

Computergraphik

Wintersemester 2014/15

Prof. Marc Stamminger – Lehrstuhl Graphische Datenverarbeitung

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

| | |
|--|--|
| Name / name | |
| Matrikelnummer / matriculation number | |
| Studiengang / study course | |

- Es zählt nur der Text auf gehefteten Blättern / only text on the stapled sheets is evaluated.
- Text auf dem Schmierpapier zählt nicht / text on the scribbling paper is not evaluated.
- Wenn nötig, können wir weitere Blätter einheften / if needed, we staple additional sheets
- Es sind keine Hilfsmittel außer Schreibmaterial erlaubt / Only writing materials are allowed
- Bitte schalten Sie Ihr Handy aus / please turn off your mobile phone
- Legen Sie bitte Jacken, Taschen etc. am Rand ab / please place jackets, bags etc. at the rim
- Legen Sie bitte Ihren Studentenausweis bereit / please hold your student card ready

Ich habe die obigen Hinweise gelesen und verstanden / I have read and understood the above instructions

Unterschrift / signature

| Aufgabe 1 Assignm. 1 | Aufgabe 2 Assignm. 2 | Aufgabe 3 Assignm. 3 | Aufgabe 4 Assignm. 4 | Aufgabe 5 Assignm. 5 | Gesamt Sum |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 50 |
| | | | | | |

| | |
|-----------------------|--|
| Note Grade | |
|-----------------------|--|

Aufgabe 1 – Transformationen (10 Punkte)

Assignment 1 – Transformations (10 points)

Gibt es eine homogene 4x4-Matrix für die folgenden 3D-Transformationen? Wenn ja, geben Sie die Matrix an. / Is there a homogeneous 4x4-matrix for the following 3D-transformations? If so, fill in the corresponding matrix.

- a) Verschiebung um 3 in y-Richtung / Translation by 3 in y-direction

☐ nein/no

☐ ja/yes: Matrix =

$$\begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix}$$

- b) Umrechnung von Meter auf Zentimeter (Skalierung um Faktor 100) / Conversion from meters to centimeters (scaling by a factor of 100)

☐ nein/no

☐ ja/yes: Matrix =

$$\begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix}$$

- c) Rotation um 180° um x-Achse / Rotation around x-axis by 180°

☐ nein/no

☐ ja/yes: Matrix =

$$\begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix}$$

- d) Projektion entlang der z-Achse auf die xy-Ebene / Projection along z-axis to xy-plane

☐ nein/no

☐ ja/yes: Matrix =

$$\begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix}$$

- e) Projektion auf Einheitskugel / Projection to unit sphere: $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$

☐ nein/no

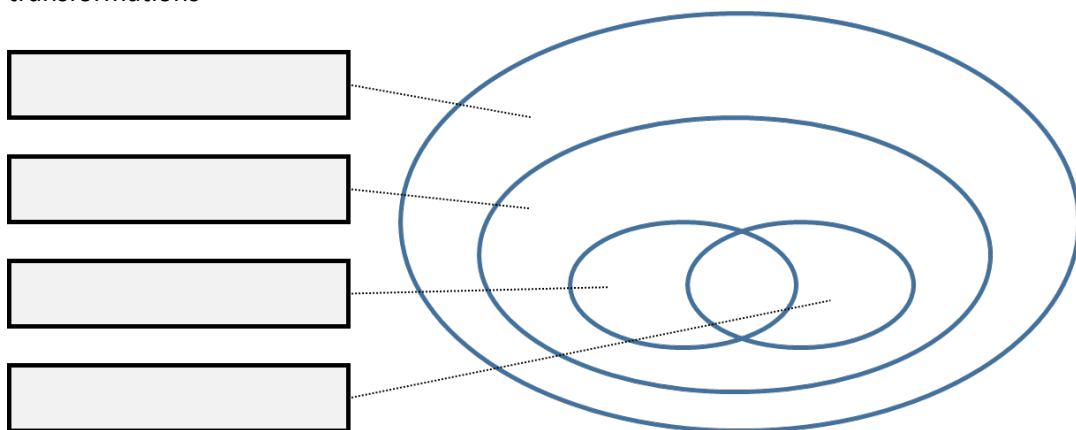
☐ ja/yes: Matrix =

$$\begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix}$$

- f) Nennen Sie drei verschiedene Darstellungsformen für Rotationen im 3-Dimensionalen.
Geben Sie für jede davon an, ob sie sich zur Interpolation eignen. /
Please state three different ways to represent rotations in 3D. State for each one, whether it is suited for interpolation or not.

| Darstellung / representation | Geeignet zur Interpolation / Suited for interpolation |
|------------------------------|---|
| | |
| | |
| | |

