

Adaptives Subdivision mittels Interessantheitswerten

Tobias Isenberg, Knut Hartmann, Henry König

Institut für Simulation und Graphik
Fakultät für Informatik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg



Gliederung des Vortrages

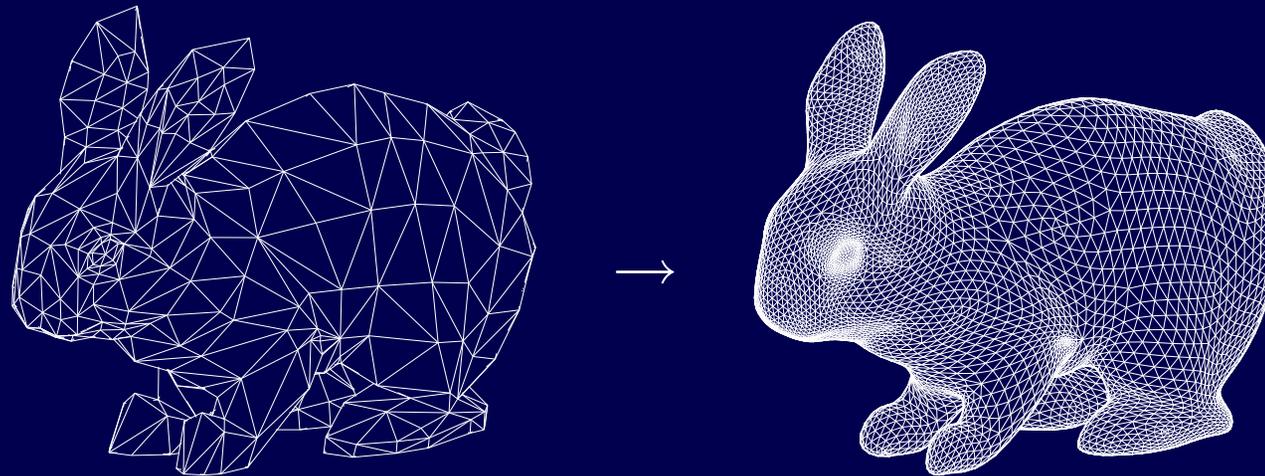
1. Einleitung
 - Einordnung
 - Motivation
2. Loop-Subdivision
 - normales Loop-Subdivision
 - adaptives Loop-Subdivision
3. Interessantheitswerte
 - Generalisierung der Gewichtsfunktion
4. Anwendungsgebiete
 - Silhouettendarstellungen
 - Interaktive Illustrationen
 - Haptisches Rendering
5. Zusammenfassung

Einordnung und Motivation

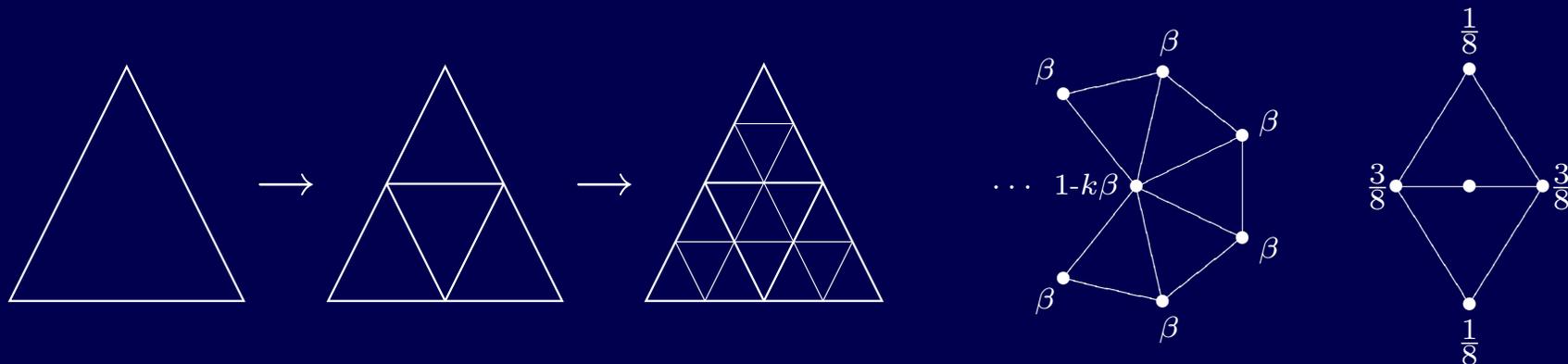
- Geometrische Modellierung
 - Approximation gekrümmter Körper durch Polygonnetze
 - Abwägung: erwünschte Genauigkeit – mögliche Komplexität
 - visuelle Artefakte – benötigte Renderingzeiten
- Verfeinerung mittels Subdivision-Schemata
 - Dreiecksnetze: Loop, $\sqrt{3}$, Kobbelt, Butterfly
 - Vierecksnetze: Doo-Sabin, Catmull-Clark
- Adaptive Verfeinerung
 - hohe Genauigkeit
 - geringe Komplexität
- Beispiel: Loop-Subdivision

