

Version: 24. Oktober 2023

Hinweis: Die Übungsaufgaben sind innerhalb der Phase des Selbststudiums zu lösen. Während der Übungs-Lehrveranstaltungen werden lediglich die Lösungen verglichen und gegebenenfalls Probleme diskutiert. Ausgenommen sind davon die ImageJ- und Matlab-Übungen, welche im PC-Pool während der Übungs-Lehrveranstaltungen absolviert werden können.¹ Voraussetzung dafür sind jedoch Grundkenntnisse in Matlab.

0.0 Matlab-Einführung

0.1 Verschaffen Sie sich einen Überblick zu den Möglichkeiten von Matlab mit Hilfe des Skripts „MATLAB“ von Anton Siebert!

0.2 Machen Sie sich mit den grundlegenden Möglichkeiten von **Matlab** vertraut auf Basis der „Einführung in Matlab“ von Cora Kohlmeier, Abschnitte 1 bis 2.3.

- a) Probieren Sie die vorgegebenen Rechnungen aus.
- b) Machen Sie sich mit den Hilfe Funktionen von Matlab vertraut

- `>> help help`
- `>> help lookfor`
- `>> help doc`

0.3 Homework: Studieren Sie den Grundlagenkurs „**Matlab** - Skript 1“ von André Naß (Abschnitte 1 bis 8).

0.4 Gegeben ist folgendes **Matlab**-Programm:

```
x = [3, 0, 5];
y = [9; 1 ; 2];
xs = x(:);
z1 = x * y;
z2 = xs .* y;
```

- a) Notieren Sie die Ergebnisse für x_s , z_1 und z_2 !
- b) Mit welchen mathematischen Operationen wurden z_1 und z_2 berechnet?

0.5 Schreiben Sie ein Matlab-Programm für die punktweise Multiplikation von $\{x[n]\} = \{3, 0, 5, 4, 2, 1\}$ und $\{y[n]\} = \{9, 2, 3, 0, 5, 4, 1\}$

0.6 Was wird mathematisch gesehen durch folgendes Matlab-Programm berechnet? Geben Sie die Formel zur Berechnung von **z** schriftlich an.

```
N = 5;
x = rand( 1, N) * 5;
y = randn( 1, N);
z = x * y'
```

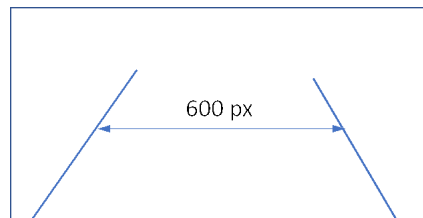
0.7 Programmieren mit **Matlab**. Arbeiten Sie die Abschnitte 3 und 4 aus „Einführung in Matlab“ von Cora Kohlmeier durch.

- a) Probieren Sie die vorgegebenen Programme aus und variieren Sie diese um ein Verständnis dafür zu erlangen bzw. zu festigen!
- b) Erstellen Sie für die Programme einzelne *.m-Files. Beachten Sie die Einschränkungen bezüglich der Dateinamen (muss mit Buchstaben beginnen, keine Leer- oder Sonderzeichen außer Underscore).

¹Das gilt, wenn Präsenz-Übungen stattfinden.

