



---

# Textur Merkmale in Inhaltsbasierte Bildsuche

von Sven Baumann



---

# Übersicht

- Einführung: Was ist Textur
- Texturwahrnehmung
- Texturfeatures
  - Tamura's Features
  - Gabor Features
- Vergleich der Features
  - Beispiele und Evaluierung



# Einführung

- Was ist Textur
  - (v. lat.: textura Gewebe)
  - bezeichnet allgemein die Zusammensetzung, die Struktur, die Beschaffenheit von Dingen.
  - Eigenschaft einer Bildregion
  - Oft abhängig von Lichtverhältnissen, Sichtwinkel und Abstand
  - „basic primitives“ -> micropatterns



---

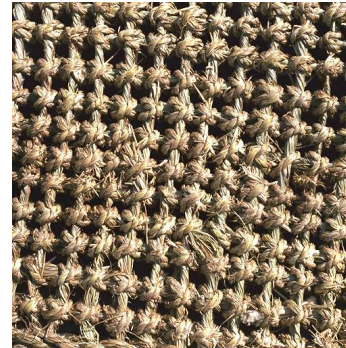
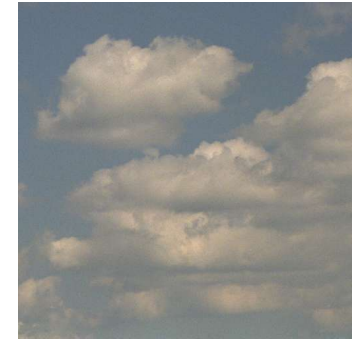
# Texturwahrnehmung

- Julesz definiert „preattentive visual system“
    - Keine komplexe Verarbeitung  
(low-level texture characterization)
    - Textons -> Klumpen (mit Farbe, Orientierung, Länge und Höhe)
  - Rao und Lohse
    - Repetition
    - Orientation
    - Complexity
- } 3 wichtige Texturmerkmale

# Texture Features

## Tamura's Texturmerkmale

- Coarsness
- Contrast
- Directionality
- Line-likeness
- Regularity
- Roughness



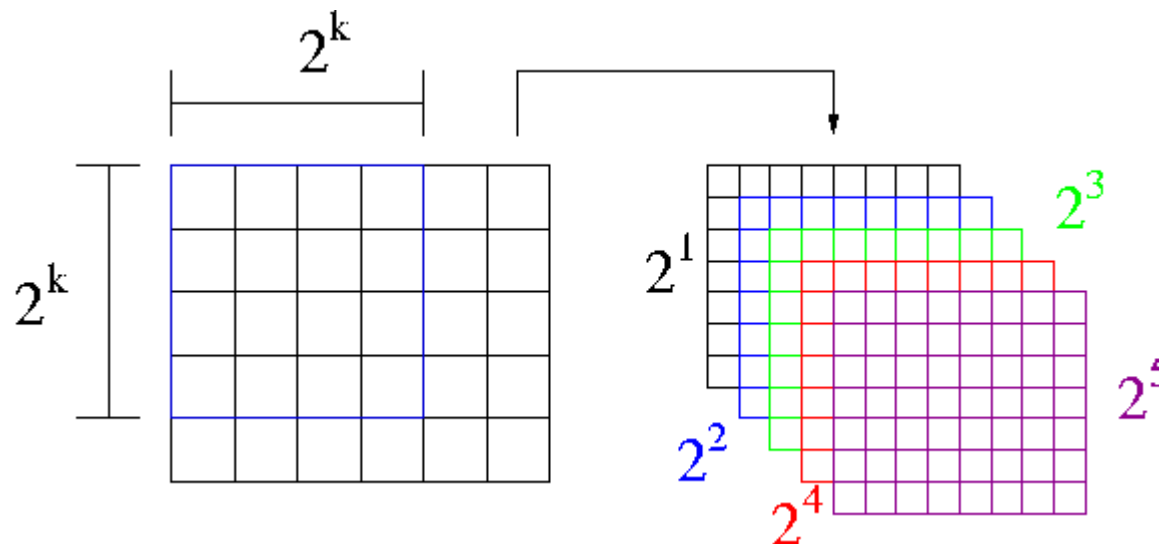


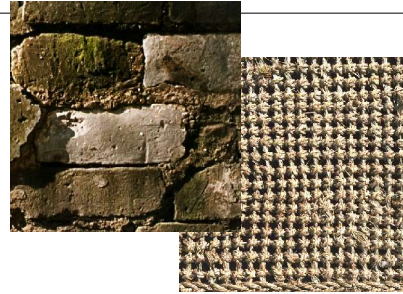
Tamura's Feature  
**Coarsness**  
 (Granularität)

Schritt 1:

Berechne für jeden Pixel den Durchschnitt über die Nachbarpixel

$$A_k(x, y) = \sum_{i=x-2^{k-1}}^{x+2^{k-1}-1} \sum_{j=y-2^{k-1}}^{y+2^{k-1}-1} f(i, j) / 2^{2k}$$





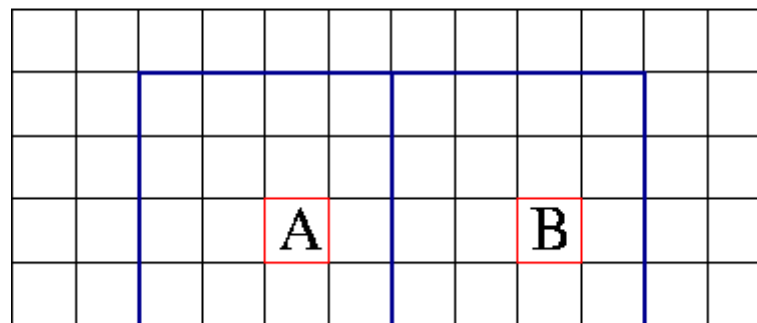
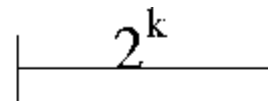
Tamura's Feature  
**Coarsness**  
(Granularität)

Schritt 2:

Berechne die Differenz angrenzender Durchschnittswerte

$$E_{k,h}(x, y) = |A_k(x + 2^{k-1}, y) - A_k(x - 2^{k-1}, y)|$$

$$E_{k,v}(x, y) = |A_k(x, y + 2^{k-1}) - A_k(x, y - 2^{k-1})|$$



# Texture Features



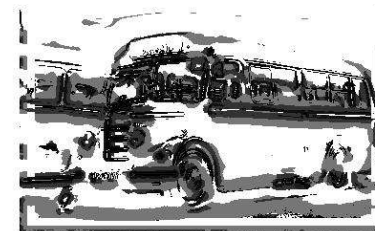
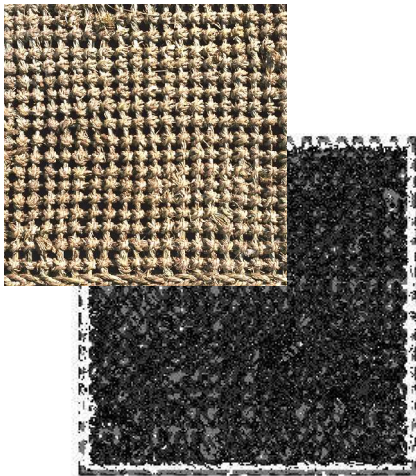
Tamura's Feature  
**Coarsness**  
(Granularität)

Schritt 3:

Suche für jeden Pixel das  $k$  welches die größte Veränderung bewirkt

$$S_{best}(x, y) = 2^k \quad E_k = E_{max} = \max(E_1, E_2, \dots, E_L) \quad k = 1, \dots, 5$$

Visualisierung der  $S_{best}$ -Matrix:







Tamura's Feature  
**Coarsness**  
(Granularität)

Schritt 4:

Der Durchschnitt der  $S_{best}$ -Matrix ist das Maß für die Coarsness des Bildes

$$F_{crs} = \frac{1}{m * n} \sum_i^m \sum_j^n S_{best}(i, j)$$

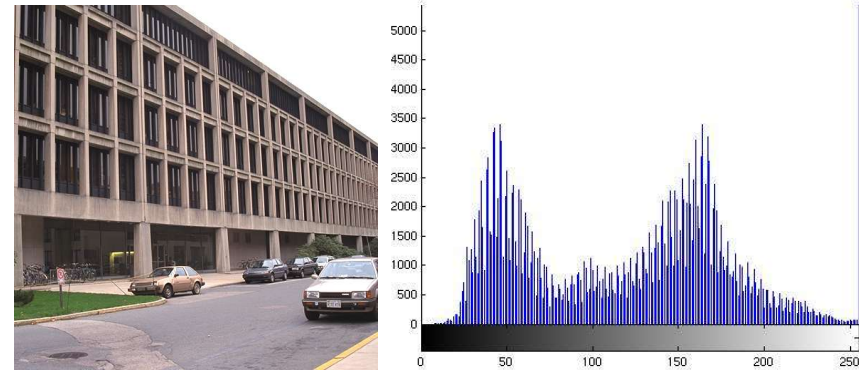
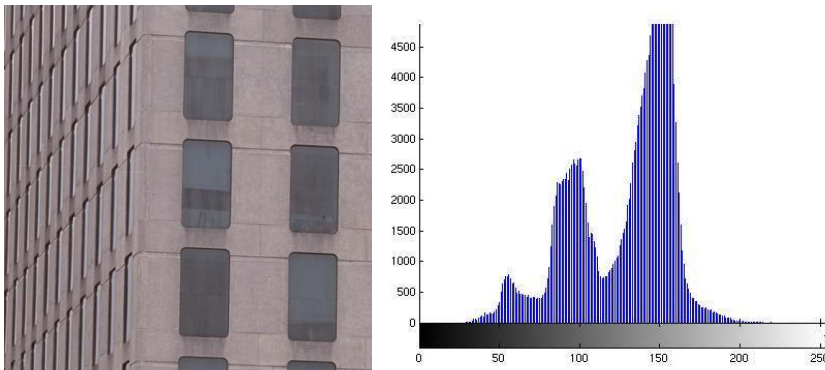


## Tamura's Feature Contrast

Der Kontrast kann mit Hilfe der Standard-Abweichung  $\sigma$  und der Kurtosis  $\alpha_4$  des Grauwerthistogramms wie folgt berechnet werden:

$$F_{con} = \frac{\sigma}{(\alpha_4)^n} \quad \alpha_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4}$$

$n \in \{8, 4, 2, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}\}$  wobei  $n = \frac{1}{4}$  die besten Ergebnisse liefert





## Tamura's Feature Directionality

- Berechne zu jedem Pixel den Gradient relativ zur lokalen Umgebung (einfache Kantendetektion)

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

$\Delta_H$

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

$\Delta_V$

$$|\Delta G| = (|\Delta_H| + |\Delta_V|) / 2$$

- Berechne zu jedem Gradienten den Winkel

$$\Theta = \arctan(\Delta_V / \Delta_H) + \frac{\pi}{2}$$



---

Tamura's Feature  
**Directionality**

- Berechne ein lokales Richtungshistogramm

$$H_D(k) = N_{\Theta}(k) / \sum_{i=0}^{n-1} N_{\Theta}(i), k=0,1, \dots, n-1$$

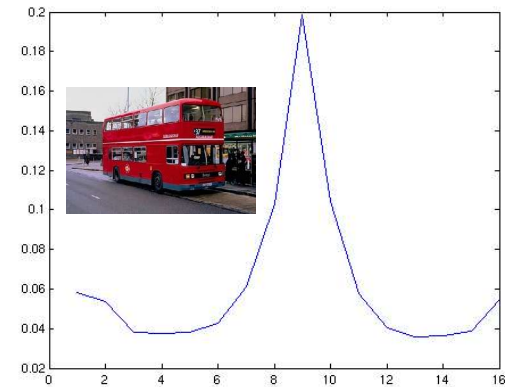
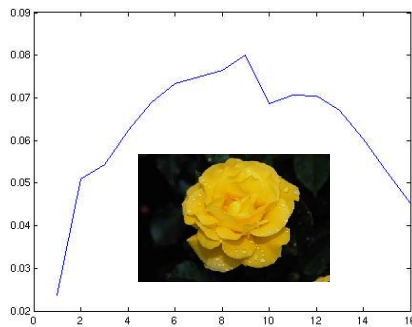
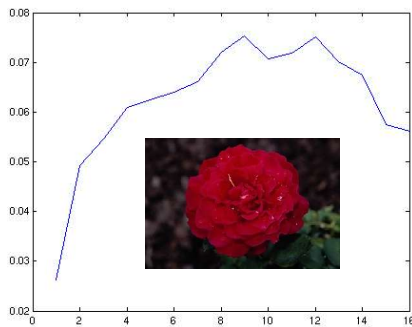
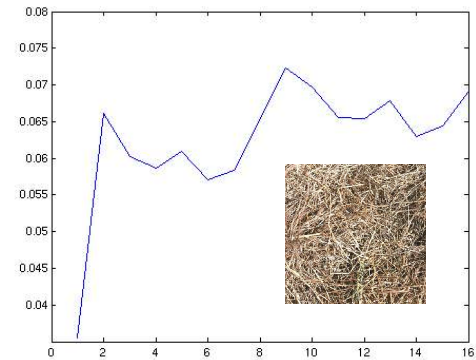
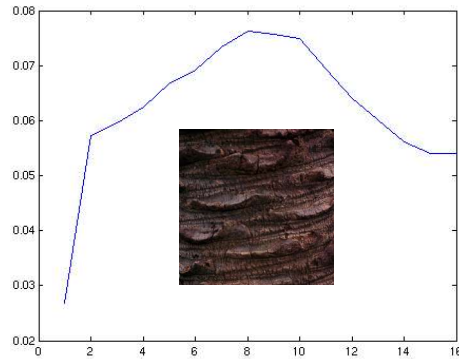
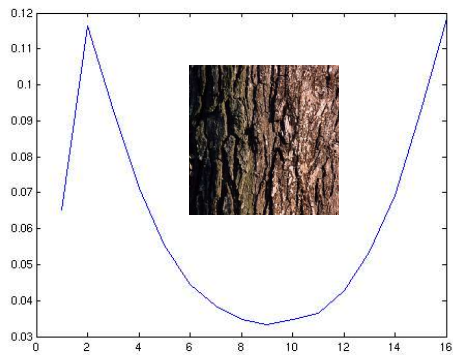
- Das Maß für Directionality kann nun durch aufsummieren der 2. Momente von Tiefpunkt zu Tiefpunkt berechnet werden:

$$F_{dir} = 1 - r * n_p + \sum_p^{n_p} \sum_{\phi \in \omega_p} (\phi - \phi_p)^2 * H_D(\phi)$$

