

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“.

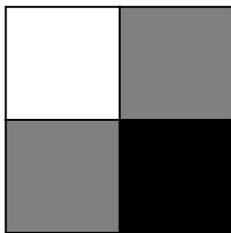


Abb. 1: H-Kanal

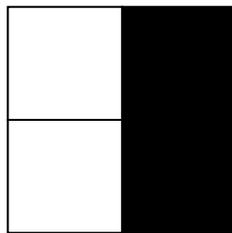


Abb. 2: S-Kanal



Abb. 3: V-Kanal

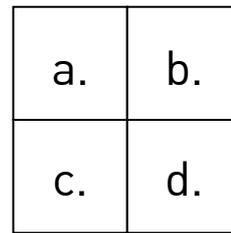


Abb. 4: Nummerierung der Farben

Legende:



Weiß



Mittelgrau (50%-Weißanteil)



Dunkelgrau (1/5-Weißanteil)



Schwarz

Name Farbe a.: max. helles und gesättigtes Rot

Name Farbe b.: Dunkelgrau

Name Farbe c.: Mittelhelles, vollgesättigtes Cyan

Name Farbe d.: Weiß (2% jeweils)

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): $(51, 51, 51)_{\text{RGB}}$ 3%

Farbe Rosa*): $(255, 170, 170)_{\text{RGB}}$ 3%

Farbe Vollgesättigtes, max. helles Gelb: $(255, 255, 0)_{\text{RGB}}$ 2%

*) 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.

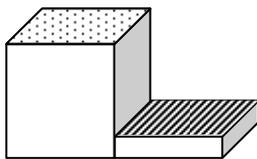
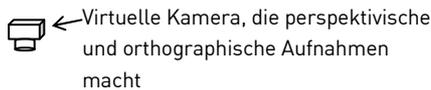


Abb. 5: Aufnahmeszene

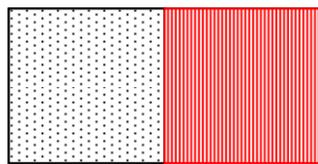


Abb. 6: Orthographische Aufnahme

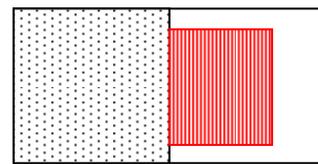


Abb. 7: Perspektivische Aufnahme

Punkte: / 3%

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

Beim orthographischen Projektionsverfahren wird die aufzunehmende Szene mit parallel verlaufenden Sehstrahlen abgetastet, so dass die Kantenlängen und Winkel erhalten bleiben. Was bedeutet, dass die Deckfläche ihre Größe unabhängig von der Entfernung zur Kamera behält. Bei der perspektivischen Projektion werden die Sehstrahlen im Projektionszentrum gebündelt. Dadurch werden die Objekte, die sich im Vordergrund befinden größer dargestellt werden, als die im Hintergrund.

Teil b.) OpenGL

Punkte: / 6%

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

Beim `gl_triangle_strip` wird ein Eckpunkt für mehrere Dreiecke verwendet. Bei einer Modellierung nur mit `gl_triangles` werden für jedes Dreieck drei Eckpunkte definiert. Auch wenn mehrere Dreiecke eine gemeinsame Eckpunktposition haben (2%)

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

Eckpunkte, die von mehreren Dreiecken verwendet werden, müssen nicht mehrfach definiert werden. (2%)

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

Um `gl_triangle_strips` anzuwenden, muss man das Dreiecksnetz zunächst zusammenhängende Dreiecksketten zerlegen. Das kann beliebig komplex werden (2%)

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.