1 Einführung + Bildgebung

- 1.1 Gegeben ist ein System (Blackbox), welches Daten am Eingang aufnimmt, verarbeitet und wieder Daten ausgibt.
- Unter welcher Voraussetzung handelt es sich um ein System der Bildverarbeitung?
 - Unter welcher Voraussetzung handelt es sich um ein Machine-Vision-System?
- 1.2 Nennen Sie fünf konkrete Anwendungen der Bildverarbeitung!
- 1.3 Was versteht man unter ‚örtlicher Auflösung‘?
- 1.4 Erläutern Sie den Begriff ‚4-Nachbarschaft‘ !
- 1.5 Gegeben sei ein Signal mit vier Signalwerten: $\{x[n]\} = \{8, 7, 3, 5\}$. Wie lauten die Signale der einzelnen Bitebenen?
- 1.6 Ermitteln Sie die reale Größe (in mm) eines Bildes mit 1400×1050 quadratischen Bildpunkten und einer Auflösung von 72dpi.
- 1.7 Die Frontkamera eines Autos erfasst eine gerade Straße und voraus fahrende Fahrzeuge. Das Bild hat eine örtliche Auflösung von 1080×720 Bildpunkten. Ein Objekt mit einer Breite von $g = 10$ m und einem Abstand von $d_f = 5$ m füllt das Kamerabild vollständig aus. Die zu erkennenden seitlichen Fahrbahnmarkierungen auf dem Asphalt haben real einen Abstand von 2.80 m. Wie weit sind Fahrbahnmarkierungen vom Auto entfernt (in cm), die im Bild einen Abstand von 600 Bildpunkten haben (Annahme: Projektion wie bei Lochkamera)?



- 1.8 Mit welcher logischen Operation erhält man die dritte Bitebene eines Bildes? Wie müssten diese Bits verarbeitet werden, damit die gesetzten Bits weiß und die andern schwarz angezeigt werden?
- 1.9 Geben Sie den ungefähren Wellenlängenbereich für sichtbares Licht an! An welchem Ende liegt der infrarote Bereich?
- 1.10 Nennen Sie zwei Messverfahren, welche sichtbares Licht zur Bildgebung verwenden! Welche Information über die aufgenommenen Objekte werden damit aufgezeichnet?

2 Bildaufnahme

- 2.1 Die Helligkeit von Glühlampen und Leuchtstoffröhren schwankt mit doppelter Netzfrequenz. Warum?
- 2.2 Mit einer Digitalkamera wird ein Objekt fotografiert und entsprechend Ladungen in lichtempfindlichen Elementen des Kamerasensors akkumuliert. Welche Dinge beeinflussen die Anzahl der gesammelten Ladungsträger?
- 2.3 In welchen zwei Dingen unterscheiden sich analoge und digitale Signale maßgeblich?

- 2.4 Bei der Digitalisierung von Audiosignalen spielt das Verhältnis von maximaler Audiofrequenz und Abtastfrequenz eine wichtige Rolle. Ist es auch für Bilddaten entscheidend? Erläutern Sie.
- 2.5 In den meisten Digitalkameras wird ein sogenanntes Bayer-Pattern zur separaten Aufnahme von roten (R), grünen (G) und blauen (B) Lichtanteilen verwendet. In welchem zahlenmäßigen Verhältnis stehen die Komponenten zu einander?
- 2.6 Welches Bauteil einer digitalen Kamera bestimmt maßgeblich die sogenannte Point-Spread-Funktion?
- 2.7 Wie heißt der Effekt, wenn bei der digitalen Aufnahme eines Bildes das Abtasttheorem verletzt wird?
- 2.8 Erläutern Sie drei Gründe für unscharfe Bilder bzw. unscharf dargestellte Objekte in Bildern.
- 2.9 Nennen Sie vier Leuchtmittel (Beleuchtungsmöglichkeiten) und sortieren Sie sie nach ihrer Eignung für Machine-Vision-Aufgaben! Nach welchen Kriterien bewerten Sie die Eignung?
- 2.10 Erläutern Sie verschiedene Varianten zur digitalen Speicherung von Farbbildern im Computer, wenn man mit einer Software auf die Bilddaten zugreifen möchte.
- 2.11 Was versteht man unter einer 8er-Nachbarschaft?
- 2.12 Erläutern Sie die Abkürzungen RGB, CMYK und HSL.
- 2.13 Nennen und erläutern Sie drei Arten der Beleuchtung.
- 2.14 Erläutern Sie, was ein Weißabgleich ist und wozu er gut ist.
- 2.15 Was ist der Unterschied zwischen ‚True-Colour-Bildern‘ und ‚Palettenbildern‘?