# Texture Features

## Lokale Richtungshistogramme (Beispiele)

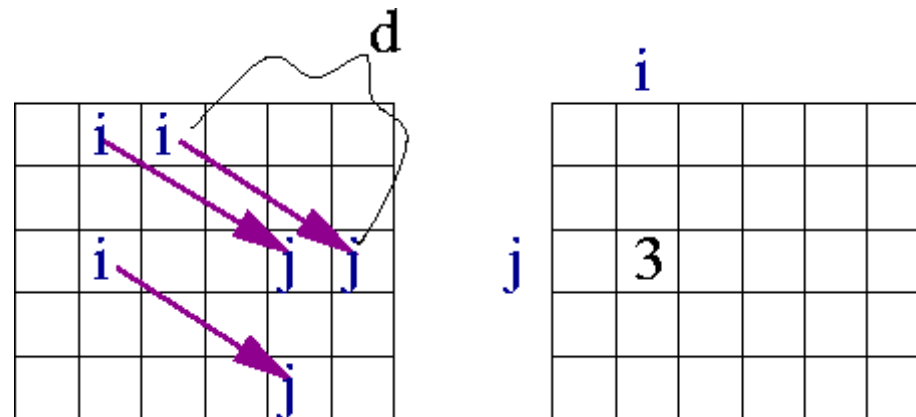
## Tamura's Feature Directionality





# Tamura's Feature Line-likeness

- Konstruiere eine „direction co-occurrence matrix“



- Das Maß für Line-likeness:

$$F_{lin} = \frac{\sum_i \sum_j P_{Dd}(i, j) \cos\left[(i-j) \frac{2\pi}{n}\right]}{\sum_i \sum_j P_{Dd}(i, j)}$$



---

Tamura's Feature  
Regularity

- Das Bild wird in Teilbilder zerlegt und für jedes Teilbild werden die 4 unabhängigen Features berechnet. Dann werden die Standardabweichungen der Teilbilder aufsummiert:

$$F_{reg} = 1 - r(\sigma_{crs} + \sigma_{con} + \sigma_{dir} + \sigma_{lin})$$



---

Tamura's Feature  
**Roughness**

- Das Maß für die Grobheit einer Textur besteht aus der Granularität und dem Kontrast

$$F_{rgh} = F_{crs} + F_{con}$$





---

# Merkmalsextraktion

## Gabor Features



---

# Frequenzanalyse

- Frequenzen erlauben Aussagen über ein Bild
- Beispiele
  - Fourier-Transformation
  - Waveletfilter
    - Häufig zur Bildkompression eingesetzt
  - Gaborfilter
    - Fourier-Transformation gefenstert mit einer Gaußfunktion



---

## Gaborfilter

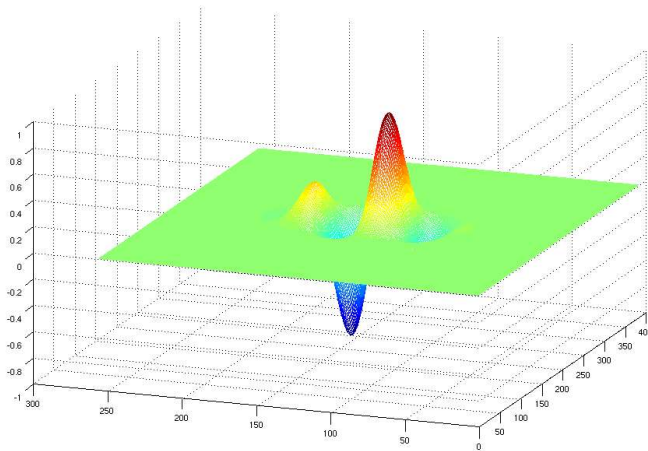
- Filter reagieren auf verschiedene Frequenzen und Richtungen
- Ähnlich dem menschlichen Gehirn
- Anwendung global oder regional, sowie in verschiedenen Auflösungen



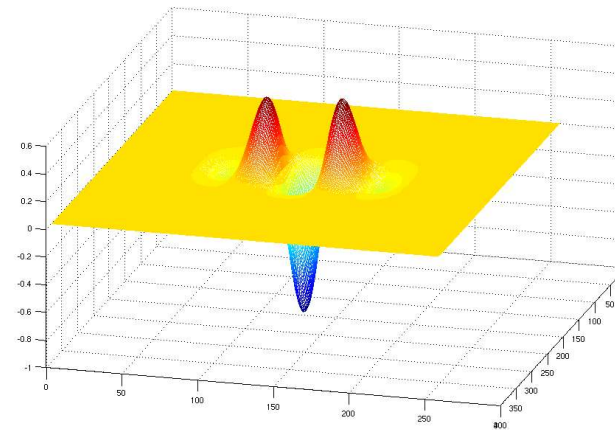
## Gaborfilter(2)

- Gaborfilter im Ortsraum

$$g(x, y) = K e^{-\pi(a^2(x-x_0)_r^2 + b^2(y-y_0)_r^2)} e^{i(2\pi(u_0x + v_0y) + P)}$$



Gaborfilter: Real-Teil



Gaborfilter: Imaginär-Teil

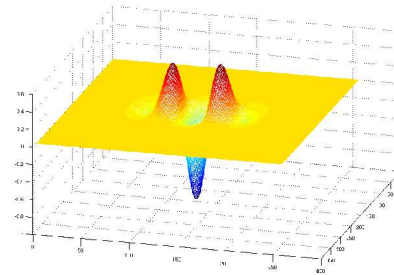
# Texture Features

## Gaborfilter(3)

- Gaborfilterung im Ortsraum



Bild



Gaborfilter



stellt eine Faltung dar

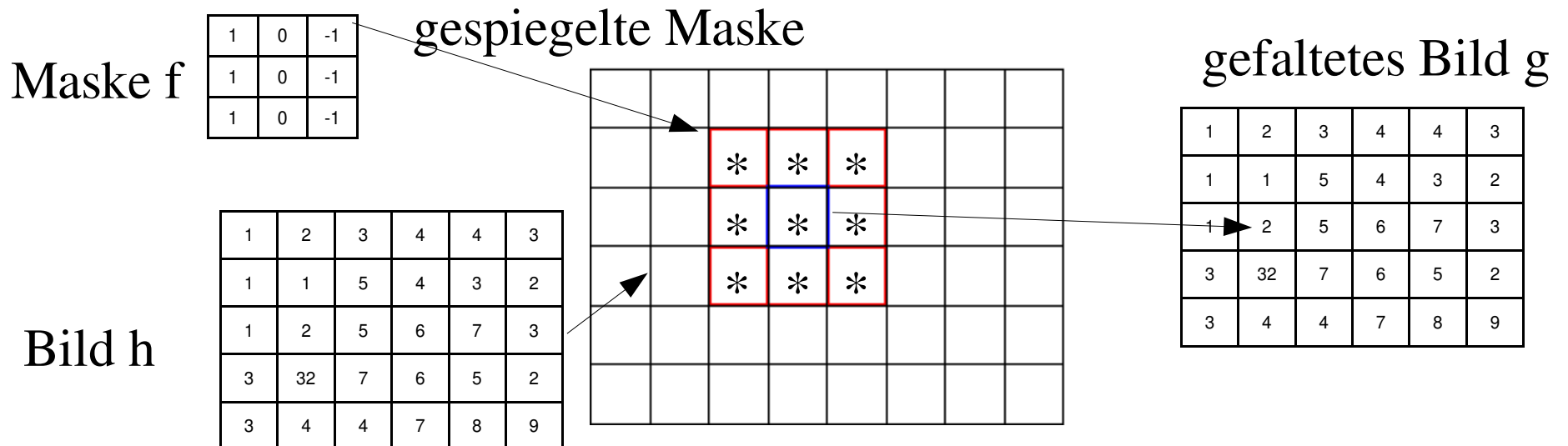


# Faltung

- Definition (2D-diskrete Faltung)

$$g(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_M \sum_N f(m, n) h(x-m, y-n)$$

- Beispiel





---

## Faltung(2)

- Faltungstheorem

$$g(t) = (f * h)(t) \Leftrightarrow G(\omega) = F(\omega) \cdot H(\omega)$$

- Aufgrund des Faltungstheorems kann man nun den im Ortsbereich notwendigen hohen Rechenaufwandes in eine einfache Multiplikation im Frequenzbereich verlegen

