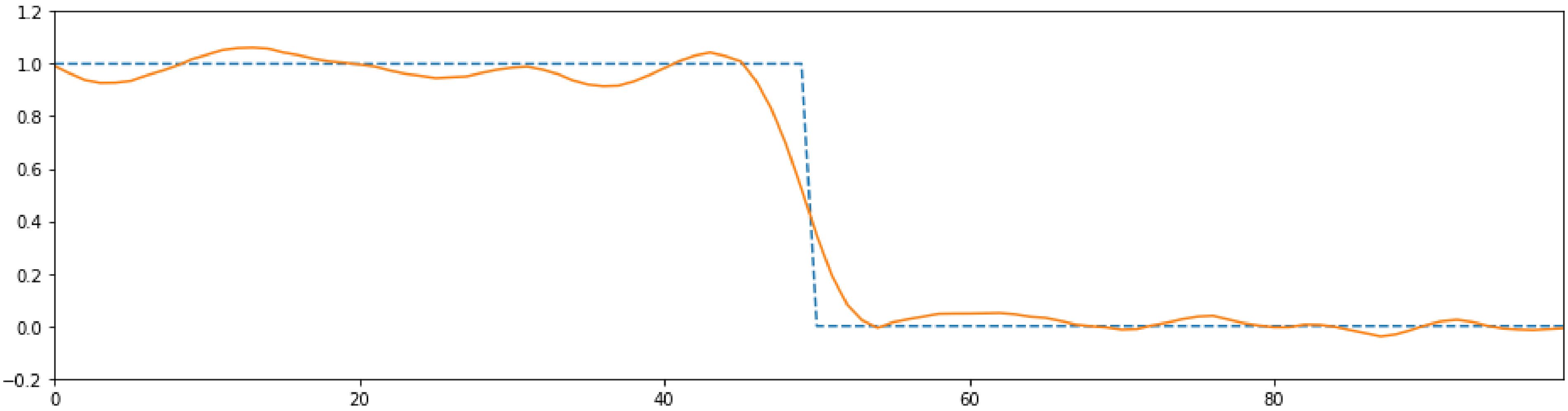


Linear vs. nichtlinear

Das wichtigste für einen scharfen visuellen Eindruck von Bildern sind Sprünge/Kanten!

Hier ein Beispiel in 1d

Verrauschtes Signal gefaltet mit Gaußkern



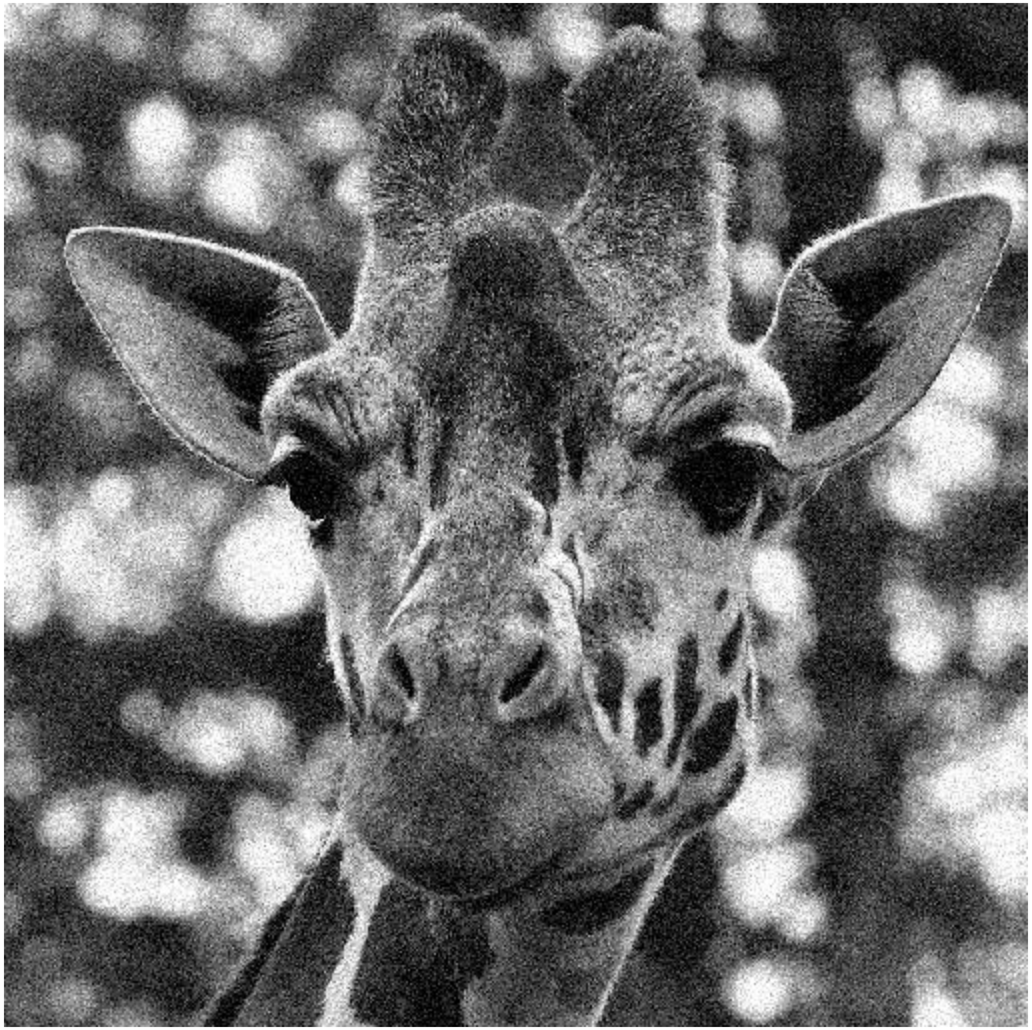
Michael Möller – michael.moeller@uni-siegen.de

