

1. Einführung

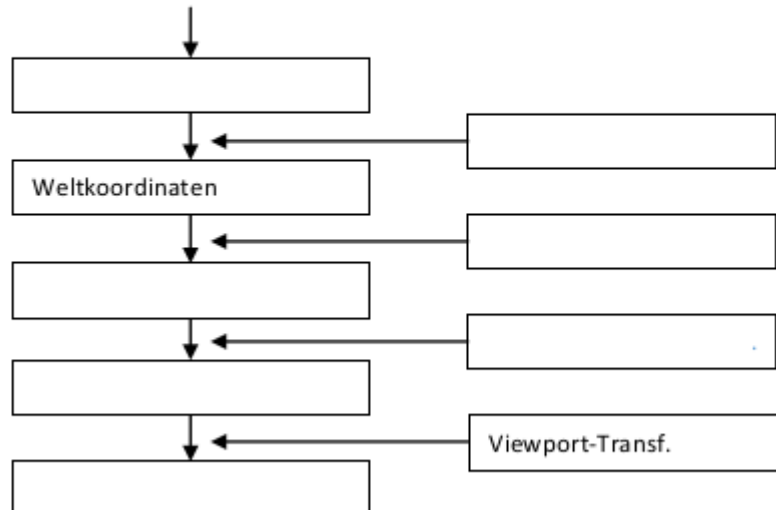
Den Teilbereich von Visual Computing, bei dem aus Bildern wieder Bilder entstehen (z.B. Verbesserung der Bildqualität), nennt man _____

2. Graphikpipeline und Objektrepräsentation

Viewing-Pipeline (14 Punkte)

Vervollständigen Sie die nachfolgende Skizze der Viewing-Pipeline. Als Hilfe ist eine Liste von Begriffen gegeben, von welchen aber nicht alle Teil der Viewing-Pipeline sind.

- 1) Projektion
- 2) Projektion + Homogenisierung
- 3) Homogenisierung
- 4) RGB-Farbraum
- 5) Kamerakoordinaten
- 6) Normalisierte Gerätekoordinaten
- 7) Clipping
- 8) Pixelkoordinaten
- 9) Schattierung
- 10) Modelltransformation
- 11) View-Transformation
- 12) Spielkoordinaten
- 13) Objekterschaffung
- 14) Objektkoordinaten
- 15) Modellierung



Objektrepräsentation (2)*Constructive Solid Geometry (CSG)*

- CSG-Objekte werden durch die Operatoren Vereinigung, Schnitt und Skalarprodukt beschrieben. ☐ wahr ☐ falsch
- CSG-Objekte stellen einen hierarchischen Aufbau eines Objektes durch Verknüpfung einfacher geometrischer Formen dar. ☐ wahr ☐ falsch
- CSG-Objekte erlauben eine exakte Repräsentation von Objektoberflächen, haben jedoch einen höheren Speicherbedarf. ☐ wahr ☐ falsch
- Da bei CSG alle Primitive konsistent sind (keine Löcher aufweisen) und die Operatoren aus konsistenten Teilen nur konsistente Objekte erzeugen, sind bei CSG alle Objekte immer konsistent. ☐ wahr ☐ falsch

Trees

- In einem Octree hat jeder Knoten mindestens acht Subknoten. ☐ wahr ☐ falsch
- Octrees erlauben ein schnelles Durchsuchen bestimmter räumlicher Positionen eines Objektes. ☐ wahr ☐ falsch
- Die Genauigkeit der Objektdarstellung in Quad- und Octrees ist generell abhängig von der Baumtiefe. ☐ wahr ☐ falsch
- Durch die hierarchische Objektdarstellung von Octrees lassen sich einzelne Teile im Octree sehr einfach transformieren. ☐ wahr ☐ falsch

3. Transformationen

Transformationen (1 Punkte)

Welche der folgenden Transformationen sind gleichbedeutend?

- | | |
|---|---|
| • $T(x, y, z) = T(x, y, z)^{-1}$ | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • $S(4, 4, 4) \cdot S(5, 5, 5) = S(20, 20, 20)$ | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • $S(x, y, z)^{-1} = S(1/x, 1/y, 1/z)$ | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • $R_z(\alpha) \cdot S(x, y, z) = S(x, y, z) \cdot R_z(\alpha)$ | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |

Transformationen (4 Punkte)

- | | |
|--|---|
| Mittels 3x3 Matrizen lassen sich alle geometrischen Transformationen von 3D Objekten darstellen. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Die Matrixschreibweise hat den Vorteil, dass durch Kombination von Grundmatrizen komplexe Transformationen mit nur einer Matrix dargestellt werden können. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Für einen homogenen 2D-Punkt (x, y, h) berechnet sich die tatsächliche x-Koordinate x' durch $x' = x / h$. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Polygon-Meshes können als Ganzes transformiert werden, indem man jeden Punkt (Bildpunkt, 3D-Punkt) mit einer Matrix transformiert. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |

Transformationen (3)

*Transformationen*

- Mittels 3x3 Matrizen lassen sich alle geometrischen Transformationen von 3D Objekten darstellen. ☐ wahr ☐ falsch
- Die Matrixschreibweise hat den Vorteil, dass durch Kombination von Grundmatrizen komplexe Transformationen mit nur einer Matrix dargestellt werden können. ☐ wahr ☐ falsch
- Polygon-Meshes können als Ganzes transformiert werden, indem man jeden Punkt (Bildpunkt, 3D-Punkt) mit einer Matrix transformiert. ☐ wahr ☐ falsch
- Für einen homogenen 2D-Punkt (x, y, h) berechnet sich die tatsächliche x-Koordinate x^* durch $x^* = h / x$. ☐ wahr ☐ falsch

Welche der folgenden Transformationen sind gleichbedeutend?