Loop-Subdivision

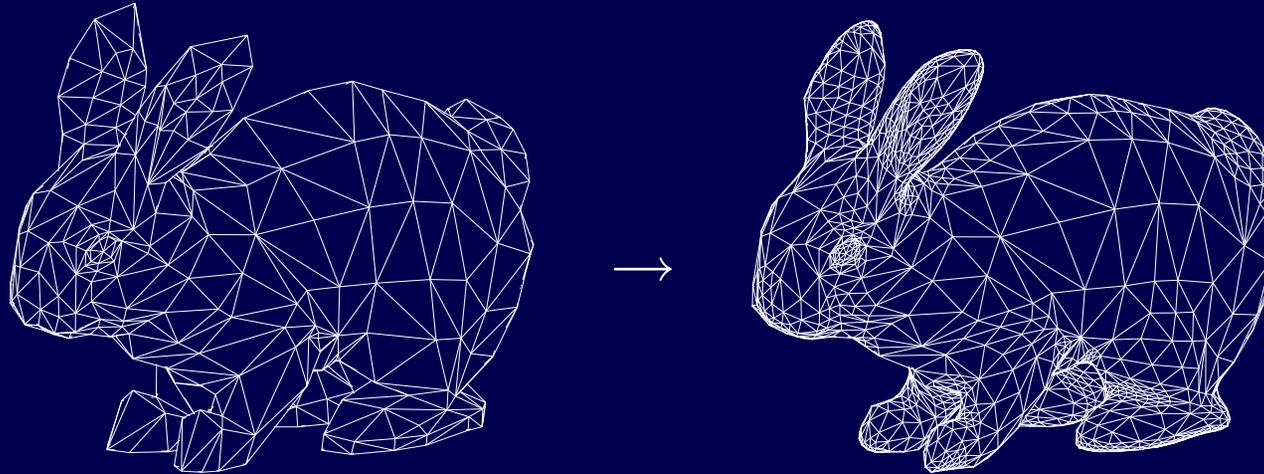
- Subdivision-Schema für Dreiecksnetze (Loop, 1987)



- Unterteilung 1 zu 4, Gewichte zur Neupositionierung der Netzkpunkte:



