Aufgabe 1: Beleuchtung

Teilaufgabe 1a

Welche 4 Vektoren werden benötigt, um die reflektierte Farbe an einem Vertex bzw. Oberflächenpunkt mit dem Phong-Beleuchtungsmodell zu berechnen? Illustrieren Sie Ihre Antwort mit einer Skizze, die den Oberflächenpunkt, die Betrachter- und die Lichtquellenposition beinhaltet.

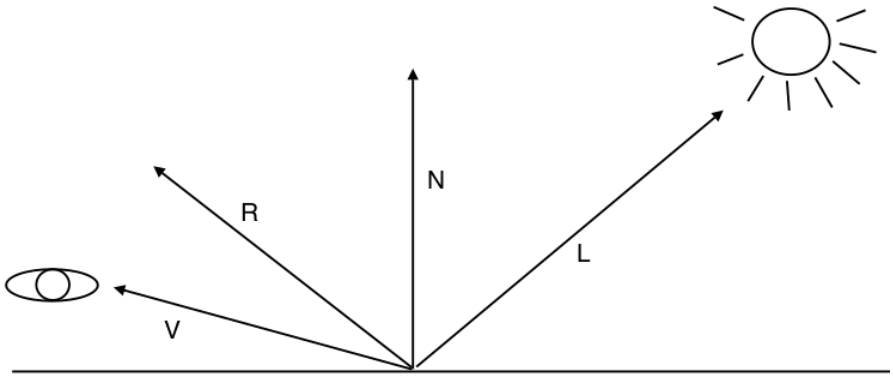


Abbildung 1: Whatever

1. Lichtvektor L
2. Normale N
3. View-Vektor V
4. Reflektiertes Licht R_L

Teilaufgabe 1b

Beim Phong-Beleuchtungsmodell setzt sich das reflektierte Licht aus 3 Komponenten zusammen: ambient, diffus und spekular.

Das Phong-Beleuchtungsmodell lautet:

$$I = \overbrace{k_a \cdot I_L}^{\text{ambient}} + \overbrace{k_d \cdot I_L \cdot (N \cdot L)}^{\text{diffus}} + \overbrace{k_s \cdot I_L \cdot (R_L \cdot V)^n}^{\text{spekular}}$$

Erläutern Sie kurz, welche dieser Komponenten ihren Wert aus welchem Grund ändert bzw. ändern, wenn:

- *der Vertex verschoben wird, aber die Lichtquelle- und Betrachterposition unverändert bleibt?*
  - Spekular: R_L und V ändern sich
  - Diffus: L ändert sich

- *sich die Betrachterposition ändert, aber Lichtquelle und Vertex unverändert bleiben?*
  - Spekular: V ändert sich

Teilaufgabe 1c

Welche Aufgabe hat der Phong-Exponent? Welche Auswirkungen hat es, wenn sein Wert größer bzw. kleiner gewählt wird? Imperfekte Spiegelung: Je größer der Phong-Exponent desto konzentrierter die Spiegelung, heißt der spekulare Lichtfleck wird kleiner aber dafür intensiver.

Teilaufgabe 1d

Warum verbessert eine Unterteilung von Primitiven in kleinere die Darstellungsqualität, wenn Gouraud-Shading verwendet wird?

Bei Gouraud-Shading wird die Farbe an den Vertices berechnet und dazwischen interpoliert. Dadurch können Glanzlichter verloren gehen, die in der Mitte von Primitiven liegen. Bei kleineren Primitiven ist die Wahrscheinlichkeit, dass dies passiert geringer. Außerdem ergibt die Interpolation genauere Ergebnisse, da die Vertices näher an den Punkten liegen, für die interpoliert wird

Aufgabe 2: Blending

Teilaufgabe 2a

(I)
- Rot-Wert nach (1): 1
- Rot-Wert nach (2): $\overbrace{0.5}^{\text{SRC\_ALPHA}} \cdot \underbrace{1.0}_{\text{SRC\_COLOR}} + \overbrace{(1-0.5)}^{\text{1-SRC\_ALPHA}} \cdot \underbrace{0.2}_{\text{DST\_COLOR}} = 0.6$
- Rot-Wert nach (3): $0.5 \cdot 0.6 + 0.5 \cdot 0.4 = 0.5$

(II)
- Rot-Wert nach (1): 1
- Rot-Wert nach (2): $0.5 \cdot 1.0 + 0.5 \cdot 0.4 = 0.7$
- Rot-Wert nach (3): $0.5 \cdot 0.7 + 0.5 \cdot 0.2 = 0.45$

(III) *Welche Konsequenzen hat dies für das Zeichnen von sich überlappenden semi-transparenten Objekten?*
Erfordert Tiefensortierung. Im allgemeinen ist Blending nicht kommutativ.