- $T(x, y, z) = T(x, y, z)^{-1}$ ☐ wahr ☐ falsch
- $R_z(60^\circ)^{-1} = R_z(60^\circ)^T$ ☐ wahr ☐ falsch
- $S(x, y, z)^{-1} = S(1/x, 1/y, 1/z)$ ☐ wahr ☐ falsch
- $S(x, y, z) \cdot R_z(\alpha) = R_z(\alpha) \cdot S(x, y, z)$ ☐ wahr ☐ falsch

Komplexe Transformationen (3)

Auf ein 2-dimensionales Objekt wird eine komplexe Transformation M im Weltkoordinatensystem angewandt. (A) Zuerst wird das Objekt in **x-Richtung auf seine doppelte**, und in **y-Richtung auf seine halbe Größe** gestreckt/gestaucht. (B) Danach soll das Objekt um den Vektor $\mathbf{t} = (4, 2)$ verschoben werden. (C) Schließlich wird es um **90° im Uhrzeigersinn** um den Ursprung rotiert. Geben Sie die Matrizen für die Einzelschritte A, B, C und die Matrix M **inklusive Rechengang** für die Gesamttransformation an (verwenden Sie dazu eventuell auch die Rückseiten der Blätter).

Hinweis: $R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

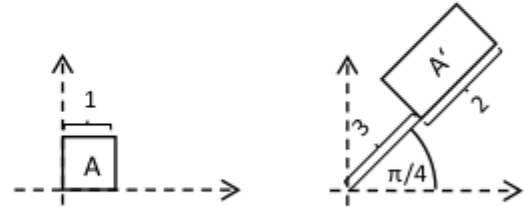
$$A = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$M = _ \cdot _ \cdot _ = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

Komplexe Transformationen (14 Punkte)

In folgendem 2D Beispiel soll Objekt A zu Objekt A' mithilfe einer Matrix M, welche sich aus einer Translationsmatrix T, einer Rotationsmatrix R und einer Skalierungsmatrix S zusammensetzt, transformiert werden. Das heißt, Punkte \mathbf{p} werden mit $\mathbf{p}' = \mathbf{M}\mathbf{p}$ transformiert. Geben Sie die Matrizen für die Einzelschritte T, R, S, sowie deren richtige Multiplikationsreihenfolge und die Matrix M **inklusive Rechengang** an (verwenden Sie dazu eventuell auch die Rückseiten der Blätter).

Hinweis: $R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$



$$T = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$M = _ * _ * _ = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

**Komplexe Transformationen (3 Punkte)**

Auf ein 2-dimensionales Objekt soll eine komplexe Transformation M im Weltkoordinatensystem angewandt werden. Das Zentrum des Objekts befindet sich an der Stelle $C=(1, 4)$. Das Objekt soll um sein Zentrum 90° **im Uhrzeigersinn** gedreht und danach an die Stelle $C_{\text{new}}=(3, 2)$ verschoben werden. Schreiben Sie die Matrizen für die Berechnung der Gesamttransformation M in korrekter Reihenfolge, sowie die Gesamttransformation selbst, in die dafür vorgesehenen Felder. Führen Sie **alle** Rechenschritte an und rechnen Sie auf zwei Kommastellen genau! Sie können auch die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

$$\text{Hinweis: } R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix}$$

**Komplexe Transformationen (3)**

Auf ein 2-dimensionales Objekt wird eine komplexe Transformation M im Weltkoordinatensystem angewandt. (A) Zuerst wird das Objekt in **x-Richtung auf seine doppelte**, und in **y-Richtung auf seine halbe Größe** gestreckt/gestaucht. (B) Danach soll das Objekt um den Vektor $\mathbf{t} = (4, 2)$ verschoben werden. (C) Schließlich wird es um 90° **im Uhrzeigersinn** um den Ursprung rotiert. Geben Sie die Matrizen für die Einzelschritte A, B, C und die Matrix M **inklusive Rechengang** für die Gesamttransformation an (verwenden Sie dazu eventuell auch die Rückseiten der Blätter).

$$\text{Hinweis: } R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix}$$

$$M = _ \cdot _ \cdot _ = \begin{pmatrix} _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \\ _ & _ & _ \end{pmatrix}$$

**Komplexe Transformationen (12 Punkte)**

Ein 2-dimensionales Objekt soll wie folgt transformiert werden: (A) Zuerst soll das Objekt um den Vektor $\mathbf{t}=(3; 6)$ verschoben werden. (B) Danach wird das Objekt in **x-Richtung auf seine doppelte Größe** gestreckt. (C) Schließlich wird es um **180° im Uhrzeigersinn** um den Ursprung rotiert. Geben Sie die Matrizen für die Einzelschritte A, B, C und die Matrix M **inklusive Rechengang** für die Gesamttransformation an (verwenden Sie dazu eventuell auch die Rückseiten der Blätter).

$$\text{Hinweis: } R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

$$M = _ * _ * _ = \begin{pmatrix} - & - & - \\ - & - & - \\ - & - & - \end{pmatrix}$$

4. Farbe

Farbe (2)

Farbmodelle

- Das RGB-Farbmodell kommt z.B. bei Monitoren zum Einsatz und weist jeder Farbe eine Koordinate zu, wobei [0,0,0] Schwarz entspricht. ☐ wahr ☐ falsch
- Das CMY-Farbmodell bei Druckern basiert auf dem Prinzip der *additiven Farbmischung* der Grundfarben Cyan, Magenta, und Gelb. ☐ wahr ☐ falsch
- Die Farbmodelle HSV und HLS sind intuitivere Modelle, bei denen sich eine Farbkoordinate prinzipiell aus Werten für den Farbton, die Sättigung und Helligkeit zusammensetzt. ☐ wahr ☐ falsch
- Das CIE 1931 XYZ Farbmodell umfasst auch jene Farben, die der Mensch nicht sehen kann. ☐ wahr ☐ falsch
- Der Raum der darstellbaren Farben eines Gerätes heißt _____.

Farbe (1 Punkte)

- | | |
|---|---|
| • Licht mit niedrigerer Frequenz hat eine kleinere Wellenlänge. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Beim CMYK-Farbmodell steht K für „Key“ und entspricht der Farbe Schwarz. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Das RGB-Farbmodell basiert auf dem Prinzip der subtraktiven Farbmischung. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Das RGB-Farbmodell kommt z.B. bei Monitoren zum Einsatz und weist jeder Farbe eine Koordinate zu, wobei [0,0,0] Schwarz entspricht. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |

Farbe (10 Punkte)

Das RGB-Farbmodell kommt z.B. bei Monitoren zum Einsatz und weist Rot, Grün und Blau jeweils einer Koordinatenachse zu, wobei [0,0,0] Schwarz entspricht. ☐wahr ☐falsch

Das CMY-Farbmodell bei Druckern basiert auf dem Prinzip der *additiven Farbmischung* der Grundfarben Cyan, Magenta, und Gelb. ☐wahr ☐falsch

Die Farbmodelle HSV und HLS sind intuitivere Modelle, bei denen sich eine Farbkoordinate prinzipiell aus Werten für Farbton, Sättigung und Helligkeit zusammensetzt. ☐wahr ☐falsch

Im CIE 1931 XYZ Farbmodell sind die Spektralfarben entlang der Purpurlinie zu finden. ☐wahr ☐falsch

Der Raum der darstellbaren Farben eines Gerätes wird auch ☐Spectrum ☐Gamut ☐RGB ☐CMYK genannt.

