

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 1 von 16
---	------------	---

Name:	
Matrikelnummer:	

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
Verschiedenes	20	
Polygonale Netze	10	
Kurven und Flächen	10	
Beleuchtungsrechnung	10	
Algorithmen und Datenstrukturen	10	
Gesamt	60	

Hilfsmittel:

- Erlaubtes Material: 1 Blatt handschriftliche Notizen (mit Vor- und Rückseite)
- Nicht erlaubt: Elektronische Geräte in irgendeiner Form, also kein Taschenrechner, Notebook, Handy, usw.
- Dauer: 90 Minuten

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 2 von 16
---	------------	---

1 Verschiedenes

1.1 Octree

Wie viele Blattknoten hat ein voll besetzter Octree der Tiefe 2 (Tiefe 0 = Würfel um gesamte Szene)?

Engl.: How many leaf nodes does a complete octree of depth 2 contain (depth 0 = cube containing complete scene)?

1.2 Normalenvektor

Geben Sie einen Vector \vec{v} an, der im 2D senkrecht auf dem Vektor $\begin{pmatrix} -2 \\ 1 \end{pmatrix}$ steht.

Engl.: Give the normal vector \vec{v} , which is perpendicular to the vector $\begin{pmatrix} -2 \\ 1 \end{pmatrix}$.

1.3 Implizite Function

Gegeben sind die implizite Funktion $f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right) = (x+1)^2 + y^2$ und der Isowert $\lambda = 3$. Liegt der Punkt $\begin{pmatrix} 0.5 \\ 2 \end{pmatrix}$ innen, auf dem Rand oder außen?

Engl.: Given is the implicit function $f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right) = (x+1)^2 + y^2$ and the iso value $\lambda = 3$. Is the point $\begin{pmatrix} 0.5 \\ 2 \end{pmatrix}$ inside, on the boundary or outside?

1.4 Gradient

Wie lautet der Gradient $\nabla f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right)$ für die Funktion aus der vorherigen Frage?

Engl.: Give the gradient $\nabla f\left(\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right)$ for the function in the previous question.

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 3 von 16
---	------------	---

1.5 Halbkanten-Datenstruktur

Welche Komplexität (Groß-O-Notation) hat die Suche nach allen adjazenten Vertices zu einem gegebenen Vertex v in der Halbkanten-Datenstruktur?

Engl.: What is the complexity (big-O-notation) of the search for all adjacent vertices for a given vertex v using the half edge data structure?

1.6 Texturen

Zeichnen Sie die Textur in Abbildung 1 (rechts) unter der Verwendung von `GL_REPEAT` direkt in das Rechteck in Abbildung 1 (links) ein. An den Eckpunkten (links) sind die Texturkoordinaten angegeben.

Engl.: Draw a sketch using the texture in figure 1 (right) using `GL_REPEAT` into the rectangle in figure 1 (left). The texture coordinates are given at the corners (left).

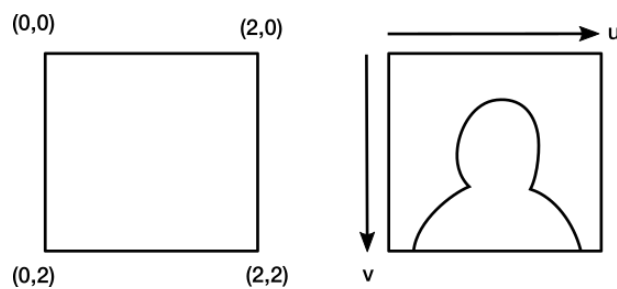


Abbildung 1: Texture-Mapping.

1.7 Flächeninhalt Dreieck

Geben Sie die Formel zum Berechnen des Flächeninhalts eines Dreiecks mit den 3D-Eckpunkten A , B und C an.

Engl.: Give a formula to compute the area of the triangle A , B , C .

1.8 Kurven

Welchen Grad hat eine Monomkurve, die vier Punkte interpoliert?

Engl.: What degree has a monom curve which interpolates four points?

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 4 von 16
---	------------	---

1.9 Kurveninterpolation

Welchen Punkt durchläuft die Kurve $p(t) = \sum_{i=0}^1 B_i(t) \cdot \mathbf{p}_i$ vom Grad 1 für $t = 0.5$?