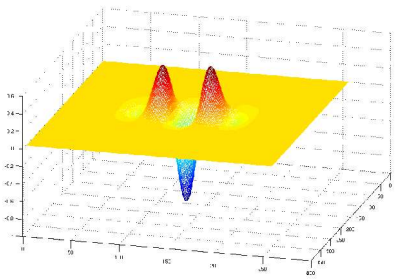
# Texture Features

Ortsraum

Bild



Gaborfilter

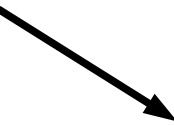


## Gaborfilterung

Frequenzraum

Ortsraum

FFT

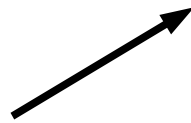


Multiplikation

FFT<sup>-1</sup>

Feature  
Extraktion

FFT

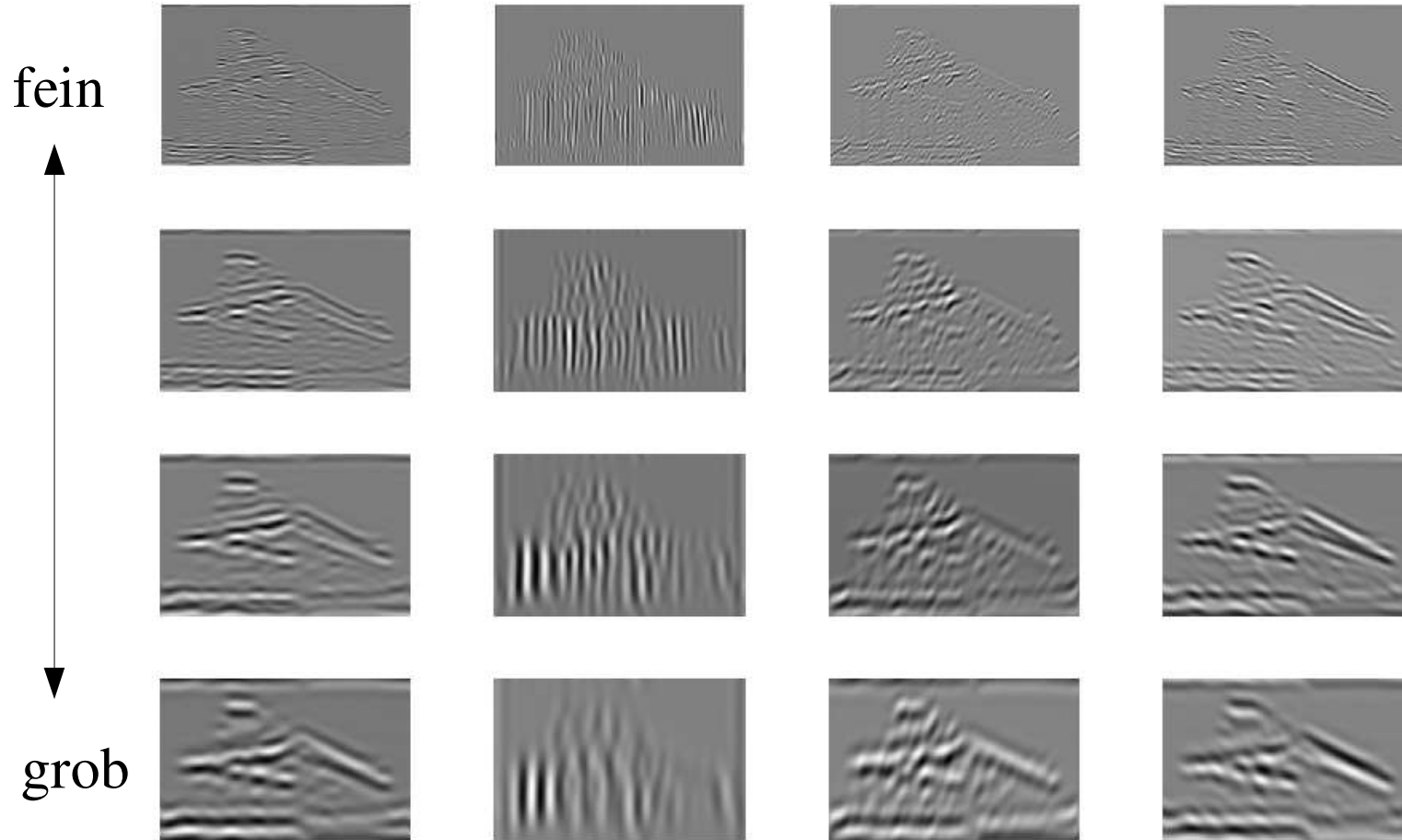




# Texture Features



## Gaborfilter Beispiele



Orientierung



## Gabor Feature Vector

- Skalierung  $m$ , Orientierung  $n$
- Anzahl der Skalierungen  $S$ , Orientierungen  $K$
- $\alpha_{mn}$  Durchschnittswert des gefilterten Bildes
- $\beta_{mn}$  Standardabweichung des gefilterten Bildes

$$f = [\alpha_{00} \beta_{00} \alpha_{01} \beta_{01} \dots \alpha_{(S-1)(K-1)} \beta_{(S-1)(K-1)}]$$



