

Interaktive Computergrafik



Prof. Dr. Frank Steinicke
Human-Computer Interaction
Department of Computer Science
Universität Hamburg

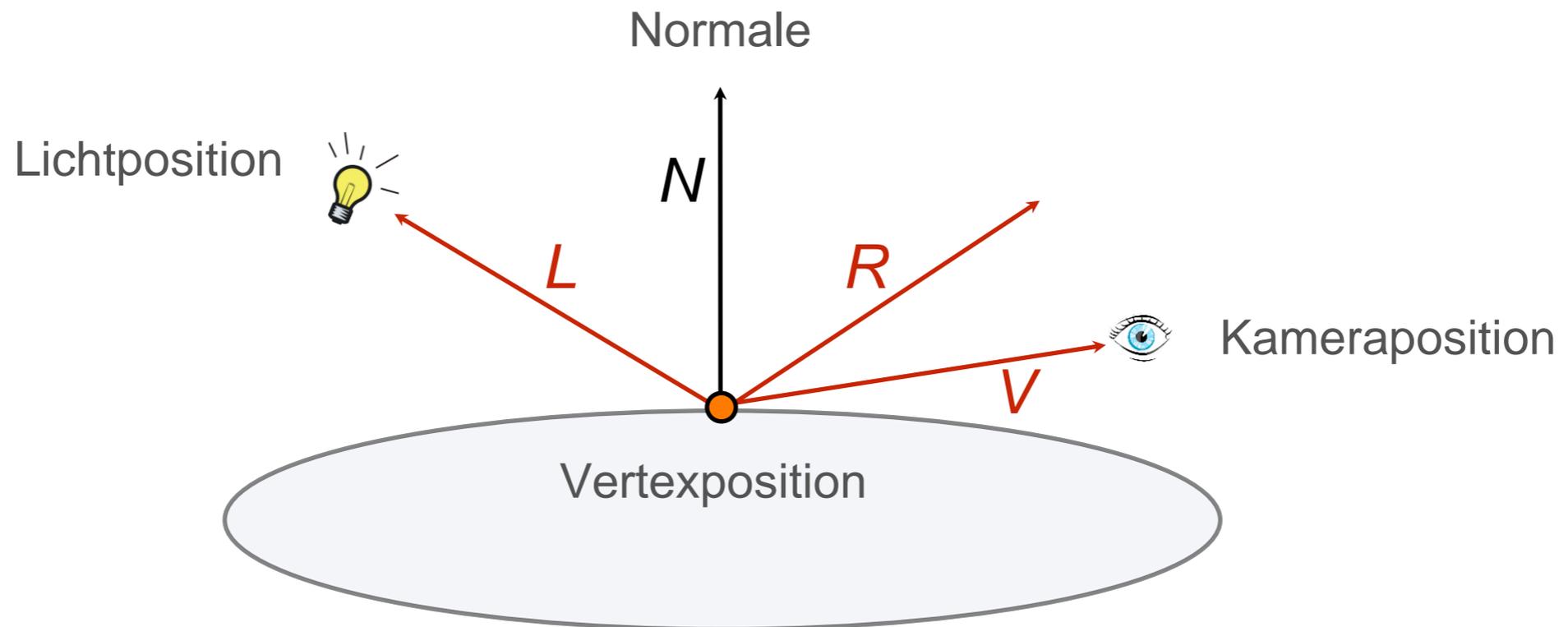


Interaktive Computergrafik

Übung - Woche 7

Beleuchtungsgleichung

$$I = \underbrace{I_a \cdot k_a}_{\text{ambient}} + \sum_{i=1}^m f_{att_i} \cdot \underbrace{(I_{d_i} \cdot k_d \cdot \max(0, N \cdot L_i))}_{\text{diffus}} + \underbrace{I_{s_i} \cdot k_s \cdot \max(0, R_i \cdot V)^n}_{\text{spekular}}$$



Beleuchtungsgleichung

Implementierung

$$I = I_a \cdot k_a + \sum_{i=1}^m f_{att_i} \cdot (I_{d_i} \cdot k_d \cdot \max(0, N \cdot L_i) + I_{s_i} \cdot k_s \cdot \max(0, R_i \cdot V)^n)$$

- Schritt 1: Alle **Koeffizienten als Uniform-Variablen** an Shader übergeben.
- Schritt 2: Für jeden Vertex **Normale** definieren und in VBO an Shader übergeben.