Engl.: Through which point does the curve $p(t) = \sum_{i=0}^1 B_i(t) \cdot \mathbf{p}_i$ of degree 1 pass for $t = 0.5$?

$$\begin{aligned} B_0(t) &= t^2 & B_1(t) &= 1 - t^2 \\ \mathbf{p}_0 &= (8, 0, 4) & \mathbf{p}_1 &= (4, 8, 0) \end{aligned}$$

1.10 Ear-Cutting-Algorithmus

Wozu verwendet man den Ear-Cutting-Algorithmus?

Engl.: What is the ear cutting algorithm for?

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 5 von 16
---	------------	---

2 Polygonale Netze

2.1 Anliegende Facetten finden

In dieser Teilaufgabe entwickeln Sie einen Algorithmus zum gewichteten Berechnen einer Vertex-Normalen. Die Gewichtung erfolgt über den anliegenden Winkel, den die inzidenten Dreiecke am Vertex haben.

Engl.: In this task, you develop an algorithm to compute the weighted vertex normals. The weights are based on the angles, which the incident triangles span at the vertex.

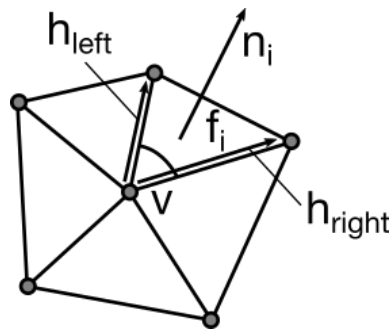


Abbildung 2: Ein Vertex v und seine umliegenden Facetten f_i mit Normalen n_i .

Engl.: A vertex v and its incident facets f_i with normals n_i .

Schreiben Sie eine Hilfsmethode `float getAngle(HalfEdge hLeft, HalfEdge hRight)` (Pseudocode), die für zwei Schenkel eines Dreiecks den dazwischen aufgespannten Winkel berechnet.

Engl.: Write a support method `float getAngle(HalfEdge hLeft, HalfEdge hRight)` (pseudocode), which computes the angle between two triangle edges.

```
float getAngle(HalfEdge hLeft, HalfEdge hRight){
```

```
}
```

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 6 von 16
---	------------	---

Schreiben Sie Pseudocode zum Berechnen der Vertexnormalen von v durch Ablaufen der inzidenten Dreiecke. Gehen Sie davon aus, dass jedes Dreieck bereits eine Normale hat. Die Normalen werden mit dem anliegenden Winkel gewichtet. Verwenden Sie dazu die Hilfsmethode aus der vorherigen Teilaufgabe.

Engl.: Write pseudocode to compute the vertex normal at v by traversing its incident triangles. You can assume that each triangle already has a normal. The normals are weighted by the corresponding angles. Use the supporting method from the previous task.

Vector computeNormal(HalfEdgeVertex v){

}

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 7 von 16
---	------------	---

2.2 Corner-Cutting-Schema

In der Vorlesung haben Sie das Corner-Cutting-Schema kennengelernt. Im Schritt zur Berechnung des Durchschnitts haben Sie für jeden Vertex v_i^{neu} die gemittelte Position mit berechnet:

Engl.: In the lecture we discussed the corner cutting scheme. In its averaging step, we computed the new position v_i^{neu} for each vertex as:

$$v_i^{neu} = \frac{1}{2}v_{i-1} + \frac{1}{2}v_i$$

Betrachten wir nun eine neue Berechnungsvorschrift mit:

Engl.: We now consider a new approach:

$$v_i^{neu} = \frac{1}{4}v_{i-1} + \frac{1}{2}v_i + \frac{1}{4}v_{i+1}.$$

Zeichnen Sie die neuen Vertices nach dem Split-Schritt direkt in Abbildung 3 ein und berechnen Sie die neue Position für den Vertex a nach der Durchschnittsbildung.

Engl.: Draw the new vertices after the splitting step directly into figure 3 and compute the new position for the vertex a after the averaging.

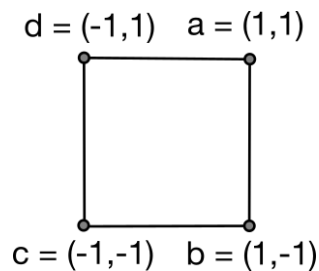


Abbildung 3: Führen Sie für dieses Ausgangspolygon einen Split-Schritt im Corner-Cutting-Verfahren durch.

