

## Praktikum Bildverarbeitung, Übung 2

### Frequenztransformation

In dieser Praktikumsübung werden ausgewählte Bilder zunächst in Zeilenrichtung und dann in Spaltenrichtung mittels FFT in den Fourierraum transformiert. Dabei wird die Informationsdarstellung im Fourierraum untersucht.

In Aufgabe 1 wird ein vorgegebenes Bild zeilenweise in den Fourierraum transformiert. Im berechneten Bild werden die Beträge der Fourierkoeffizienten berechnet und deren Bedeutung im Originalraum anhand von Beispielbildern mit horizontalen periodischen Strukturen inspiziert.

In Aufgabe 2 werden vom Beispielbild die Betragsspektren aller Zeilen aufsummiert. Im Summenspektrum wird dann die gemeinsame Grundfrequenz der Zeilen gesucht.

In Aufgabe 3 werden in einer Kopie des zeilentransformierten FFT-Bilds nur der Koeffizient 0 und die Koeffizienten der Grundfrequenz in jeder Zeile übernommen. Alle anderen Koeffizienten werden in der Kopie zu 0 gesetzt. Dann wird das Beispielbild zurück in den Originalraum transformiert und inspiziert.

In Aufgabe 4 wird das zeilentransformierte Bild spaltenweise in den Fourierraum transformiert, so dass man ein endgültiges FFT-Bild erhält. Von diesem FFT-Bild werden die Beträge der Koeffizienten berechnet und in einem Betragsbild ausgegeben. Verschiedene Betragsbilder werden inspiziert und die Bedeutung von Maximalwerten nachvollzogen.

In Aufgabe 5 wird schrittweise eine Kopie des FFT-Bilds erstellt. Beginnend mit Koeffizient 0,0 werden Koeffizienten aufsteigender Frequenzen in die Kopie übernommen. Zwischenergebnisse werden in den Originalraum zurücktransformiert und in einem AVI-Film gespeichert.

Im vorbereiteten Programmrahmen (Verzeichnis „Uebung\_02\_Programmierung/Frequenztransformation“) können Sie als Quellbild entweder eine als Kommandozeilen-Parameter angegebene Bilddatei einlesen oder ein Bild mit der Kamera als Quellbild aufnehmen. Passen Sie die Präprozessor-Direktiven entsprechend an.

Bereiten Sie alle Aufgaben vor dem Praktikumstermin gründlich vor und erstellen Sie soweit wie möglich schon vor dem Praktikumstermin Programmcode.

### Aufgabe 1: Zeilentransformation durchfuehren

Das Quellbilds `src` soll zeilenweise mithilfe der `FFT`-Funktion (siehe `FFT.h`) in den Fourierraum transformiert und im Ergebnisbild `z_fft_img` abgelegt werden.<sup>1</sup>

Gleichzeitig soll ein Betragsbild `z_fft_mag` vom Ergebnisbild berechnet werden.

Praktisch soll im Programmcode zunächst jede Zeile des Quellbilds in den Vektor `ori_zeile` kopiert werden. Dann soll der Vektor `ori_zeile` mithilfe der Funktion `FFT` transformiert und das Ergebnis im Vektor `fft_zeile` abgelegt werden. Dieser Vektor soll danach in die zugehörige Zeile des Ergebnisbilds kopiert werden. Weiterhin sollen von den komplexen Vektorwerten die Beträge berechnet und in die zugehörige Zeile des Betragsbilds kopiert werden.

Das Betragsbild wird durch vorgegebenen Programmcode skaliert und in einer Datei mit der Endung `"_z_fft_mag.bmp"` ausgegeben.

⇒ Erstellen Sie den Programmcode zur Zeilentransformation.

⇒ Transformieren Sie die Bilder `"Gartenzaun.bmp"` und `"sobel_2D-Barcode.bmp"`.

Inspizieren Sie die Betragsbilder.