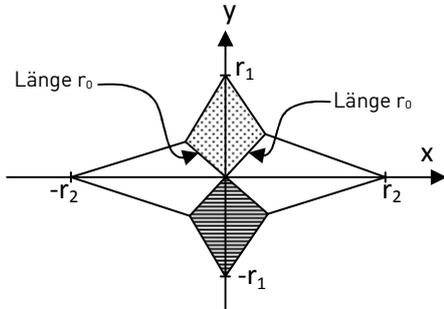


Abb. 8: Kartesisches Koordinatensystem

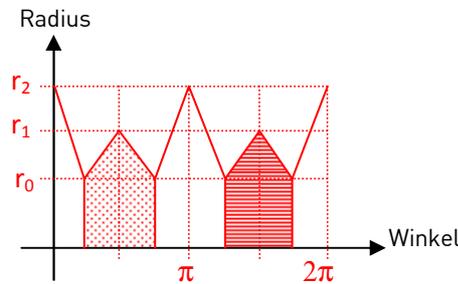


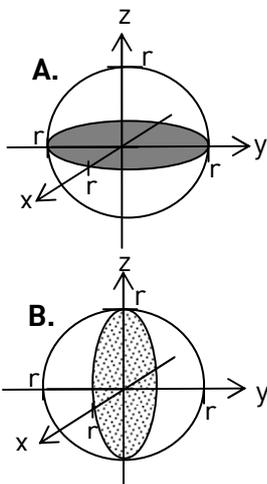
Abb. 9: Polarkoordinatensystem

Teil b.) Kugelkoordinatensystem

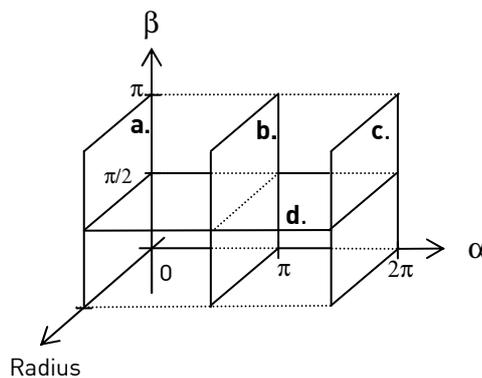
Punkte: / 10%

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

A. entspricht d., da $\beta=90^\circ$ sein muss und α von 0 bis 360° und der Radius von 0 bis r geht. (4% ohne Begründung 2%)

B. wird a., b. und c. zugeordnet. Da β in allen drei Fällen von 0 bis 180° geht und der Radius von 0 bis r. Die vordere Hälfte des Kreises entspricht den Flächen a. und c. also den Flächen mit α gleich 0 und 360° . Die hintere Hälfte des Kreises wird durch b. mit α gleich 180° gebildet. (4% ohne Begründung 2%)

Teil b.) Lokale- und Weltkoordinatensysteme

Punkte: / 3%

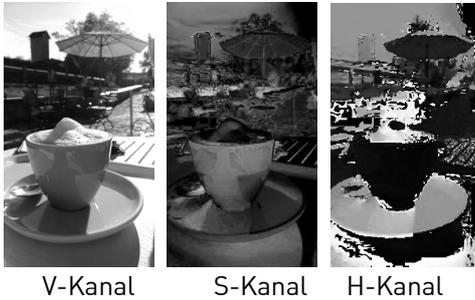
Zur Erzeugung graphischer Objekte verwendet man lokale Koordinatensysteme und Weltkoordinatensysteme. Beschreiben Sie wofür man die beiden Koordinatensysteme jeweils verwendet.

Das lokale Koordinatensystem wird zur Modellierung der Geometrien genutzt, so dass es einfach skaliert oder rotiert werden kann. Im Weltkoordinatensystem werden dann alle Geometrien, die in ihren lokalen Koordinatensystem modelliert wurden, zu einer Szene zusammengesetzt.

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

Beim Übergang vom RGB ins YUV-Farbsystem werden in den beiden Farbkanälen u und v jeweils 4 Pixel- zu einem Pixelwert zusammengefasst. Nur der Y-Kanal (Intensität) bleibt in seiner Originalauflösung erhalten. Der v-Kanal enthält äquivalent zum Y-Kanal die Intensitäten, daher die hohe Auflösung. Die u und v-Kanäle gehen in S und H auf.

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 ...
sich durch die Blasen im Milchschaum ständig helle und dunkle Pixel abwechseln.
- Der verschwommene Bildhintergrund mit Sonnenschirm und Stühlen:
weil ... der Bildinhalt verschwommen ist, also weder Kanten noch sonstige schnelle Grauwertwechsel stattfinden.
- Die Spiegelungen in der Kaffeetasse: , weil ...
Sowohl scharfe Konturen, d.h. Kanten (H) als auch homogene Farbflächen (N) sichtbar sind.

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.**

Beispielsweise ein Bild mit einem Schachbrettmuster, dessen einzelne Quadrate durch 8 teilbar sind. Durch die Teilbarkeit durch 8 ist es optimal für die JPEG-Kompression geeignet, da die DCT genau diese Auflösung braucht. Durch das sich wiederholende Muster ist es perfekt für den LZW geeignet und weil man die wenigsten 8 Pixel zusammenfassen kann, ganz gut für den RLE.

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:

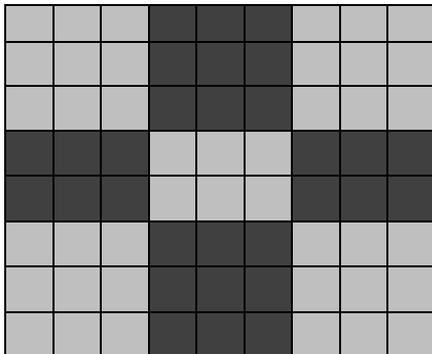


Abbildung 10: original Bild

0	1	0
0	-2	0
0	1	0

Faltungsoperator

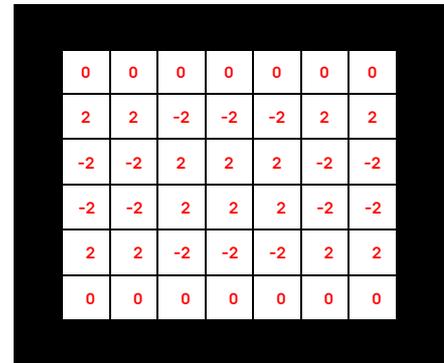


Abbildung 11: Faltungsergebnis

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

Horizontal verlaufende Kanten werden in Form der 2. Ableitung detektiert.

