

**0. Fragen aus den Theorieteilen**

**1. Mathematische Grundlagen der Geometrischen Modellierung**

- 1) Wie kann man den Winkel zwischen zwei 3D Vektoren berechnen?
- 2) Wie kann man den Flächeninhalt eines Dreiecks berechnen, dessen 3D Eckpunkte  $\underline{p}_1, \underline{p}_2, \underline{p}_3$  in vektorieller Darstellung gegeben sind?
- 3) Wie kann man prüfen, ob zwei Vektoren senkrecht zueinander stehen?
- 4) Wie ist das Spatprodukt definiert und was kann man damit berechnen?
- 5) Zeichnen Sie für zwei gegebenen Vektoren die Richtung des Kreuzproduktvektors ein!
- 6) Gegeben einen Fußpunkt und eine normierte Normale, wie kann man den Abstand von einem beliebigen Raumpunkt zur Ebene senkrecht zur Normale durch den Fußpunkt berechnen? Was bedeuten dabei negative Abstände?
- 7) Nennen Sie 2 Möglichkeiten, eine Ebene im Raum zu spezifizieren!
- 8) Was sind baryzentrische Koordinaten und wie kann man sie berechnen?
- 9) Erklären Sie wie man mit baryzentrischen Koordinaten testen kann, ob ein Punkt im Innern eines Dreiecks liegt!
- 10) Erklären Sie wie man mit baryzentrischen Koordinaten Farben von den Knoten ins Innere eines Dreiecks interpolieren kann!
- 11) Erklären Sie wie eine implizite Kurve definiert ist und vergleichen Sie zur parametrischen Definition einer Kurve!
- 12) Was sind Vor- und Nachteile von impliziter bzw. parametrischer Darstellung?

**2. Einführung in die Geometrische Modellierung**

- 1) Erklären Sie den Unterschied zwischen der Repräsentation von Geometrie ohne bzw. mit Indizes! Was ist der Vorteil der indizierten Darstellung?
- 2) Gegeben die Skizze eines Tetraeders mit Normalen; spezifizieren Sie den Tetraeder ohne und mit Nutzung der indizierten Oberflächenrepräsentation!
- 3) Wie kann man die Normale eines Dreiecks, eines Polygons und eines Knoten in einem polygonalen Netz berechnen?
- 4) Gegeben Bilder von Polygonen, klassifizieren Sie die Polygone in konvex, einfach und allgemein!
- 5) Gegeben das Bild eines Polygons – zeichnen Sie alle Polygonecken ein, die Ohren darstellen!
- 6) Wozu kann man Texture Mapping verwenden? Was geben die Texturkoordinaten an?
- 7) Wie ist das obj-Dateiformat aufgebaut?
- 8) Erklären Sie das Prinzip des Szenengraphens!
- 9) Was ist der Unterschied zwischen einem gerichteten Graphen, einem azyklischen gerichteten Graphen und einem Baum?
- 10) Wie kann man eine Baumtraversierung nach dem Prinzip des „Depth First“ implementieren?
- 11) Sei ein Bild von einem Binärbaum gegeben. Nummerieren Sie die Knoten in der Traversierungsreihenfolge beginnend mit 1 bei der „Depth first“ bzw. „Breadth First“ Strategie!

- 12) Erklären Sie grob das Verfahren des Marching Squares Algorithmus! Was ist die Eingabe und die Ausgabe des Algorithmus?
- 13) Skizzieren Sie einen Fall, bei dem es beim Marching Squares Algorithmus mehrere Möglichkeiten gibt, Kurvensegmente zu erzeugen!
- 14) Wie kann man die Vereinigung bzw. Schnittmenge von zwei implizit repräsentierten Formen berechnen, wenn negative Werte das Innere beschreiben und positive das Äußere und die Formen durch die Funktionen  $f_1(x, y)$  und  $f_2(x, y)$  definiert sind?
- 15) Wie berechnet man die Richtung der Tangente einer parametrischen Kurve  $\underline{c}(t)$ ?
- 16) Wie berechnet man Tangentenvektoren einer parametrischen Oberfläche  $\underline{s}(u, v)$  bzw. einer implizit gegebenen Fläche  $f(x, y, z) = 0$ ? Das sollten Sie auch für gegebene  $\underline{s}(u, v)$  und  $f(x, y, z)$  ausrechnen können.

