

Bildfilterung im Ortsfrequenzbereich

Aufgabenstellung:

Es sollen verschiedene Filteroperationen (Tiefpass, Hochpass, usw.) auf Bildern durchgeführt werden. Die Bildfilterung soll dabei nicht durch Faltung mit entsprechenden Filterkernen durchgeführt werden, sondern stattdessen durch Multiplikation des fouriertransformierten Bildes mit der Filterübertragungsfunktion $H(u,v)$.

Stichworte: Anwendung der 2D-Fouriertransformation
Entwurf von Filtern im Ortsfrequenzbereich

Beschreibung:

Ortsdiskrete Signale (z.B. Digitalbilder) können mit Hilfe der diskreten Fouriertransformation (DFT) in den Ortsfrequenzbereich transformiert werden. Dabei wird ein Bild der Größe $m \times n$ in zwei Bilder der Größe $m \times n$ transformiert, eins für den Realanteil und eins für den Imaginäranteil der Fouriertransformierten. Die Abtastschrittweite zwischen zwei Bildpunkten beträgt im Ortsbereich (=Bild) 1 und im Ortsfrequenzbereich (=DFT) $1/m$ in x-Richtung bzw. $1/n$ in y-Richtung.

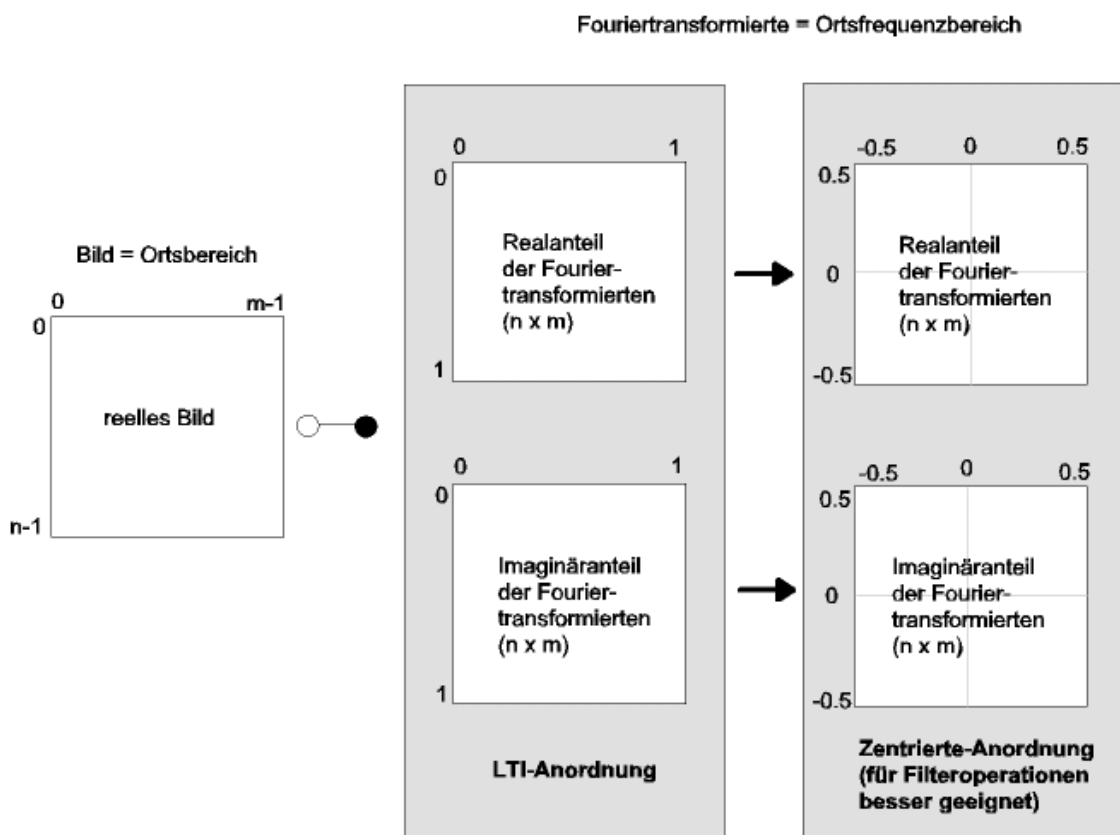


Bild 1: Diskrete Fouriertransformation

Bildfilterung im Ortsfrequenzbereich

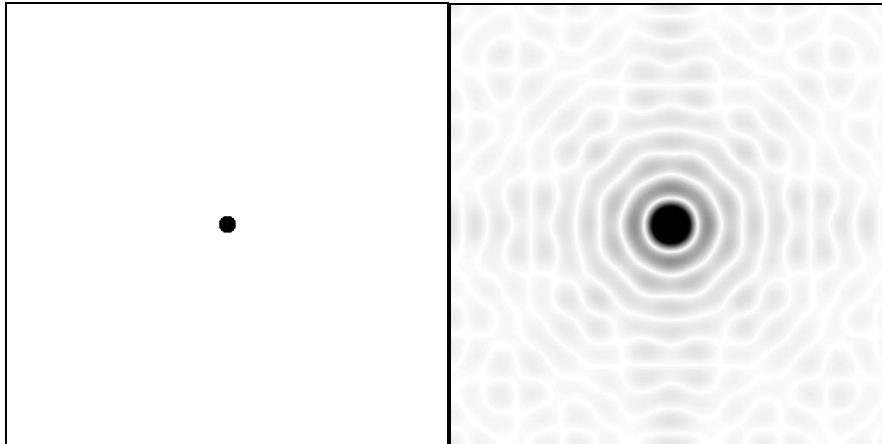