---

# Evaluation

Tamura's Features  
vs.  
Gabor Features

# Tamura's Feature - Evaluation

imgdatabase/175.jpg



imgdatabase/351.jpg



imgdatabase/390.jpg



Anfragebild: 166.JPG

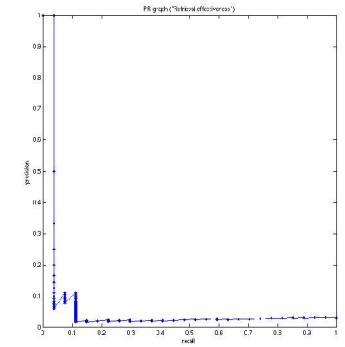
imgdatabase/350.jpg



imgdatabase/535.jpg



imgdatabase/907.jpg



imgdatabase/356.jpg



imgdatabase/287.jpg



imgdatabase/879.jpg



imgdatabase/160.jpg



imgdatabase/815.jpg



imgdatabase/283.jpg

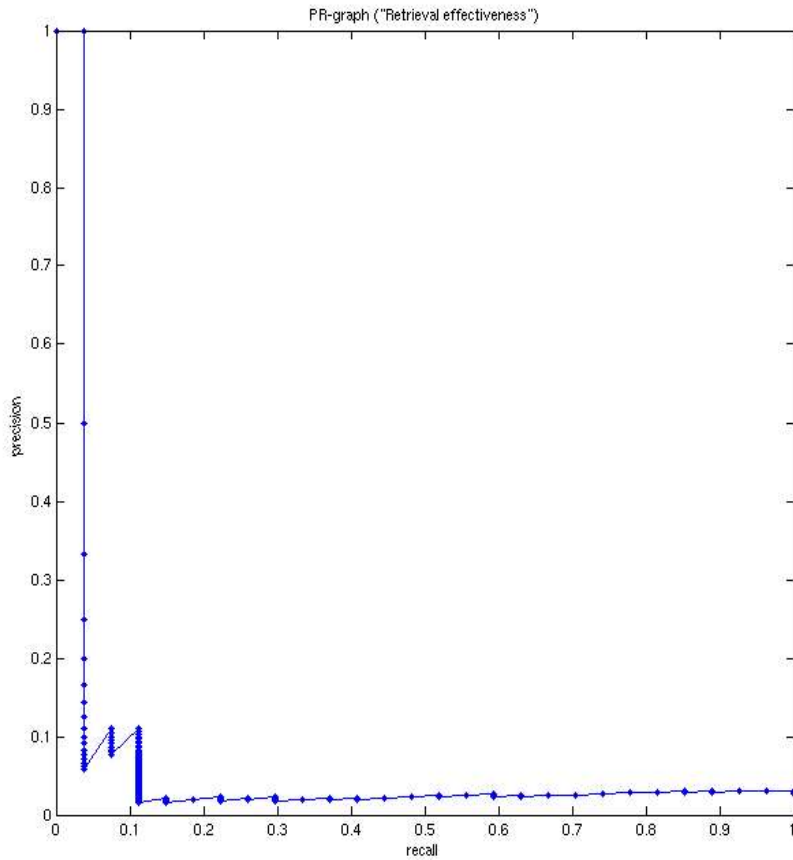


# Texture Features

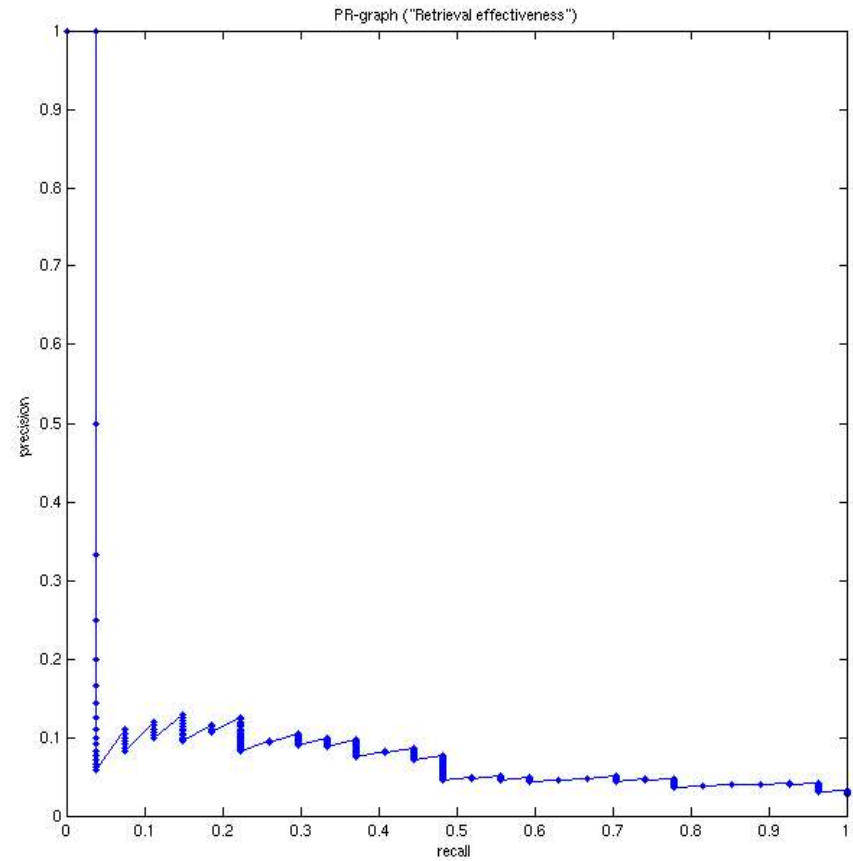


Anfragebild: 166.JPG

## Evaluation



Tamura



Gabor

# Tamura's Feature - Evaluation

imgdatabase/229.jpg



imgdatabase/314.jpg



imgdatabase/37.jpg



Anfragebild: 300.JPG

imgdatabase/368.jpg



imgdatabase/342.jpg



imgdatabase/320.jpg



imgdatabase/12.jpg



imgdatabase/376.jpg



imgdatabase/67.jpg