Moodle Bildaufnahme

- 2.16 Bei der Hellfeldbeleuchtung befinden sich Kamera und Beleuchtung auf derselben Seite des Objektes. Bitte wählen Sie eine Antwort:
 - ☐ Wahr
 - ☐ Falsch
- 2.17 Für eine erfolgreiche Bildaufnahme gilt welche der folgenden Aussagen?
 - ☐ Die optimalen Bedingungen hängen von der Aufgabenstellung ab.
 - ☐ Die Reflexion von Licht sollte vermieden werden.
 - ☐ Die besten Aufnahmen gelingen bei gutem Sonnenlicht.
 - ☐ Die Szene bzw. das Objekt sollte optimal (z. B. frontal) ausgeleuchtet sein.
- 2.18 Die sogenannte Point-Spread-Funktion wird maßgeblich von folgendem Bauteil einer Kamera bestimmt:
 - ☐ Objektiv
 - ☐ Blende
 - ☐ Kamerachip
 - ☐ Verschluss (Shutter)

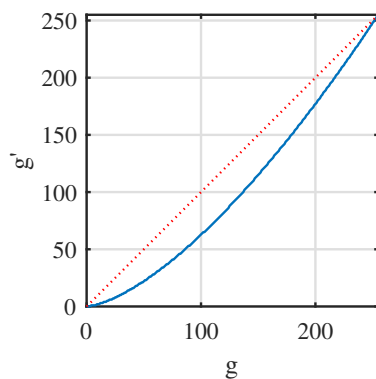
- 2.19** Die Helligkeit von Glühlampen und Leuchtstoffröhren schwankt mit doppelter Netzfrequenz. Warum?
- ☐ Weil die Helligkeit in Wellenberg und Wellental des Wechselstroms jeweils maximal ist und im Nulldurchgang minimal.
 - ☐ Der Strom wird gleichgerichtet. Dadurch verdoppelt sich die Schwingungsanzahl.
- 2.20** Die Durchlichtmethode ist besonders geeignet für das Bestimmen der Form eines flachen Metallbauteils. Bitte wählen Sie eine Antwort:
- ☐ Wahr
 - ☐ Falsch
- 2.21** Ordnen Sie zum Farbsinneseindruck das passende RGB-Farbtupel zu!
- Violett
 - Dunkelgrau
 - Olivegrün
 - Dunkelrot
 - Braun
 - Orange
 - Dunkelblau
 - Hellrot
- 2.22** Für das sogenannte Salt&Pepper-Noise sind folgende Signalwerte charakteristisch:
- 2.23** Bei der Hellfeldbeleuchtung ist Beleuchtung so angeordnet, dass eine direkte Reflexion des Lichtes in die Kamera vermieden wird. Bitte wählen Sie eine Antwort:
- ☐ Falsch
 - ☐ Wahr

3 Punktoperationen

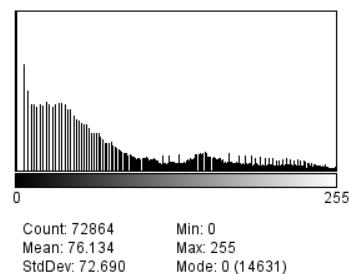
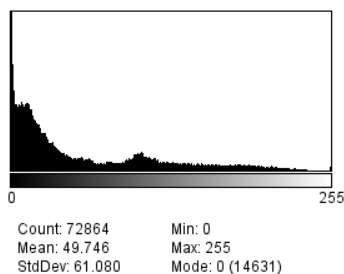
3.1 Gegeben sei folgendes Bild mit einer Signalwert-Auflösung von 4 Bits pro Bildpunkt

