
Segmentierung von 3D-Modellen

von Stefan Broecker

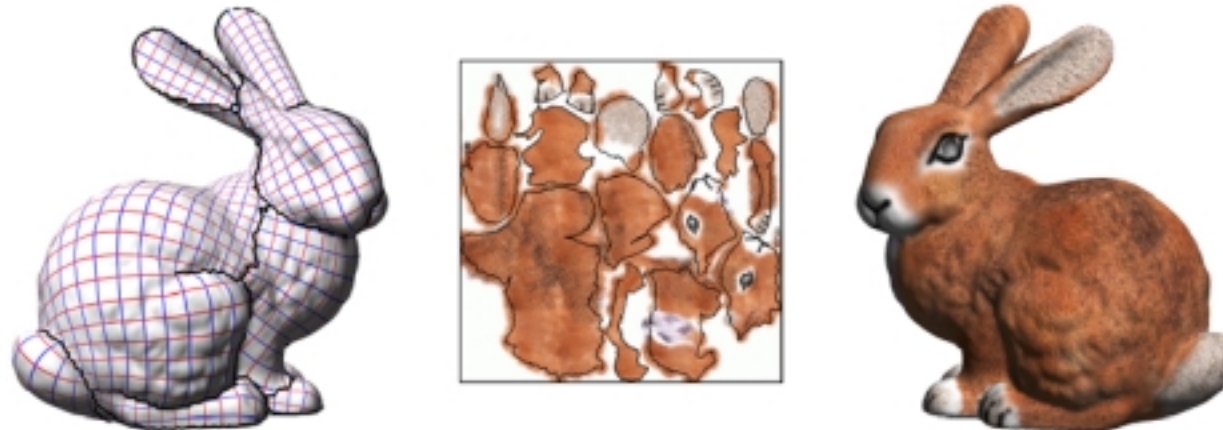
Betreuer: Dr. Gumhold

Inhalt

- Einführung
- Allgemeine Ansätze
- Segmentierung mit Quadriken
- Zusammenfassung und Ausblick

Motivation

- polygonale Netze zur Objektrepräsentation
 - detaillierte Bearbeitung, schnelle Darstellung
- Einsatz von Texturen:
 - Darstellung von Details
 - Generierung eines Textur Atlas (weil effektiv, platzsparend)



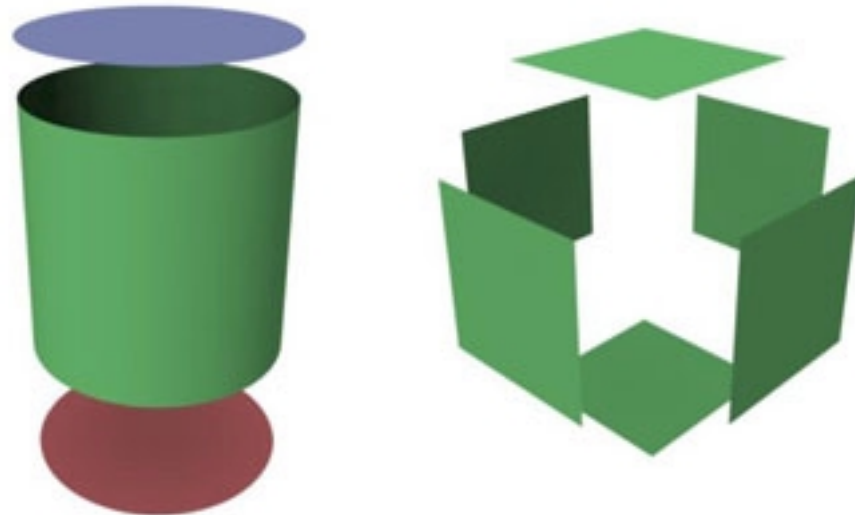
(Abbildungen aus [2])

Definition und Ziele

- Segmentierung → Zerlegung eines polygonalen Netzes in semantisch bedeutungsvolle Teilnetze (Cluster bestehend aus Facetten)

