WP Einführung in die Computergrafik
WS 2015/2016, Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW), Hamburg
Prof. Dr. Philipp Jenke

Für alle praktischen Aufgaben gelten folgende Regeln:

- Der Code muss die Code-Konventionen einhalten (finden Sie auf der EMIL-Seite).
- Die Funktionalität muss ausreichend kommentiert sein.
- Testbare Funktionalität muss getestet sein (automatisierte Tests, z.B. Unit-Test)

Aufgabenblatt 3: Algorithmen für Dreiecksnetze

In diesem Aufgabenblatt verwenden Sie die implementierte Halbkanten-Datenstruktur, um effiziente Algorithmen für Dreiecksnetze umzusetzen. Sie berechnen Normalen für alle Vertices, setzen die Laplace-Glättung um und visualisieren eine wichtige Oberflächeneigenschaft - die Krümmung.

Lernziele: Verwenden der Halbkantendatenstruktur für effiziente Nachbarschaftsanfragen, Umsetzung von Algorithmen auf Dreiecknetzen, Berechnung von Oberflächenkrümmung

a) Vertex-Normalen

Im vorangegangenen Aufgabenblatt haben Sie die Normalen pro Dreieck bestimmt und zum Zeichnen von `TriangleMeshes` verwendet. Implementieren Sie jetzt zusätzlich Funktionalität zum Berechnen der Vertex-Normalen. Bestimmen Sie dazu für jeden Vertex die anliegenden Dreiecke und summieren Sie deren Normalen auf. Anschließend normieren Sie das Ergebnis, um die Normale am Vertex zu erhalten.

b) Laplace-Glättung

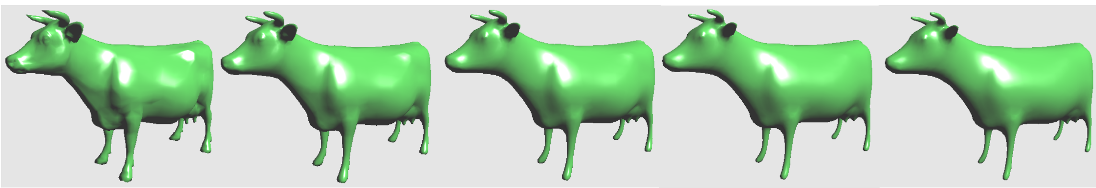

Abbildung 1: Original (links) und vier Iterationen der Laplace-Glättung mit α = 0.5 auf dem cow-Datensatz. In der Darstellung werden die Vertex-Normalen verwendet.

- Implementieren Sie die Laplace-Glättung wie in den Vorlesungsfolien vorgestellt.
- Ihre Frame-Klasse soll die Methode `keyPressed()` überschreiben und damit auf Tasteneingaben reagieren. Mit der Taste 'S' soll jeweils eine Iteration der Glättung ausgeführt werden.
- Achtung: nach jeder Glättung müssen die Normalen neu berechnet werden. Wenn Sie Displaylisten verwenden, dann müssen Sie die Displayliste für das Dreiecksnetz nach jedem Glättungsschritt neu aufbauen.

c) Visualisierung der Oberflächenkrümmung

Die Krümmung einer Oberfläche gibt an, wie stark die Fläche an der Stelle gebogen ist. Stellen Sie sich vor, man

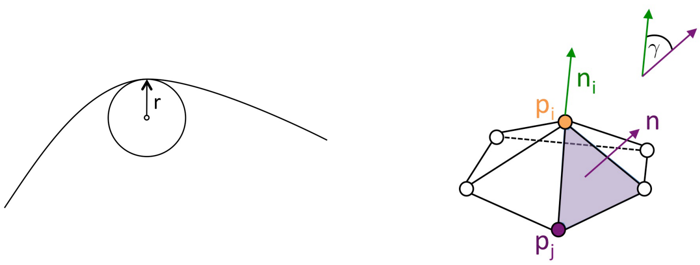

Abbildung 2: Links: Die Krümmung berechnet sich als 1/r für den Radius r eines Kreises (im 3D einer Kugel), der sich am betrachteten Punkt an die Oberfläche anschmiegt - je kleiner r desto größer die Krümmung. Rechts: Abschätzen der Krümmung durch Betrachtung des Winkels zwischen der Vertex-Normale und den Normalen der anliegenden Dreiecke.

