

# Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 1 von 13
---	------------	---

<b>Name:</b>	
<b>Matrikelnummer:</b>	

Aufgabe	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl
Triangle Meshes	10	
Light & Transformations	10	
Curves	10	
Data Structures & Simulation	10	
<b>Gesamt</b>	<b>40</b>	

# Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 2 von 13
---	------------	---

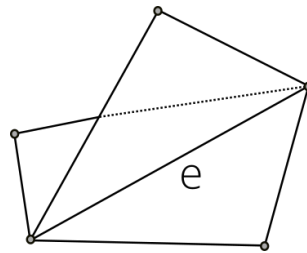
## 1 Triangle Meshes

Geben Sie eine Formel zur Berechnung der Normalen  $n$  für eine Dreieck mit den Eckpunkten  $a, b, c$  an?

*Write down the formula to compute the normal  $n$  for a triangle with corner points  $a, b, c$*   
*1 Punkt(e)*

Welche Eigenschaft eines wohlgeformten Dreiecksnetzes wird bei der Kante  $e$  in Abbildung 1 verletzt?

*Edge  $e$  in Figure 1 violates one property of a well-formed triangles mesh. Which one?*  
*1 Punkt(e)*



**Abbildung 1:** Nicht wohlgeformtes Dreiecksnetz.  
*Non-well-formed triangle mesh.*

Warum sind polygonale Netze auch zur Repräsentation gekrümmter Oberflächen geeignet, obwohl sie selber stückweise planar sind?

*Why are polygonal meshes suitable for bended surfaces, even though they themselves are piecewise planar?*

*1 Punkt(e)*

## Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 3 von 13
---	------------	---

Geben Sie einen Algorithmus in Pseudocode an, um für einen Vertex  $v$  in einer Halbkantendatenstruktur für ein geschlossenes Dreiecksnetz alle inzidenten Facetten zu finden.

*Write down an algorithm in pseudocode which finds for a given vertex  $v$  in a half edge data structure all incident facets.*

*2 Punkt(e)*

Woran erkennt man in der Halbkantendatenstruktur, dass das Dreiecksnetz einen Rand hat?

*How do you detect a boundary in a half edge data structure?*

*1 Punkt(e)*

Wie muss man den Algorithmus (Inzidente Facetten für einen Vertex.) verändern, damit er auch korrekt für ein Dreiecksnetz mit Rand funktioniert (nur Beschreibung, kein neuer Pseudocode)?

*How do you have to change the algorithm (incident facets for vertex) so that it also works with a boundary (only description, no new pseudocode)?*

*1 Punkt(e)*

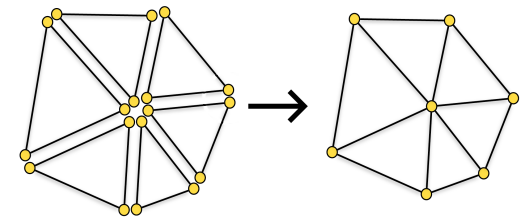
## Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 4 von 13
---	------------	---

Gegeben ist ein Dreiecksnetz als Dreieckssuppe (siehe Abbildung 2). Dreiecke teilen sich also keine Vertices. Beschreiben Sie einen Algorithmus in Pseudocode, um daraus ein geschlossenes Dreiecksnetz zu generieren.

*You have a triangle mesh as a triangle soup. There, triangles do not share vertices. Write down an algorithm in pseudocode which generates a closed triangle mesh from the soup.*

*3 Punkt(e)*



**Abbildung 2:** Transformation Dreieckssuppe  $\rightarrow$  geschlossenes Dreiecksnetz.

*Transformation: triangle soup  $\rightarrow$  closed triangle mesh.*

# Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 5 von 13
---	------------	---

## 2 Light & Transformations

Welche der Kanten in Abbildung 3 werden durch das Backface-Culling aus Sicht der virtuellen Kameraposition  $B$  ignoriert?

*Which of the edges in figure 3 are ignored due to backface culling from the virtual camera position  $B$ ?*

1 Punkt(e)

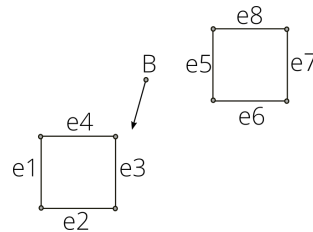


Abbildung 3: Backface-Culling.

In Abbildung 4 sind zwei Hüllkörper für das gleiche Objekt (Hase) gegeben.

*Figure 4 shows two different bounding volumes for the same object.*

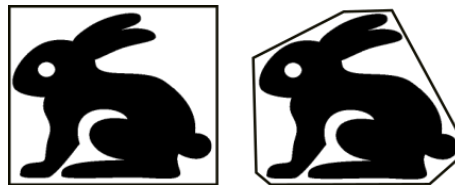


Abbildung 4: Zwei verschiedene Hüllkörper für das gleiche Objekt.