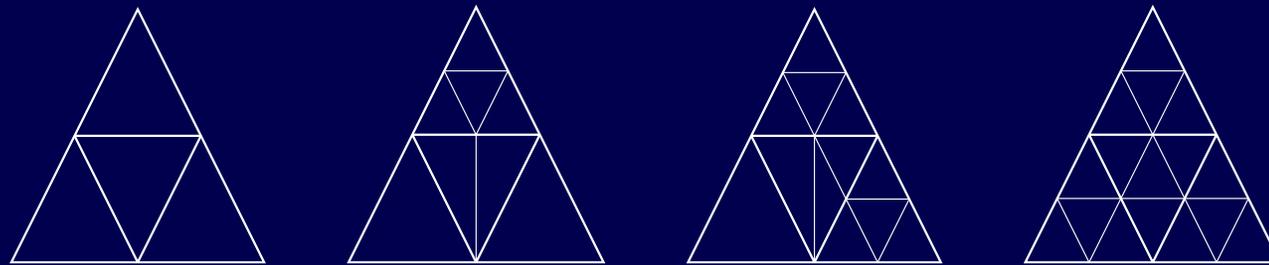
Adaptives Loop-Subdivision



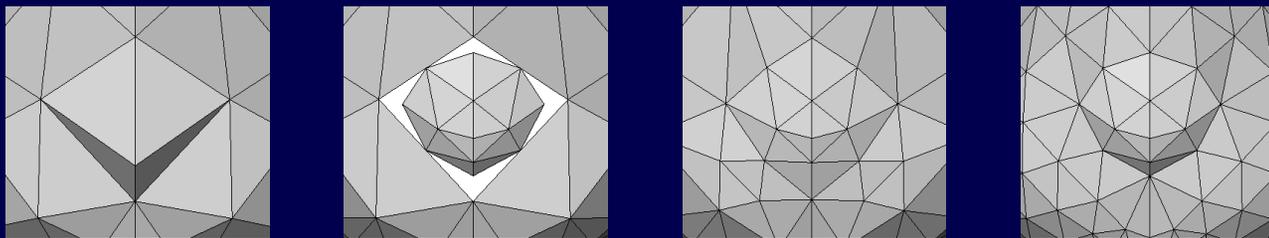
- nur bestimmte Dreiecke unterteilt
 - an stark gekrümmten Stellen
 - üblicherweise Winkel zwischen Flächen als Kriterium
- Vorteile:
 - fast gleiche Qualität wie normales Subdivision
 - signifikant weniger Dreiecke \Rightarrow schnellere Verarbeitung der Geometriedaten
 - geringere Notwendigkeit für Abwägung zwischen Genauigkeit und Komplexität

Adaptives Loop-Subdivision

- Berücksichtigung der Umgebung nicht unterteilter Dreiecke:



- problematisch: nicht geschlossene Patches:



- Kritik: Problem bei adaptivem Subdivision:
 - nur ein Kriterium
 - ausschließlich geometrische Kriterien

Interessantheitswerte

- Generalisierung des bisherigen Kriteriums
→ anwendungsspezifische Gewichtsfunktion (Degree of Interest, Dol)
- Bestimmung des Dol von Oberflächenmerkmalen
 - Netzpunkt → $\text{Dol}(v)$
 - Kante → $\text{Dol}(e)$
 - Fläche → $\text{Dol}(f)$
- Entscheidung zur Unterteilung, wenn $\text{Dol} > \text{Schwellwert } t$
- Loop-Subdivision flächenbasiert
⇒ Bestimmung des $\text{Dol}(f)$ aus $\text{Dol}(v)$ und $\text{Dol}(e)$ über
 - Maximum
 - Minimum
 - Durchschnitt
- Anwendung beliebiger Subdivision-Schemata möglich

Anwendungsgebiete

- Silhouettendarstellung
 - Beschleunigung der Berechnung
 - Minimierung visueller Artefakte
- Interaktive Illustration
 - Interessantheit anhand von Benutzer-Interaktion
- Haptisches Rendering:
Bestimmung des haptischen Interaktionspunktes
 - Verbesserung der Bestimmung der haptischen Rückkopplung
 - Verminderung der haptischen Artefakte durch hohe lokale Tessellierung