8	1	1	2	4	4	3	4
0	5	0	8	5	3	5	3
5	5	9	2	7	5	1	4
2	3	0	5	6	1	5	7
0	3	5	5	2	3	5	2
2	0	2	2	7	9	3	0
1	1	1	1	8	4	2	3
5	1	1	0	3	5	3	3

- Bestimmen Sie das Histogramm (tabellarisch).
 - Normalisieren Sie das Bild (tabellarisch) und geben Sie das Histogramm (tabellarisch) des neuen Bildes an.
 - Führen Sie einen Histogrammausgleich durch. Geben Sie die Übertragungsfunktion tabellarisch an.
 - Bestimmen Sie das Histogramm (tabellarisch) des neuen Bildes.
- 3.2 Zeichnen Sie ein Diagramm mit der Transferkurve, welche in Aufgabe 3.1b) für das Normalisieren verwendet wurde.
- 3.3 Folgende Transferfunktion (durchgezogen) ist gegeben. Beschreiben Sie, wie das Bild durch diese Kurve verändert wird.



- 3.4 gegeben sind zwei Histogramme. Links ist das Histogramm des originalen Bildes zu sehen, rechts das Histogramm des modifizierten Bildes. Welcher Punktoperator wurde angewendet?



4 Signaltheorie

- 4.1 Erläutern Sie an einem Signalbeispiel die Aussage eines Spektrums $X(f) \leftrightarrow x(t)$!

- 4.2** Mit welcher mathematischen Methode berechnet man das diskrete Spektrum eines digitalen Signals?
- 4.3** A/D-Wandlung
- Erläutern Sie den prinzipiellen Vorgang bei der Wandlung von analogen in digitale Signale!
 - Wodurch sind digitale Signale gekennzeichnet?
 - Wie unterscheidet sich das Spektrum abgetasteter Signale von den Spektren vor der Abtastung?
- 4.4** Erläutern Sie ein generelles Problem bei der Umwandlung von zeit-kontinuierlichen in zeit-diskrete Signale.
- 4.5** Wie nennt man den Aliasing-Effekt bei Bildern?
- 4.6** Skizzieren Sie folgende Sequenzen:
- $\{x[n]\} = \{2, 0, 1, -1, 3, 0, 1\}$ für den Bereich $n = 0, 1, 2, \dots$,
 - $\{x[n]\} = \{0, 0, 1, 2, 2, 0, 1, 2\}$ für den Bereich $n = -3, -2, -1, \dots$,
 - $\{x[n]\} = \{2, 1, 0, 2, 1, 0, 1\}$.
- 4.7** Was ist der Unterschied zwischen deterministischen und stochastischen Signalen?
- 4.8** Berechnen Sie die Korrelationsfolgen $R_{xy}[m] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot y[n-m]$ zwischen folgenden Signalen:
- $x[n] = \{1, 2, 1, 0, 1\}$, $y[n] = \delta[n-1]$,
 - $x[n] = \text{rect}_3[n+1]$, $y[n] = \{1, 2, 1\}$,
 - $x[n] = \{1, 1, -1, -1, -1, 1\}$, $\{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1\}$,
 - $x[n] = \{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1\}$, $\{1, 1, 1, -1, -1, 1, -1\}$,
 - $x[n] = \{1, -1, 1, -1, -1, 1\}$, $\{1, 1, 1, -1, 1, -1\}$,
- 4.9** Berechnen Sie das Faltungsergebnis $z[n] = x[n] * y[n]$ zwischen folgenden Signalen:
- $x[n] = \{1, 2, 1, 0, 1\}$, $y[n] = \delta[n-1]$,
 - $x[n] = \text{rect}_2[n+1]$, $y[n] = \text{rect}_1[n] + \delta[n]$,

5 Lokale Operationen

5.1 Gegeben sei folgendes Bild

1	1	1	2	4	4	3	4
0	1	0	8	5	3	5	3
5	5	4	9	9	8	7	6
2	3	2	7	6	4	5	7

- Führen Sie horizontal eine Gradientenfilterung mit einer zentrierten Maske durch.
- Führen Sie horizontal eine Gradientenfilterung mit dem Prewitt-Filter durch.
- Wiederholen Sie die Prewitt-Operation mit separierten Impulsantworten
- Wie ändert sich das Filterergebnis, wenn mit einem separierten Sobel-Filter gearbeitet wird?