Teilaufgabe 2b

Ein Zaun wird mit OpenGL gezeichnet, indem ein `GL_QUAD` -Primitiv mit einer Textur gezeichnet wird, die den Wert 1 enthält, wo sich Lücken im Zaun befinden, und sonst

den Wert 0 enthält. Warum sollte man in diesem Fall Alpha-Testing statt Blending verwenden?

Der Tiefenalgorithmus sieht nicht, dass der Zaun an manchen Stellen durchsichtig ist und zeichnet deswegen Objekte die dahinter liegen nicht. Mit Alpha-Testing werden dahinterliegende Objekte gezeichnet.

Teilaufgabe 2c

- Rufe `DrawScene` auf. Aktiviere Blending und stelle es folgendermaßen ein:
  ```
  glBlendEquation(GL_FUNC_ADD);
  glBlendFunc(GL_CONSTANT_ALPHA, GL_ONE); // Addiere das Bild mit konstantem Alpha
  glBlendColor (1.0, 1.0, 1.0, 1.0/n); // n = Anzahl Lichtquellen
  ```
- wähle erste Lichtquelle
- zeichne das Bild mithilfe der Shader auf und führe das Blending auf dem Ergebnis aus
- wechsele zur nächsten Lichtquelle
- zeichne das Bild mithilfe der Shader auf und führe das Blending auf dem Ergebnis aus
- fahre fort bis alle Lichtquellen durch sind

Aufgabe 3: Texturierung

Teilaufgabe 3a: Mip-Maps

(i) *Welches Problem löst Mip-Mapping?*
Hilft gegen Aliasing, das durch Unterabtastung bei der Verkleinerung entsteht.

(ii) *Was für Vorbereitungen werden für eine Textur getroffen?*
Man berechnet Mipmap-Stufen, indem die Pixel interpoliert und die Höhe und Breite der Textur jeweils halbiert wird.

(iii) *Wie erfolgt der Zugriff auf die Textur*?
Texelgröße(n) $\leq$ Größe des Pixelfootprints auf der Textur $<$ Texelgröße($n+1$), es werden also zwei benachbarte Mip-Map-Stufen bilinear im Pixelfootprint und das Ergebnis linear interpoliert.

Teilaufgabe 3b: Environment-Maps

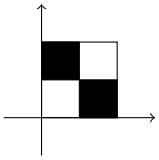
Erläutern Sie kurz, wofür Environment-Mapping verwendet wird.

Darstellung reflektierender Objekte mit Spiegelungen von der Umgebung ohne geometrische Repräsentation.

Welche grundlegende Annahme wird dabei gemacht?

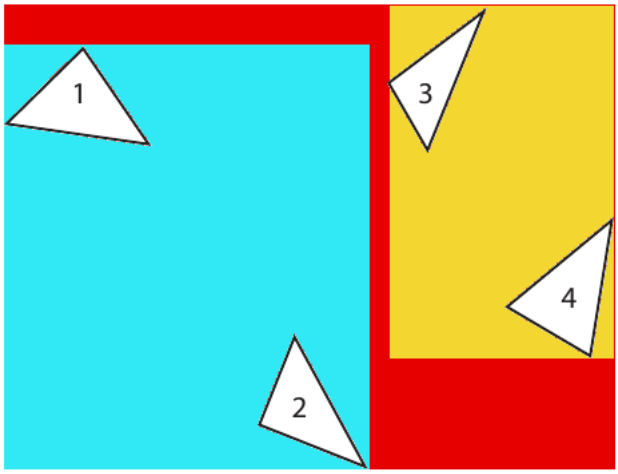
Die Umgebung ist weit genug entfernt, sodass die Richtung des reflektierten Strahls ausreicht und die Position ignoriert werden kann.