*Two different bounding volumes for the same object.*

Was ist der Vorteil des linken Hüllkörpers im Vergleich zum rechten Hüllkörper?

*What is the advantage of the left bounding volume compared to the one on the right?*

1 Punkt(e)

Was ist der Vorteil des rechten Hüllkörpers im Vergleich zum linken Hüllkörper?

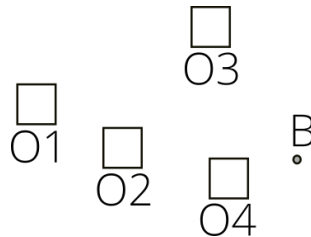
*What is the advantage of the right bounding volume compared to the one on the left?*

1 Punkt(e)

# Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 6 von 13
---	------------	---

In Abbildung 5 sind die vier Objekte  $O_1...O_4$  gegeben.  
*Figure 5 shows four objects  $O_1...O_4$ .*



**Abbildung 5:** Objekte in einer BSP-Baum-Struktur.  
*Objects in a BSP tree.*

Legen Sie passende Hyperebenen für einen BSP-Baum der Szene fest und zeichnen Sie die Ebenen direkt in die Abbildung 5 mit ein.

*Define suitable hyperplanes for a BSP tree in the scene and sketch them directly in figure 5.*

1 Punkt(e)

Geben Sie den BSP-Baum zu den Hyperebenen an.

*Draw the BSP tree for the hyperplanes.*

1 Punkt(e)

Wo im Baum ist  $O_2$  anzuordnen, warum?

*Where in the tree is  $O_2$  located, why?*

1 Punkt(e)

Leiten Sie aus dem Baum die Back-To-Front Sortierung der Objekte  $O_1...O_4$  aus Sicht des Beobachters  $B$  ab.

*Infer from the tree the back-to-front order of the object  $O_1...O_4$  from the point of view of the observer  $B$ .*

1 Punkt(e)

## Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 7 von 13
---	------------	---

Nehmen wir nun an, dass dynamisch weitere Objekte in den bestehenden BSP-Baum eingefügt werden sollen. Geben Sie Pseudocode zum dynamischen Aktualisieren des BSP-Baumes an. Es soll immer nur maximal ein Objekt unter einem Hyperebenen-Blattknoten hängen:

*Assume, that additional objects shall be inserted into the BSP tree dynamically. Write down pseudocode for the dynamic update of the BSP tree. There shall never be more than one object in a leaf node.*

*3 Punkt(e)*

```
void einfuegen(BSPBaum b, Objekt o){  
//void insert(BSPTree b, Object o){
```

```
}
```

## Klausur

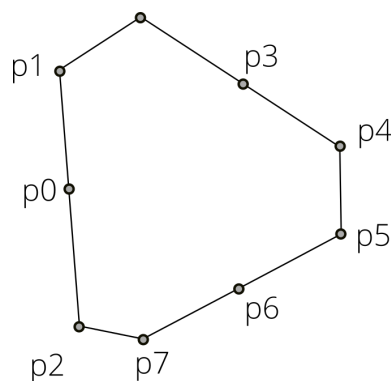
WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 8 von 13
---	------------	---

### 3 Curves

Skizzieren Sie direkt in Abbildung 6 die drei Bezier-Kurven, die sich ergeben, wenn man jeweils die folgenden Gruppen von Punkten als Kontrollpunkte verwendet: Kurve 1:  $p_0 \dots p_3$ , Kurve 2:  $p_3 \dots p_6$ , Kurve 3:  $p_6, p_7, p_8, p_0$ .

*Sketch the three Bezier curves for the following groups of points used as control points directly in figure 6: curve 1:  $p_0 \dots p_3$ , curve 2:  $p_3 \dots p_6$ , curve 3:  $p_6, p_7, p_8, p_0$*

*2 Punkt(e)*



**Abbildung 6:** Kontrollpunkte für drei Bezierkurven.

*Control points for three Bezier curves.*

Was ist der Grad einer Bezier-Kurve mit fünf Kontrollpunkten?

*Write down the degree of a Bezier curve with five control points?*

*1 Punkt(e)*

Gegeben sind die folgenden drei Basisfunktionen  $B_0 \dots B_2$  (in Abbildung 7). Skizzieren Sie für die Kontrollpunkte  $p_0 \dots p_2$  den Verlauf der Kurve

$$c(t) = \sum_{i=0}^2 B_i(t)p_i.$$

Zeichnen Sie außerdem den Kurvenpunkt  $c(0.25)$  mit ein.