Beleuchtungsgleichung

Implementierung

$$I = I_a \cdot k_a + \sum_{i=1}^m f_{att_i} \cdot (I_{d_i} \cdot k_d \cdot \max(0, N \cdot L_i) + I_{s_i} \cdot k_s \cdot \max(0, R_i \cdot V)^n)$$

- Schritt 3: Überführung der gegebenen Variablen in **Kamerakoordinaten**.
- Schritt 4: Berechnung der **normalisierten Vektoren N, L, R und V** aus gegebenen Variablen in Kamerakoordinaten.

Hinweise

Kamerakoordinaten

- Ausgangskoordinatensystem beachten
 - unterschiedlich für z.B. Vertexpositionen bzw. -normalen (Objektkoordinaten) und Lichtposition (Weltkoordinaten)
- Überführung in Kamerakoordinaten durch Multiplikation mit passender Matrix (Model- und/oder View-Matrix)
 - siehe Online-Diskussion zur Lektion 7

Beleuchtungsgleichung

Implementierung

$$I = I_a \cdot k_a + \sum_{i=1}^m f_{att_i} \cdot (I_{d_i} \cdot k_d \cdot \max(0, N \cdot L_i) + I_{s_i} \cdot k_s \cdot \max(0, R_i \cdot V)^n)$$

- Gesucht: N, L, R, V (in Kamerakoordinaten!)
- Gegeben:
 - Lichtposition (in Weltkoordinaten)
 - Vertexposition (in Objektkoordinaten)
 - Normalen (in Objektkoordinaten)
 - Model- und View-Matrix

Hinweise

Punkt- vs. Richtungsvektoren

- Licht-, Vertex- und Kameraposition sind 3D-Punkte
 - Phong-Beleuchtungsgleichung arbeitet mit Richtungsvektoren L , N , V und R
- Umrechnung notwendig

Hinweise

Normalentransformation

- Vertexpositionen und -normalen müssen zwar jeweils von Objekt- in Kamerakoordinaten transformiert werden, trotzdem unterscheiden sich Transformationsmatrizen

→ siehe Online-Diskussion zur Lektion 7

- $V_i' = T \cdot V_i$
- $N_i' = (T^T)^{-1} \cdot N_i$

Hinweise

Abschwächungsfaktor

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_1 + c_2 \cdot d + c_3 \cdot d^2}, 1 \right)$$

- c_1 , c_2 und c_3 sind Konstanten, mit denen Stärke der Lichtabschwächung gesteuert werden kann
 - geeignete Werte können aus Aufgabe 1 des Übungszettels übernommen werden

Hinweise

Reflexionsvektor

- GLSL stellt Built-In-Funktion für Reflexion an einer Normalen zur Verfügung:

`reflect(Einfallsvektor, Normale)`

- Vorsicht:
L zeigt von Vertex zu Lichtquelle, bei `reflect` ist jedoch **Einfallsvektor** gefordert

Hinweise

Weitere GLSL-Hilfsfunktionen

- `max(x, y), pow(x, y)` → *beide Parameter müssen selben Typ haben!*
- `normalize(Vektor)`
(= Normalisierung des Vektors auf Länge 1)
- `dot(Vektor1, Vektor2)`
(= Skalarprodukt)
- `inverse(Matrix), transpose(Matrix)`

*Können nur in Shadern verwendet werden!
(nicht in JavaScript-Anwendungsprogramm)*

Hinweise

Dimensionalität I

- Alle Materialkoeffizienten k_x sowie Intensitäten I_x sind vec3 mit Werten für R, G, und B
- Im Fragment Shader wird ein Wert für Alpha hinzugefügt