5.2 Gegeben sei eindimensionales Signal mit einer unscharfen Kante

$$\{x[n]\} = \{0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 4\}$$

- Führen Sie eine Kantenverschärfung mit dem Laplace-Operator durch. Stellen Sie das Ergebnis grafisch dar. Welches Problem ergibt sich?
- Führen Sie eine Kantenverschärfung mit dem Unsharp-Masking-Verfahren durch. Verwenden Sie zum Filtern einen Spalttiefpass mit $M = 3$. Stellen Sie das Ergebnis grafisch dar.

5.3 Überlegen Sie, welche Auswirkungen ein lineares Filter mit folgender Impulsantwort hat:

$$g[n_1, n_2] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

5.4 Nennen Sie zwei Gradientenoperatoren und erläutern Sie deren Impulsantworten.

6 Rang-Operatoren

6.1 Gegeben sei folgendes Bild

1	1	1	2	4	4	3	4
0	1	0	8	5	3	5	3
5	5	4	9	9	8	7	6
2	3	2	2	6	4	5	7

- Führen Sie eine 3×3 -Median-Filterung durch (Maske vollständig innerhalb des Bildes).
- Überlegen Sie, ob das 3×3 -Median-Filter separierbar ist.
- Führen Sie aufeinander folgende 3×1 - und 1×3 -Median-Filterung durch.
- Vertauschen Sie die Reihenfolge und vergleichen Sie die Ergebnisse.

7 Detektoren

7.1 (Zero-Crossing, Matlab) Gegeben sei eindimensionales Signal

$$\{x[n]\} = \{0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 6 \ 6 \ 6 \ 3 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 3 \ 6 \ 10 \ 13 \ 15 \ 16 \ 16 \ 0 \ 0 \ 0\}$$

- Notieren Sie die Positionen n , welche dem Zentrum einer Kante (z. B. maximaler Anstieg) entsprechen!
- Bestimmen Sie die erste Ableitung mit einem zentrierten Gradienten-Filter!
- Bestimmen Sie daraus die zweite Ableitung!
- Erzeugen Sie ein Signal, welches die Nulldurchgänge markiert!
- Stellen Sie alle Signal grafisch dar! Beschriften Sie die Achsen und geben Sie eine Legende an!
- Diskutieren Sie die Probleme!
- Glätten Sie das Signal vor der Kantendetektion mit einem Binomial-Filter vierter Ordnung und wiederholen Sie alle Schritte.

- 7.2** Zeigen Sie das Live-Bild einer USB-Kamera auf dem Bildschirm. Überlagern Sie das Bild mit einer Kanteninformation, welche Sie mit Hilfe des `edge()`-Befehls und der Canny-Methode erzeugen.
- 7.3** Zeigen Sie das Live-Bild einer USB-Kamera auf dem Bildschirm. Überlagern Sie das Bild mit einer Ecken-Information, welche Sie mit Hilfe eines geeigneten Matlab-Befehls erzeugen können.

8 Verarbeitung von Binärbildern

8.1 Das folgende Binärbild ist gegeben:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

a) Führen Sie eine Erosion durch mit folgendem Strukturelement:

1	1	1
---	---	---

b) Führen Sie eine Dilatation durch mit folgendem Strukturelement:

0	1	0
1	1	1
0	1	0

8.2 Der folgende Ausschnitt aus einem Binärbild ist gegeben (alle nicht dargestellten Bildpunkte sind gleich Null):

0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

a) Führen Sie ein Opening durch mit folgendem Strukturelement:

1	1	1
---	---	---

b) Führen Sie ein Closing durch mit folgendem Strukturelement:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

8.3 Das folgende Binärbild ist gegeben:

1	1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1

- a) Führen Sie ein initiales Labeling durch und erzeugen Sie eine Zuordnungstabelle für die verwendeten Label!
- b) Bereinigen Sie die Zuordnungstabelle.
- c) Vollenden Sie das Labeling in einem zweiten Durchlauf.