Anwendung: Silhouettendarstellung

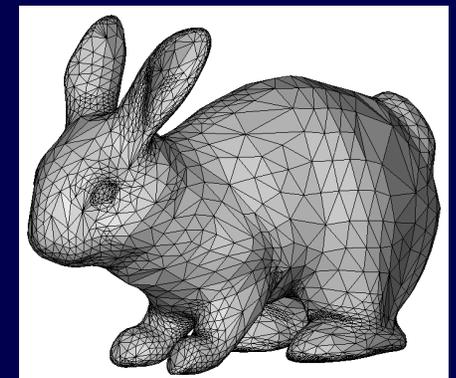
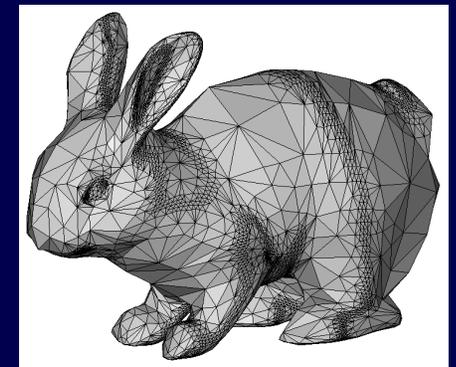
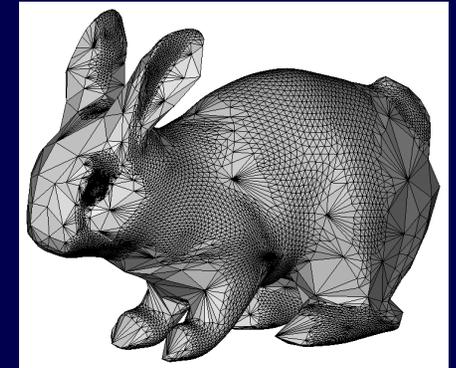
- Interessenwerte **abhängig** von der Sichtrichtung
 - dynamische Berechnung des Dol-Wertes
 - Winkel zwischen Flächennormale und Sichtrichtung

$$\text{Dol}(f) = \vec{n} \cdot \vec{v}$$

- Paare dem Betrachter zugewandter und vom Betrachter abgewandter Flächen

$$\text{Dol}(e) = \begin{cases} 1 & : [(\vec{n}_1 \cdot \vec{v} \geq 0) \wedge (\vec{n}_2 \cdot \vec{v} < 0)] \vee \\ & [(\vec{n}_1 \cdot \vec{v} \leq 0) \wedge (\vec{n}_2 \cdot \vec{v} > 0)] \\ 0 & : \textit{sonst} \end{cases}$$

- Interessenwerte **unabhängig** von der Sichtrichtung
 - statische Berechnung des Dol-Wertes
 - Wahrscheinlichkeit, daß Kante Silhouette bildet
 - starke Krümmungen: Winkel zwischen zwei benachbarten Flächen
- $$\text{Dol}(e) = \arccos(\vec{n}_{f_1} \cdot \vec{n}_{f_2})$$
- Konkavität beachten



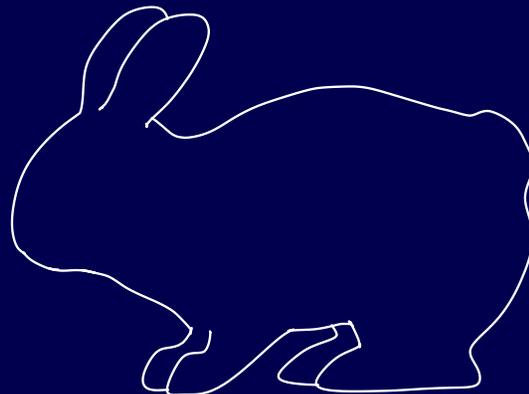
Anwendung: Silhouettendarstellung

- Ergebnisse:

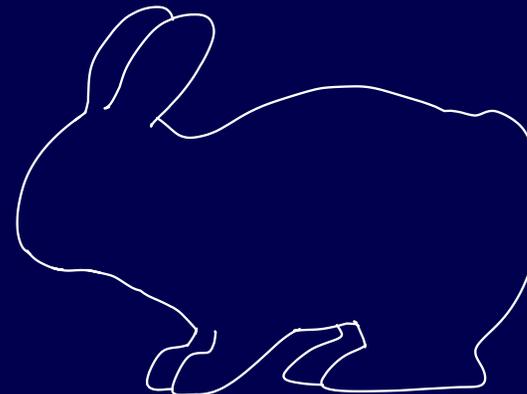
Netz	original	normal 3-fach	dyn. Winkel	dyn. Paare	stat. Winkel
Dreiecke	902	57 728	26 872	11 188	4 532