Linear vs. nichtlinear

Das wichtigste für einen scharfen visuellen Eindruck von Bildern sind Sprünge/Kanten!

Hier ein Beispiel in 2d

Verrauschtes Bild



Linear vs. nichtlinear

Das wichtigste für einen scharfen visuellen Eindruck von Bildern sind Sprünge/Kanten!

Hier ein Beispiel in 2d

Verrauschtes Bild

nach Anwenden eines Gaußfilters

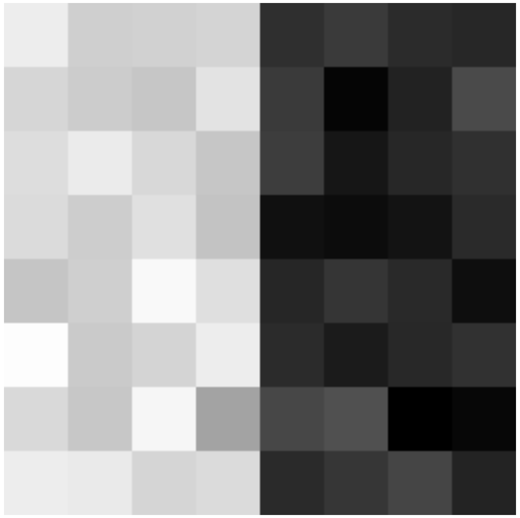
DCT Filter

Wir brauchen einen Filter, der glättet wenn das Signal glatt zu sein scheint, aber Sprünge erhält! Dies geht nur mit nichtlineare Filtern!

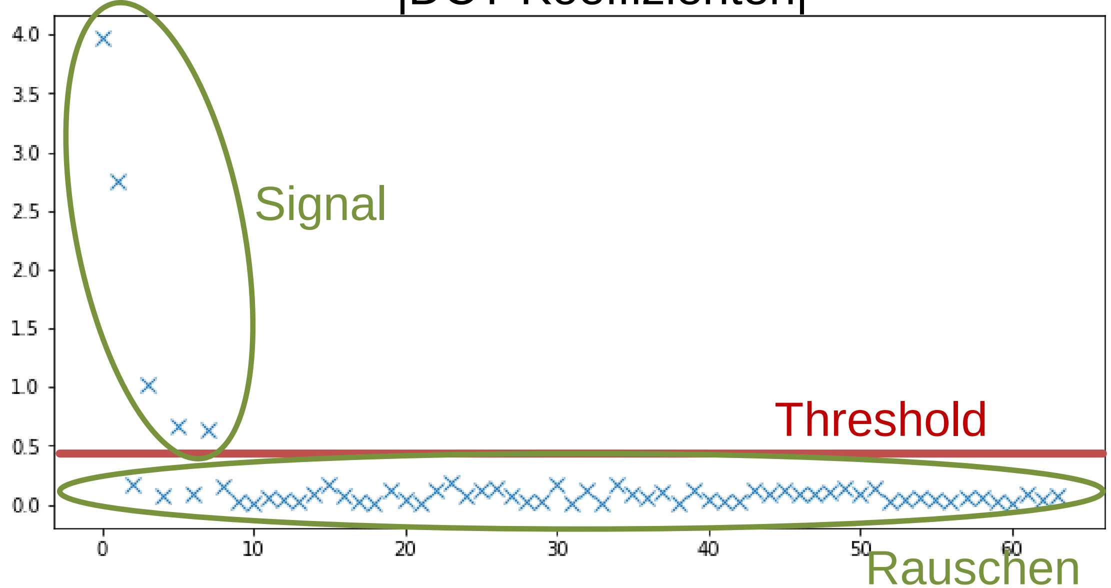
Nichtlineare Filter können beliebig kompliziert werden – wir diskutieren mal einige recht einfache Varianten:

Beispiel 1 (bereits gesehen): Thresholding der (patchweisen) DCT Koeffizienten.

Verrauschtes Bild/Patch



|DCT Koeffizienten|



DCT Filter

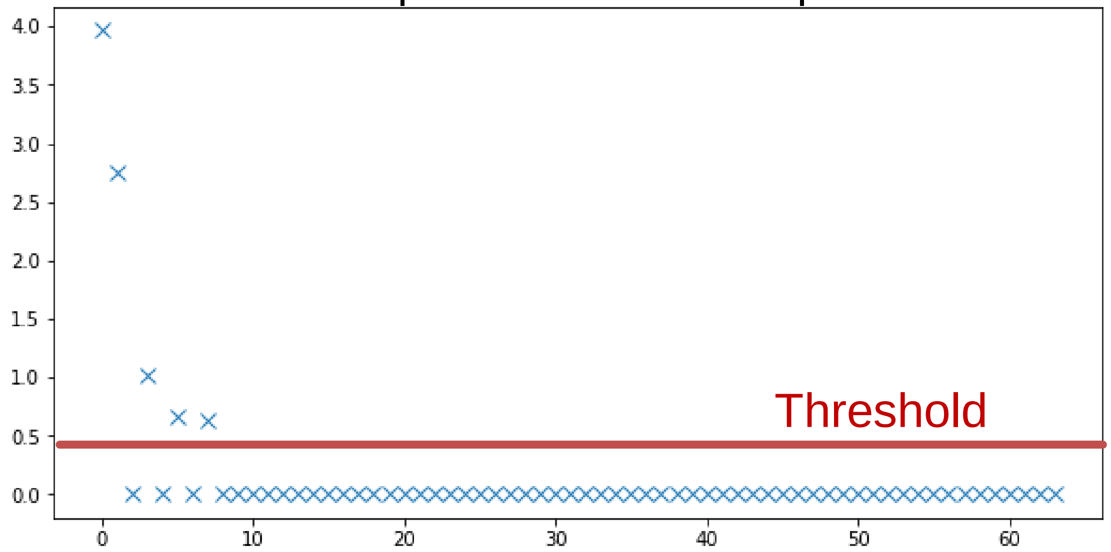
Wir brauchen einen Filter, der glättet wenn das Signal glatt zu sein scheint, aber Sprünge erhält! Dies geht nur mit nichtlineare Filtern!

Nichtlineare Filter können beliebig kompliziert werden – wir diskutieren mal einige recht einfache Varianten:

Beispiel 1 (bereits gesehen): Thresholding der (patchweisen) DCT Koeffizienten.