9 Texturanalyse

9.1 Gegeben sei folgendes Bild

1	1	1	2	4	4	3	4
0	1	0	4	2	3	3	3
2	3	4	3	0	1	1	0
2	3	2	4	1	4	1	1

- Zeichnen Sie das Histogramm des Bildes. Wie lautet der Modalwert?
- Erstellen Sie ein zweidimensionales Histogramm (Co-occurrence-Matrix) basierend auf einer horizontalen Nachbarschaft $[n_1, n_2] \leftrightarrow [n_1 + 1, n_2]$.
- Erstellen Sie zweidimensionales Histogramm (Co-occurrence-Matrix) basierend auf einer vertikalen Nachbarschaft $[n_1, n_2] \leftrightarrow [n_1, n_2 + 1]$.
- Berechnen Sie die abgeleiteten Merkmale: Energie, Kontrast, Entropie und Korrelation für die vertikale Nachbarschaft.

9.2 Wie lauten Laws Masken L3, E3 und S3? Welchen bekannten Operatoren entsprechen diese Masken?

9.3 Wie können Laws Masken der Länge 5 aus Laws Masken der Länge 3 abgeleitet werden?

9.4 Wie lautet Laws Filtermaske für 'Wave7'? (Hinweis: 'Wave' entspricht dritter Ableitung des Bildsignals.)

10 Matlab

10.1 Matlab kennenlernen

10.1.1 Machen Sie sich mit folgenden Matlab-Funktionen zum Speichern, Laden und Anzeigen (imwrite, imread, imagesc, imshow, imresize, mesh, surf, view, colormap) vertraut und probieren Sie diese aus. Achten Sie dabei darauf, dass die Bilder immer im richtigen Dynamikbereich angezeigt werden. Evtl. müssen Sie für genauere Rechenergebnisse Datentypen konvertieren (uint8, double). Nutzen Sie neben der Matlab-Online-Hilfe auch geeignete Literatur (z. B. Gonzales: Digital Image Processing Using Matlab).

10.1.2 Folgender Quellcode ist gegeben.

```
I = [ 2 3 4 5 6; 4 6 8 0 2];
A = zeros( size(I));
for x= 1:4
    for y = 1:2
        A(y,x) = (I(y,x) + I(y,x+1) ) * 0.5;
    end
end
```

Bestimmen Sie den Inhalt der Variablen A nach Ablauf des Programms ohne Matlab zu benutzen.

10.1.3 Schreiben Sie einen Matlab-Quellcode, der die Helligkeit eines gegebenen Graustufenbildes (8 Bits pro Bildpunkt)

```
I = [ 12 23 44 65 86; 94 126 248 220 92];
```

um 20 Graustufen erhöht.

10.1.4 Schreiben Sie einen Matlab-Quellcode, der den Maximalwert eines gegebenen Graustufenbildes I in der Variablen `maxVal` ausgibt:

- ohne Zuhilfenahme der Matlabfunktion `'max()'`,
- mit Zuhilfenahme der Matlabfunktion `'max()'`.

10.1.5 Folgender Quellcode zur Differenzbildung ist gegeben.

```
I = [ 2 3 4 5 6; 4 6 8 0 2];
width = 5;
height = 2;
for x= 1:width
    for y = 1:height
        A(y,x) = I(y,x) - I(y+1,x);
    end
end
```

Bei der Ausführung des Programms wird folgende Fehlermeldung ausgegeben:

Index exceeds matrix dimensions.