- Qualität der generierten Silhouetten-Linien:

normales 3-faches
Loop-Subdivision:



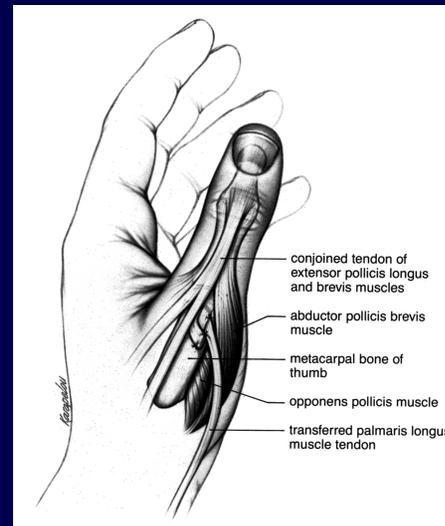
adaptives 3-faches
Loop-Subdivision mit zu-
und abgewandten Flächen:



→ kaum visuelle Unterschiede

Anwendung: Interaktive Illustration

- Illustrationsstile in wissenschaftlich-technischen Illustrationen
 - detaillierte Präsentation wichtiger Objekte innerhalb ihrer Umgebung
 - Reduktion in Abhängigkeit von der Entfernung



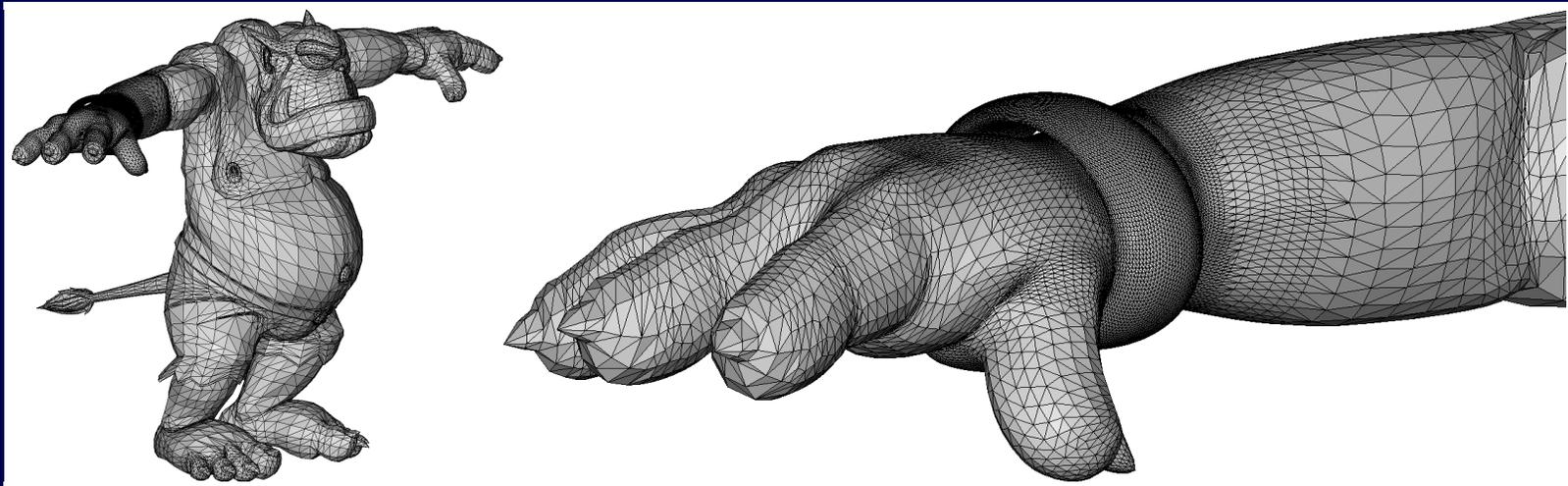
- Bestimmung des Interessanzwertes durch Analyse von
 - dargestelltem Text (Schlechtweg & Strothotte, 1999)
 - Interaktionen (Hartmann & Strothotte, 2002)