### 3. Rasterisierung

- 1) Nennen Sie Vor- und Nachteile jeweils von Raster- und Vektordisplays!
- 2) Nennen Sie drei nützliche Kriterien für einen Algorithmus zum Rasterisieren von Linien!
- 3) Erklären Sie wie die inkrementellen Linienrasterisierungsalgorithmen „Bresenham“ bzw. „Mittelpunkt“ entscheiden, welcher Pixel als nächstes gezeichnet werden muss!
- 4) Wie kann man einen vorzeichenbehafteten Abstand von einer Geraden durch Punkt  $p$  in Tangentenrichtung  $v$  berechnen?
- 5) Geben Sie Pseudo-Code für einen rekursiven FloodFill Algorithmus!
- 6) Gegeben den Pseudo-Code von Folie 25 im Rasterisierungsskript; welches Problem mit dem Funktionsstapel tritt beim Füllen großer Flächen auf? Wie kann man das Problem beheben?
- 7) Wie kann man prinzipiell vorgehen, um beim Rasterisieren von Dreiecken zu vermeiden, dass Pixel von mehreren aneinander angrenzenden Dreiecken gezeichnet werden und so beim Blending der Pixel dunkler erscheint?
- 8) Gegeben eine Skizze von einem allgemeinen Polygon; schraffieren Sie die Bereich die von der non-zero bzw. der even-odd Regel als Innen deklariert werden!

### 4. Transformationen

- 1) Gegeben ein Bild mit zwei Koordinatensystemen A und B (Ursprung kann sich unterscheiden), geben Sie die homogene Matrix einer affinen Transformation an, die Vektoren im Koordinatensystem A so transformiert, dass sich die Basisvektoren von A auf die Basisvektoren von B abbilden. Wie kommt man auf die Systemtransformation von B nach A?
- 2) Gegeben eine Matrix mit numerischen Werten; bestimmen Sie um welche Transformation es sich handelt (Transformationen der Folien 10-12 plus Translationen und Perspektivische Transformationen müssen erkannt werden, siehe auch Folie 36)
- 3) Gegeben eine Transformationsfolge wie auf Folie 14, schreiben Sie das Matrixprodukt zur Berechnung der Gesamttransformation auf!
- 4) Wie kann man homogene Vektoren interpretieren, wenn man sie zur Darstellung von affinen Transformationen einsetzt und wie beim Einsatz für perspektivische Transformationen?

- 5) Wie transformiert man eine Normale mit einer affinen bzw. perspektivischen Transformation wenn man eine Transformationsmatrix  $M$  gegeben hat?
- 6) Was versteht man unter einem Haupttriss?
- 7) Gegeben Bilder von einem parallel projizierten Würfel; handelt es sich um eine isometrische, dimetrische oder trimetrische Projektion?
- 8) Welche Art von Transformationen benötigt man um entlang von Strahlen durch ein Projektionszentrum auf eine Bildebene zu projizieren?
- 9) Wie kann man rationale Zahlen und rationale Funktionen mit Vektoren und Matrizen interpretieren? Was entspricht der Abbildung einer Zahl und was der Nacheinanderausführung von zwei Funktionen?
- 10) Gegeben mehrere homogene Vektoren mit numerischen Einträge; geben Sie an welche davon isomorph sind, d.h. denselben Punkt im nicht homogenen Raum spezifizieren!
- 11) Erklären Sie die drei Schritte, die man durchführen muss, um einen Punkt mit einer perspektivischen Transformation, die als homogene Matrix repräsentiert ist, abzubilden! Selbe Frage für Normalenvektoren.
- 12) Wie ist ein homogener Vektor mit einer 0 in der w-Komponente zu interpretieren, wenn man die homogene Darstellung für perspektivische Abbildungen einsetzt?
- 13) Wie können die Spalten einer homogenen Matrix, die eine perspektivische Transformation repräsentiert, interpretiert werden?
- 14) Wann werden Geradensegmente bei einer perspektivischen Transformation in zwei Teile zerlegt?
- 15) Warum ist das Clippen an der  $z_{near}$  und  $z_{far}$  Clipping Plane wichtig?

## 5. Grafikprogrammierung

- 1) Erklären Sie die prinzipielle Vorgehensweise bei der Darstellung von 3D Szenen mit OpenGL
- 2) Wo findet bei GPU-basierter Graphik die Rasterisierung statt – auf der CPU oder der GPU?
- 3) Wozu werden Alpha- bzw. Tiefenpuffer verwendet?
- 4) Erklären Sie das Prinzip des Double bzw. Tripel Buffering!
- 5) Erklären Sie den Unterschied zwischen Flat-, Gouraud- und Phong-Shading!
- 6) Welche Graphikprimitive werden in OpenGL unterstützt?
- 7) Wie viele Keildaten muss man spezifizieren, um einen Triangle Strip mit fünf Dreiecken darzustellen?
- 8) Was ist der Vorteil von Triangle Strips? Wie kann man mit Triangle Strips einen Tetrader mit Flat-Shading darstellen?
- 9) Erklären Sie das Prinzip der Lochkamera anhand einer eigener Skizze!
- 10) Gegeben ein Augpunkt, eine Blickrichtung und eine Oberichtung. Welche zusätzlichen Parameter werden benötigt, um ein Sichtvolumen zu definieren? Welche geometrische Form hat das Sichtvolumen?
- 11) Beschreiben Sie einen Algorithmus im Pseudo-Code für das Clippen eines Polygons an einem Rechteck unter der Annahme, dass Sie einen Algorithmus zum Clippen einer Strecke an einem Rechteck zur Verfügung haben!

