

## Systemtheorie der Sinnesorgane – Übung 5

Zu diesem Teil der Vorlesung dient das Buch *Systemtheorie der visuellen Wahrnehmung* von Gert Hauske als grundlegende Literatur.

### 1 Zwei-Dimensionale Fourier Transformation

- a) Generieren Sie in einem Graustufenbild der Größe  $30 \times 30$  Pixel diagonale Linien mit den Ortsfrequenzen  $f_x = 0.1/\text{Pixel}$  und  $f_y = 0.2/\text{Pixel}$ . Es gibt keine „negative Helligkeit“, addieren Sie also dementsprechend einen DC-Anteil zur Helligkeit der Linien.  
*Hinweis:* In Matlab können Sie mit `[X,Y] = meshgrid(x,y)` aus den Vektoren `x` und `y` zwei 2D-Matrizen erzeugen, mit denen Sie Ausdrücke wie  $Z = X + Y.^2$  einfach berechnen können.
- b) Erzeugen Sie mithilfe des Befehls `fft2` das 2-dimensionale, logarithmische Amplitudenspektrum. Die angehängte Funktion `fftfreq.m` hilft Ihnen dabei, korrekte Frequenzachsen zu generieren. In 2D werden in der Regel positive und negative Frequenzen zwischen  $-f_s/2$  und  $f_s/2$  aufgetragen (statt zwischen 0 und  $f_s$ , wie standardmäßig in MATLAB). Mit `fftshift` und `ifftshift` können Sie die Darstellung hin und her ändern.  
*Hinweis:* Die Fourier-Transformation einer einzelnen Zeile können Sie wie in den vorherigen Übungen berechnen, sie muss den korrekten  $f_x$ -Wert widerspiegeln.
- c) Wie groß ist der kürzeste Abstand zwischen zwei Linien? Welche Frequenz entspricht dieser Wellenlänge?  
*Nützliche Matlab Befehle:* `meshgrid`, `imshow` (für Bilder), `imagesc` (für die Spektren), `fftshift`, `axis image`, `colormap gray`, `caxis`.

### 2 Orts- und Zeitfrequenzen

- a) Generieren Sie ein Video, in dem sich ein Linienmuster der Ortsfrequenz  $f_x = 0.1/\text{Pixel}$  mit einer Geschwindigkeit von 1 Pixel/s nach links bewegt. Die Matlab-Vorlage generiert und speichert ein Video aus Einzelbildern. Bitte laden Sie als Abgabe Ihren MATLAB-Code als separate Datei hoch und *nicht* die Videosequenzen.
- b) Mit welcher Frequenz ist die Helligkeit eines einzelnen Pixels moduliert?

### 3 Filtern im Fourier-Raum

- a) Was ist die Impulsantwort eines idealen Tiefpassfilters im eindimensionalen Fall?
- b) Laden Sie jetzt die Bilder `bricks.jpg`<sup>1</sup> und `alhambra.jpg`<sup>2</sup> und stellen Sie die zweidimensionalen logarithmischen Amplitudenspektren dar. Wo spiegeln sich die Muster wider?
- c) Implementieren Sie einen Tiefpassfilter, indem Sie die Amplituden aller Frequenzen oberhalb einer Grenze von  $0.13/\text{Pixel}$  gleich Null setzen. Stellen Sie das gefilterte Spektrum und die inverse Fouriertransformation dar. *Hinweis:* Hier müssen Sie auf die Symmetrie aufpassen, damit Sie am Ende ein rein reelles Bild bekommen können.

Viel Erfolg!

---

<sup>1</sup>Modified from A wall by Ervins Strauhmanis, CC-BY 2.0

<sup>2</sup>Modified from Tassellatura alhambra by Patrick Gruban, CC-BY-SA 2.0