Anwendung: Interaktive Illustration

- Interessanzwert:

Entfernung der Fläche f vom signifikanten Objekt o

$$\text{Dol}(f) = \frac{\text{Dol}(o)}{d(f,o)} ; \quad d(f,o) > 0$$

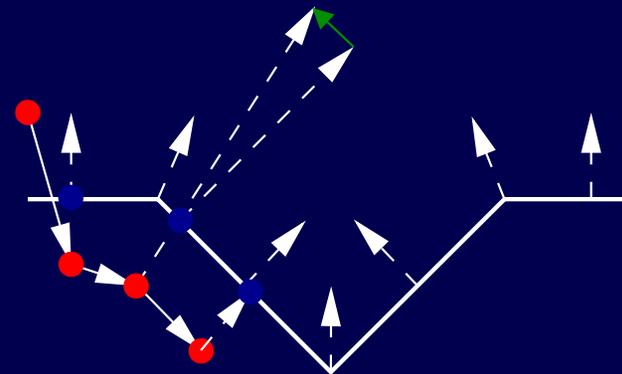
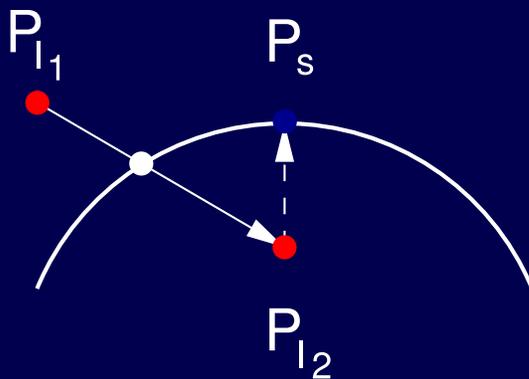


- Distanzen

- zu umschließenden Objekten (z. B. Bounding Box, Bounding Sphere)
- zum Zentrum
- zum Skelett

Anwendung: Haptisches Rendering

- Haptisches Rendering
 - Ertasten virtueller Objekte mittels eines Kraftrückkopplungsgerätes
 - Berechnung einer haptischen Reaktion auf die Aktion des Anwenders
- Problem:
 - fühlbare Diskontinuitäten beim haptischen Rendering polygonaler Objekte
 - erschwert die Wahrnehmung der Form eines Objektes
 - Interpolation verursacht seitliche Kräfte

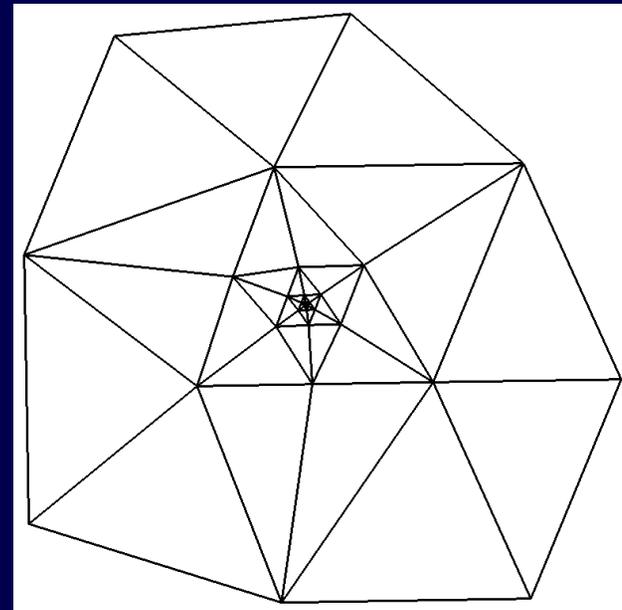


Haptische Darstellung fühlbar glatter Oberflächen

- polygonale Modelle
- dynamisches Subdivision
 - Unterteilung lokal um den haptischen Interaktionspunkt
 - nur ein Dreieck wird weiter unterteilt