- 12) Welches Kriterium wird beim backface culling verwendet, um zu entscheiden ob ein Dreieck dem Beobachter zugewandt ist oder nicht?
- 13) Was versteht man unter einem Dolly Zoom?
- 14) Welche Information muss man zusätzlich spezifizieren, wenn man Texture Mapping einsetzen möchte?

## 6. Kurven

- 1) Erklären Sie das Kontrollpunktparadigma, unter Verwendung der Begriffe Kontrollpolygon und Basis!
- 2) Was bedeuten die Begriff Endpunktinterpolation und konvexe Hülleneigenschaft? Welche der folgenden Kurven haben jeweils diese Eigenschaften? Bezierkurve, Lagrangekurve, Hermit-Spline, B-Spline
- 3) Wie erkennt man die Eigenschaft der Endpunktinterpolation aus einem Schaubild der Basisfunktionen?
- 4) Was ist der Grad  $g$  eines Polynoms und wie viele Koeffizienten benötigt man, um ein Polynom vom Grad  $g$  zu definieren?
- 5) Geben Sie die Formeln für die Bernsteinbasis vom Grad 3 an! Wie kann man dafür das Pascal'sche Dreieck nutzen?
- 6) Kann man für jede Bezierkurve mit 4 Bezierpunkten auch 4 Kontrollpunkte für eine Lagrangekurve finden, die dieselbe parametrische Kurve definieren? Welche Freiheitsgrade hat man hierbei zusätzlich? Wie ist das prinzipielle Vorgehen, um die Kontrollpunkte der Lagrangekurve zu bestimmen?
- 7) Geben Sie Pseudo-Code an für die Auswertung eines Polynoms in Monombasis mit Hilfe des Hornerschemas!
- 8) Führen Sie graphischen den De Casteljau-Algorithmus für ein gegebenes Kontrollpolygon durch!
- 9) Wie ist die 3-te Lagrange-Basisfunktion vom Grad 4 bei einem Stützstellenvektor von  $(0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1)$  definiert?
- 10) Was erhält man, wenn man in die  $i$ -te Lagrange-Basisfunktion die  $k$ -te Stützstelle  $u_k$  einsetzt?
- 11) Welche Probleme haben jeweils Bezier- und Lagrangekurven im Vergleich zu Splines (unabhängig davon ob Hermite- oder B-Splines)?
- 12) Was muss alles für die Definition eines Hermite-Splines spezifiziert werden?
- 13) Skizzieren Sie die Basisfunktionen, die man für ein Hermite-Segment das von  $t=0$  bis  $t=1$  parametrisiert ist! Achten Sie darauf, dass bei  $t=0$  und  $t=1$  die Funktionswerte und Steigungen der Basisfunktionen stimmen! (Steigungen müssen dabei nur grob stimmen.)
- 14) Skizzieren Sie jeweils eine  $G^0$ ,  $G^1$  und  $G^2$  Unstetigkeit!
- 15) Wie muss man beim aneinandersetzen von zwei Bezierkurven die ersten beiden Kontrollpunkte der zweiten Kurve wählen, damit ein  $C^1$  bzw.  $G^1$  stetiger Übergang entsteht?
- 16) Wie heißen die Kontrollpunkte für eine B-Spline Kurve?
- 17) In welchem Zusammenhang steht die Anzahl  $K$  der Kontrollpunkte und die Anzahl  $n$  der Kurvensegmente bei einem offenen/geschlossenen B-Spline vom Grad  $g$ ?

- 18) Geben Sie einen Knotenvektor für einen offenen B-Spline vom Grad 3 mit 6 Kontrollpunkten an, der die Eigenschaft der Endtangenteninterpolation besitzt! (Tipp überlegen Sie sich zuerst die Anzahl der Kurvensegmente und schließen Sie daraus auf die Anzahl der unterschiedlichen Knotenvektoreinträge.)
- 19) Skizzieren Sie die Basisfunktionen von einem offenen  $C^0$ -stetigen B-Spline mit 4 Kontrollpunkten!
- 20) Welche Stetigkeit hat ein B-Spline vom Grad 3 an einem Knotenvektoreintrag, der 2 mal hintereinander im Innern des Knotenvektors vorkommt?
- 21) Wieviele Kontrollpunkte beeinflussen jeweils ein Kurvensegment in einem geschlossenen B-Spline vom Grad 3?
- 22) Wieviele Kurvensegmente beeinflusst jeder Kontrollpunkt in einem geschlossenen B-Spline vom Grad 4?
- 23) Zeichnen Sie in ein gegebenes Kontrollpolygon die Vereinigung der lokalen konvexen Hüllen ein innerhalb der ein offener B-Spline vom Grad 3 liegen muss!