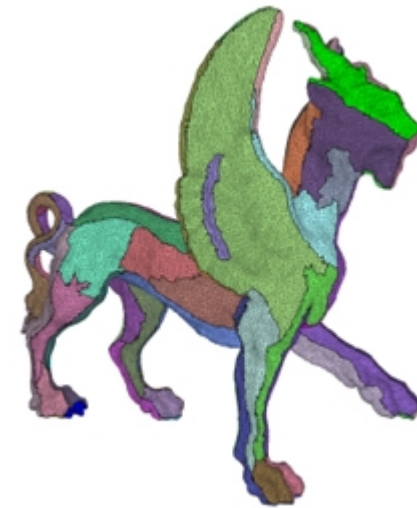
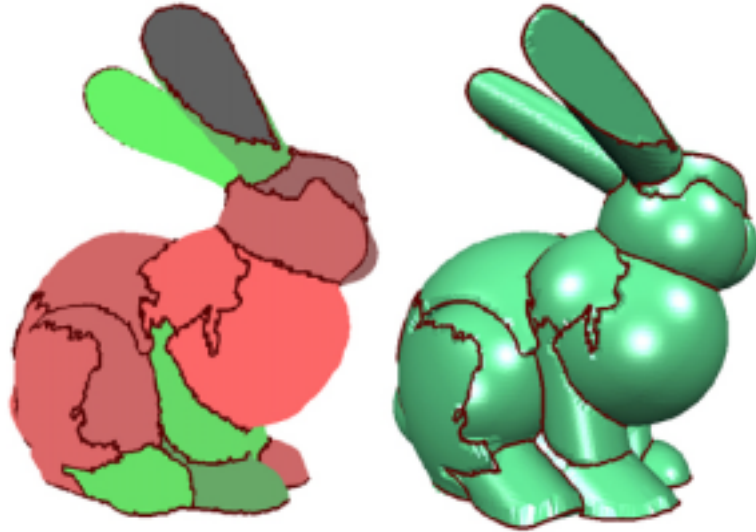
- Ziele:

- automatisch
- wenig Nutzerinteraktion
- intuitive Zerlegung in primitive Formen



Weitere Anwendungen

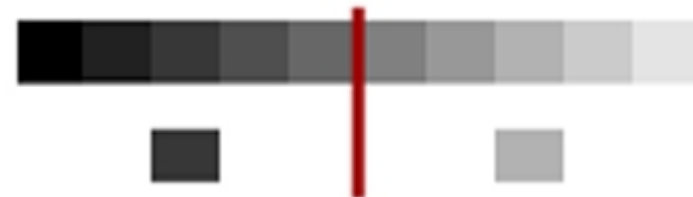
- Bauanleitungen, Kompression
- Vereinfachung von Modellen



(Abbildungen aus [1] und [6])

Allgemeine Ansätze

- aus Mustererkennung, Bildverarbeitung
- Gruppierung ähnlicher Elemente
 - dazu dessen Merkmale betrachtet
 - z.B. Graustufen bei Bildern, Ortskoordinaten bei 3D-Modellen
 - Segmentierung = Aufteilung des Merkmalraumes
 - Vergleich zu Repräsentanten / Referenzobjekten
- Bewertung mit Qualitätsmaß
 - auf Merkmalen basierend



Segmentierung mit Quadriken

- Metriken
 - Messung der Ähnlichkeit
- Proxies
 - Bereitstellung der Referenzobjekte (Quadriken)
- eine Lösung zur Segmentierung
 - der Lloyd - Algorithmus
- Resultate

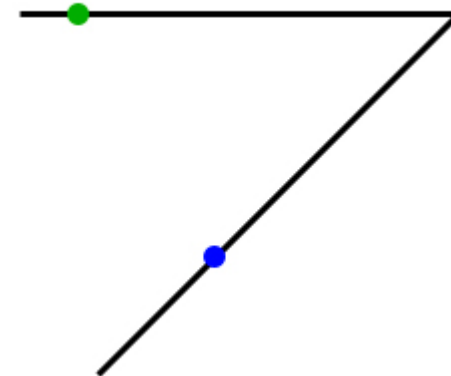
Metriken

- Metriken zur Berechnung von Abständen
- Maß für Ähnlichkeit
- einfache Möglichkeit: euklid. Abstand zum Referenzobjekt R

$$E(F, R) = \| b_F - R \|^2$$

- Nachteil:
 - Ausrichtung von Oberflächen bleibt unberücksichtigt
- Abstand zwischen Normalen