- g) Beschriften Sie das untenstehende Mengendiagramm mit affinen, rigiden, projektiven und linearen Transformationen / Label the set diagram with affine, rigid, projective and linear transformations



Aufgabe 2: Rasterisierung (10 Punkte)

Assignment 2: Rasterization (10 points)

In der Vorlesung haben Sie den Bresenham-Algorithmus kennengelernt /
In the lecture you heard about the Algorithm of Bresenham

```
int x = x0
int y = y0
int Δx = x1 - x0
int Δy = y1 - y0
int D = Δx - 2Δy , ΔDE = -2Δy , ΔDNE = 2(Δx - Δy)
while (x <= x1)
    ...
```

- a) Zeichnen Sie mit dem Algorithmus eine Linie von (1,2) nach (7,4). Schreiben Sie die Werte von x, y und D bei jedem Schleifeneintritt auf / Use the algorithm to draw a line from (1,2) to (7,4). State the values of x, y, and D at the entrance of the each loop.

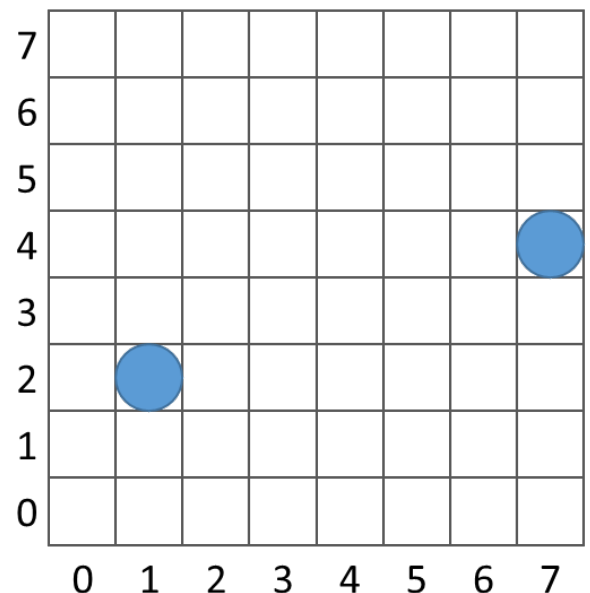
$\Delta x =$

$\Delta y =$

$\Delta DE =$

$\Delta DNE =$

| x | y | D |
|---|---|---|
| 1 | 2 | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |



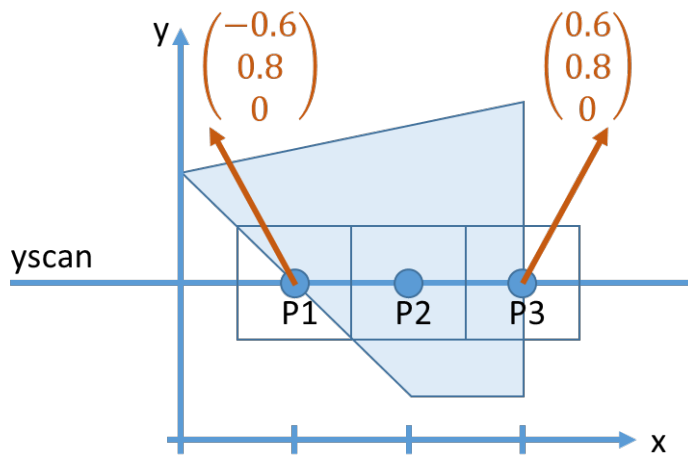
b) Für welche Werte von (x_0, y_0) und (x_1, y_1) liefert der Algorithmus das richtige Ergebnis? / For which values of (x_0, y_0) and (x_1, y_1) does the algorithm deliver a proper result?

c) Wie viele Pixel werden für eine Linie der Länge $d = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$ mindestens und höchstens gesetzt? / How many pixels does the algorithm set for a line of length $d = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$ at least and at most?

Aufgabe 3: Shading und Lighting (10 Punkte)

Assignment 3: Shading and Lighting (10 points)

- a) Beim Scanline-Rasterisieren eines Polygons kommen Sie zu unten dargestellter Zeile / During scanline-rasterization of a polygon you arrive at the following scan line:



Die Pfeile geben die Normale an den Randpunkten P1 und P2 an. / The arrows are the normals at the boundary points P1 and P3.

Sie verwenden das Phong-Beleuchtungsmodell ohne ambienten Anteil, mit diffuser Farbe $(1,1,0)$, mit spekularer Farbe $(1,1,1)$ und mit Phong-Exponent 2. Betrachter- und Lichtrichtung sind $(0,1,0)$, die einfallende Lichtintensität ist $(1,1,1)$.

You are using the Phong-Lighting-Model without ambient component, with a diffuse color of $(1,1,0)$, specular color $(1,1,1)$, and a Phong-exponent of 2. Viewer and light direction are $(0,1,0)$, the incident light intensity is $(1,1,1)$.