Die Frequenz von Rot ist ☐höher ☐geringer als jene von Blau. (±2)

Die Wellenlänge von Rot ist ☐größer ☐geringer als jene von Blau. (±2)

5. Rasterisierung

Rasterisierung (3)

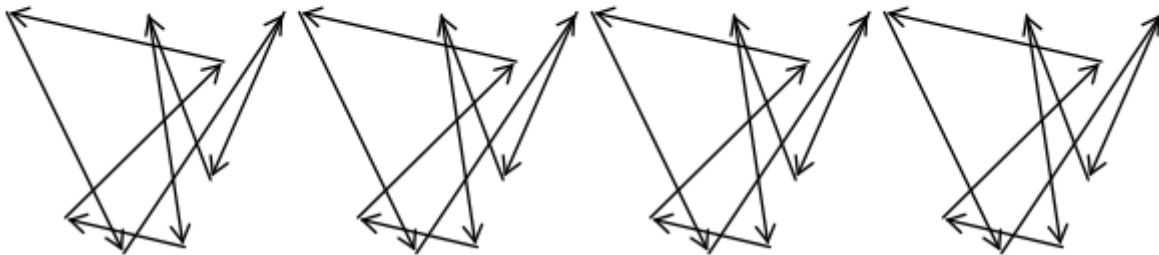
☐

- Beim Rasterisieren von Linien erzeugen der DDA- und der Bresenham-Algorithmus dasselbe Ergebnis, außer, dass Bresenham nur _____-Operationen verwendet.
- Die Summe der baryzentrischen Koordinaten α , β , und γ eines Punktes in einem Dreieck ist stets _____.
- Ein Punkt liegt außerhalb eines Dreiecks, wenn mindestens eine baryzentrische Koordinate _____ oder _____ ist.

Polygon füllen (4 Punkte)

☐

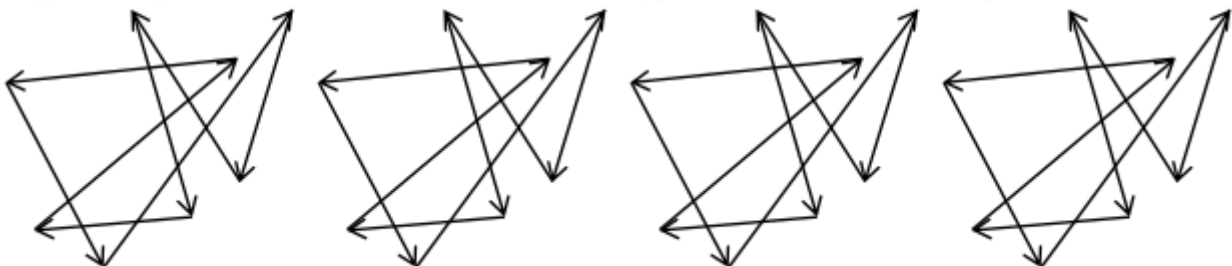
Bemalen Sie **eines** der Polygone nach der Nonzero-Winding-Number Regel. Im Falle eines Fehlers, streichen Sie das „falsche“ Polygon durch und verwenden eines der anderen Polygone. Um Punkte zu erhalten muss **eindeutig** erkennbar sein welches Polygon Sie abgeben möchten. Für mit Bleistift bemalte Polygone werden keine Punkte vergeben.


☐

Polygon füllen (4 Punkte)

☐

Bemalen Sie eines der Polygone nach der All-In-Regel. Im Falle eines Fehlers, streichen Sie das „falsche“ Polygon durch und verwenden eines der anderen Polygone. Um Punkte zu erhalten muss eindeutig erkennbar sein welches Polygon Sie abgeben möchten. Für mit Bleistift bemalte Polygone werden keine Punkte vergeben.



Baryzentrische Koordinaten (12 Punkte)

Welche baryzentrischen Koordinaten hat der Punkt $P(0; 0)$ im Dreieck $A(-3; -3)$, $B(-1; 3)$, $C(5; -2)$? Geben Sie **alle** Rechenschritte an und rechnen Sie auf zwei Kommastellen genau! Sie können auch die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

$$\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\beta = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\gamma = \underline{\hspace{2cm}}$$

Baryzentrische Koordinaten (12 Punkte)

Welche baryzentrischen Koordinaten hat der Punkt $P(2; 3)$ im Dreieck $A(-1; 1)$, $B(3; 5)$, $C(9; -2)$? Geben Sie **alle** Rechenschritte an und rechnen Sie auf zwei Kommastellen genau! Sie können auch die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

$$\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\beta = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\gamma = \underline{\hspace{2cm}}$$

Baryzentrische Koordinaten (12 Punkte)

Welche baryzentrischen Koordinaten hat der Punkt $P(0; 0)$ im Dreieck $A(5; -2)$, $B(-1; 3)$, $C(-3; -3)$? Geben Sie **alle** Rechenschritte an und rechnen Sie auf zwei Kommastellen genau! Sie können auch die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

$$\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\beta = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\gamma = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Polygonfüllen

7. Viewing

Viewing (2)



Transformationen

- Die Viewport-Transformation wandelt Kamerakoordinaten in Pixelkoordinaten um. ☐ wahr ☐ falsch
- Bei der perspektivischen Projektion bleiben die Tiefenwerte von Punkten erhalten. ☐ wahr ☐ falsch
- Bei der perspektivischen Projektion bleibt die relative Ordnung der Tiefenwerte von Punkten erhalten. ☐ wahr ☐ falsch

Welche der folgenden Angaben fließen in das Viewing-Koordinatensystem (View-Matrix) ein?