Verrauschtes Bild/Patch

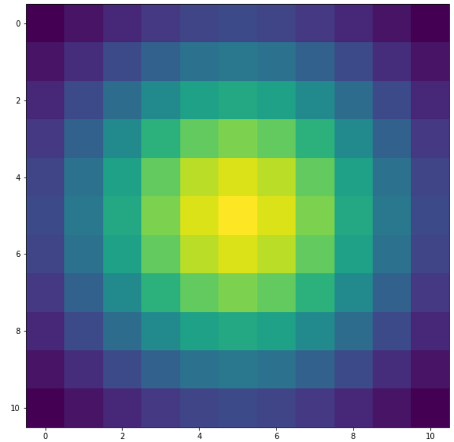
|DCT Koeffizienten|



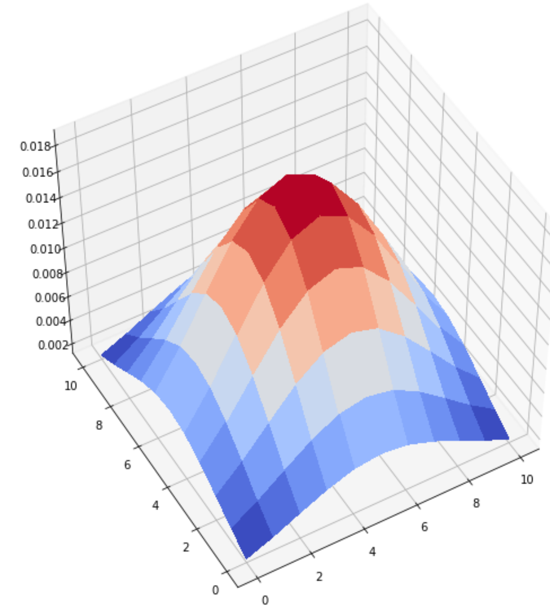
Bilateralfilter

Beispiel 2: Gaußfilter, der an Kanten „stoppt“!

Normaler Gaußfilter:



Visualisierung als Bild



Visualisierung als 3d Oberfläche

Formel für Korrelationsfilter:

$$(k \star f)_{i,j} = \sum_{m=-w_y}^{w_y} \sum_{l=-w_x}^{w_x} f_{i+m,j+l} \quad k_{w_y+m,w_x+l}$$

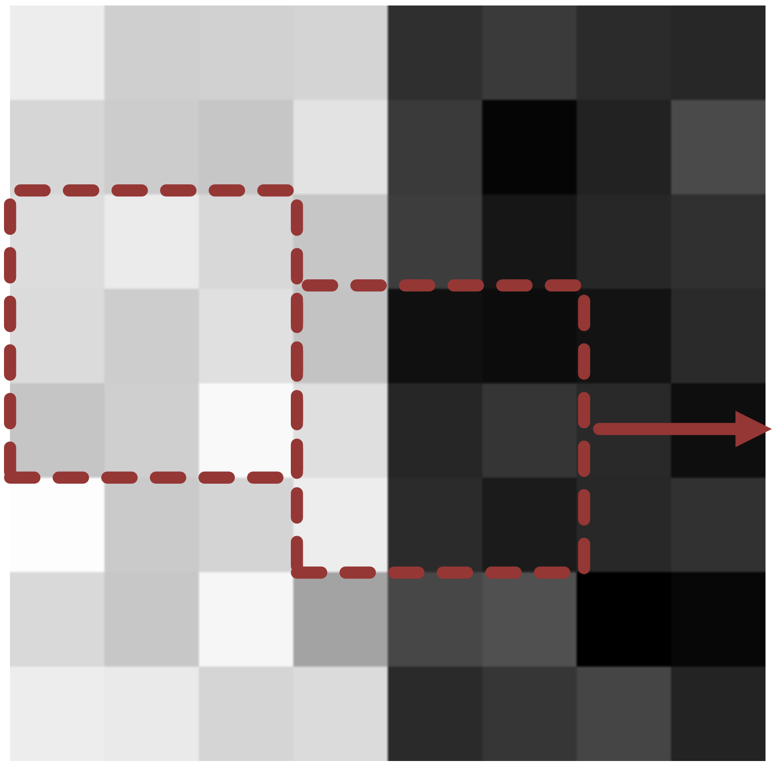
Idee adaptiere lokal:

$$(\mathrm{BLF}(f))_{i,j} = \frac{1}{c_{i,j}} \sum_{m=-w_y}^{w_y} \sum_{l=-w_x}^{w_x} f_{i+m,j+l} \quad k^{i,j}_{w_y+m,w_x+l}$$

Bilateralfilter

Idee adaptiere lokal: $$(\mathrm{BLF}(f))_{i,j} = \frac{1}{c_{i,j}} \sum_{m=-w_y}^{w_y} \sum_{l=-w_x}^{w_x} f_{i+m,j+l} \; k^{i,j}_{w_y+m,w_x+l}$$

Wenn der Filter an dieser Stelle ist, verwende möglichst einen normalen Gaußfilter