## 7. Beleuchtung

- 1) Was gibt das Leistungsspektrum für eine Lichtquelle an?
- 2) Welche Prozesse sind bei der Lichtausbreitung und ihrer Simulation wichtig?
- 3) Was versteht man unter Emission, Transport, Absorption, Streuung, Reflektion, Refraktion?
- 4) Was misst die Strahldichte?
- 5) Erklären Sie den Unterschied zwischen Light und Visibility Tracing!
- 6) Wodurch ist eine Richtungs-, Punktlichtquelle bzw. ein Strahler definiert?
- 7) Was sind die Eingaben für ein lokales Beleuchtungsmodell und was für eine BRDF?
- 8) In welche Teile werden lokale Beleuchtungsmodelle zerlegt?
- 9) Wovon hängen ambiente, diffuse und spekulare Beleuchtung ab – von Richtung zur Lichtquelle und oder von Richtung zum Beobachter?
- 10) Nach Multiplikation von eingehender Leuchtdichte mit den Materialparametern, wie berechnet sich der diffuse bzw. spekulare Anteil nach Phong bzw. Blinn-Phong aus den Richtungsvektoren  $\omega_{in}$ ,  $\omega_{out}$  und  $n$ ?
- 11) Wie berechnet man die Richtung des reflektierten Strahls bzw. des Halbvektors?
- 12) Wann unterscheiden sich die Beleuchtungsmodelle nach Phong und Blinn-Phong signifikant?
- 13) Was versteht man unter dem Brechungsindex?
- 14) Malen Sie eine Skizze und erklären Sie das Gesetz von Snellnius mit der entsprechenden Formel!
- 15) Was versteht man unter dem Grenzwinkel?
- 16) Teilen Sie die folgende Ansätze in lokale bzw. globale Beleuchtungsverfahren ein: Phong, Blinn-Phong, Raytracing, Radiosity, Bidirektionales Pathtracing! Mit welchem Verfahren kann man Kaustiken simulieren und mit welchem diffuse Streuung?

## 8. Raytracing

- 1) Erklären Sie wie beim Raytracing Strahlen verfolgt werden und gehen Sie dabei auf den Begriff Rekursives Raytracing ein.
- 2) Wozu wird Supersampling beim Raytracing benötigt?

- 3) Nennen Sie drei unterschiedliche Supersampling-Strategien!
- 4) Wie kann man in Vektorschreibweise die Richtung des ideal gespiegelten Strahls berechnen aus  $\mathbf{v}$  und  $\mathbf{n}$  (siehe Folie 8)?
- 5) Wieso werden beim Raytracing meist zwei unterschiedliche Schnittberechnungsfunktionen implementiert?
- 6) Warum sollte man beim Raytracing die maximale Rekursionstiefe beschränken?
- 7) Erklären Sie das Prinzip des Distribution Raytracing und nennen Sie zwei Effekte, die man damit simulieren kann!
- 8) Erklären Sie ohne auf Formeln einzugehen, wie man die Schnittberechnung zwischen Strahl und Kugel / Dreieck implementiert!
- 9) In welche Teilberechnungen kann man den Schnitt zwischen Strahl und achsenparallelen Quader zerlegen?
- 10) Gegeben eine Skizze von einem regulären Gitter mit mehreren enthaltenen Objekten und einem Strahl. Markieren Sie in welcher Reihenfolge die Gitterzellen durchlaufen werden und in welcher Reihenfolge Schnitttests durchgeführt werden!
- 11) Wie funktioniert die Mailboxtechnik und bei welcher Beschleunigungsdatenstruktur wird diese benötigt – Gitter, Hüllvolumenhierarchie, KD-Baum?
- 12) Gegeben ein Bild von einer Menge von Objekten, zeichnen Sie die achsenparallelen Quader der ersten drei Level einer Hüllvolumenhierarchie ein – indem Sie entlang der Richtung der größten Ausdehnung balanciert spalten!
- 13) Nach welcher Heuristik kann man beim Aufbau eines KD-Baums die Position der Split-Ebene optimieren? Was besagt diese Heuristik?
- 14) Gegeben ein Bild von einem KD-Baum über einer Menge von Szenenprimitiven und ein Strahl, schreiben Sie Zahlen an die Primitive, die angeben, in welcher Reihenfolge diese bei der KD-Baum Traversierung auf Schnitt mit dem Strahl getestet werden!