- Kameraposition im Raum ☐ wahr ☐ falsch
- Kameraorientierung („nach-oben“-Vektor) ☐ wahr ☐ falsch
- Art der Projektion (orthographisch, perspektivisch) ☐ wahr ☐ falsch
- Blickrichtung der Kamera ☐ wahr ☐ falsch
- Normalabstand der Kameraposition zur Abbildungsebene (Near-Plane) ☐ wahr ☐ falsch

15. Einführung in Computer Vision

Visual Computing (6 Punkte)

In Visual Computing wird generell zwischen drei Teilbereichen unterschieden:

Die computerunterstützte Erzeugung von Bildern aus Daten wird _____ genannt.

Das extrahieren von Semantik aus realen Bildern wird _____ genannt.

Wird auf Bildebene versucht Bilder so zu behandeln, dass diese für bestimmte Aufgabenstellungen besser geeignet sind, so spricht man von _____.

Plenoptische Funktion und Lochkamera (1)

- Die plenoptische Funktion hat mehrere Eingabeparameter, aber nur einen Ausgabeparameter. ☐ wahr ☐ falsch
- Farbe wird bei der plenoptischen Funktion nicht berücksichtigt. ☐ wahr ☐ falsch
- Bei einer Lochkamera hat die Projektion eines Objekts dieselbe Größe wie das Objekt in der Szene, wird aber kopfüber dargestellt. ☐ wahr ☐ falsch
- Bei einer Lochkamera hat der Durchmesser des Loches einen Einfluß auf die Schärfe des projizierten Bildes. ☐ wahr ☐ falsch

16. Bildaufnahme

Bildaufnahme (2 Punkte)

- Die theoretische Funktion, mit deren Hilfe ein Bild einer Szene zu jedem beliebigen Zeitpunkt und aus jedem Kamerablickpunkt generiert werden kann, nennt man _____
- Was gibt der Tiefenschärfebereich (Depth of Field, DoF) an?

- Welche zwei grundlegenden Arten von Pixelsensoren/Bildsensoren gibt es?
_____ und _____
- Welcher RGB-Farbkanal kommt bei einem Color Filter Array (Bayer Pattern) am häufigsten vor?

Bildaufnahme (13 Punkte)

- Welche zwei Arten von Fotorezeptorzellen gibt es beim menschlichen Auge?
_____ und _____
 - Was ist der Ausgabewert der plenoptischen Funktion? _____
 - Welche zwei grundlegenden Arten von Pixelsensoren gibt es?
_____ und _____
 - Welche drei Größen sind Bestandteil der Linsengleichung (Thin Lens Equation)?
_____ und _____ und _____
- Liegt eine Linsenverzerrung vor, werden gerade Linien in einer Szene nicht notwendigerweise gerade auf das Bild abgebildet □wahr □falsch
 - Eine größere Blende führt zu einem größeren Tiefenschärfebereich □wahr □falsch
 - Bei einer Lochkamera geht die Farbinformation der Szene verloren □wahr □falsch
 - Bei einem Color Filter Array (Bayer Pattern) werden nur 25% der Sensorelemente zur Messung des Grünanteils verwendet □wahr □falsch

Einführung in Visual Computing

- | | |
|--|---|
| • Bei einer Lochkamera werden die Bilder auf dem Kopf stehend abgebildet. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Das Bayer Pattern gibt an, welches Pixel welchen Frequenzbereich aufnimmt. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Die Entfernung zwischen dem Punkt in einer Szene und dem Zentrum der Projektion nennt sich "fokale Länge". | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Die perspektivische Projektion ist eine Abbildung, bei der mehrere 3D-Punkte auf den selben Punkt auf der Bildebene projiziert werden. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |

Bildaufnahme & Allgemeines (16 Punkte)

Die Störung, bei der die Kameralinse nicht imstande ist, alle Farben im gleichen Konvergenzpunkt zu fokussieren, nennt man _____

Die Kamerafilter, die dafür sorgen, dass pro Pixel nur einen Farbbereich (rot, grün oder blau) erfasst wird, nennt man _____

Die 2 unterschiedlichen Typen von Fotorezeptorzellen im menschlichen Auge nennt man _____ und _____

In einem Signal, das mit einer Abtastrate f_a abgetastet wird, können nur Ursprungssignale mit Frequenzen kleiner als _____ korrekt wiedergegeben werden

Den Teilbereich von Visual Computing, bei dem aus Bildern wieder Bilder entstehen (z.B. Verbesserung der Bildqualität), nennt man _____

- | | |
|--|---|
| Bei einer Lochkamera geschieht keine perspektivische Projektion | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Die plenoptische Funktion hat mehrere Eingabeparameter. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Bei einer perspektivischen Projektion sind Objekte kleiner, je weiter sie von der Bildebene entfernt sind. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Die fokale Länge hat keinen Einfluss darauf, wie groß Objekte auf der Bildebene sind. | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |

Nyquist-Shannon Theorem (1.5 Punkte)

Eine Kamera wird so positioniert, dass die Bildebene parallel zu einer in der Szene liegenden Ebene liegt, von der die Kamera einen Bereich von 1×1 m im Blickfeld hat. Wie groß muss die Auflösung der Kamera mindestens sein, um Linien mit einer Dicke von 1mm auf dieser Ebene zu erfassen (mit Begründung anhand des Nyquist-Shannon Theorems)? Geben Sie **alle** Rechenschritte an! Sie können die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

Auflösung: _____ X _____

Nyquist-Shannon Theorem (1.5 Punkte)

Eine Kamera wird so positioniert, dass die Bildebene parallel zu einer in der Szene liegenden Ebene liegt, von der die Kamera einen Bereich von 1×1 m im Blickfeld hat. Wie groß muss die Auflösung der Kamera mindestens sein, um Linien mit einer Dicke von 4mm auf dieser Ebene zu erfassen (mit Begründung anhand des Nyquist-Shannon Theorems)?

Auflösung: _____ X _____

Bildaufnahme (2)

- Bei einem 16-Bit-Grauwertbild wird $2^{16} = 65536$ als die _____ Auflösung bezeichnet.
- Der Objektentfernungsbereich, in dem Objekte scharf auf dem Bild erscheinen, wird als _____ bezeichnet.
- Ein Signal mit der höchstvorkommenden Frequenz F kann nach dem Nyquist-Shannon Sampling Theorem rekonstruiert werden, wenn die Abtastrate höchstens $2 \cdot F$ beträgt. ☐ wahr ☐ falsch
- Je größer die fokale Länge einer Kamera, desto größer erscheinen Objekte im Bild. ☐ wahr ☐ falsch
- Die sphärische Aberration führt zu Farbverfälschungen im Bild. ☐ wahr ☐ falsch
- Bei einem Color Filter Array wird für jedes Pixel entweder der rote, grüne oder blaue Farbanteil gemessen. ☐ wahr ☐ falsch

Linsengleichung - Thin Lens Equation (1.5 Punkte)

Eine Person steht 5m vor einer Kamera. Die fokale Länge der Linse beträgt 200mm. Wie muss der Bildabstand gewählt werden, damit die Person scharf auf der Bildebene erscheint?