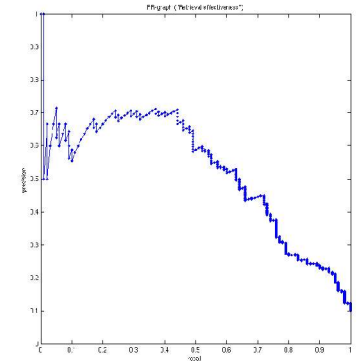
imgdatabase/388.jpg



imgdatabase/318.jpg



imgdatabase/94.jpg

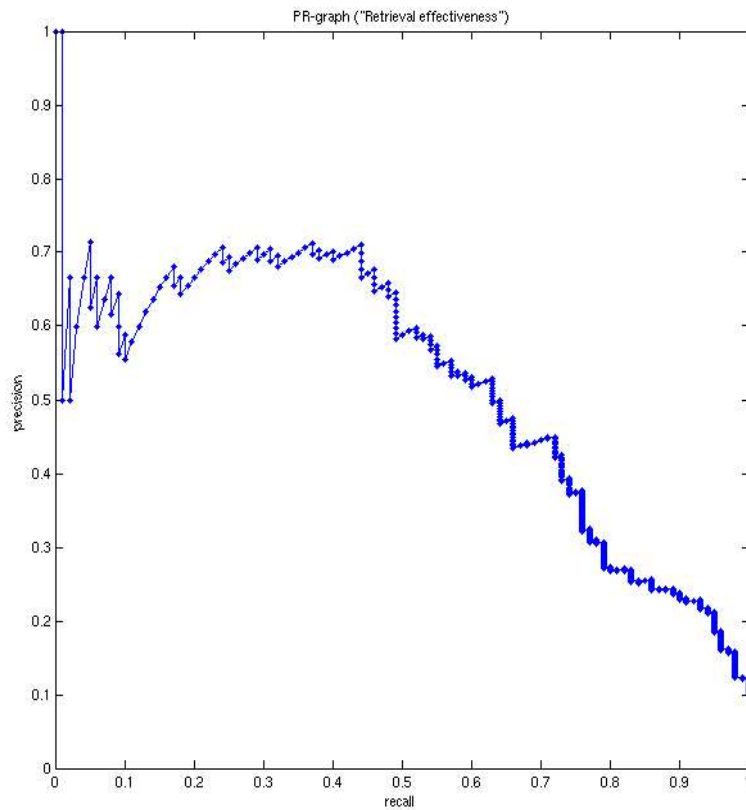


# Texture Features

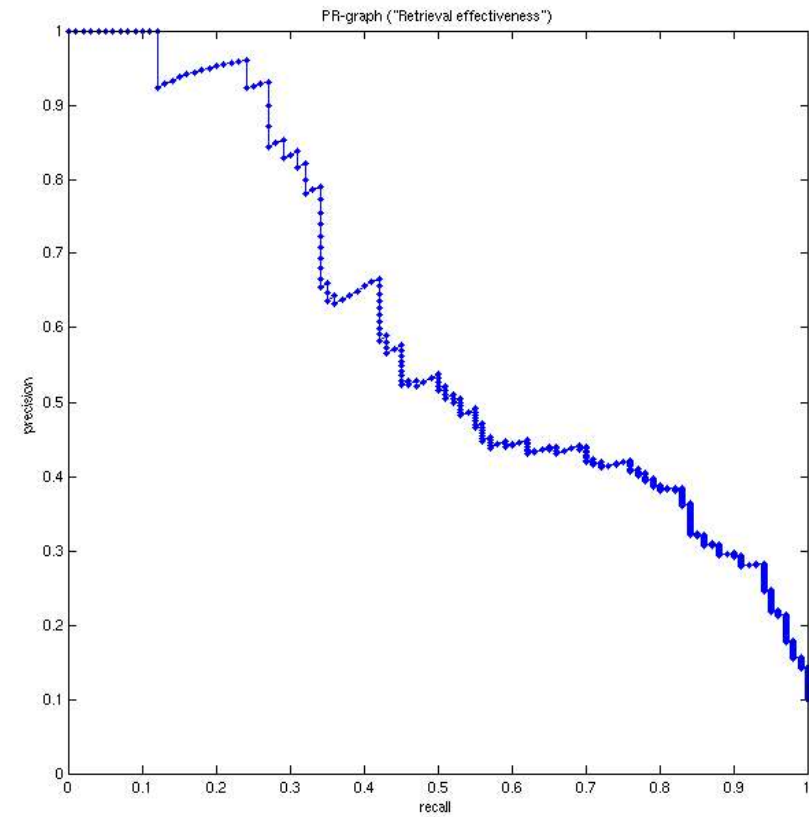
## Evaluation



Anfragebild: 300.JPG



Tamura



Gabor

# Tamura's Feature - Evaluation

imgdatabase/614.jpg



imgdatabase/623.jpg



imgdatabase/603.jpg



Anfragebild: 641.JPG

imgdatabase/621.jpg



imgdatabase/639.jpg



imgdatabase/667.jpg



imgdatabase/610.jpg



imgdatabase/994.jpg



imgdatabase/626.jpg



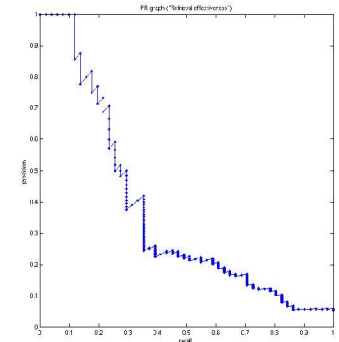
imgdatabase/605.jpg



imgdatabase/805.jpg



imgdatabase/666.jpg



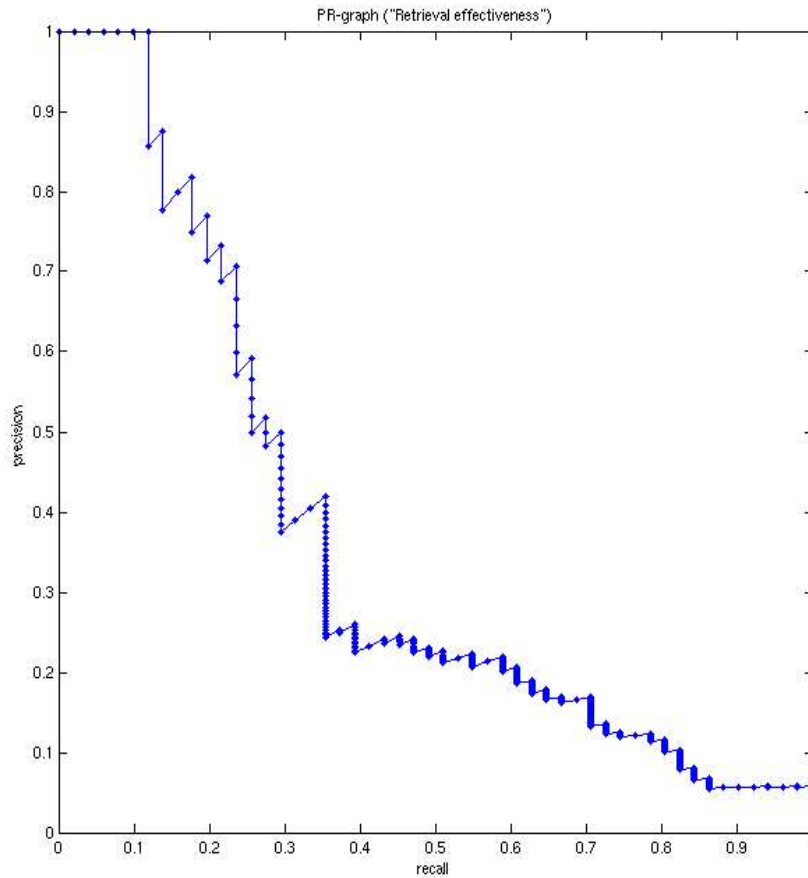


# Texture Features

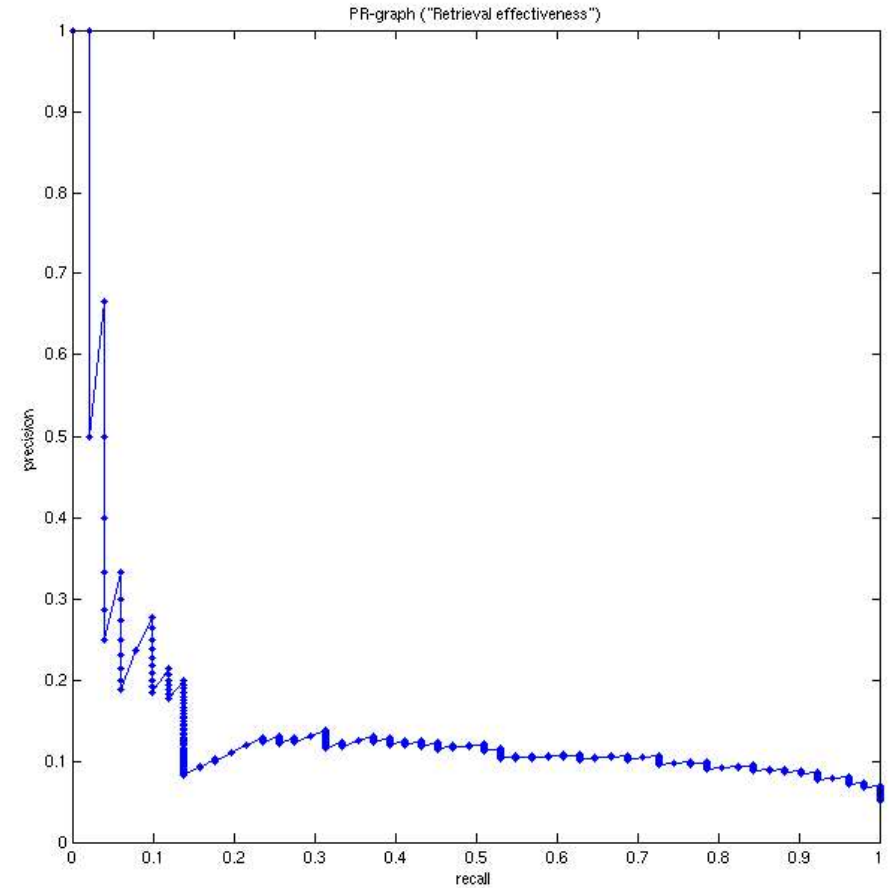


Anfragebild: 641.JPG

## Evaluation



Tamura



Gabor

# Tamura's Feature - Evaluation

imgdatabase/142.jpg