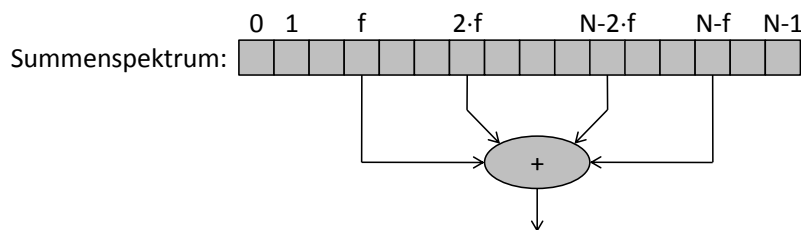
Ausarbeitung: Was ist der jeweilige Index der Grundfrequenz? Welche Periode (in Pixeln) besitzen diese Grundfrequenzen?

---

<sup>1</sup> Für komplexe Fourier-Koeffizienten wird die Klasse `complex<double>` der C++-Standardbibliothek verwendet, die die Methoden `real()` und `imag()` zum Zugriff auf den Real- bzw. Imaginäranteil sowie `abs()` zur Berechnung des Betrags bietet.

## Aufgabe 2: Gemeinsame Grundfrequenz aller Zeilen ermitteln

In folgenden wird angenommen, dass im betrachteten Bild eine periodische Struktur mit konstanter Frequenz in horizontaler Richtung existiert. Diese gemeinsame Grundfrequenz aller Bildzeilen (Dimension: Perioden pro Bildbreite) und ihre Periode (Dimension: Pixel) sollen ermittelt werden. Frequenz 1 bedeutet dabei, dass genau eine Periode die Bildbreite ausfüllt. Bei Frequenz  $f$  passen  $f$  Perioden in die Bildbreite. Es wird im Folgenden angenommen, dass die gesuchte Frequenz größer oder gleich einem vorgegebenen Wert  $k$  ist, also zumindest  $k$  Perioden in der Bildbreite auftreten.



Zur Bestimmung der in den Bildern vorhandenen horizontalen Frequenz werden die Betragsspektren aller Bildzeilen zu einem Summenspektrum aufsummiert, d. h. für  $i=0$  bis  $N-1$  wird der  $i$ -te Fourierkoeffizient aller transformierten Bildzeilen aufaddiert. Im Summenspektrum soll dann die Grundfrequenz  $f$  dadurch ermittelt werden, dass man für alle  $f$  im Wertebereich  $[k..N/4]$  die zugehörigen Koeffizienten  $f$  und  $(N - f)$  sowie die Koeffizienten  $2 \cdot f$  und  $(N - 2 \cdot f)$  der ersten Oberschwingung aufsummiert (siehe Abbildung oben). Dasjenige  $f$ , bei dem diese Summe maximal ist, ist die gesuchte Frequenz.

⇒ Erstellen Sie den Code zur Berechnung des Summenspektrums. Das Summenspektrum wird in eine CSV-Datei ausgegeben.

Erstellen Sie den Code zum Suchen der Grundfrequenz im Summenspektrum. Wählen Sie  $k = 5$ .

⇒ Berechnen Sie das Summenspektrum für die Bilder "*Gartenzaun.bmp*" und "*so-bel\_2D-Barcode.bmp*". Öffnen Sie jeweils die CSV-Datei mit einer Tabellenkalkulation (auf den Rechnern ist OpenOffice Calc verfügbar), erstellen Sie ein Liniendiagramm und inspizieren Sie die Maxima im Summenspektrum.

Überprüfen Sie, dass die im Liniendiagramm abgelesene Grundfrequenz auch korrekt vom Programm gefunden wird.

Bestimmen Sie die Periodenlänge der Grundfrequenz in Pixeln und verifizieren Sie im Originalbild, dass die Länge korrekt ist.

Ausarbeitung: Notieren Sie die gefundenen Grundfrequenzen.