Bestimmen Sie mittels Phong-Shading die Farbwerte für die Pixel P1 bis P3. Re-Normalisieren Sie interpolierte Normalen. / Determine the colors of pixels P1 to P3 using Phong-shading. Re-normalize interpolated normals.

| Position / position | Normale / normal | Diffus / diffuse | Spekular / specular |
|---------------------|------------------|------------------|---------------------|
| P1 | $(-0.6, 0.8, 0)$ | | |
| P2 | | | |
| P3 | $(0.6, 0.8, 0)$ | | |

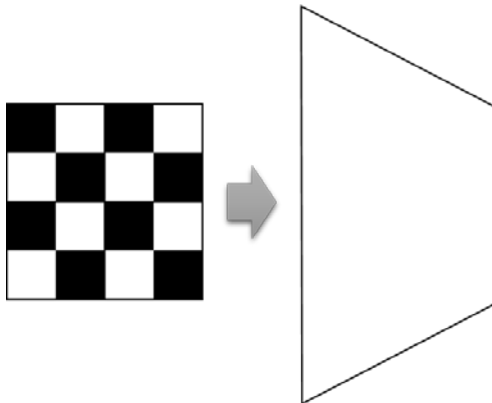
- b) Beschreiben Sie die drei wichtigsten Terme des Torrance-Sparrow-Beleuchtungsmodells (mit wenigen Worten, z.B. „Verhältnis Texturkoordinate zu Raumtemperatur“) / Describe the three most important terms of the Torrance-Sparrow-Lighting model (with a few words only, e.g. “ratio of texture coordinate and room temperature”)

| | |
|----------|--|
| D | |
| F | |
| G | |

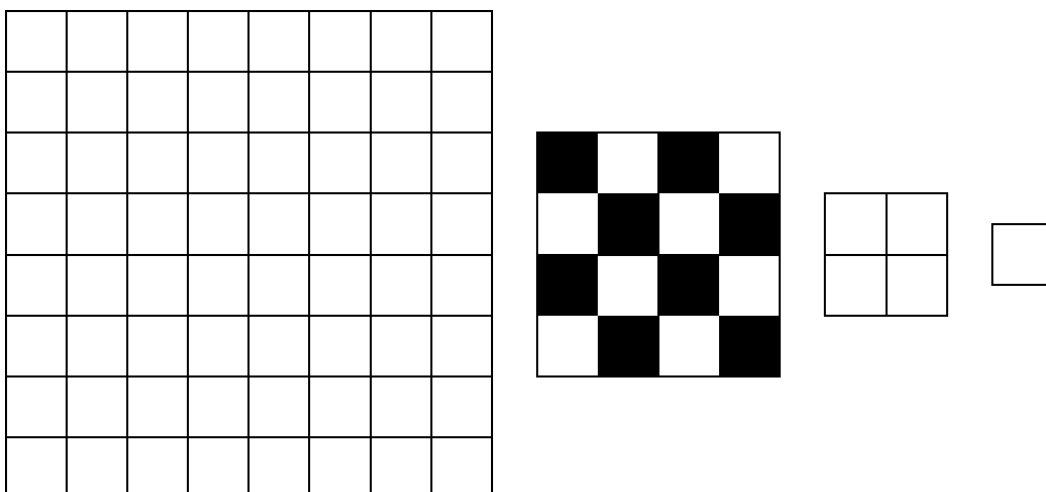
Aufgabe 4: Texturen (10 Punkte)

Assignment 4: Textures (10 points)

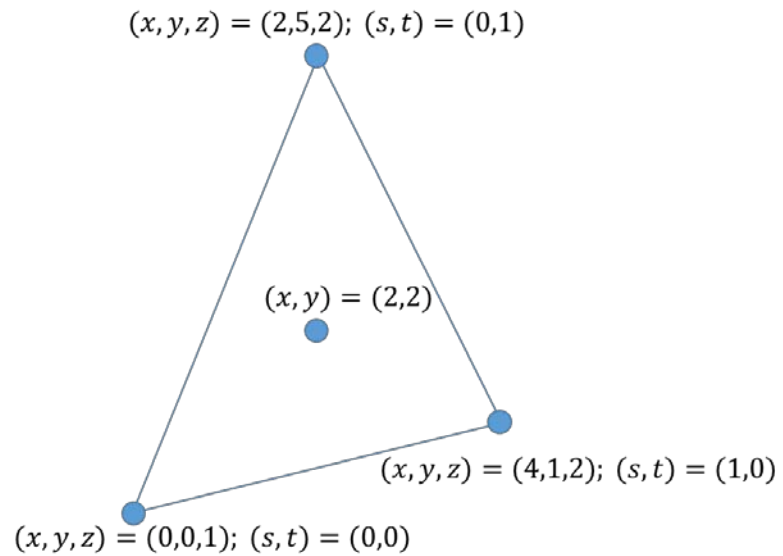
- a) Bilden sie untenstehende 4x4-Schachbrett-Textur auf das nebenstehende perspektivisch gezeichnete Quadrat perspektivisch korrekt ab. / Map the checker board texture to the neighboring perspective square using correct perspective projection.