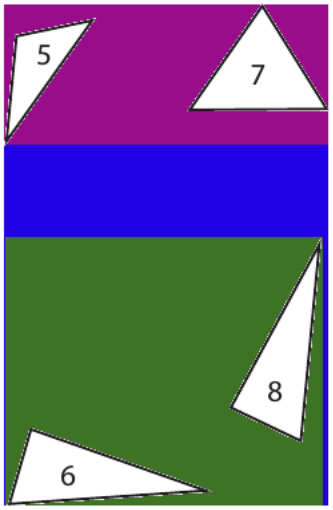
Teilaufgabe 3c

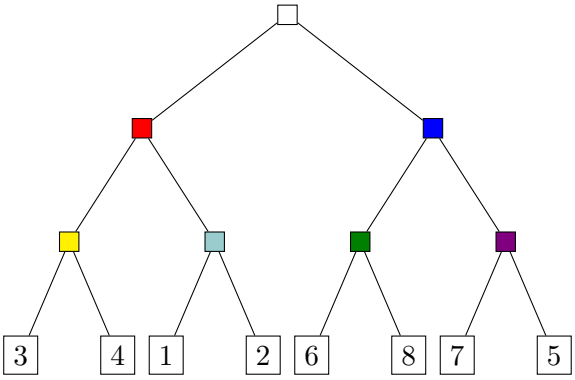


Aufgabe 4: Hierarchische Datenstrukturen

Teilaufgabe 4a







Teilaufgabe 4b: SAH

Welches Ziel verfolgt man beim Einsatz von Surface Area Heuristics (SAH)?

Im Mittel sollen zufällige Strahlen, die den betrachteten Knoten schneiden, den gleichen Aufwand verursachen, egal welcher Kindknoten traversiert wird (vgl. Folie 90)

Erklären Sie kurz die Grundidee der SAH. Wie ändert sich die Konstruktion eines kD-Baumes bei Anwendung dieser Technik?

Die Wahrscheinlichkeit dafür dass man ein Primitiv trifft, wenn man die Bounding Box getroffen hat, soll groß werden. Konstruktion bezieht Kostenfunktion (Kosten für Schnitt mit Knoten) mit ein, damit die Kosten minimiert werden. Surface Area der Primitive soll einen großen Anteil der Bounding Box ausmachen.

Welche Größen fließen dabei zusätzlich mit ein?

(1) Primitiv-Flächeninhalt
(2) Surface Area der Box
(3) Kosten der Traversierung eines Knotens im Verhältnis zu Kosten eines Strahl-Primitiv-Tests

Teilaufgabe 4c

Warum ist das Object-Median -Kriterium meist nicht das performanteste Unterteilungskriterium, wenn eine Bounding Volume Hierarchie beim Raytracing einer statischen Szene eingesetzt werden soll?

Suboptimal, wenn es Stellen gibt, an denen wenige Primitive liegen und welche mit vielen Primitiven auf wenig Raum → es gib Boxen mit viel leerem Raum drin.

In welchen Fällen ist das Object-Median-Kriterium nicht schlechter als Surface Area Heuristics?

Median ist gleich gut wie SAH wenn Primitive gleichmäßig verteilt sind.

Teilaufgabe 4d

Idee: Führe Schnitttest nur einmal durch und markiere das Objekt als getestet. Vorteil: Vermeidet mehrfache Schnitttests mit einem Objekt. (s. Kapitel 5, Folie 57)

