

Aufgabe 1: Farbmodelle

Punkte: / 8%

Teil a.) Unten sehen Sie die drei Kanäle eines HSV-Farbbildes, welches aus vier unterschiedlichen Farben besteht. Bestimmen Sie die Farbwerte der Kästchen a. bis d. und schreiben Sie den exakten Farbwert auf. Ein Beispiel, welches keiner der vier gesuchten Farben entspricht, ist: „mittel helles, schwach gesättigtes Blau“.

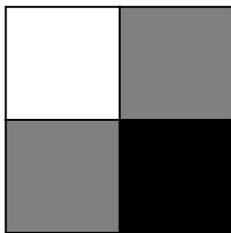


Abb. 1: H-Kanal

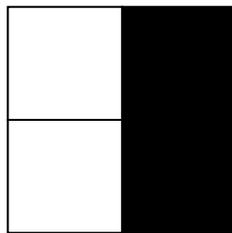


Abb. 2: S-Kanal



Abb. 3: V-Kanal

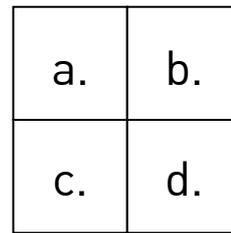
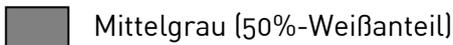


Abb. 4: Nummerierung der Farben

Legende:



Name Farbe a.: _____

Name Farbe b.: _____

Name Farbe c.: _____

Name Farbe d.: _____

Punkte: / 8%

Teil b.) Schreiben Sie die folgenden Farben als RGB-Farben auf. Nutzen Sie zur Definition der Farben das Intervall von 0 bis 255: Ein Beispiel ist Grün: $(0, 255, 0)_{\text{RGB}}$

Farbe Dunkelgrau (1/5 Weißanteil): _____

Farbe Rosa*): _____

Farbe Vollgesättigtes, max. helles Gelb: _____

*) Die Farbe Rosa entspricht einem maximal hellem aber wenig (nur zu ca. 1/3) gesättigtem Rot

Berechnung der Sättigung:
$$S = \frac{\max(r, g, b) - \min(r, g, b)}{\max(r, g, b)} = 1 - \frac{\min(r, g, b)}{\max(r, g, b)}$$

Aufgabe 2: Graphische Programmierung

Teil a.) Virtuelle Kamera

Punkte: / 4%

Die in Abbildung 5 dargestellte Szene wird einmal mit einer perspektivischen und einmal mit einer orthographischen Kamera von oben aufgenommen. Ihre Aufgabe ist es die von den Kameras gemachten Aufnahmen in die dafür vorgesehenen Abbildungen 6 und 7 einzuzichnen. Der von oben aufgenommene Würfel ist bereits eingezeichnet, um eine Bezugsgröße zu haben. Sie müssen noch die Deckfläche des flachen Quaders (gestreift) einzeichnen. Würfel und Quader haben die gleiche Breite und Tiefe. Sie unterscheiden sich nur in der Höhe.

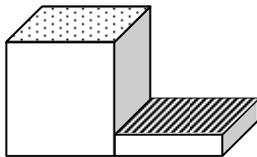


Abb. 5: Aufnahmeszene

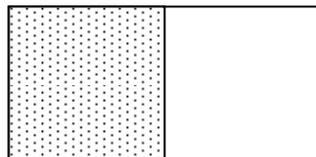


Abb. 6: Orthographische Aufnahme

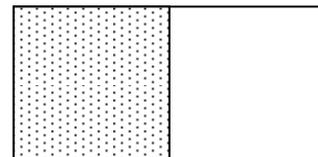


Abb. 7: Perspektivische Aufnahme

Punkte: / 3%

Begründen Sie, warum man mit dem orthographischen Projektionsverfahren eine andere Aufnahme erhält als mit dem perspektivischen Projektionsverfahren.

Teil b.) OpenGL

Punkte: / 6%

Wie unterscheiden sich die OpenGL-Primitive `gl_triangle` und `gl_triangle_strip` voneinander?

Welchen Vorteil hat das Primitiv `gl_triangle_strip` gegenüber `gl_triangle`?

Gibt es auch Nachteile, die die Verwendung des Primitiv `gl_triangle_strip` bei realen Anwendungen erschweren? Wenn ja, nennen Sie einen?

Aufgabe 3: Koordinatensysteme

Teil a.) Polarkoordinatensystem

Punkte: / 5%

Übertragen Sie den im kartesischen Koordinatensystem dargestellten Stern ins Polarkoordinatensystem rechts daneben. Beschreiben Sie die Geometrie, falls die Zeichnung nicht eindeutig ist. Vergessen Sie nicht die Achsen des Polarkoordinatensystems zu beschriften.