*In figure 7, you find the following three basis functions  $B_0 \dots B_2$ . Sketch the resulting curve for the control points  $p_0 \dots p_2$*

$$c(t) = \sum_{i=0}^2 B_i(t)p_i.$$

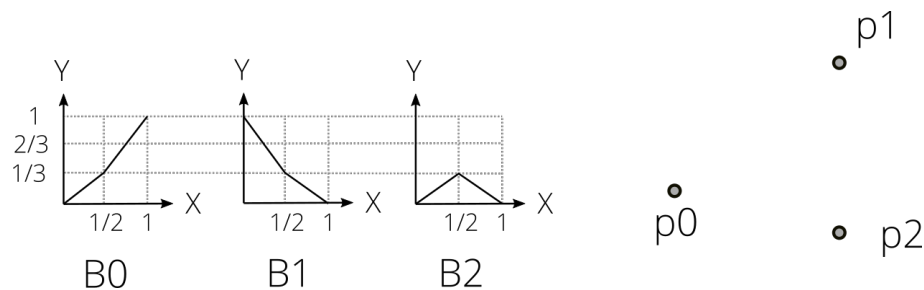
*Additionally, mark the curve point  $c(0.25)$ .*

*1+1 Punkt(e)*



# Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 9 von 13
---	------------	---



**Abbildung 7:** Kurve aus Basisfunktionen und Kontrollpunkten.

Gegeben ist ein Knochen  $b$  in einer Skelett-Animation und ein Vertex  $v$ , der durch den Knochen gesteuert wird. Der Knochen wird nun durch eine Rotation und eine Translation transformiert:  $R \cdot b + t$ . Wie wird der Vertex  $v$  transformiert?

*In a skeleton animation, a vertex  $v$  is controlled via a bone  $b$ . The bone is transformed by a rotation and a translation:  $R \cdot b + t$ . How do you compute the transformation of the vertex  $v$ ?*

2 Punkt(e)

## Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 10 von 13
---	------------	--

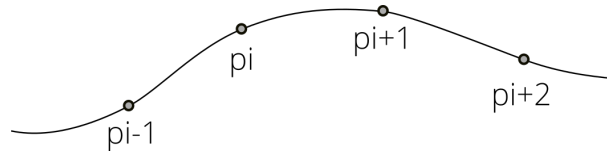
Gegeben ist eine Liste von Punkten  $p_0 \dots p_{n-1}$ . Diese sollen durch einen Bezier-Spline vom Grad 3 interpoliert werden. Das bedeutet, dass der Spline durch die Punkte laufen soll und dabei jeweils stetig (glatt) ist. Abbildung 8 zeigt den Aufbau. Wir betrachten zwei Punkte  $p_i$  und  $p_{i+1}$  mit  $0 < i < n - 2$  aus der Punkteliste. Geben Sie an, wie man sinnvolle Kontrollpunkte  $c_j$  für das Segment zwischen  $p_i$  und  $p_{i+1}$  bestimmen könnte.

**Hinweis:** Sie können die erste Teilaufgabe von Aufgabe 3 als Inspiration verwenden (Abbildung 6).

*You are provided a list of points  $p_0 \dots p_{n-1}$ . They shall be interpolated by a Bezier spline of degree 3. That means that the spline shall pass through the points and be continuous (smooth) everywhere. Figure 8 shows the setup. We look at two points  $p_i$  and  $p_{i+1}$  with  $0 < i < n - 2$  from the point list. How can you compute suitable control points for the segment between  $p_i$  and  $p_{i+1}$ ?*

**Remark:** You can use the first question in section 3 as an inspiration (figure 6).

3 Punkt(e)



**Abbildung 8:** Bezier-Spline aus Punkteliste.  
*Bezier spline from point list.*

# Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 11 von 13
---	------------	--

## 4 Data Structures & Simulation

Geben Sie eine 2D Rotationsmatrix um  $90^\circ$  im Uhrzeigersinn an.

*Write down a 2D rotation matrix for a  $90^\circ$  clockwise rotation.*

1 Punkt(e)

Sie wollen eine Waldszene und eine Szene mit einem Goldschatz rendern. In welcher Szene ist der spekulare Term im Phong Beleuchtungsmodell wichtiger? Warum?

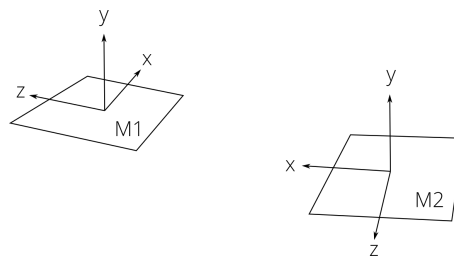
*You want to render a forest scene and a scene with a golden treasure. For which scene is the specular term in the Phong lighting model more important?*

1 Punkt(e)

Gegeben sind die beiden Marker  $M_1$  und  $M_2$  mit ihren jeweiligen Koordinatensystemen in Abbildung 9. Wie berechnet sich die Transformation  $T_{M_1 \rightarrow M_2}$  vom  $M_1$ -Koordinatensystem in das  $M_2$ -Koordinatensystem?