Engl.: Apply one corner cutting splitting step for this polygon.

$a^{neu} =$

--

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 8 von 16
---	------------	---

3 Kurven und Flächen

3.1 Konstruktion eines Kreises

Konstruieren Sie Bezier-Kurven (je vom Grad 3, so viele wie notwendig), die aneinandergefügt zusammen in etwa die Form aus Abbildung 4 bilden. Zeichnen Sie dazu direkt in die Abbildung die notwendigen Kontrollpunkte ein und skizzieren Sie die sich ergebende Kurvenformen.

Engl.: You need to construct Bezier curves (degree 3, as many as required), which in sum follow the outline in figure 4. Draw the required control points directly into the figure and sketch the resulting curve.

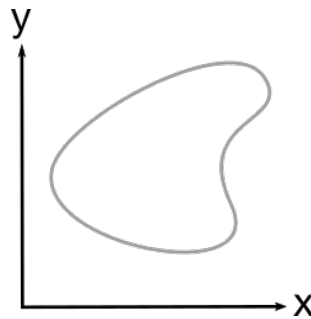


Abbildung 4: Zeichnen Sie die notwendigen Kontrollpunkte direkt in die Abbildung ein.

Engl.: Draw the required control points directly into the figure.

3.2 Kurvenkonstruktion

Skizzieren Sie den Verlauf der Kurve $p(t)$:

Engl.: Sketch the shape of the curve $p(t)$:

$$p(t) = \sum_{i=0}^2 c_i B_i(t)$$

in Abbildung 5 für die folgenden Basisfunktionen und die bereits eingezeichneten Kontrollpunkte. Skizzieren Sie außerdem den Kurvenpunkt $x = p(0.25)$.

Engl.: in figure 5 using the following basis functions and the provided control points. Also highlight the curve point $x = p(0.25)$

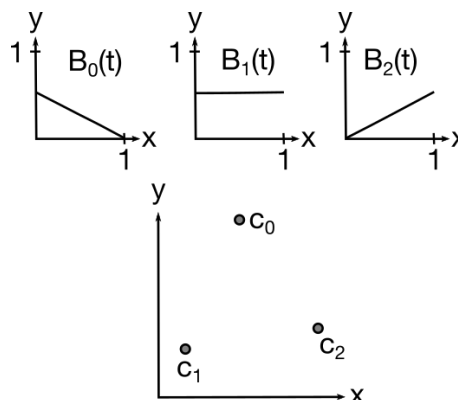


Abbildung 5: Basisfunktionen $B_0 \dots B_2$ und die vorgegebenen Kontrollpunkte $c_0 \dots c_2$.

Engl.: Basis functions $B_0 \dots B_2$ for the given control points $c_0 \dots c_2$.

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 9 von 16
---	------------	---

3.3 Bezierkurve

Skizzieren Sie den Verlauf der Bezierkurve mit den Kontrollpunkten $\mathbf{p}_0, \dots, \mathbf{p}_4$. Zeichnen Sie auch das Kontrollpolygon ein.

Engl.: Sketch the shape of the Bezier curve with the control points $\mathbf{p}_0, \dots, \mathbf{p}_4$. Also draw the control polygon.



Abbildung 6: Bezierkurve.

Engl.: Bezier curve.

Geben Sie zwei Eigenschaften der Bezierkurven an und markieren Sie diese auch in der Skizze in Abbildung 6.

Engl.: Name two properties of Bezier curves and highlight them in your sketch in figure 6.

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 10 von 16
---	------------	--

4 Beleuchtungsrechnung

4.1 Phong Beleuchtungsmodell

Gegeben ist die Szene in Abbildung 7.

Engl.: Given is the scene in figure 7.

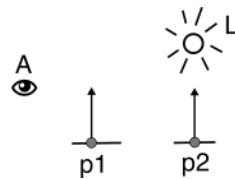


Abbildung 7: Phong-Beleuchtungsmodell: Augpunkt A, Position der Lichtquelle L. Die Pfeile zeigen in die Richtung der Oberflächennormalen.

Engl.: Phong lighting model: eye position A, light position L. The arrows point into the surface normal direction.

Welche Komponente des Phong-Beleuchtungsmodells ist für den Punkt $p1$ am größten?

Engl.: Which component of the Phong lighting model is largest for the point $p1$?