Bild 2: Bild einer Kreismarke Fouriertransformierte der Kreismarke (zentriert)

Durch Multiplikation der Fouriertransformierten mit der Filterübertragungsfunktion $H(u,v)$ lassen sich nun Filteroperationen wie Tiefpaß, Hochpaß, Bandpaß u.s.w. sehr leicht ausführen (s. Bild 2 und 3).

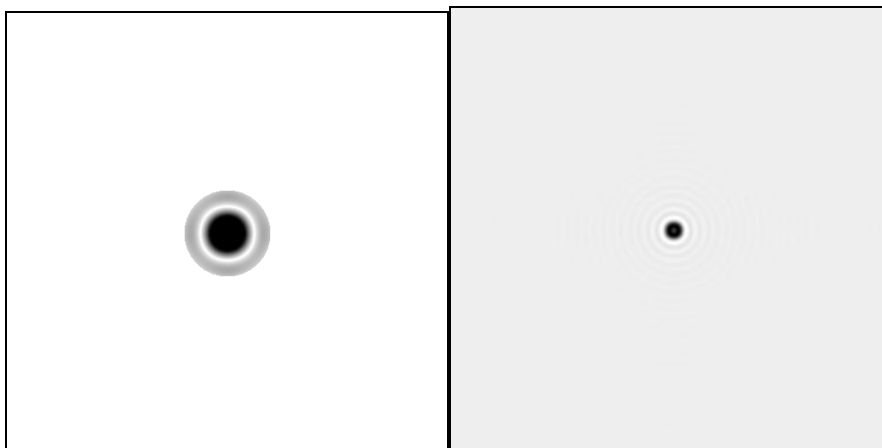


Bild 3: Fouriertransformierte mit $H(u,v)$ multipliziert (Mittenbereich ausgestanzt) Tiefpaß-gefiltertes Bild

Im Rahmen des Praktikums sind verschiedene Filterfunktionen (im Ortsfrequenzbereich) zu realisieren:

Bildfilterung im Ortsfrequenzbereich

Lösungsansatz:

Der nachfolgend angegebene Datenflußgraph (Bild 4) ist in der vorbereiteten Funktionshülle

```
void RV03::operator()(int argc, char *argv[]) {..... }
```

bereits realisiert und vorgegeben. Aufgabe des Praktikums ist es, die Filteroperationen zu realisieren.

Die 2-dimensionale diskrete Fouriertransformation sowie die inverse Transformation sind bereits in der LTILib vorhanden und werden wie folgt angewendet:

```
fft2d.apply(src, real, imag);  
ifft2d.apply(real2, imag2, filt);
```

Die Fouriertransformation erfordert Bildpunkte vom Typ "double". Aus diesem Grund sind alle Bilddaten vom Typ "channel".