- b) Warum ist die obige Abbildung nicht affin? / Why is the above mapping not affine?
- c) Die 4x4-Textur aus Aufgabe a) ist Teil einer MIP-Map-Pyramide. Zeichnen Sie die unten fehlenden Stufen ein. Gehen Sie für die MIP-Map-Filterung von einem einfachen Boxfilter aus. / The 4x4-texture from sub-assignment a) is part of a MIP-map-pyramid. Fill in the missing levels of the pyramid. For MIP-map filtering you can assume a simple box filter.



- c) Gegeben sei nebenstehendes Dreieck mit 2D-Eckpunkten $(0,0)$, $(2,5)$ und $(4,1)$. Zu den Eckpunkten sind außerdem die z-Koordinate sowie Texturkoordinaten (s,t) angegeben. Interpolieren Sie (perspektivisch korrekt) die Texturkoordinaten am Punkt $(2,2)$ (2D-Mittelpunkt des Dreiecks). / Given is the triangle on the right with 2D-vertices $(0,0)$, $(2,5)$, and $(4,1)$. With the vertices, also their z-coordinate as well as texture coordinates (s,t) are provided. Compute a perspective-corrected interpolation of the texture coordinates at position $(2,2)$ (2D-barycenter of the triangle).



- d) Beschreiben Sie (kurz!) die drei Dimensionen, in denen beim trilinearen MIP-Mapping interpoliert wird. / State (shortly!) the three dimensions, in which tri-linear MIP-mapping happens.

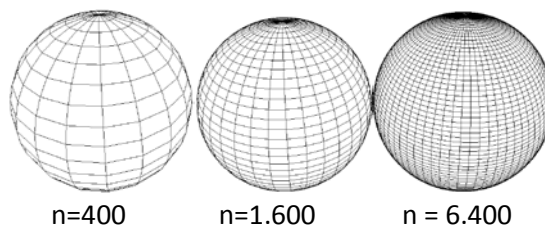
Aufgabe 5: Ray Casting (10 Punkte)

Assignment 5: Ray Casting (10 points)

- a) Schneiden Sie die Kugel mit Mittelpunkt $(1,2,6)$ und Radius 5 mit dem Strahl $(4,6,0) + t(0,0,1)$. Wie viele Schnittpunkte gibt es? Geben Sie den oder die Schnittpunkte an. / Intersect the sphere with center $(1,2,6)$ and radius 5 with the ray $(4,6,0) + t(0,0,1)$. How many intersection points are there? State the intersection point(s).
- b) Schneiden Sie die gleiche Kugel wie in a) mit dem Strahl $(1,6,0) + t(0,0,1)$. Wie viele Schnittpunkte gibt es? Geben Sie den oder die Schnittpunkte an. / Intersect the same sphere as in a) with the ray $(1,6,0) + t(0,0,1)$. How many intersection points are there? State the intersection point(s).

- c) Beschreiben Sie (am einfachsten mit einer Formel), wie Sie allgemein ein Dreieck mit Eckpunkten A, B, C mit einem Strahl $e + td$ schneiden. Es genügt, ein Gleichungssystem aufzustellen! / Explain (ideally with a formula) how you can generally find the intersection of a ray $e + td$ with a triangle with vertices A, B, C . It is sufficient to provide a system of equations!

- d) Gegeben sei eine Kugel, die durch n Vierecke dargestellt wird und formatfüllend gezeichnet werden soll. Geben Sie die Zeitkomplexität (in O-Notation) von Ray-Casting, abhängig von der Zahl p der Pixel und der Zahl n der Vierecke an. Sie können dabei davon ausgehen, dass Sie eine geeignete Beschleunigungsstruktur für den Strahlschuss aufgebaut haben. / Given is a sphere, subdivided into n quadrilaterals and to be rendered into an image full frame. State the time complexity (in O-notation) of ray-casting, depending on the number p of pixels and the number n of quadrilaterals.



$O(\quad)$

- e) Wie ändert sich die Zeitkomplexität, wenn Sie die Strahlen statt mit den Vierecken direkt mit der Kugel (wie in Teilaufgabe a) schneiden? / How does time complexity change if you directly intersect the rays with the sphere (as in sub-assignment a) instead of the quadrilaterals?

$O(\quad)$

Leerseite

Leerseite