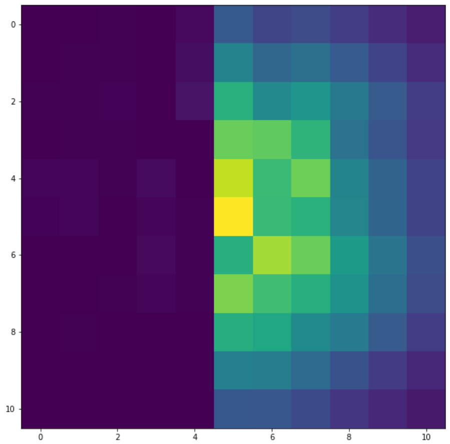


Wenn der Filter an dieser Stelle ist, versuche die hellen Pixel zu ignorieren und filtere nur über die dunklen.

Bilateralfilter

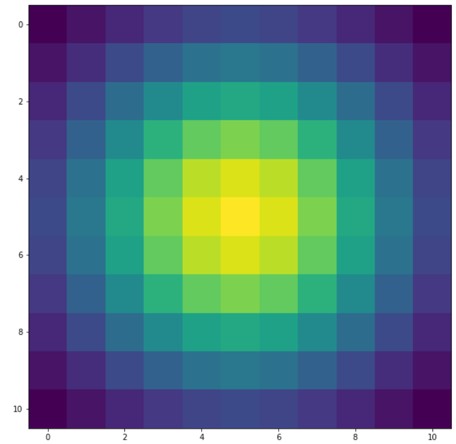
Idee adaptiere lokal: $$(\mathrm{BLF}(f))_{i,j} = \frac{1}{c_{i,j}} \sum_{m=-w_y}^{w_y} \sum_{l=-w_x}^{w_x} f_{i+m,j+l} \ \ k^{i,j}_{w_y+m,w_x+l}$$

Idee: Bilde das Produkt aus einem normalen Gaußkern und einer Funktion die misst, wie ähnlich der gerade betrachtete Pixel seinen Nachbarn ist:



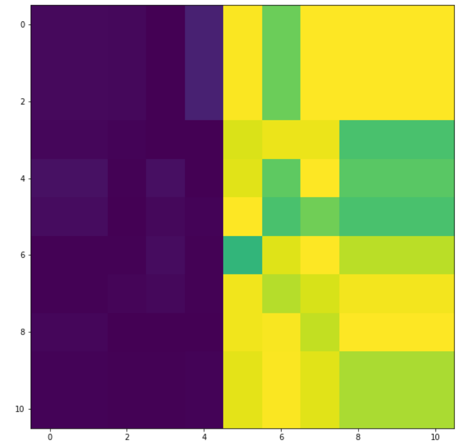
$k^{i,j}_{w_y+m,w_x+l}$

$$=$$



$\exp(-\sigma_s((i-m)^2+(j-l)^2))$

$$\odot$$

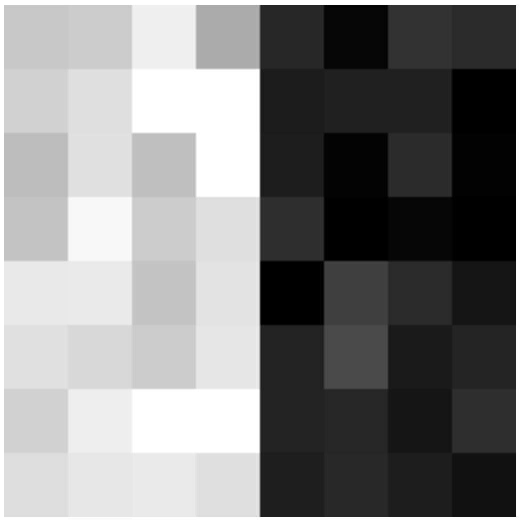


$\exp(-\sigma_I(f_{i,j}-f_{m,l})^2)$

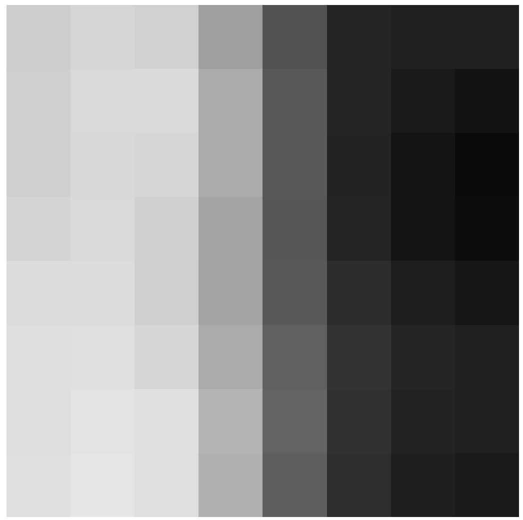
$$c_{i,j} = \text{Summe über alle Einträge in } k^{i,j}$$