Error in xyz.x (line 9)

A(y,x) = I(y,x) - I(y+1,x);

Wo liegt der Fehler?

10.1.6 Folgender Quellcode zur Kontrastanhebung ist gegeben.

```

I = [ 2 3 4 5 6; 4 6 8 0 2];
[M, N] = size(I);
for m= 1:M
    for n = 1:N
        I(n,m) = I(n,m) * 1.5;
    end
end

```

Bei der Ausführung des Programms wird folgende Fehlermeldung ausgegeben:

Index exceeds matrix dimensions.

```

Error in xyz.x (line 9)
I(n,m) = I(n,m) * 1.5;

```

Wo liegt der Fehler?

10.1.7 Wie kann man ein Bild um 90° drehen? Schreiben Sie ein Matlab-Programm.

10.2 Matlab: Lokale Operatoren

10.2.1 Anwenden von Filtern im Ortsbereich (1)

- Laden Sie das Bild 'fruits.png'. Extrahieren Sie einen Ausschnitt von 100×100 Bildpunkten aus der zweiten Farbkomponente und lassen Sie sich den Ausschnitt anzeigen. Speichern Sie den Ausschnitt für eine spätere Nutzung unter dem Namen 'fruits_grey.png'.
- Erstellen Sie verschiedene Ortsfilter mit der Funktion 'fspecial', schauen Sie sich die dazu gehörenden Impulsantworten an und filtern Sie den in a) erzeugten Bildausschnitt. Um welche Filtertypen handelt es sich dabei? Variieren Sie die Filtergrößen und vergleichen Sie die Ergebnisse.
 - average filter
 - disk filter
 - gaussian

10.2.2 Anwenden von Filtern im Ortsbereich (2)

- Laden Sie das von Ihnen gespeicherte Graustufenbild 'fruits_grey.png'.
- Erstellen Sie verschiedene Ortsfilter mit der Funktion 'fspecial', schauen Sie sich die dazu gehörenden Impulsantworten an.
 - laplacian
 - sobel
 - prewitt

Um welche Filtertypen handelt es sich dabei?

- Filtern Sie das Bild mit den verschiedenen Impulsantworten. Beachten Sie, dass die Faltung des Bildes mit diesen Impulsantworten zu negativen Werten führen kann. Das Bild muss vor der Faltung in das double-Format konvertiert werden. Lassen Sie die Filter-Ergebnisse anzeigen
- Erstellen Sie manuell einen Roberts-Operator und wenden Sie ihn auf das Bild an.

10.2.3 Selbststudium: Median-Filter

- a) Implementieren Sie eine Funktion, die eine Median-Filterung mit einer 3×3 -Maske durchführt.
- b) Variieren Sie die Filterung derart, dass das Strukturelement ganze Zahlen enthält, welche die Helligkeitswerte entsprechend in der Anzahl vervielfältigen. (z.B.: Maske $\begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 \end{bmatrix}$: insgesamt müssen sieben Werte sortiert werden, der zentrale Wert kommt dreifach vor, die Randwerte jeweils doppelt.)
- c) Bestimmen Sie für b) den mittleren quadratischen Fehler zwischen Originalbild und Filterergebnis anhand von verschiedenen Testbildern. Testen Sie die Filterfunktionen für verrauschte Bilder (normalverteiltes Rauschen, Salt&Pepper-Rauschen).