imgdatabase/680.jpg



imgdatabase/130.jpg



imgdatabase/997.jpg



imgdatabase/669.jpg



imgdatabase/653.jpg



Anfragebild: 676.JPG

imgdatabase/608.jpg



imgdatabase/637.jpg



imgdatabase/157.jpg



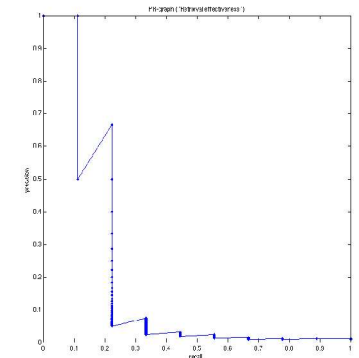
imgdatabase/628.jpg



imgdatabase/187.jpg



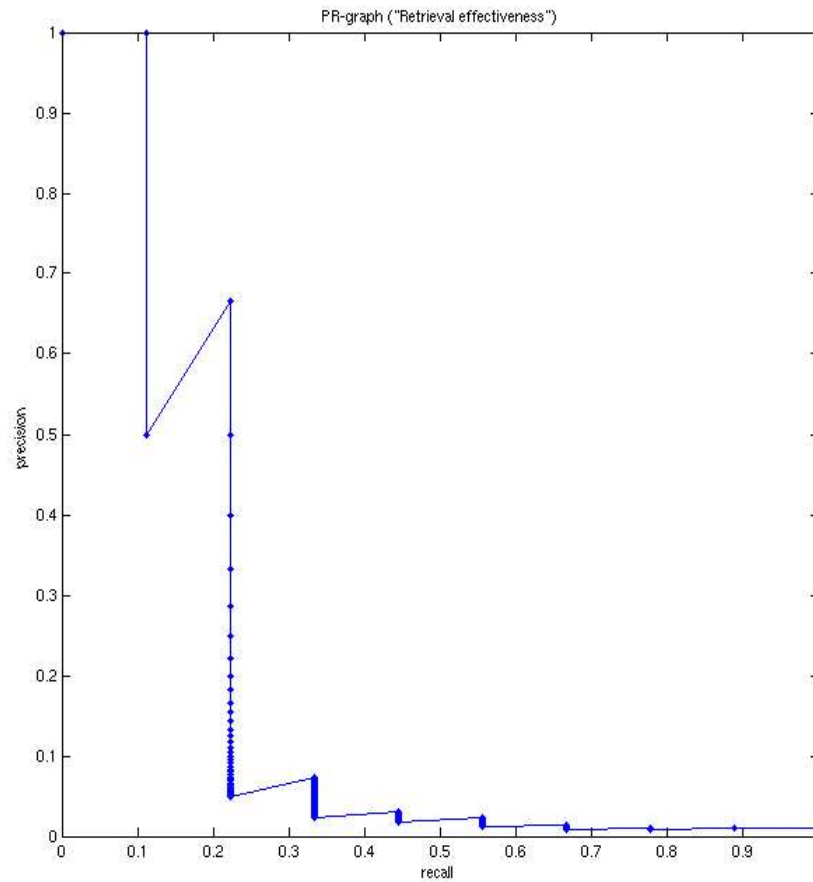
imgdatabase/46.jpg



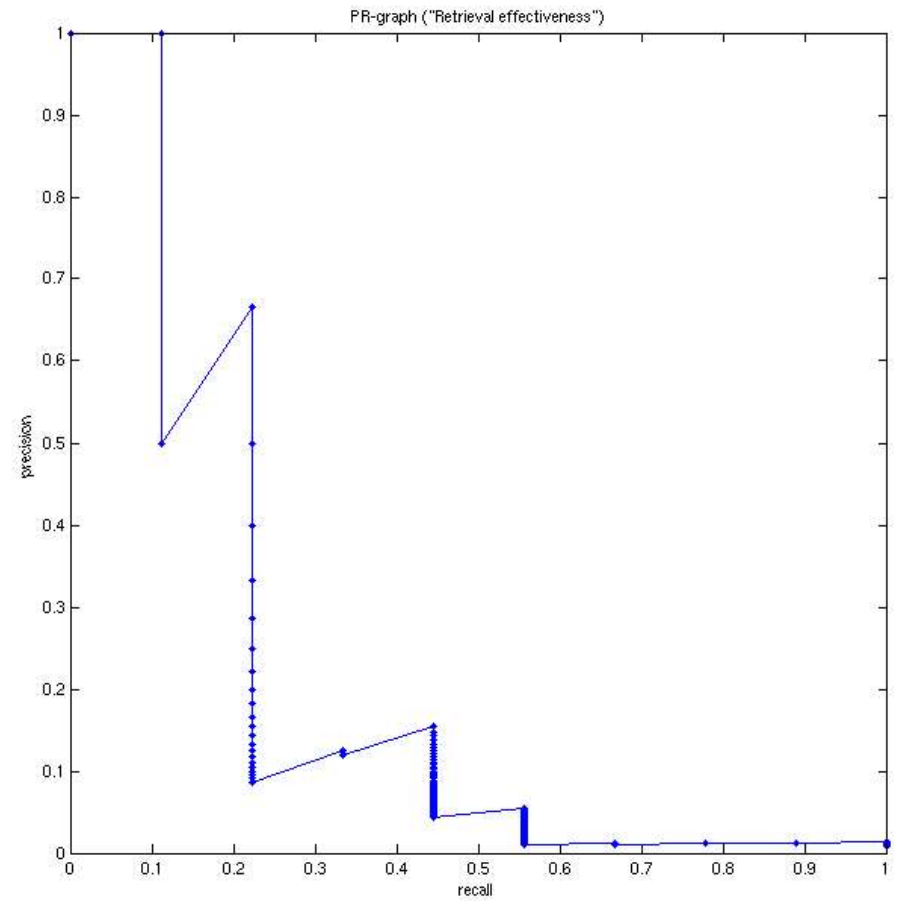
# Texture Features



Anfragebild: 676.JPG



Tamura



Gabor

# Tamura's Feature - Evaluation

imgdatabase/970.jpg



imgdatabase/673.jpg



imgdatabase/36.jpg



Anfragebild: 819.JPG

imgdatabase/963.jpg



imgdatabase/983.jpg



imgdatabase/147.jpg



imgdatabase/672.jpg



imgdatabase/45.jpg



imgdatabase/573.jpg



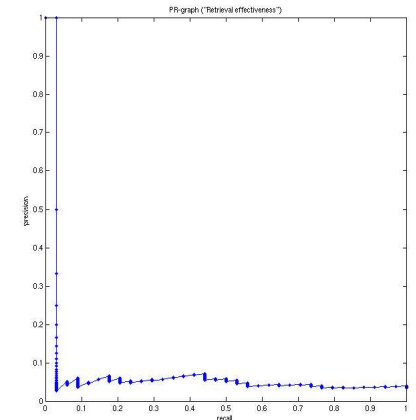
imgdatabase/540.jpg



imgdatabase/286.jpg



imgdatabase/175.jpg

