

## 2. Operationen auf dem Bildraaster

### 2.4) Lokale Operationen

*Lokale Operationen sind bildverarbeitungstypisch* und erfordern profunde Grundkenntnisse zur Bildverarbeitung, die tiefgründige Betrachtung der Methoden sowie Fähigkeiten der praktischen Anwendung. Sie betreffen die Grundlagen der Computergrafik eher marginal und würden den Rahmen sprengen. Wie eingangs erläutert sollen die folgenden Stabstriche und Beispiele lediglich *als Anregung zum Studium* der Bildverarbeitung dienen (gilt für das gesamte Kapitel 2.4.).

(PD Dr. Franke: „*Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung*“ und „*Vertiefung zu Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung*“).

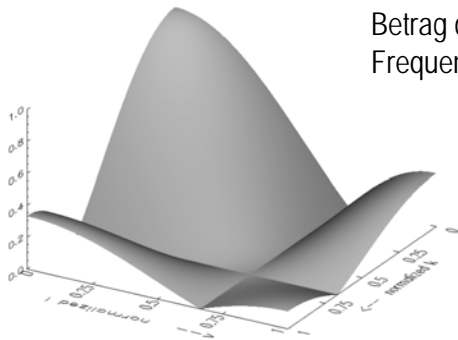
#### 2.4.a) Ortsinvariante lokale lineare Operatoren

*Derartige Operationen stellen diskrete Faltungsoperationen dar. Da die Faltung im Ortsbereich auf die Multiplikation der Fouriertransformierten von Bild und Operator im Frequenzbereich führt, lässt sich aus der Fouriertransformierten des Operators die Wirkung auf beliebige Bilder ablesen (Rauschunterdrückung, Verunschärfung, Kanten hervorhebung etc.)*

## 2. Operationen auf dem Bildraaster

### 2.4.a1) Faltungsoperatoren zur Tiefpassfilterung

→ Beispiel Rauschunterdrückung



Betrag der Transferfunktion im Frequenzbereich

- deutlich sichtbar:
- Anisotropie
  - Aufschwingen

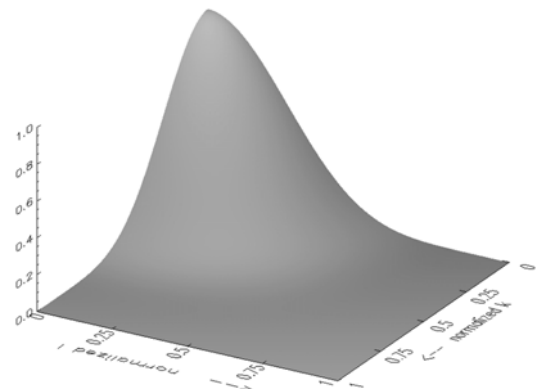
#### 3x3 Spalttiefpass:

$$G(k,l) = \sum_{m=k-kb}^{k+kb} \sum_{n=l-kb}^{l+kb} F(m,n) \cdot H(k-m, l-n)$$

$$\underline{\underline{H}} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 5x5 Binomialfilter:

$$\underline{\underline{H}}_{5 \times 5} = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 6 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix} \{ 1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1 \} = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$



## 2. Operationen auf dem Bildraaster

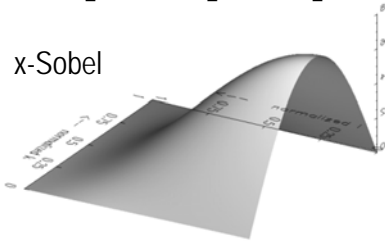
### 2.4.a2) Faltungsoperatoren zur Band- und Hochpassfilterung → Beispiel Kantenextraktion

#### Sobelgradient:

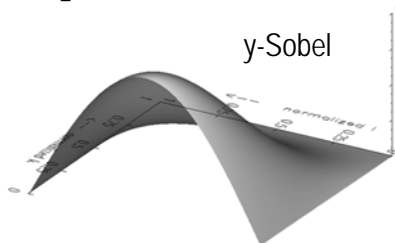
$$\underline{H}_{xS} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad \underline{H}_{yS} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$



x-Sobel

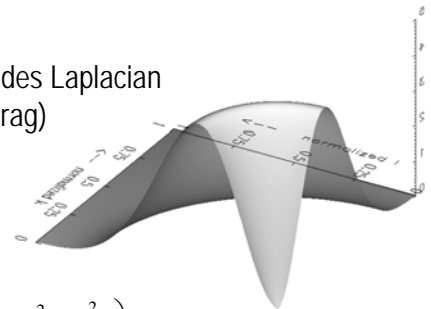


y-Sobel



Laplace-Konturen  
(Histogrammgleichung)

Transferfunktion des Laplacian  
of Gaussian (Betrag)



#### Laplacian of Gaussian:

$$\nabla^2 H_{\text{Gauss}}(x, y) = \frac{1}{\sigma^2} \cdot \left[ 2 - \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2} \right] \exp\left( -\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right)$$

## 2. Operationen auf dem Bildraaster

### 2.4.b) ortsvariante lokale Filter / adaptive Filter

*Die Ortsvarianz gestattet Adaptivität an die Bildinhalte. Dadurch wird die Rauschunterdrückung bei gleichzeitiger Erhaltung der Bildschärfe (Kanten) möglich.*

- **Inhomogene isotrope Ansätze** (z.B. Reduktion der Glättungswirkung in Regionen mit kantenbedingter, erhöhter Varianz = varianzadaptive Filter) schöpfen die Möglichkeiten der Adaptivität nur zum Teil aus.
- Erst durch **inhomogene, anisotrope Operationen** gelingt weitgehende Adaptivität. Zu den modernen Methoden dieser Art gehören die Diffusionsfilter der Bildverarbeitung.