*Two markers  $M_1$  and  $M_2$  with their corresponding coordinate systems are given in figure 9. How do you compute the transformation  $T_{M_1 \rightarrow M_2}$  from the  $M_1$  coordinate system into the  $M_2$  coordinate system?*

2 Punkt(e)



**Abbildung 9:** Zwei Marker beschreiben zwei Koordinatensysteme.

*Two markers represent two coordinate systems.*

## Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 12 von 13
---	------------	--

Wie ergibt sich daraus  $T_{M_2 \rightarrow M_1}$ ?

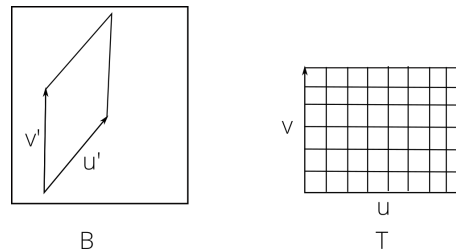
*How can  $T_{M_2 \rightarrow M_1}$  be computed from the previous result?*

1 Punkt(e)

In einem Bild findet sich ein perspektivisch verzerrtes Viereck, das als Textur verwendet werden soll (siehe Abbildung 10). Geben Sie einen Algorithmus in Pseudocode an, der für ein Texturbild  $T$  mit Auflösung  $n_u \times n_v$  die passenden Pixelwerte aus dem Originalbild  $B$  extrahieren soll. Der verzerrte Ausschnitt beginnt am Pixel  $(o_u, o_v)$  (= Startpunkt der Vektoren  $u'$  und  $v'$ ). Die Vektoren  $u, v, u', v'$  dürfen Sie als bekannt voraussetzen.

*A picture contains a distorted quad which shall be used as a texture (siehe figure 10). Write down an algorithm in pseudocode, which extracts the required pixel values from a source image  $B$  and writes them into a target image  $T$  with resolution  $n_u \times n_v$ . The distorted quad starts at pixel  $(o_u, o_v)$  (= starting point of the vectors  $u'$  and  $v'$ )*

2 Punkt(e)



**Abbildung 10:** Übertragen von Bildinformationen aus einem verzerrten Originalbild  $B$  in ein Texturbild  $T$ .

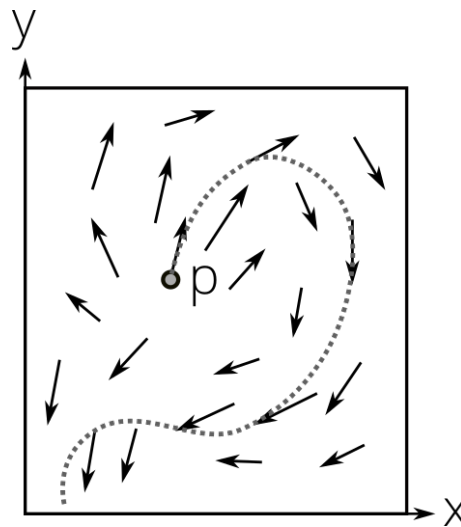
*Transfer of image information from a distorted source image  $B$  into a texture target image  $T$ .*

## Klausur

WP Computergrafik für AR Sommersemester 2018	13.07.2018	Prof. Dr. Philipp Jenke Seite 13 von 13
---	------------	--

Gegeben ist ein Vektorfeld  $F : f(x, y) : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$ . Dabei handelt es sich um eine Funktion, die für jeden Punkt im Definitionsbereich einen Geschwindigkeitsvektor liefert:  $v(x, y) = f(x, y)$ . Geben Sie einen Algorithmus in Pseudocode an, um einen Partikel  $p$  mit Position  $p.pos$  und Geschwindigkeit  $p.vel$  beginnend an einer Startposition  $(x_0, y_0)$  (siehe Abbildung 11) durch das Vektorfeld zu bewegen. Ergänzen Sie selbstständig die Informationen, die Sie zur Beschreibung der Bewegung benötigen.

*Figure 11 shows a vector field  $F : f(x, y) : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$ . A vector field is a function, which provides for each point in the definition set a velocity:  $v(x, y) = f(x, y)$ . Write down an algorithm in pseudocode to move a particle  $p$  with position  $p.pos$  and velocity  $p.vel$  starting from position  $(x_0, y_0)$  through the vector field. Feel free to add information you need to describe the movement into your algorithm.*  
3 Punkt(e)



**Abbildung 11:** Ein Partikel  $p$  bewegt sich durch ein Vektorfeld (schwarze Pfeile). Daraus ergibt sich eine Bewegungslinie (grau, gestrichelt).  
*A particle  $p$  moves through a vector field (black arrows). This creates a movement curve (gray, dotted).*