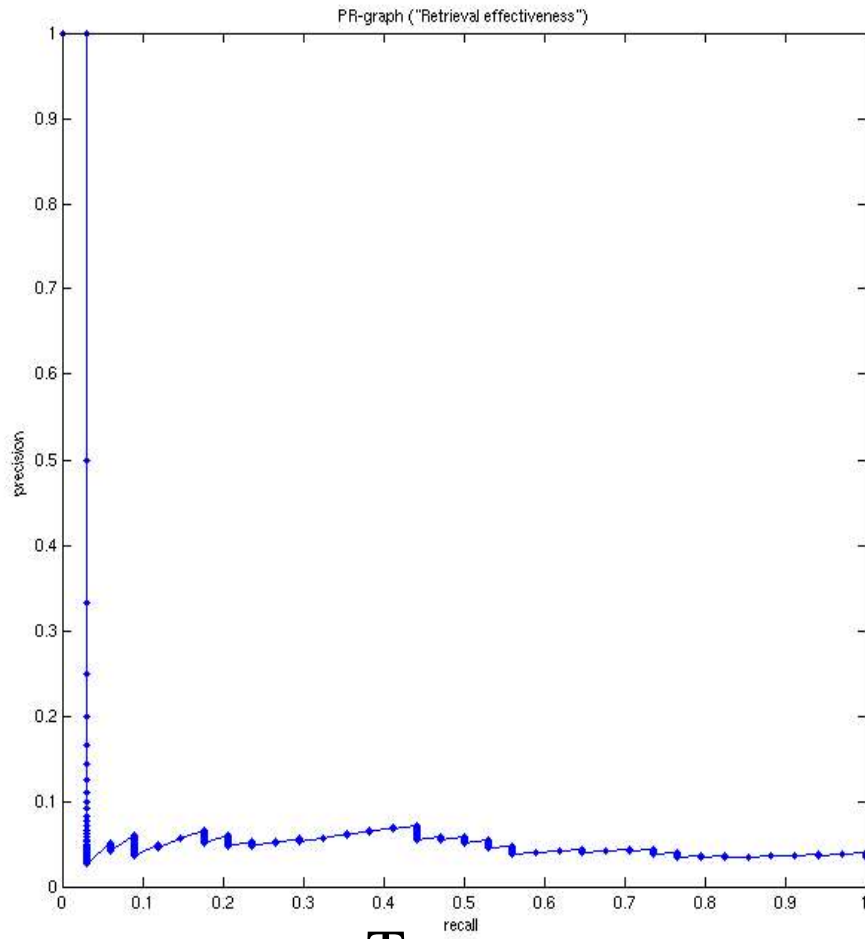


# Texture Features

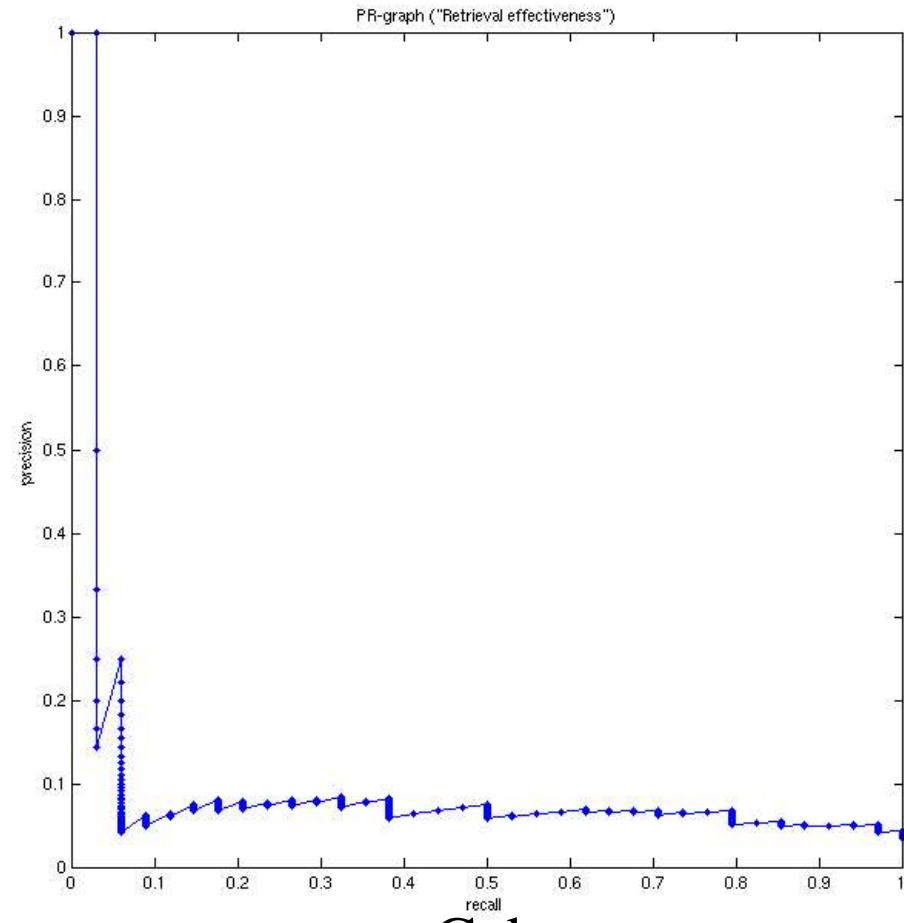


Anfragebild: 819.JPG

## Evaluation

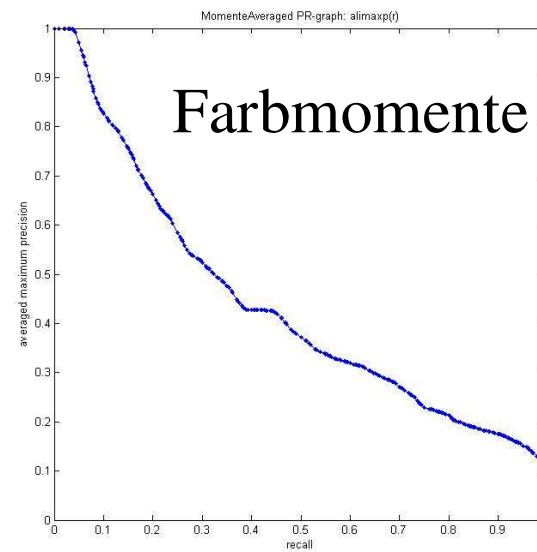
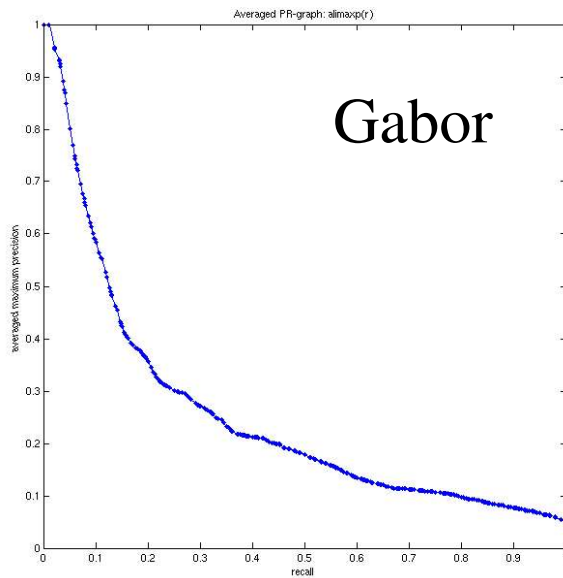
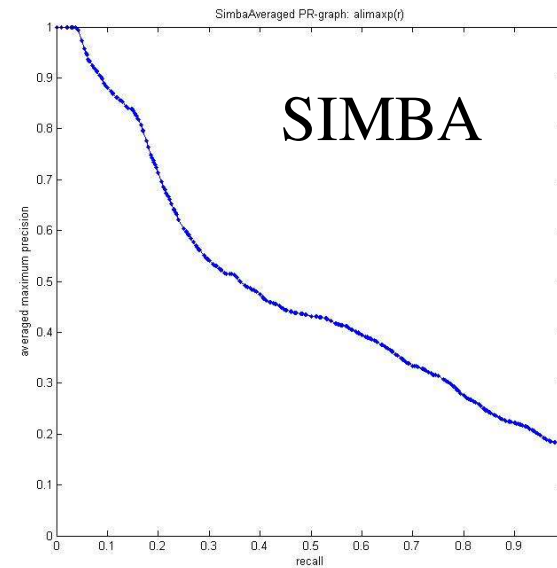
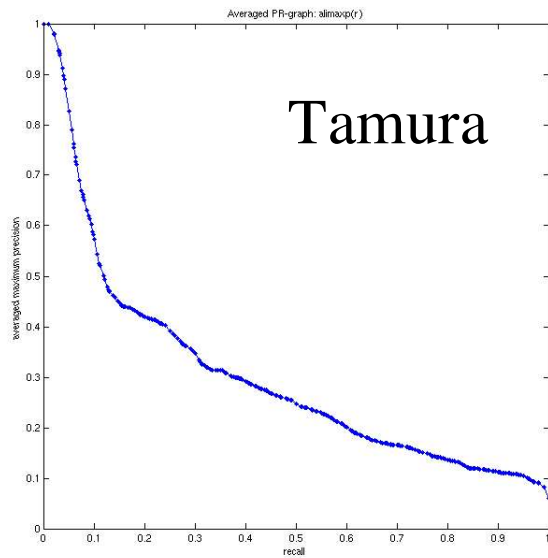


Tamura



Gabor

# Average PR Graph





---

# Texturmerkmale

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit



---

## Literatur:

- B.S. Manjunath, Wei-Ying Ma - „Texture Features for Image Retrieval“ - in Image Databases: Search and Retrieval of Digital Imagery
- P.Howard and S.Rüger - „Evaluation of Texture Features for Content Based Image Retrieval“
- Tamura H., Mori S., Yamawaki T.:“ Textural features corresponding to visual perception.“ IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics 8 (1978) 460-472