10.3 Matlab: Videosignale

10.3.1 Verwenden Sie den Matlab-Quellcode zur Echtzeit-Anzeige von Kamerabildern

- a) Zeigen Sie nur einzelne Farbkomponenten an.
- b) Vertauschen Sie Farbkomponenten vor der Anzeige des Bildes.
- c) Zeichnen Sie ein Gitter in das Live-Bild.
- d) Schreiben Sie einen Quellcode, mit dem man die Helligkeit in Abstufungen von 20 durch Tastendruck verändern kann.
- e) Erzeugen Sie ein Negativ-Bild.
- f) Wenden Sie einen Gauß-Tiefpass auf das Live-Bild an.
- g) Wenden Sie einen Sobel-Operator auf das Live-Bild an und lassen Sie den Gradientenbetrag bzw. die Gradientenrichtung anzeigen.
- h) Wandeln Sie das Kamerabild in ein Graustufenbild um. Verwenden Sie anschließend die Rangoperatoren Max und Min jeweils mit einem 3×3 -Strukturlement und geben Sie die Differenz des Ergebnisses aus.
- i) Werten Sie die Differenzen zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Bilder aus und lassen Sie das Resultat anzeigen.
- j) Lassen Sie einen rekursiven Mittelwert über aufeinanderfolgende Bilder berechnen und anzeigen.

10.4 Matlab: Faltung

10.4.1 Untersuchen Sie den Zusammenhang zwischen diskreter aperiodischer und periodischer (zyklischer) Faltung.

- a) Berechnen Sie auf Papier das Faltungsprodukt der Signale

$$x[n_1, n_2] = \begin{pmatrix} 2 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad y[n_1, n_2] = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

- b) Erzeugen Sie die Signale in Matlab und führen Sie eine zweidimensionale Faltung durch (conv2).
- c) Führen Sie die Faltung mittels einer Multiplikation im Frequenzbereich (fft2, ifft2) durch. Beachten Sie, dass die Signale die gleichen Dimensionen haben müssen und die elementweise Multiplikation mit „.*“ durchzuführen ist (keine Matrix-Multiplikation). Warum ist das Ergebnis anders als bei b)?

- d) Führen Sie die Faltung mittels einer Multiplikation im Frequenzbereich durch. Erweitern Sie die Signale derart, dass keine zyklische sondern eine aperiodische Faltung durchgeführt wird. Um wie viele Zeilen und Spalten müssen die Signale mindestens erweitert werden?

10.4.2 Untersuchen Sie die Faltung mit einem 2D-Dirac-Kamm.

- a) Generieren Sie ein Bild mit schwarzem Hintergrund, welches in der Nähe des Koordinatenursprungs ein helles Objekt enthält. Lassen Sie sich das Bild mit `imshow()` anzeigen.
- b) Erzeugen Sie einen Dirac-Kamm. Der Abstand zwischen den Impulsen sollte größer sein als das helle Objekt. Führen Sie eine zweidimensionale Faltung durch (`conv2`), und lassen Sie sich das Faltungsergebnis anzeigen.
- c) Führen Sie die Faltung mittels einer Multiplikation im Frequenzbereich (`fft2`, `ifft2`) durch. Beachten Sie, dass die Signale die gleichen Dimensionen haben müssen und die elementweise Multiplikation mit `.*` durchzuführen ist (keine Matrix-Multiplikation).

10.5 Matlab: Korrelation

10.5.1 Bildabgleich mittels Kreuzkorrelation.

- a) Laden Sie ein Graustufenbild. Generieren Sie daraus durch horizontales und vertikales Verschieben ein zweites Bild. Lassen Sie beide Bilder mit `imshow()` anzeigen.
- b) Führen Sie eine Kreuzkorrelation im Ortsbereich durch, um den Versatz zwischen beiden Bildern zu ermitteln. Beachten Sie, dass die Signale mittelwertfrei sein sollten.
- c) Führen Sie die Kreuzkorrelation mittels einer Multiplikation im Frequenzbereich (`fft2`, `ifft2`) durch. Beachten Sie, dass die Signale die gleichen Dimensionen haben müssen und die elementweise Multiplikation mit `.*` durchzuführen ist (keine Matrix-Multiplikation).
- d) Bestimmen Sie automatisch die Position der größten Korrelation. Entspricht die Position dem ursprünglich hinzugefügten Versatz zwischen beiden Bildern?