---

### Aufgabe 3: Zeilenbild nur aus Mittelwert und Grundfrequenz erstellen

Vom zeilentransformierten Fourierbild sollen von den Zeilen nur der Gleichanteil (Koeffizient 0) und die Grundfrequenz (Koeffizienten  $f$  und  $(N - f)$ ) entnommen und alle anderen Koeffizienten zu 0 gesetzt werden. Diese Zeilen sollen zurück in den Originalraum transformiert und wieder zu einem Bild zusammengesetzt werden.

⇒ Erstellen Sie den Code zum Rücktransformieren der Zeilen aus Gleichanteil und Grundfrequenz. Skalieren Sie die Realanteile der `ori_zeile` so, dass 0.0 auf den Grauwert 0 und 1.0 auf den Grauwert 255 abgebildet wird. Zu große oder zu kleine Grauwerte sollen auf 255 bzw. 0 korrigiert werden.

⇒ Inspizieren Sie die aus den Quellbildern "*Gartenzaun.bmp*" und "*sobel\_2D-Barcode.bmp*" erzeugten Bilder aus zeilenweisem Gleichanteil und Grundfrequenz.

### Aufgabe 4: Spalten transformieren

Das bisher nur zeilentransformierte Bild soll nun auch in seinen Spalten transformiert werden. Dazu werden die Spalten des Bilds `z_fft_img` nacheinander in den Vektor `ori_spalte` kopiert. Der Vektor `ori_spalte` wird mithilfe der Funktion `FFT` transformiert und das Ergebnis dem Vektor `fft_spalte` zugewiesen. Von dort werden die transformierten Spalten in das Ergebnisbild `fft_img` kopiert. Gleichzeitig sollen die Beträge der Spalten berechnet und im Betragsbild `fft_mag` abgelegt werden.

Das Betragsbild wird anschließend durch vorgegebenen Code auf einen darstellbaren Wertebereich skaliert und in einem Bitmap-Bild mit der Endung "*\_fft\_mag.bmp*" ausgegeben. Weiterhin wird das Betragsbild zyklisch verschoben ausgegeben, so dass der Koeffizient 00 in der Bildmitte liegt (Shifting Darstellung).

⇒ Erstellen Sie den Code zur Transformation der Spalten.

⇒ Inspizieren Sie die aus den Quellbildern "*Gartenzaun.bmp*", "*sobel\_2D-Barcode.bmp*" und "*Strick\_1.bmp*" erzeugten Betragsbilder.

Ausarbeitung: Diskutieren Sie die Bedeutung der in den Betragsbildern vorhandenen Maxima.

## Aufgabe 5: Schrittweise Rücktransformation in den Originalraum

Vom Fourierbild `fft_img` sollen nun schrittweise Koeffizienten aufsteigender Frequenzen in ein Hilfsbild `fft_img_inc` kopiert werden. Dieses Hilfsbild wird zurück in den Originalraum transformiert. Die Inspektion des rücktransformierten Bildes im Originalraum zeigt dann den zunehmenden Informationsgehalt des Bildes bei zunehmender Anzahl hoher Frequenzkoeffizienten.

Rechts ist in der Shifting-Darstellung das Schema gezeigt, wie dem Hilfsbild die aufsteigenden Koeffizienten hinzugefügt werden. Es wird mit dem Koeffizienten 0,0 begonnen, er enthält den mittleren Grauwert des Bildes. Dann wird die Schicht der mit '1'-gekennzeichneten Koeffizienten hinzugefügt, danach die Schicht mit '2', usw.

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	1	0	1	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

Aus den rücktransformierten Bildern im Originalraum wird ein AVI-Video erstellt, welches den schrittweise zunehmenden Informationsgehalt zeigt.

⇒ Erstellen Sie den Code zum Kopieren der aufsteigenden Koeffizientenschichten in das Bild `fft_img_inc` und zu dessen Rücktransformation (durch die Funktion `iFFT_2D`) in den Originalraum.

⇒ Inspizieren Sie das mit dem Bild "*Bartmann.bmp*" erzeugte Video.

Ausarbeitung: Nach wie vielen Schichten zeigt das Video ein annehmbares Bild?