Linsengleichung - Thin Lens Equation (6 Punkte)

Eine Person steht 3m vor einer Kamera. Der Bildabstand (Entfernung zw. Linse und Bildebene) beträgt 50mm. Mit welcher fokalen Länge f wird die Person mit der größtmöglichen Bildschärfe abgebildet?

Demosaicing (8 Punkte)

Gegeben ist ein, von einem Pixelsensor aufgenommener, 3x3 Bildausschnitt und das vom Pixelsensor verwendete Bayer Pattern. Der linke, obere Filter des Bayer Patterns liegt dabei über dem linken, oberen Pixel des Bildausschnittes. Berechnen Sie für das hervorgehobene Pixel die linear interpolierten RGB Farbwerte und tragen Sie diese in die dafür vorgesehenen Felder ein. Führen Sie **alle** Rechenschritte an und rechnen Sie auf zwei Kommastellen genau! Sie können auch die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

R = _____

G = _____

B = _____

Bild:

| | | |
|---|---|---|
| 4 | 6 | 8 |
| 5 | 7 | 8 |
| 5 | 8 | 9 |

Bayer Pattern:

| | | |
|---|---|------------|
| R | G | R ... Rot |
| G | B | G ... Grün |
| | | B ... Blau |

Demosaicing (8 Punkte)

Gegeben ist ein, von einem Pixelsensor aufgenommener, 3x3 Bildausschnitt und das vom Pixelsensor verwendete Bayer Pattern. Der linke, obere Filter des Bayer-Patterns liegt dabei über dem linken, oberen Pixel des Bildausschnittes. Berechnen Sie für das hervorgehobene Pixel die linear interpolierten RGB Farbwerte und tragen Sie diese in die dafür vorgesehenen Felder ein. Führen Sie **alle** Rechenschritte an und rechnen Sie auf zwei Kommastellen genau! Sie können auch die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

R = _____

G = _____

B = _____

Bild:

| | | |
|---|---|---|
| 8 | 4 | 0 |
| 6 | 5 | 4 |
| 5 | 4 | 6 |

Bayer Pattern:

| | | |
|---|---|------------|
| R | G | R ... Rot |
| G | B | G ... Grün |
| | | B ... Blau |

17. Bildcodierung und Kompression

Bildkompression & Bildcodierung (10 Punkte)

Bei einer JPEG-Komprimierung entsteht das unten links angegebene Ergebnis nach der Anwendung der Diskreten Cosinus-Transformation (DCT) auf einen 8x8 Block. Geben Sie das Ergebnis der Quantisierung mittels der angegebenen Quantisierungsmatrix für die fett umrandeten Bildpunkte an.

Ergebnis der DCT:

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| 93 | -12 | 29 | -1 | -6 | 0 | -1 | -2 |
| -11 | -1 | 4 | -13 | 5 | 2 | -5 | 1 |
| 12 | -14 | -1 | -2 | -2 | 5 | 2 | -3 |
| 59 | 2 | -34 | 5 | 6 | -2 | 4 | -4 |
| -87 | -15 | 24 | -3 | -5 | 1 | 0 | 2 |
| -42 | 30 | 11 | -10 | 0 | -2 | 0 | 4 |
| 25 | 1 | 2 | -3 | -2 | 1 | 0 | 0 |
| 59 | -33 | 7 | -6 | 5 | 3 | -3 | 1 |

Quantisierungsmatrix:

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 16 | 11 | 10 | 16 | 24 | 40 | 51 | 61 |
| 12 | 12 | 14 | 19 | 26 | 58 | 60 | 55 |
| 14 | 13 | 16 | 24 | 40 | 57 | 69 | 56 |
| 14 | 17 | 22 | 29 | 51 | 87 | 80 | 62 |
| 18 | 22 | 37 | 56 | 68 | 10 | 10 | 77 |
| 24 | 35 | 55 | 64 | 81 | 10 | 11 | 92 |
| 49 | 64 | 78 | 87 | 10 | 12 | 12 | 10 |
| 72 | 92 | 95 | 98 | 11 | 10 | 10 | 99 |

Ergebnis:

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Weshalb sind in der Quantisierungsmatrix nicht alle Werte identisch? _____

| | | |
|---|-------------------------------|---------------------------------|
| Bei einer Lauflängenkodierung (Run Length Encoding) kann es im ungünstigen Fall auch zu einer Vergrößerung des benötigten Speicherplatzes kommen. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Bilder mit verlustbehafteter Kompression benötigen in der Regel weniger Speicherplatz als Bilder mit verlustfreier Kompression. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Bei Videos wird bei der Intraframe-Kompression nur der Unterschied zw. den Frames kodiert. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| PNG ist ein Vektor-Bildformat. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |

Bildformate und Komprimierung (9 Punkte)

- Wie viel Speicherplatz benötigt man für die Speicherung des Bildinhaltes bei einem RGB Farbbild der Größe 640x480, wenn pro Farbkanal 256 Werte kodiert werden sollen? _____ Kilobyte (kB, wobei 1 kB = 1024 Byte)
- Im Gegensatz zu Bildern im Raster-Bildformat lassen sich Bilder im _____ ohn Qualitätsverlust beliebig verkleinern oder vergrößern.

- | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| • Das Lempel Ziv (LZ) Verfahren ist ein Verfahren zur verlustfreien Kompression von Bildern | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| • Bei der JPEG Komprimierung hängt der Kompressionsgrad vom Inhalt eines Bildes ab | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| • Bei der JPEG Komprimierung werden niedrige Bildfrequenzen stärker komprimiert als hohe Bildfrequenzen | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| • Die eigentliche Komprimierung passiert beim JPEG Verfahren bei der Transformation der Bilddaten mittels der diskreten Cosinus Transformation | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| • Bei der Interframe-Kompression wird lediglich der Unterschied zwischen den Frames eines Videos kodiert und komprimiert | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |

Bildkompression (1)



- Bei der Lauflängenkodierung eines Bildes kann es auch zu einer Vergrößerung des benötigten Speicherplatzes kommen. ☐ wahr ☐ falsch
- Bei der JPEG-Komprimierung werden hohe Bildfrequenzen stärker komprimiert als niedrige Bildfrequenzen. ☐ wahr ☐ falsch
- JPEG kombiniert verlustbehaftete und verlustfreie Kompressionsmethoden. ☐ wahr ☐ falsch
- Die Codierung eines MPEG-Videos ist rechenintensiver als dessen Decodierung. ☐ wahr ☐ falsch

18. Point Operations

Punktopoperationen (2 Punkte)

Das Bild I' sei das Ergebnis der Anwendung einer affinen (d.h. linearen) Punktopoperation auf das Bild I . Ein Pixel mit dem Wert 120 in I weist nach der Operation den Wert 100 in I' auf, ein Pixel mit dem Wert 150 den Wert 190 in I' . Berechnen Sie die zugrundeliegende affine Punktopoperation. Geben Sie **alle** Rechenschritte an! Sie können die leeren Rückseiten der Testblätter dafür verwenden.

$I'(u,v) =$ _____

Punktopoperationen (12 Punkte)

Eine 100x100 große Matrix mit Werten im Bereich von 0.1 bis 0.8 soll als 8-Bit-Grauwertbild abgespeichert werden, wobei der Kontrast zwischen den Elementen mit dem Wert 0.1 und 0.8 maximal sein soll. Geben Sie die affine (lineare) Punktopoperation an, die die Elemente $I(u,v)$ der Matrix in den Wertebereich des 8-Bit Grauwertbildes transformiert.

$I'(u,v) =$ _____

Ein Matricelement mit dem Wert 0.2 hat im Bild dann den Graustufenwert _____

- | | |
|--|---|
| • Ziel der Histogrammequalisierung ist es, dass alle Grauwerte gleichverteilt sind | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Zwei unterschiedliche Bilder können das gleiche Histogramm haben | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| • Die Anzahl der Histogramm-Bins entspricht der radiometrischen Auflösung des Bildes | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |

Punktoperationen (12 Punkte)

Beschreiben sie die affine Punktoperation, mit der der Kontrast des Bildes $I(u,v)$ um den Faktor 2 vergrößert wird:

$I'(u,v) =$ _____

Welche Form soll das Histogramm nach einer Histogrammequalisierung idealerweise haben?

Eine Punktoperation, deren Ergebnis abhängig von den Bildkoordinaten ist, nennt man _____

| | | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| Alle Punktoperationen berücksichtigen nur das aktuelle Pixel und keine Nachbarpixel | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Histogrammnormalisierung und Histogrammequalisierung sind zwei unterschiedliche Begriffe für dieselbe Operation. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Bei einer Invertierung wird die Bildhelligkeit nicht verändert. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Zwei unterschiedliche Bilder können das gleiche Histogramm haben. | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Die Anzahl der Bins (horizontale Achse) eines Histogramms wird durch die radiometrische Auflösung bestimmt | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |

Histogrammnormalisierung (3)

- Angenommen, ein 8-Bit-Grauwertbild $I(u,v)$ weist einen minimalen Intensitätswert von 80 und einen maximalen Intensitätswert von 225 auf. Wie lautet in diesem Fall die affine Punktoperation, die den Kontrast des Bildes auf den gesamten Intensitätsbereich verstärkt?

$I'(u,v) =$ _____

- Ein Pixel mit dem Wert 150 hat nach der Histogrammnormalisierung den Wert _____

Histogrammnormalisierung (3 Punkte)

Angenommen, ein 8-Bit-Grauwertbild $I(u,v)$ weist einen minimalen Intensitätswert von 50 und einen maximalen Intensitätswert von 200 auf. Wie lautet in diesem Fall die affine Punktoperation, die den Kontrast des Bildes auf den gesamten Intensitätsbereich verstärkt?

$I'(u,v) =$ _____

Ein Pixel mit dem Wert 150 hat nach der Histogrammnormalisierung den Wert _____

Histogramme (2 Punkte)



Weisen Sie die folgenden Histogramme A bis D den Bildern I_1 bis I_4 der Größe 128x128 zu (kein Punkteabzug bei falscher Zuordnung).



I_1 : _____



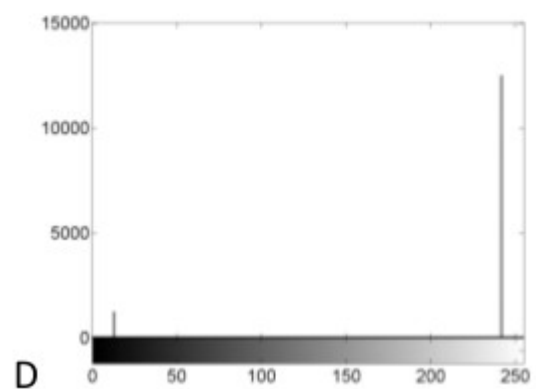
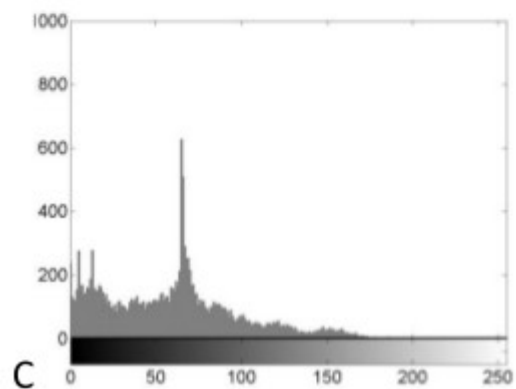
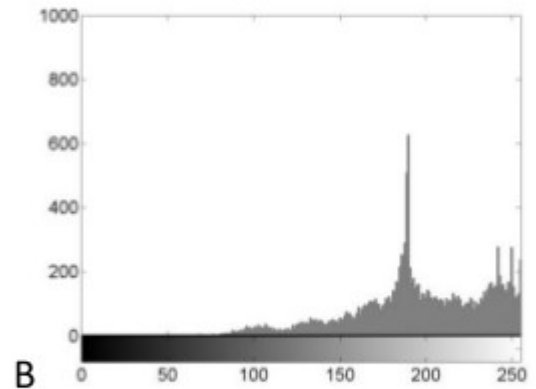
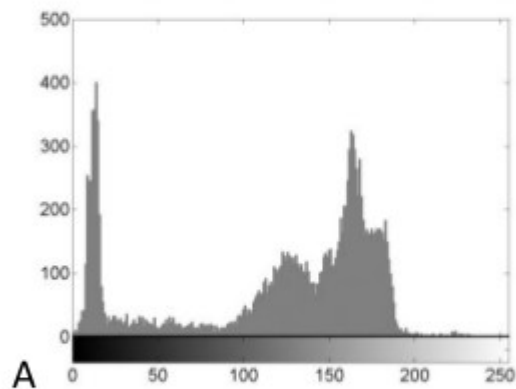
I_2 : _____