Hinweise

Dimensionalität II

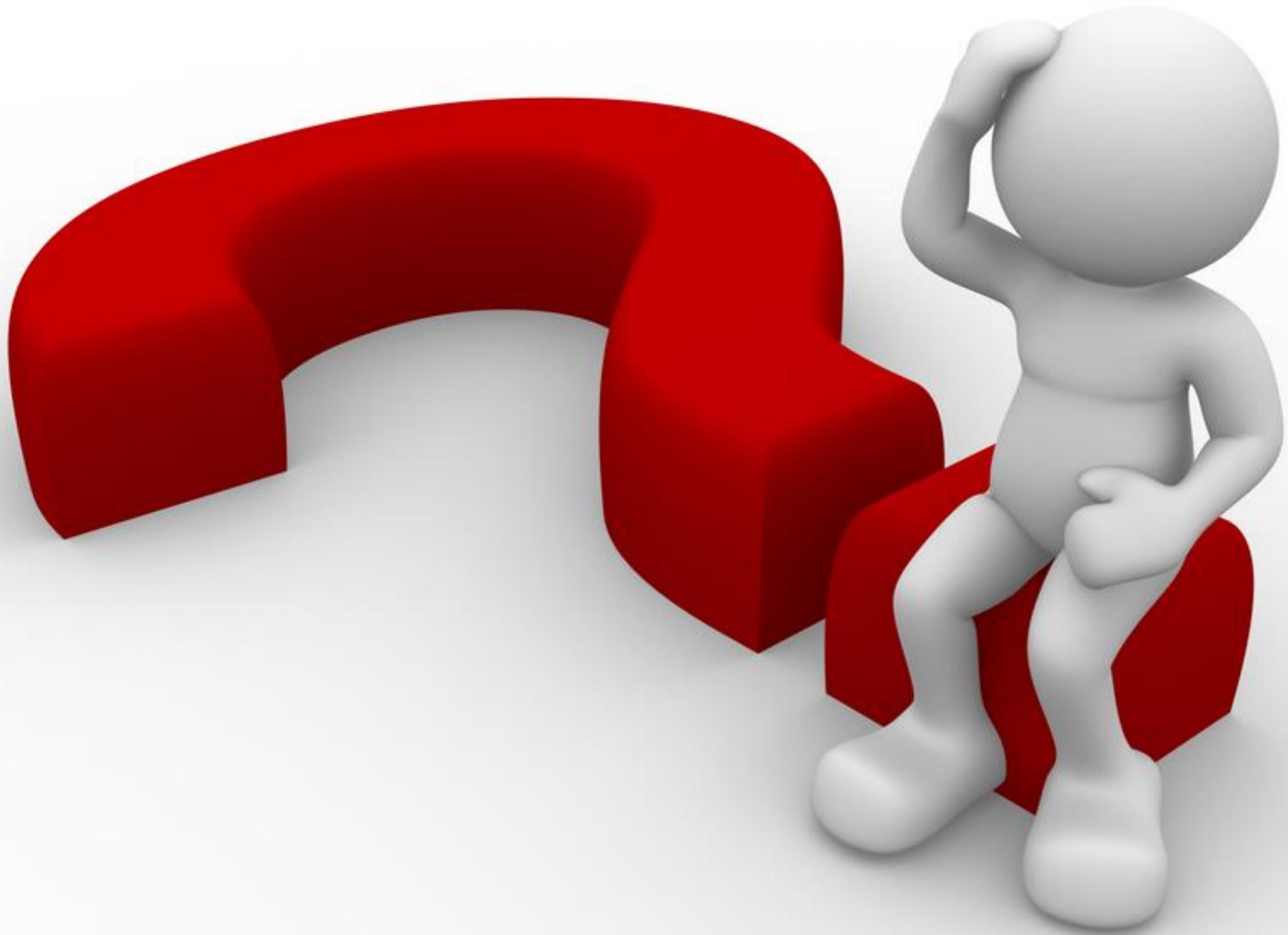
- Vektoren N , L , R und V sind entweder vec3 , oder vec4 mit homogener Komponente = 0 (d.h. Richtungsvektoren)

- Beispiel:

✓ $(1,0,0)^T$ wird zu $(1,0,0,0)^T$ $\xrightarrow{\text{Normalisierung}}$ $(1,0,0,0)^T$

✗ $(1,0,0)^T$ wird zu $(1,0,0,1)^T$ $\xrightarrow{\text{Normalisierung}}$ $(\frac{1}{\sqrt{2}}, 0, 0, \frac{1}{\sqrt{2}})^T$

- Fehler durch inkorrekte Homogenisierung



Gruppenarbeit



Integrieren Sie die Normalen der Wolke und des Baumes aus Blender in Ihr Projekt.

Gruppenarbeit



Implementieren Sie die Phong-Illuminationsgleichung in Ihr Projekt.