passt eine Kugel dort an die Oberfläche an, wo die Krümmung bestimmt werden soll. Je kleiner der Radius der

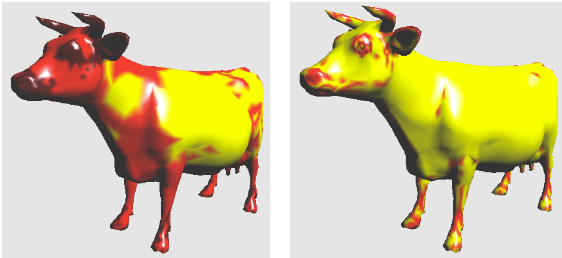

Abbildung 3: Krümmungsschätzung: starke Krümmung (dunkel-rot), schwache Krümmung (gelb). Links: Krümmungsschätzung wie im Aufgabenblatt beschrieben. Rechts: die mittlere Krümmung nach [1]. Ihre Visualisierung der Krümmung darf von den Abbildungen abweichen.

Kugel ist, desto größer ist Krümmung (siehe Abbildung 2, links).

Wie verwenden folgende sehr stark vereinfachte Abschätzung für die Krümmung an jedem Vertex p_i:

- Berechne den durchschnittlichen Winkel zwischen Vertex-Normale und der Normalen aller Nachbardreiecke:
  $$\bar{\gamma}_i = \frac{1}{|N(p_i)|} \sum_{p_j \in N(p_i)} \arccos\left(\frac{p_i \cdot p_j}{||p_i|| \cdot ||p_j||}\right)$$
- Krümmungsschätzung = γ_i/A, wobei A die Summe der Flächen aller anliegenden Dreiecke ist.
- `N(pi)` ist die Menge der an `pi` anliegenden Dreiecke.
- Die Fläche eines Dreiecks können Sie direkt bei den Objekten der Klasse `TriangleFacet` mit `getArea()` abfragen.

Verwenden Sie die Krümmung zum Einfärben des Dreiecksnetzes. Dazu müssen Sie die Krümmung an jedem Vertex in eine Farbe `f` umrechnen. Beispiel (lineare Interpolation):

- größte vorkommende Krümmung κ_{max} $\longrightarrow$ grün
- kleinste vorkommende Krümmung κ_{min} $\longrightarrow$ schwarz

$$f = \frac{\kappa - \kappa_{min}}{\kappa_{max} - \kappa_{min}} \cdot (0, 1, 0)$$

Sie müssen also zunächst alle Krümmungsschätzungen κ_i berechnen, dann κ_{max} und κ_{min} bestimmen und schließlich alle Farben daraus berechnen.

Hinweis: Es gibt verschiedenen Möglichkeiten, die Krümmung an den Vertices eines Dreiecksnetzes zu bestimmen. In [1] werden die wichtigsten Eigenschaften formal beschrieben, in [2] (Seiten 18 und 19) finden Sie eine etwas einfacher zu lesende Zusammenfassung. Sie dürfen natürlich alternativ auch diese formal viel korrektere Methode umsetzen.

Quellen:

- [1] M. Meyer, M. Desbrun, P. Schröder, A. H. Barr: Discrete Differential-Geometry Operators for Triangulated 2-Manifolds. International Workshop on Visualization and Mathematics, 2002
- [2] Andreas Helbig: Studienarbeit - Methoden zur Erkennung charakteristischer Eigenschaften von archäologischen Keramiken, 2005 (*https://www.tu-chemnitz.de/informatik/GDV/lehre/diplom/arbeiten/787914585.pdf*)