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

Durch den Faltungsoperator wird das Originalbild eine Position nach unten und eine Position nach links verschoben

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:

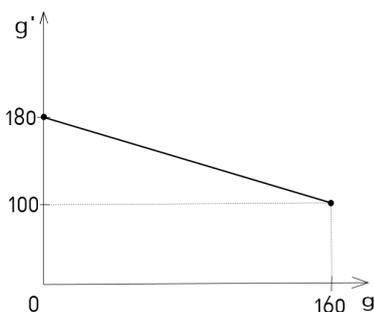


Abbildung 13

$$g'(i,j) = g(i,j) * (-0.5) + 180$$

Wirkung: Invertierung und Kontrastreduktion

$$mult = 180 - 100 / 0 - 160 = -0.5$$

$$add = -360 * -0.5 = 180$$

$$-g_{min} = 360$$

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.

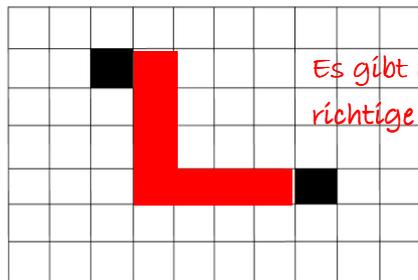


Abbildung 14: N4-ZHK

*Es gibt mehrere
richtige Lösungen*

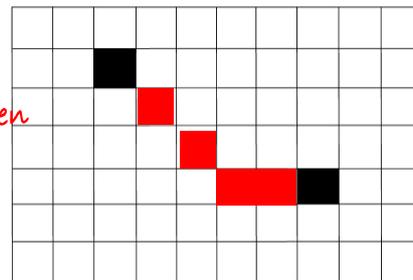


Abbildung 15: N8-ZHK

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.

- 1.) Ja, man benötigt sie, da nur mit den Normalen die Reflexion berechnet wird. Die Normale muss für die Stelle berechnet werden, auf die der Sehstrahl auftrifft.*
- 2.) Zur verfolgung des Sehstrahls, wenn er auf einer spiegelnden Oberfläche aufgetroffen ist, wird er anhand der Normalen (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) abgelenkt.. Auch hier ist der Auftreffpunkt des sehstrahls die position an der die Normale sitzt. Nur eine von beiden Antworten ist nötig.*

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 ambieneter 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.

Das Bild ist komplett schwarz, da die Schattenfühler aller Sehstrahlen eine Kollision mit einer Fläche des Würfels W1 haben und somit für alle Pixel Schatten angezeigt wird, also alle schwarz sind.

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?

Die Aufnahme zeigt einen beleuchteten Würfel W1. Da das Phong Shading Verfahren ein lokales verfahren ist und somit die Anordnungen der Geometrien und evtl. auftretende Verdeckungen bei der Beleuchtungsberechnung nicht berücksichtigt werden.

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.

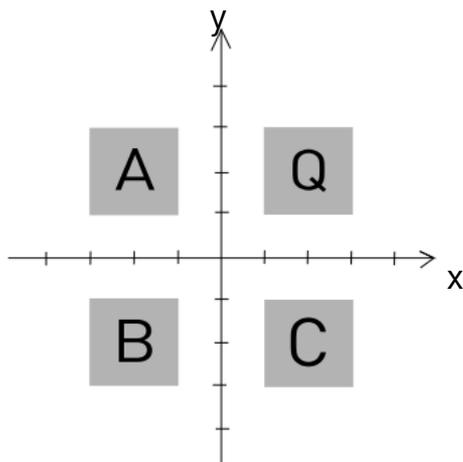


Abbildung 16

Spiegelung an der Y-Achse:

$$MT_A: \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Spiegelung am Mittelpunkt:

$$MT_B: \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Spiegelung an der X-Achse:

$$MT_C: \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

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.**

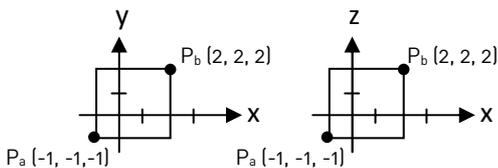


Abbildung 17a und b

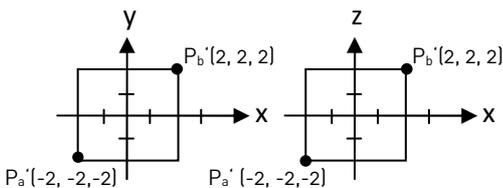


Abbildung 18a und b

$$\begin{pmatrix} 4/3 & 0 & 0 & -2/3 \\ 0 & 4/3 & 0 & -2/3 \\ 0 & 0 & 4/3 & -2/3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Skaliert zunächst den Würfel um den Faktor $4/3$ entlang aller Achsen und verschiebt dann den Würfel an die gewünschte Position.

Wir wünschen Ihnen viel Glück und viel Erfolg!