Hinweis: Der Stern ist symmetrisch aufgebaut.

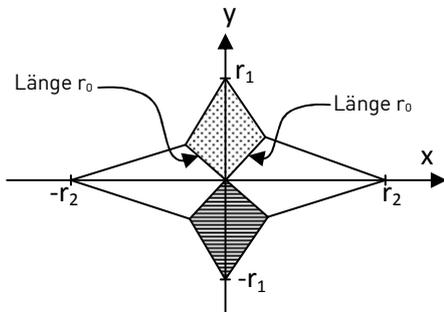


Abb. 8: Kartesisches Koordinatensystem

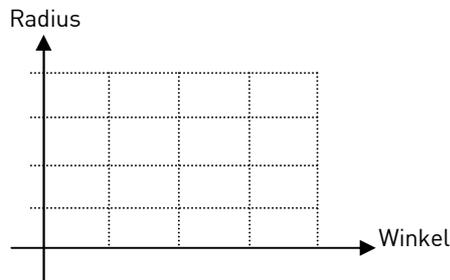
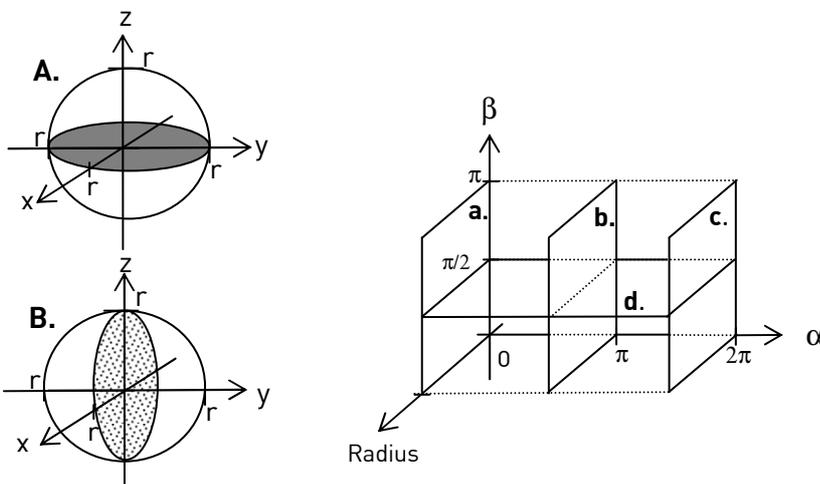


Abb. 9: Polarkoordinatensystem

Teil b.) Kugelkoordinatensystem

Punkte: / 10%

Im Kugelkoordinatensystem sind vier Ebenen dargestellt. Drei senkrecht (**a.** – **c.**) und eine horizontal (**d.**) verlaufende Ebene. Ordnen Sie den im kartesischen Koordinatensystem eingezeichneten Geometrien (**A.** Äquatorialebene und **B.** Schnittkreis in der xz-Ebene) die entsprechenden Ebenen im Kugelkoordinatensystem zu. **Wichtig: Begründen Sie Ihre Zuordnungen nachvollziehbar!**



Kartesisches Koordinatensystem

Kugelkoordinatensystem

Teil b.) Lokale- und Weltkoordinatensysteme

Punkte: / 3%

Zur Erzeugung graphischer Objekte verwendet man lokale Koordinatensysteme und Weltkoordinatensysteme. Beschreiben Sie wofür man die beiden Koordinatensysteme jeweils verwendet.

Aufgabe 4: Kompressionsverfahren

Punkte: / 6%

Teil a.) Unten sehen Sie ein mit JPEG komprimiertes Bild, welches in HSV-Kanäle zerlegt wurde. Sie sehen es vielleicht nicht sehr gut, aber der Sättigungs- und der Farbkanal haben eine merklich schlechtere Bildauflösung als der Value-Kanal obwohl die Diskrete Cosinus Transformation und die Quantisierung in allen drei Kanälen exakt gleich durchgeführt wurden. Welcher Teil der JPEG-Kompression ist für die schlechte Auflösung im H- und S-Kanal verantwortlich? **Begründen Sie Ihre Antwort!**



V-Kanal

S-Kanal

H-Kanal

Punkte: / 7%

Teil b.) Ziel der JPEG-Kompression ist, das Bild in hohe und niedrige Frequenzen zu zerlegen. Kennzeichnen Sie die unten genannten Bildinhalte, die sich im linken **Bild** finden, mit einem „N“, wenn Sie überwiegend niederfrequent sind und mit einem „H“, wenn Sie einen signifikanten hochfrequenten Anteil haben, der bei der JPEG-Komprimierung zu Informationsverlust führt.