I_3 : _____



I_4 : _____





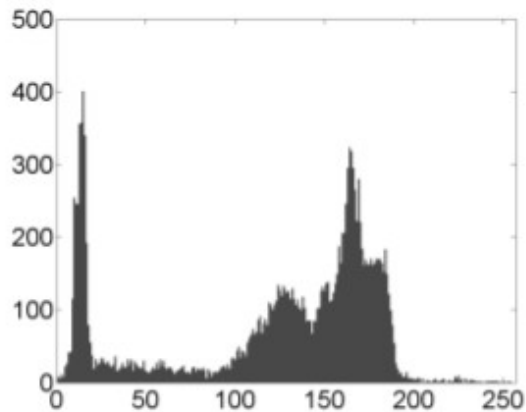
Histogramme und Bildoperationen (10 Punkte)

Gegeben ist ein Histogramm eines 8-Bit-Bildes mit einer Auflösung von 128 x 128. Weisen Sie die folgenden 5 Bildoperationen, die auf das 8-Bit-Bild angewendet wurden, den unten stehenden Histogrammen A-E der jeweiligen Ergebnisbilder zu (kein Punkteabzug bei falscher Zuordnung). Hinweis: Achten Sie auch auf die Achsenbeschriftungen der Histogramme!

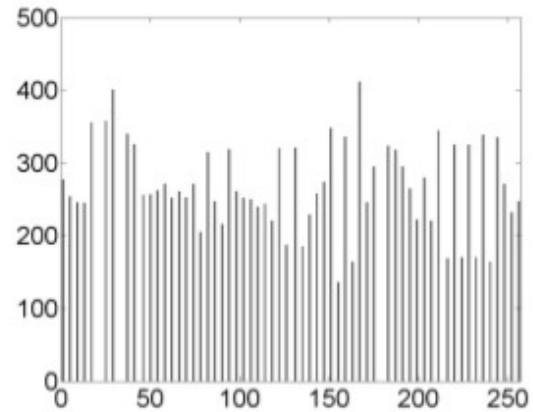
Bildinvertierung: ____ Kantendetektion mit Canny: ____ Histogrammequalisierung: ____

Gamma-Korrektur mit $\gamma = 1/2.2$: ____ Bildverkleinerung auf 64 x 64: ____

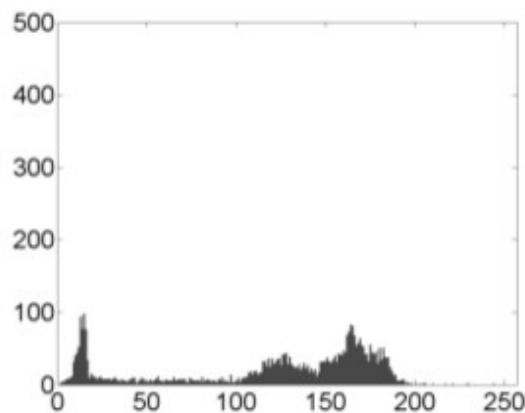
Histogramm des Eingabebildes:



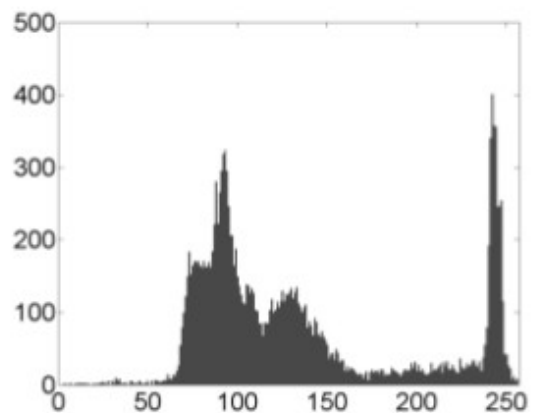
Histogramm A:



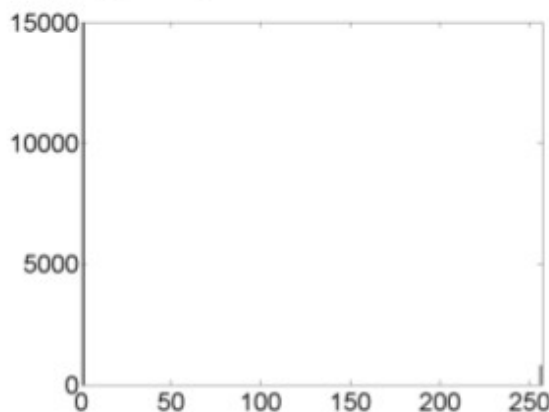
Histogramm B:



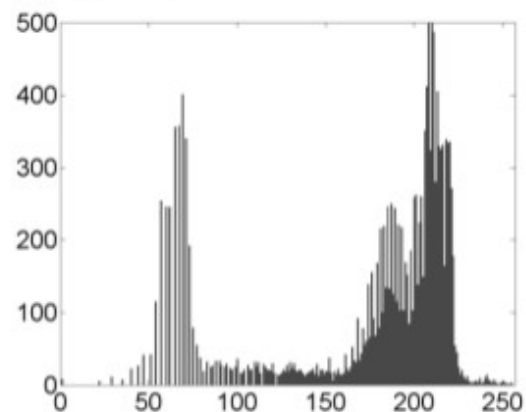
Histogramm C:



Histogramm D:



Histogramm E:



19. Lokale Operationen

Lokale Operationen (3)

- Gegeben ist ein 5x5 großes Bild I , das mit einem 3x3 Kernel F gefiltert wurde. Das Ergebnis ist das Bild I' . Der Kernel wurde so skaliert, dass die Helligkeit des Bildes nicht verändert wird. Bestimmen Sie die zwei fehlenden Elemente des Kernels F inklusive Rechengang.