Welche Komponente des Phong-Beleuchtungsmodells ist für den Punkt $p2$ am größten?

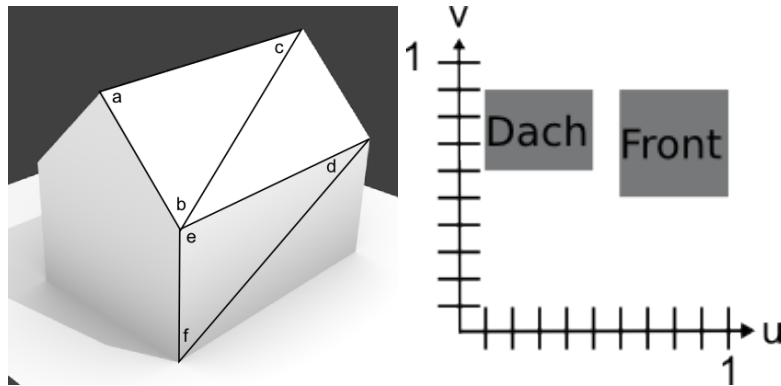
Engl.: Which component of the Phong lighting model is largest for the point $p2$?

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 11 von 16
---	------------	--

4.2 Texturkoordinaten

Gegeben sind ein 3D-Modell eines Hauses (links) und eine Textur mit einem Texturatlas (rechts):
Engl.: Given is the 3D model of a house (left) and a texture with a texture atlas (right).



Geben Sie für die Dreiecks-Eckpunkte **a-f** die zugehörigen Texturkoordinaten an.
Engl.: Give the texture coordinates for the triangle corner points a-f.

4.3 Mip-Mapping

Erläutern Sie den Aufbau einer Mip-Map stichwortartig.
Engl.: Describe the structure of a mip-map in bullet points.

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 12 von 16
---	------------	--

4.4 Interpolation

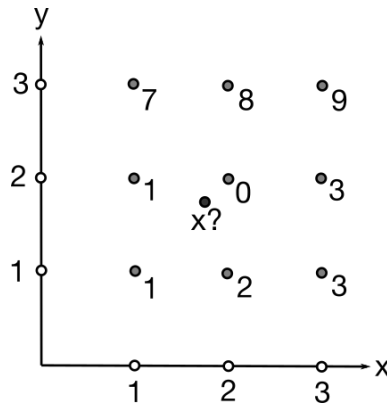


Abbildung 8: Interpolation: Datenpunkte (grau gefüllt) in Koordinatensystem mit Werten. Gesucht ist der Wert am Punkt x (schwarz gefüllt) mit den Koordinaten $(7/4, 7/4)$.
Engl.: Interpolation: data points (filled in gray) in a coordinate system with data values. We are looking for the value at the point x (filled in black) with the coordinates $(7/4, 7/4)$.

Auf Abbildung 8 sehen Sie eine Funktion im 2D. Die Werte sind nur an den grauen Punkten gegeben. An den Koordinaten $(2,3)$ hat die Funktion z.B. den Wert 8. Gesucht ist der interpolierte Wert an der Position $x = (7/4, 7/4)$. Berechnen Sie den Wert mit bilinearer Interpolation.

Engl.: In figure 8, you see a 2D function. Its values are only given at the gray dots. At the coordinates $(2,3)$ the function has the value 8. We are looking for the interpolated value at the position $x = (7/4, 7/4)$. Compute this value using bilinear interpolation.

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 13 von 16
---	------------	--

5 Algorithmen und Datenstrukturen

In dieser Aufgabe beschäftigen Sie sich mit Hüllkörpern. Alle Algorithmen und Datenstrukturen werden im 2D entworfen.

Engl.: In this task you deal with bounding volumes. All algorithms and data structures are handled in 2D.

5.1 Quadratischen Hüllkörper bestimmen.

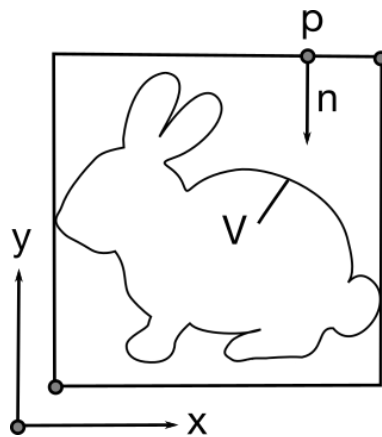


Abbildung 9: Quadratischer Hüllkörper um ein Objekt.