Wichtig: Begründen Sie Ihre Entscheidungen:

- Milchschaum in der Kaffeetasse: , weil
- Der verschwommene Bildhintergrund mit Sonnenschirm und Stühlen:
weil ...
- Die Spiegelungen in der Kaffeetasse: , weil ...

Punkte: / 6%

Teil c.) Skizzieren oder beschreiben Sie ein Bild, welches sich einigermaßen gut mit dem RLE (Run Length Encoding), optimal mit dem LZW (Lempel Ziv und Welch) und ebenfalls optimal mit dem JPEG Verfahren komprimieren lässt. **Erklären Sie, warum sich diese Bild für jedes dieser drei Verfahren so gut eignet.**

Aufgabe 5: Bildverarbeitung

Punkte: / 7%

Teil a.) Faltung berechnen:

Im original Bild (siehe Abbildung 10) haben die hellgrauen Pixel den **Wert 2** und die Dunkelgrauen den **Wert 4**. Berechnen Sie mit dem unten angegebenen Faltungsoperator die Faltungsergebnisse und tragen Sie die Ergebnisse in Abbildung 11 ein:

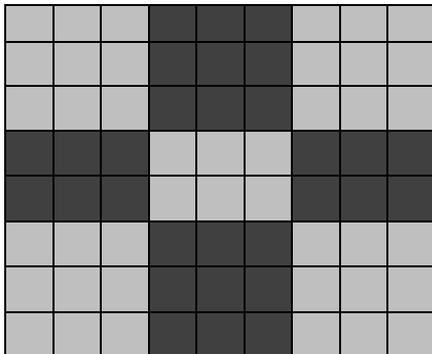


Abbildung 10: original Bild

0	1	0
0	-2	0
0	1	0

Faltungsoperator

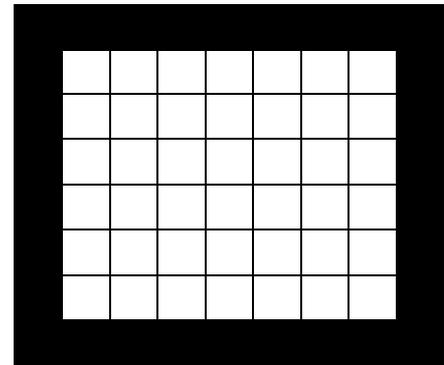


Abbildung 11: Faltungsergebnis

Beschreiben Sie genau welche Bildmerkmale durch die Faltungsmatrix unter Teil a.) gekennzeichnet werden?

Punkte: / 3%

Teil b.) Zusatzaufgabe: Wie genau wirkt sich die Faltung eines beliebigen Bildes mit dem Faltungsoperator in Abbildung 12 aus:

0	0	1
0	0	0
0	0	0

Abbildung 12

Punkte: / 5%

Teil c.) Lineare Grauwerttransformation: Berechnen Sie nachvollziehbar die Funktion für die in Abbildung 13 gezeigte lineare Grauwerttransformation in der Form $g'(i,j) = g(i,j) * mult + add$. Beschreiben Sie außerdem mit Ihren eigenen Worten, welche Auswirkung diese Transformation auf das Bild hat:

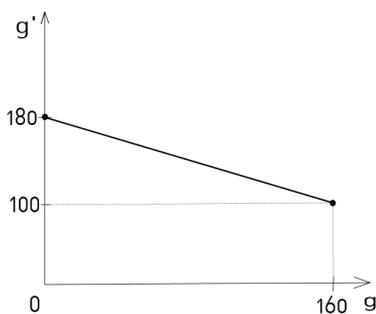


Abbildung 13

Teil d.) Zusammenhangskomponente (ZHK)

Zeichnen Sie in beiden Abbildungen eine möglichst kleine ZHK ein, die die beiden eingezeichneten Punkte verbindet. Also eine ZHK, die möglichst wenige Pixel umfasst. In Abbildung 14 soll dies eine N4 ZHK sein und in Abbildung 15 eine N8 ZHK.

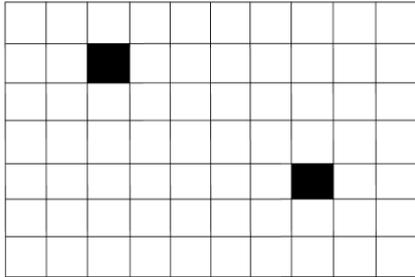


Abbildung 14: N4-ZHK

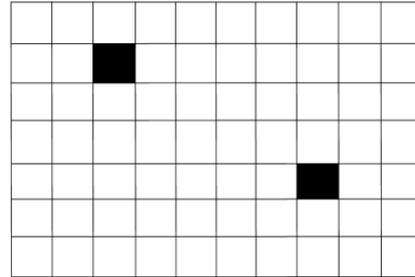


Abbildung 15: N8-ZHK

Aufgabe 6: Visualisierung

Punkte: / 3%

Teil a.) Für die Beleuchtungsberechnung lokaler Verfahren, wie Flat-, Gouraud- und Phong Shading benötigt man Flächennormalen. Benötigt man auch Flächennormalen auch beim (backward) Ray Tracing Verfahren? Wenn ja nennen Sie einen Grund wofür man sie benötigt und wo sie positioniert sind.