I :

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 15 | 21 | 11 | 23 | 10 |
| 5 | 0 | 8 | 24 | 15 |
| 8 | 0 | 23 | 11 | 7 |
| 12 | 0 | 11 | 3 | 15 |
| 6 | 6 | 5 | 6 | 18 |

*

F :

| | | |
|-----|-----|-----|
| 0.1 | 0.2 | |
| 0.1 | 0.1 | |
| 0.1 | 0 | 0.1 |

=

I' :

| | | | | |
|-----|------|------|------|-----|
| 3.6 | 6 | 7.9 | 6.7 | 5.7 |
| 7.7 | 12.3 | 13.2 | 15.4 | 9.3 |
| 1.8 | 7.5 | 10.1 | 15.3 | 7.5 |
| 3.4 | 8.8 | 9.4 | 11.1 | 4.9 |
| 3.6 | 5.1 | 4.5 | 7.6 | 5.7 |

- Welcher Wert wurde für die Randbehandlung für Elemente außerhalb des Bildes angenommen? _____

Lokale Operationen (16 Punkte)

Sie haben einen 3x3 Filter zur Verfügung, bei dem sie die Koeffizienten beliebig wählen können. Geben Sie die Koeffizienten an, um folgende Ergebnisse zu bekommen:

- Im Ergebnisbild stellen alle Grauwerte die Differenz zw. dem direkten linken und rechten Nachbarn dar

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |

- 3x3 Mittelwertfilter

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| | | |
| | | |

Nennen Sie einen linearen Tiefpassfilter: _____

Welcher Filter eignet sich am besten für Salz&Pfeffer Rauschen? _____

| | | |
|--|-------------------------------|---------------------------------|
| Je größer der Filter, desto mehr Rechenzeit wird für die Berechnung des Ergebnisbildes benötigt | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Die Faltung $*$ ist assoziativ: $(A * B) * C = A * (B * C)$ | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Die Faltung $*$ ist kommutativ: $A * B = B * A$ | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Nichtlineare Filter verwenden die Faltung | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Durch einen Maximumfilter wird die Bildhelligkeit verringert | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |
| Bei einem Gaußfilter hat der Koeffizient in der Mitte des Filters einen höheren Wert als die Koeffizienten am Rand des Filters | <input type="checkbox"/> wahr | <input type="checkbox"/> falsch |

Lokale Operationen (2.5)



- Die Bildinvertierung kann mit einer einzigen Faltung des Bildes mit einem geeigneten Filter bewerkstelligt werden. ☐ wahr ☐ falsch
- Die Schwellwertoperation kann mit einer einzigen Faltung des Bildes mit einem geeigneten Filter bewerkstelligt werden. ☐ wahr ☐ falsch
- Pixel mit dem gleichen Grauwert können nach einer Histogrammequalisierung unterschiedliche Grauwerte aufweisen. ☐ wahr ☐ falsch
- Der Wert eines Histogramm-Bins kann die Anzahl der Pixel des Bildes nicht übersteigen. ☐ wahr ☐ falsch

Welche dieser Eigenschaften trifft auf einen Gauß-Filter G zu?

- Die Summe aller Koeffizienten beträgt 0 ☐ wahr ☐ falsch
- Besteht nur aus Integer-Werten ☐ wahr ☐ falsch
- Das Element in der Mitte hat den höchsten Wert ☐ wahr ☐ falsch
- Dient dazu, Bildrauschen zu verringern ☐ wahr ☐ falsch
- Ist ein Hochpass-Filter ☐ wahr ☐ falsch
- $G^T = G$ ☐ wahr ☐ falsch

Ü2 – Transformationen und Filter

Bildoperationen (16 Punkte)

Gegeben ist folgendes 8-Bit-Grauwertbild:

| | | | | |
|-----|-----|------------|----|----|
| 10 | 15 | 5 | 5 | 0 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 10 |
| 100 | 125 | 145 | 50 | 50 |
| 0 | 0 | 70 | 70 | 60 |
| 5 | 5 | 20 | 30 | 50 |

Berechnen Sie für das fett markierte Pixel mit dem Wert 145 in der Mitte des Bildes das Ergebnis folgender Bildoperationen in Fließkommazahlen:

Invertierung: _____.

3x3 Median-Filter: _____

3x3 Mittelwertfilter: _____.

Faltung mit Laplace-Filter H :

$$H = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Filterung (10 Punkte)

Gegeben ist ein 5x5 großes Bild I , das mit einem 3x3 Kernel F gefiltert wurde. Das Ergebnis ist das Bild I' . Der Kernel wurde so gewählt, dass die Helligkeit des Bildes nicht verändert wird. Bestimmen Sie die zwei fehlenden Elemente des Kernels F inklusive Rechengang.

 I :

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 10 | 23 | 12 | 8 | 7 |
| 12 | 14 | 0 | 17 | 18 |
| 7 | 15 | 0 | 17 | 8 |
| 20 | 4 | 0 | 4 | 23 |
| 23 | 23 | 23 | 11 | 21 |

 F :

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0.1 & 0 & 0 \\ \hline & 0.2 & 0 \\ \hline & 0.1 & 0.1 \\ \hline \end{array}$$

 I' :

| | | | | |
|-----|------|------|------|------|
| 4.6 | 11.2 | 14.7 | 9.9 | 8.1 |
| 4.6 | 10.8 | 11.1 | 7.1 | 13.7 |
| 3.8 | 9.4 | 8.2 | 6.1 | 12.8 |
| 8.6 | 16.4 | 8.8 | 6.3 | 11.1 |
| 4.6 | 15.8 | 14.2 | 11.4 | 9.0 |

Filter (10 Punkte)

- Geben Sie an, welche Eigenschaften auf einen 1. Ableitungsfiler eines Bildes (z.B. Sobel, Prewitt) bzw. auf einen Gaußfilter zutreffen

| | 1. Ableitungsfiler | Gaußfilter |
|--|---|---|
| Dient zur Berechnung der Gradienten eines Bildes | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Kann negative Werte bei der Faltung eines Bildes produzieren | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Die Summe aller Koeffizienten beträgt 0 | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Ist ein Tiefpass-Filter | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |
| Ist ein linearer Filter | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch | <input type="checkbox"/> wahr <input type="checkbox"/> falsch |