Engl.: Squared bounding volume around an object

In Abbildung 9 finden Sie einen Hüllkörper. Der Hüllkörper ist durch seinen linken unteren und den rechten oberen Eckpunkt definiert. Der Hüllkörper muss quadratisch sein. Ein umschlossenes Objekt ist durch eine Menge von Vertices gegeben ($V = v_i$).

Geben Sie einen Algorithmus in Pseudocode an, um für ein Objekt seinen Hüllkörper, also die linke untere Ecke **ll** (lower left) und die rechte obere Ecke **ur** (upper right) zu bestimmen.

Engl.: You find a bounding volume in figure 9. The bounding volume is defined by its lower left and upper right corners. The bounding volume must be a square. A surrounded object is given by a set of vertices ($V = v_i$)

Give an algorithm in pseudocode, which computes for an object the lower left (ll) and upper right (ur) corners of its bounding volume.

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 14 von 16
---	------------	--

5.2 Hüllkörper durch Hyperebenen

Nun repräsentieren wir den Hüllkörper durch eine Menge H von Hyperebenen: $h_i = (\text{Punkt } h_i.p, \text{ Normale } h_i.n)$, wie bereits in Abbildung 9 oben angedeutet.

Schreiben Sie eine Testroutine in Pseudocode, die **true** zurückliefert, wenn der Punkt x innerhalb eines Hüllkörpers liegt, der durch Hyperebenen eingeschlossen ist:

Engl.: Now we represent the bounding volume using a set H of hyperplanes: $h_i = (\text{point } h_i.p, \text{ normal } h_i.n)$, as outlined in figure 9 above.

Write a test routine in pseudocode, which returns true, if the point x is inside the bounding volume specified by the hyperplanes.

```
bool test(x, H = {h_i}){
```

```
}
```

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 15 von 16
---	------------	--

5.3 Hüllkörper verfeinern

Nun soll ein Algorithmus entwickelt werden, der schrittweise aus einem Hüllkörper, der mit Hyperebenen definiert ist, einen feineren (genaueren) Hüllkörper berechnet.

Schreiben Sie dazu zunächst eine Routine, die für eine gegebene Hyperebene bestimmt, ob das zu umschliessende Objekt vollständig vor der Hyperebene liegt. Abbildung 10 zeigt zwei mögliche Konstellationen.

Engl.: Now, an algorithm shall be developed which iteratively creates from a hyperplane-based bounding volume a finer (more precise) bounding volume.

For that purpose, write a routine first, which determines for a given hyperplane, if the object is completely in front of the hyperplane. Figure 10 shows two such constellations.

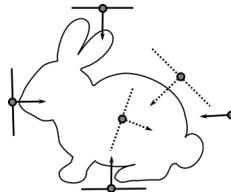


Abbildung 10: Ein Hüllkörper mit vier Hyperebenen und zwei Kandidaten (gestrichelt) für eine neue Hyperebene. Die linke Kandidaten-Hyperebene ist nicht geeignet, die rechte Kandidaten-Hyperebene ist geeignet: das Objekt liegt vollständig davor.

Engl.: A bounding volume with four hyperplanes and two hyperplane candidates (dotted). The left candidate is not suitable, the right candidate is suitable: the object is completely in front of that plane.

```
bool objectInFrontOfHyperplane(V = {v_i}, h_i){
```

```
}
```

Klausur

WP Computergrafik Wintersemester 2016/2017	24.01.2017	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 16 von 16
---	------------	--

Geben Sie nun einen Algorithmus an, der für ein Objekt und eine Menge von Hyperebenen eine zusätzliche Hyperebene bestimmt, die damit den Hüllkörper verfeinert. Der Algorithmus kann einen randomisierten Anteil enthalten. Falls Sie zusätzliche Testroutinen benötigen, können Sie diese einfach mit Text beschreiben (und müssen nicht extra Pseudocode angeben).

Engl.: Give an algorithm, which for an object and a set of hyperplanes determines a new hyperplane to refine the bounding volume. The algorithm may be randomized. If you need additional test routines, you can describe them in words (no additional pseudocode required).

`HyperPlane getAdditionalHyperplane(V = {v_i}, HE = {h_i}){`

`}`