Punkte: / 3%

Teil b.) Eine Szene, in der ein einziger, nicht transparenter Würfel (W1) sichtbar ist, wird mit einem (backward) Ray Tracing Verfahren beleuchtet, in welchem kein ambienanter Anteil berücksichtigt wird. Die Lichtquelle beleuchtet den Würfel W1 von oben. Innerhalb des Würfels W1 befindet sich ein zweiter, kleiner Würfel W2. W2 ist diffus reflektierend und wird von W1 komplett eingeschlossen. Wenn Sie die virtuelle Kamera so in Würfel W1 positionieren, dass W2 sichtbar ist, erscheint W2 dann als beleuchteter Würfel oder sehen Sie ein komplett schwarzes Bild? Begründen Sie Ihre Antwort.

Punkte: / 2%

Teil c.) Zusatzaufgabe: Die gleiche Szene wie unter Teil b.) beschrieben, mit gleicher Kamera und Lichtquellenposition – nur wird die Beleuchtung jetzt nicht durch ein Ray Tracing sondern durch ein Phong Shading Verfahren berechnet. Welches Bild zeigt nun die virtuelle Kamera an, wenn sie den Würfel W1 aufnimmt?

Aufgabe 6: Affine Transformationen

Punkte: / 6%

Teil a.) Affine Transformationen im 2D-Raum

Geben Sie die **Spiegelungen** MT_A , MT_B und MT_C als Transformationsmatrizen in homogenen Koordinaten an, mit denen das graue Quadrat "Q" an die entsprechenden Positionen "A", "B" und "C" **gespiegelt** wird (siehe Abbildung 16).

Beachten Sie, dass die Einheiten auf der x- und y-Achse gleich groß sind, aber keinen bestimmten Werten zugeordnet wurden. Schreiben Sie für jede Transformationsmatrix auf durch welche Achsen- oder Punkt-Spiegelung sie entstanden ist.

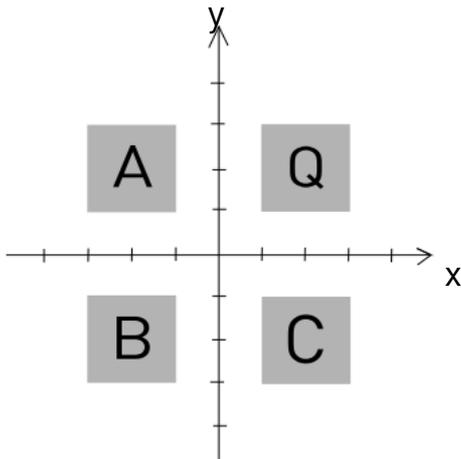


Abbildung 16

Punkte: / 4%

Teil a.) Zusatzaufgabe: Affine Transformationen im 3D-Raum

Ein Würfel mit der Kantenlänge $3 \times 3 \times 3$ Einheiten ist zwischen dem Punkt $P_a (-1, -1, -1)$ und $P_b (2, 2, 2)$ aufgespannt (siehe Abbildung 17 a und b). Dieser Würfel soll nach der Transformation zwischen den Punkten $P'_a (-2, -2, -2)$ und $P'_b (2, 2, 2)$ aufgespannt sein (siehe Abbildung 18 a und b). Berechnen Sie die Transformationsmatrix in homogenen Koordinaten und beschreiben Sie welche Transformationen sie der Reihe nach durchführt? **Tipp: In Abbildung 17a und 18a sehen Sie den Würfel von oben und in 17b und 18b von vorne.**

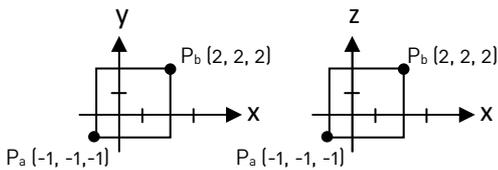


Abbildung 17a und b

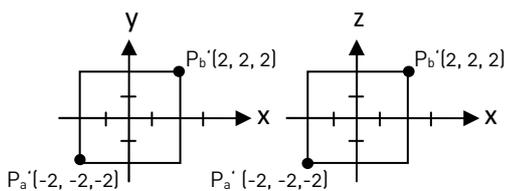


Abbildung 18a und b

Wir wünschen Ihnen viel Glück und viel Erfolg!