Ortsinvarianter Tiefpass

## 2. Operationen auf dem Bildraaster

### 2.4.c) Medianfilter und morphologische Operationen

*Morphologische Operatoren dienen der Formverbesserung (Schließen von Löchern, Glättung von Konturen etc.), der Formänderung von Bildsegmenten (Erosion, Skelettierung), der Extraktion von ausgewählten Objektformen und der Beseitigung von Impulsstörungen.*

#### 2.4.c1) Median und Vektormedian zur Beseitigung von Impulsstörungen.



#### 2.4.c2) morphologische Kantenoperationen

$$G_{\text{morph}}(k,l) = \min \left\{ \left( F^*(k,l) - \min_{i,j \in \underline{W}_{k,l}} \{ F^*(i,j) \} \right), \left( \max_{i,j \in \underline{W}_{k,l}} \{ F^*(i,j) \} - F^*(k,l) \right) \right\}$$



## 3. Elemente der höheren Bildanalyse und Mustererkennung

Die *Erkennung von Bildinhalten* erfordert, vereinfacht dargestellt,

- zunächst die *Strukturierung des Bildes* (Zerlegung in Segmente),
- dann die *Ermittlung von Merkmalen* dieser Segmente
- und schließlich die *Klassifikation dieser Segmente*.

→ *High-Level-Bildverarbeitung* oder Bildanalyse.

→ *Segmentierung, Merkmalextraktion und Klassifikation* sind wesentliche *Elemente der bildbasierten Mustererkennung*.

→ Ist *Apriori-Wissen* zu den möglichen Bildinhalten vorhanden, kann über die formale Klassifikation hinaus Bedeutung zugeordnet werden (*semantischer Aspekt, Objekterkennung*)

### 3.1) Segmentierung

Ein Bild lässt sich *in disjunkte Bildsegmente zerlegen*, indem *Ränder von Bildsegmenten* bestimmt oder *Bildsegmente nach flächenorientierten Kriterien* (Pxeleigenschaften, Textur, Zusammenhang, ...) gebildet werden.

### 3. Elemente der höheren Bildanalyse und Mustererkennung

#### 3.1) Segmentierung

##### 3.1.a) Regionale Segmentierung

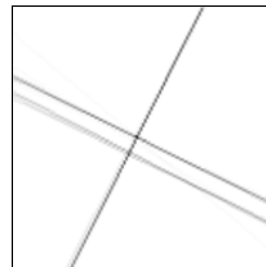
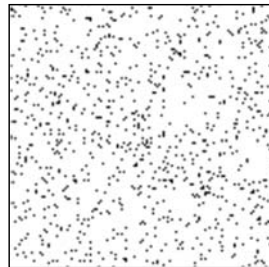
Das Bild wird auf ikonischer Ebene in (regionale) *Segmente mit folgenden Eigenschaften* zerlegt: *Segmente* erfüllen ein und *nur ein Uniformitätskriterium* und sind *maximal zusammenhängend*. *Der Schnitt* unterschiedlicher Segmente *ist leer*, die *Vereinigung aller Segmente* ist das *Bild*.



Mit „Region Growing“ aus Satellitendaten erzeugtes Segmentlabelbild (Spanien, Barrax)

##### 3.1.b) Kontursegmentierung und Vektorisierung

Im Falle der *Kontursegmentierung* stehen weniger die Merkmale der Pixel der regionalen Segmente als vielmehr die *Eigenschaften der Regionengrenzen* im Mittelpunkt.

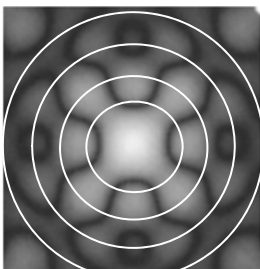


Hough-Transformation (Ableitung von Hypothesen für die Existenz von Regelgeometrien)

### 3. Elemente der höheren Bildanalyse und Mustererkennung

#### 3.2) Merkmale von Segmenten

Bei Kenntnis der Segmente lassen sich *mit dem Ziel der Klassifikation Merkmale berechnen*. Neben *mittleren Textur- oder Pixelattributwerten* sind dies oft *Formmerkmale* oder *Merkmale aus dem Fourierbereich*. Derartige Merkmale sollten sinnvolle *Invarianzeigenschaften* aufweisen (z.B. Translations-, Rotations- und Maßstabsinvarianz, falls die Objekterkennung das Ziel ist).



Merkmale aus Integralen über Kreisringen im Powerspektrum eines Segmentes (rotations- und translationsinvariant, Länge des Merkmalsvektors ist bestimmt durch Anzahl der Kreisringe)

##### 3.3) Klassifikation

Auf der Basis von *klassenspezifischen Merkmalen hoher Diskriminanzkraft* lässt sich die Bildanalyse schließlich bis zur *Erkennung von Mustern und Objekten* treiben. Die genaue Kenntnis der *Eigenschaften von Klassifikatoren* ist dabei von höchster Bedeutung.