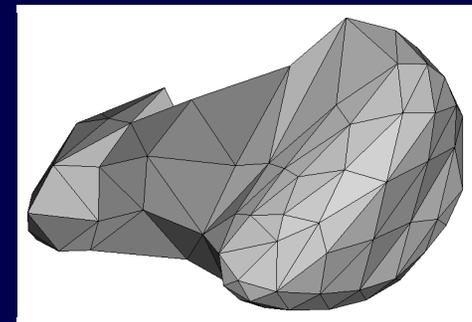
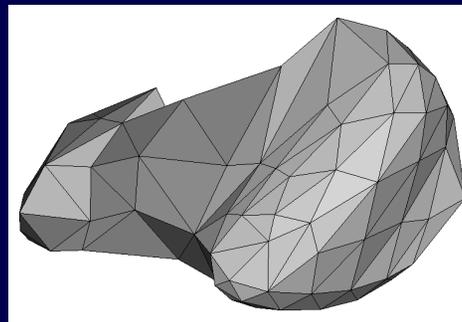
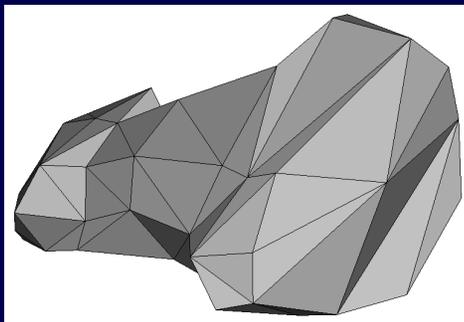
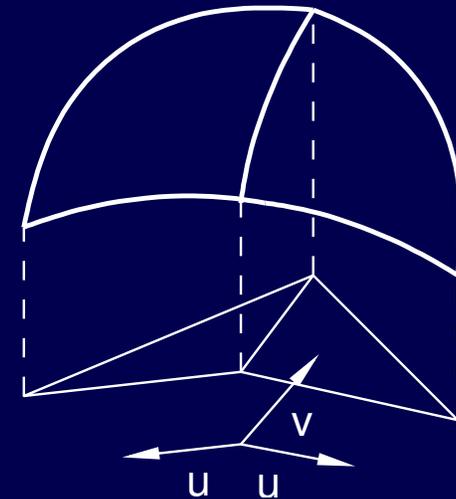
$$\text{Dol}(f) = \begin{cases} 1 & : \exists P_s, \quad \frac{\delta}{\delta u} P_s \cdot \overrightarrow{(P_s - P_i)} = 0 \quad \wedge \quad \frac{\delta}{\delta v} P_s \cdot \overrightarrow{(P_s - P_i)} = 0 \\ 0 & : \textit{sonst} \end{cases}$$

- Problem:
 - zu viele Unterteilungsschritte
 - Einhaltung des Zeitfensters



Statische Vorverarbeitung

- Interpolation mittels Freiformflächen
 - Minimierung fühlbarer Diskontinuitäten
 - Verwendung möglichst weniger Flächenstücke mit geringem Grad
 - Anwendung eines Interpolationsschemas zur Berechnung des Kontrollpolygons
 - Überprüfung der G^1 -Stetigkeit für alle Kanten
 - ⇒ Vorverarbeitung: adaptives Subdivision an nicht-stetigen Stellen
 - ⇒ DoI-Funktion entsprechend der Einhaltung der Stetigkeit



Zusammenfassung

- Generalisierung adaptiver Subdivision-Algorithmen
- anwendungsspezifische DoI-Funktionen
- Anwendbarkeit auf geometrische und nicht-geometrische Interessantheitswerte
- 3 exemplarische Anwendungsgebiete

Weiterführende Arbeit

- progressives dynamisches Subdivision
- Effizienzbetrachtungen und Kohärenz bei dynamischem Subdivision
- Integration in bestehende Systeme