Michael Möller – michael.moeller@uni-siegen.de

Bilateralfilter



Verrauschtes Bild



Nach Gaußfilter

Nach Bilateralfilter

Bilateralfilter

Verrauschtes Bild

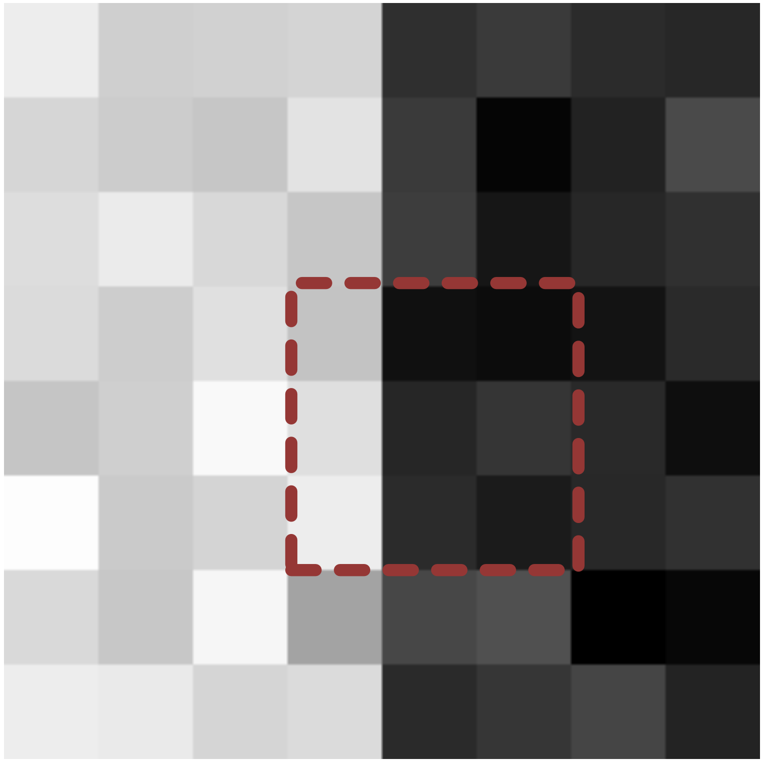
Nach Gaußfilter

Nach Bilateralfilter

Medianfilter

Beispiel 3: Berechne auf jedem Patch den Mittelwert

Illustration: An der aktuellen Stelle sind innerhalb des gezeigten 3x3 Patches 6 dunkle und 3 helle Pixel. Der Median erlaubt es die Helligkeit der hellen Werte vollständig zu ignorieren.



Medianfilter

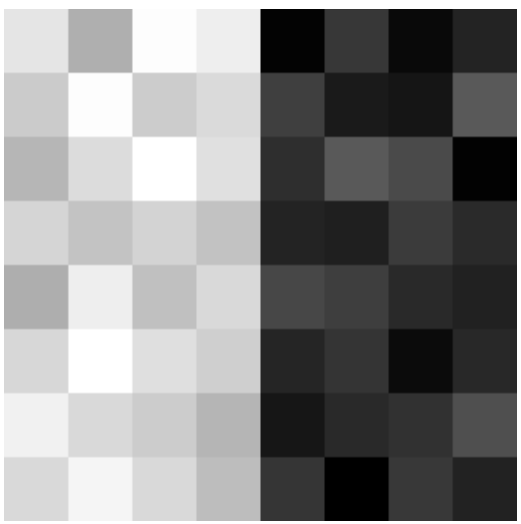
Beispiel 3: Berechne auf jedem Patch den Mittelwert

In Formeln für einen Medianfilter der Größe $2k+1 \times 2k+1$:

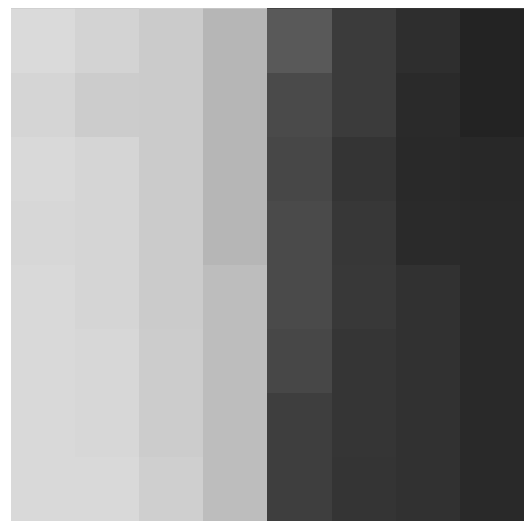
$$f_{i,j}^{filtered} = \text{median}(\text{vec}(f_{i-k:i+k,j-k:j+k}))$$

$$= \text{median}\left(f_{i-k,j-k}, f_{i-k+1,j-k}, \ldots f_{i+k,j-k}, f_{i-k,j-k+1}, f_{i-k+1,j-k+1}, \ldots, f_{i+k,j+k}\right)$$

Verrauscht



Nach Medianfilter



Medianfilter

Beispiel 3: Berechne auf jedem Patch den Mittelwert

In Formeln für einen Medianfilter der Größe $2k+1 \times 2k+1$:

$$f_{i,j}^{filtered} = \text{median}(\text{vec}(f_{i-k:i+k,j-k:j+k}))$$

$$= \text{median}\left(f_{i-k,j-k}, f_{i-k+1,j-k}, \dots f_{i+k,j-k}, f_{i-k,j-k+1}, f_{i-k+1,j-k+1}, \dots, f_{i+k,j+k}\right)$$

Verrauscht

Nach Medianfilter

Für Gauß‘sches Rauschen ok, aber nicht großartig. Äh, was ist Gauß‘sches Rauschen?

Unterschiedliche Rauscharten

Es gibt unterschiedliche Modelle für Rauschen in Bildern.

Einfachstes Modell: Additives Gauß'sches Rauschen mit Mittelwert 0:

$$f_{i,j}^{noisy} = f_{i,j} + n_{i,j}$$

Wobei die Wahrscheinlichkeit dafür, dass $n_{i,j}$ einen Wert im Intervall $[a,b]$ annimmt gegeben ist durch

$$p([a,b]) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_a^b \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right) \, dz$$

Anschaulich: Bildet man ein Histogramm aus ganz vielen Realisierungen von dann sieht das Histogramm so aus wie eine Gauß'sche Glockenkurve.

$$\rho(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right)$$

Nennt man auch Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion

Michael Möller – michael.moeller@uni-siegen.de

Unterschiedliche Rauscharten

Realistischer: Die Varianz des Gaußverteilten Rauschens ist proportional zum wahren Signalwert $f_{i,j}$.

Aus σ wird $\sigma(f_{i,j})$!

Extremfall von wenig Photonen: **Poissonrauschen**

- Diskrete Verteilung (Zählen von Photonen)
- Nur Werte größer gleich Null haben eine Wahrscheinlichkeit größer Null.

Warnung: Solche Rauschmodelle gelten meistens nur auf den Rohdaten des Sensors, welche diverse Bearbeitungsschritte durchlaufen, bevor man ein „Monitorbild" hat. Dies wird unser nächstes Thema.

Interessierte Leser:

Seybold et al. Towards an Evaluation of Denoising Algorithms with Respect to Realistic Camera Noise, 2013

Plötz und Roth, Benchmarking Denoising Algorithms with Real Photographs, 2017

Unterschiedliche Rauscharten

Besonders beeindruckende Ergebnisse bekommt man beim Entrauschen von Bildern mit „Salt-and-Pepper“ Rauschen.

Salt-and-Pepper Rauschen, setzt einen gewissen Anteil von Pixeln auf 0 oder 1. Es simuliert Übertragungsfehler oder „tote Pixel“.

Nächste Themen

Donnerstag 05.12.2019: Vorlesung zum Thema Bildentstehung und Farbbilder

Montag 09.12.2019: (Nachhol-)Übung

Donnerstag 12.12.2019: Reguläre Übung

Montag 16.12.2019: Letzte Vorlesung vor Weihnachten (Bildsegmentierung)

Michael Möller – michael.moeller@uni-siegen.de