Aufgabe 5

shader5.frag

```
uniform vec3 eye; //Position des Betrachters in Weltkoord
in vec3 dir;      //Strahlrichtung in Weltkoord
uniform vec3 spheres[10];
out vec4 fragColor;
void main() // Dieser Fragment-Shader wird fuer jeden Pixel
{           // der Bildebene aufgerufen
    // <solution>
    float t = -1;
    vec3 pos;  // Position des Schnittpunkts
    vec3 normal;  // Normale an der Position des Schnittpunkts
    for (i=0; i < 10; i++) {
        vec2 isec = intersectRS(eye, dir, spheres[i].xyz, spheres[i].w);
        if (isec.x < t && isec.x > 0) {
            t = isec.x;
            pos = eye + t * dir;
            normal = normalize(pos - spheres[i].xyz);
        } else if (isec.y < t && isec.y > 0) {
            // Strahl startet innerhalb der Kugel
            t = isec.y;
            pos = eye + t * dir;
            normal = normailize(pos - spheres[i].xyz);
        }
    }
    if (t != -1) { // Schnittpunkt gefunden !
        fragColor = computeShading(pos, normal);
    // </solution>
    } else {
        // Keinen Schnittpunkt gefunden , Hintergrund schwarz setzen
        fragColor = vec4 (0.0 , 0.0 , 0.0 , 1.0);
    }
}
```

Aufgabe 6

Teilaufgabe 6a

Polygone, die man nur von hinten sieht, werden nicht gezeichnet. Wird zur Beschleunigung verwendet, weil man dann weniger Polygone zeichnen muss.

Teilaufgabe 6b

Ergebnisse der letzten Verarbeiteten Vertices werden gecacht. Nur sinnvoll, wenn Vertices mehrfach verwendet werden, z.B. durch Indizierung. Pipelinestufe: Primitive Assembly

Teilaufgabe 6c

über Indizes

Teilaufgabe 6d

Triangle Strips brauchen weniger Platz, weil sich Dreiecke Vertices teilen (n+2 statt $3n$ Vertices)

Teilaufgabe 6e

Vertex Shader holt Textur, ordnet den Vertices Punkte auf den Texturen zu. Fragment Shader berechnet anhand dessen die Texturierung der Primitive

Teilaufgabe 6f

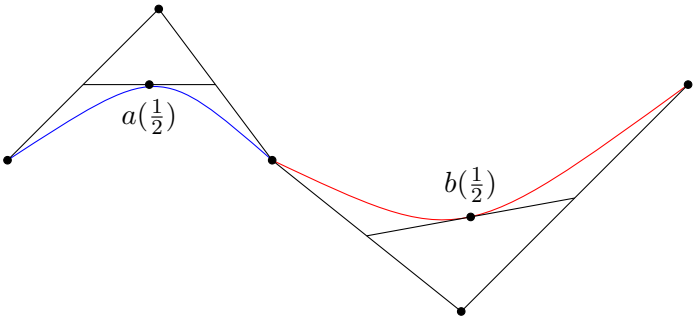
Aussage	Wahr	Falsch
Vertex Shader kann Vertices löschen und generieren		X
Vertex Shader kann Transformieren	X	
Sichtrichtung entlang negativer Y-Achse		X
mehrere Shader in einem Zeichenvorgang		X
inkonsistente Interpolation bei T-Vertices	X	

Teilaufgabe 6g

1. B V
2. F V
3. E V
4. A N
5. C N
6. D F

Aufgabe 7: Bézierkurven und Bézier-Splines

Teilaufgabe 7a



Nennen Sie die drei wichtigsten Eigenschaften von Bézier-Kurven, die Ihnen bei der Skizzierung der Kurve helfen

- Tangenten an den Randpunkten zeigen auf den nächsten Punkt,
- 2fach stetig diffbar (runde Kurve, keine Ecken, keine Unterbrechungen)
- Kurve liegt innerhalb der konvexen Hülle der Kontrollpunkte.

Teilaufgabe 7b

(I) $a_3 : C^1$. Begründung:
- C^0, da $a_3 = b_0$
- C^1, da $a_3 - a_2 = b_1 - b_0$
- Nicht C^2, da $a_3 - a_2 = b_1 - b_0$, aber $a_2 + (a_2 - a_1) \neq b_1 + (b_1 - b_2)$

(II) $c_0 : C^0$. Begründung:
- C^0, da $b_3 = c_0$
- Nicht C^1, da $b_3 - b_2 \neq c_1 - c_0$

Teilaufgabe 7c

1. Bilden eine Basis des Polynomraumes
2. Rekursionsformel:
$$B_i^n(u) = u \cdot B_{i-1}^{n-1} + (1-u) \cdot B_i^{n-1}$$
3. Symmetrisch
4. Positiv (≥ 0) auf [0,1]