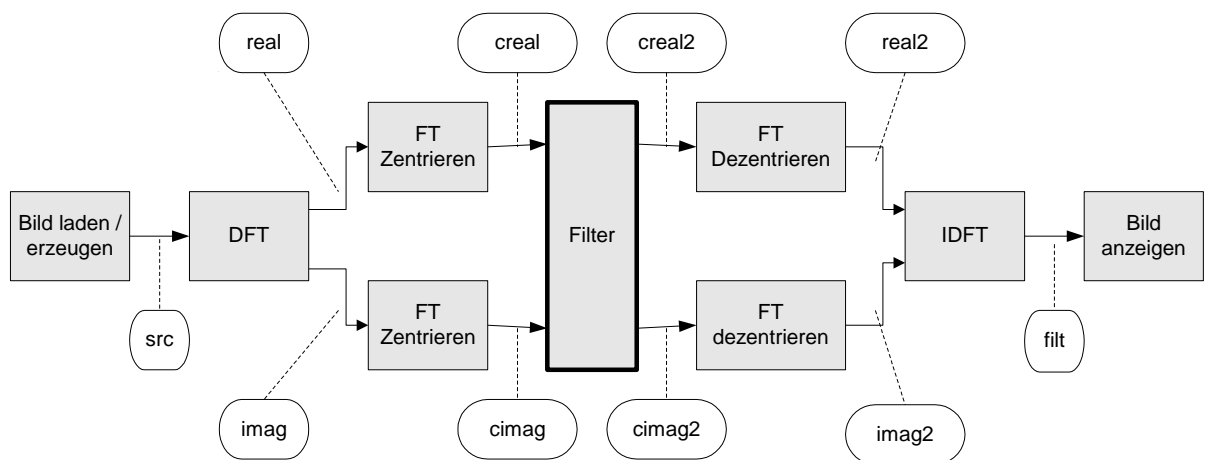


Bild 4: Datenfluß

Die Datenanordnung des Real- und Imaginärteils ist nach der DFT für die Transformation optimiert. Für die Filterung ist eine andere Datenanordnung günstiger (s. Bild 1). Aus diesem Grund wird die Fouriertransformierte vor der Filterung "zentriert" und nach der Filterung wieder "dezentriert". Die entsprechenden Funktionen sind bereits realisiert.

Die zentrierte Datenanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass die Frequenz 0 in der Bildmitte ist. Die Übertragungsfunktionen müssen daher symmetrisch zu Bildmitte sein (s. Bild 3).

Bildfilterung im Ortsfrequenzbereich

Man kann zwischen verschiedenen Eingangsbildern wählen, indem der gewünschte PatternType aktiviert wird.

```
enum Pattern {PAT_BOAT,           // Bild eines Bootes
               PAT_CIRCLE,        // zentr. Kreis
               PAT_RECT,          // zentr. Quadrat
               PAT_LAMBDA,        // zentr. Grauwertkegel
               PAT_COSINE,        // Cosinusbild
               PAT_BOAT_SINNOISE}; // gestörtes Bild
```

```
Pattern PatternType=PAT_CIRCLE;
```

Analog soll man durch Auswahl der Filterfunktion die nachfolgend angegebenen Filter aktivieren können. Die entsprechenden Übertragungsfunktionen sind zu realisieren.

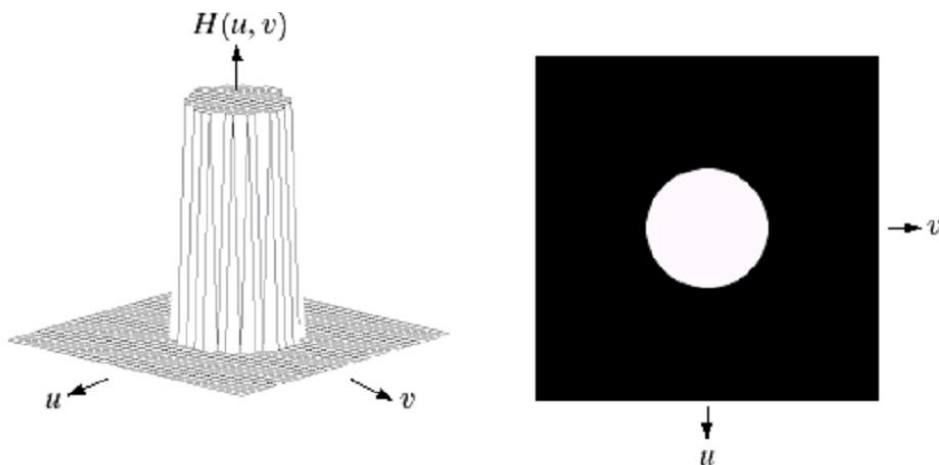


Bild 5: Übertragungsfunktion $H(u,v)$ = idealer Tiefpass

a) Idealer Tiefpass:

$$H(u,v) = \begin{cases} 1.0 & \text{für } r \leq \text{FilterSize} \\ 0.0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Anm.: r = euklid. Distanz vom Zentrum,

$$\text{also } (r^2 = u^2 + v^2) \text{ ((u, v) = (0,0) in der Bildmitte).}$$

Filtern Sie verschiedene Eingangsmuster und variieren Sie *FilterSize*. Erklären Sie die Ergebnisse mit Hilfe der Systemtheorie.

Bildfilterung im Ortsfrequenzbereich

b) Gauss-Tiefpass:

$$H(u,v) = e^{-r^2 / 2\sigma^2}$$

Anm.: r = euklid. Distanz vom Zentrum

also $(r^2 = u^2 + v^2)$ ($(u, v) = (0,0)$ in der Bildmitte).

σ = Filterbreite

Filtern Sie verschiedene Eingangsmuster und variieren Sie σ (z.B. $\sigma=10$, $\sigma=20$).

Vergleichen Sie das Ergebnis des Gauss-Tiefpasses mit dem Ergebnis des idealen Tiefpasses. Erklären Sie die Ergebnisse mit Hilfe der Systemtheorie.

c) Idealer Hochpass:

$$H(u,v) = \begin{cases} 0.0 & \text{für } r \leq \text{FilterSize} \\ 1.0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Anm.: r = euklid. Distanz vom Zentrum

Filtern Sie verschiedene Eingangsmuster und variieren Sie *FilterSize*.

Erklären Sie die Ergebnisse mit Hilfe der Systemtheorie.

d) Gauss-Hochpass:

$$H(u,v) = 1 - e^{-r^2 / 2\sigma^2}$$

Anm.: r = euklid. Distanz vom Zentrum

σ = Filterbreite

Filtern Sie verschiedene Eingangsmuster und variieren Sie σ (z.B. $\sigma=10$, $\sigma=20$).

Vergleichen Sie das Ergebnis des Gauss-Tiefpasses mit dem Ergebnis des idealen Hochpasses. Erklären Sie die Ergebnisse mit Hilfe der Systemtheorie.

e) Restaurieren eines periodisch gestörten Bildes :

Betrachten Sie die Fouriertransformierte des Bildmusters "PAT_BOAT_SINNOISE". Entwerfen und realisieren Sie ein Entstörfilter, mit dem sich das Bild weitgehend restaurieren lässt.

Bildfilterung im Ortsfrequenzbereich

f) High-frequency-emphasis-Filter:

$$H(u,v) = a + b * H_{HP}(u,v)$$
$$\text{mit } H_{HP}(u,v) = 1 - e^{-r^2 / 2 * \sigma^2}$$

Anm.: r = euklid. Distanz vom Zentrum

σ = Filterbreite

a = 0.25..0.5 (typ)

b = 1.50..2.0 (typ.)

Filtern Sie verschiedene Eingangsmuster und variieren Sie σ (z.B. z.B. $\sigma=20$, $\sigma=40$) sowie a und b. Wofür lässt sich dieses Filter einsetzen?

g) LoG-Filter: (Laplacian-of-Gaussian)

$$H(u,v) = -r^2 e^{-\sigma^2 r^2 / 2}$$

Anm.: r = euklid. Distanz vom Zentrum

σ = Filterbreite

Filtern Sie verschiedene Eingangsmuster und variieren Sie σ (z.B. $\sigma=0.1$, $\sigma=0.05$). Wie sieht $H(u,v)$ aus? Wofür lässt sich dieses Filter einsetzen?

Mögliche Erweiterungen:

- Entwicklung korrespondierender Faltungsoperationen

Aufgabenbearbeitung:

Fertigzustellen sind

- Listing der entwickelten Software.
- Bilder, welche die Ergebnisse dokumentieren.

Weiter sollten Sie die Ergebnisse interpretieren können.