$$E(F, R) = \| n_F - R \|^2 | F |$$



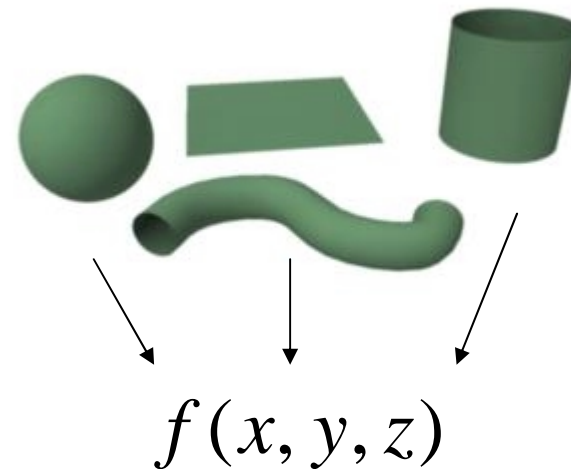
Proxies

- statt Normale → Ebene als Referenzobjekt
- Proxy: primitive Objekte als Referenz
- bisher nur eingeschränkte Auswahl an Proxies

- Forderungen

- variabelere Proxies
- kompakte Repräsentation

→ Erweiterung auf Quadriken



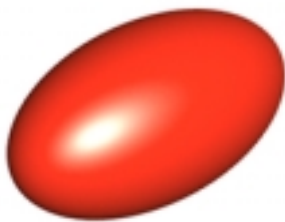
Proxies (2): Quadriken

- Quadrik

$$k_1 + k_2x + k_3y + k_4z + k_5x^2 + k_6xz + k_7y^2 + k_8yz + k_9z^2 + k_{10}zx = 0$$

- Beispiele:

Ellipsoid



Zylinder



Hyperboloid



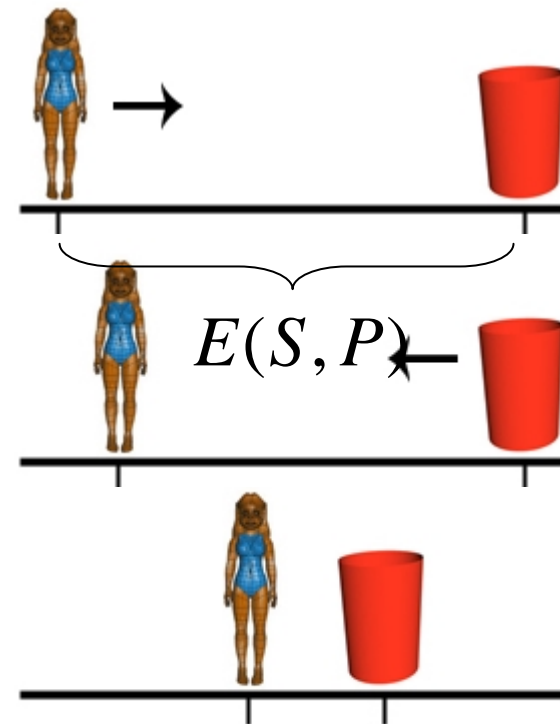
Die Lloyd - Segmentierung

- Problem:
 - finde ideale Referenzobjekte und damit Segmentgrenzen
- Lösung:
 - plaziere diese anfangs „irgendwie“
 - suche iterativ nach Optimum
- Segmentierungsproblem als Optimierungsproblem
- Gesamtfehler:

$$E(S, P) = \sum_{i=1}^n E(C_i, P_i) = \sum_{i=1}^n \sum_{j \in C_i} E(F_j, P_i) \rightarrow \min$$

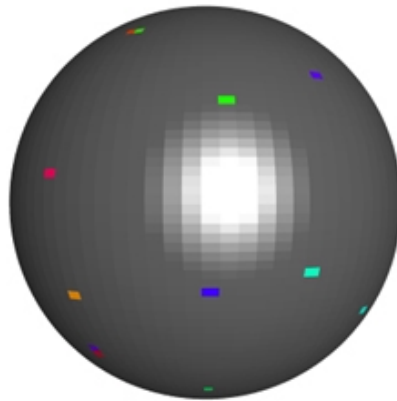
Die Lloyd - Segmentierung (2)

- Ziel: $E(S, P) \rightarrow \min$
- Cluster und Proxies sollen sich „annähern“
- 2 Phasen (= 1 Iteration):
 - Phase 1:
 - Optimierung der Cluster
 - feste Proxies
 - Phase 2:
 - Optimierung der Proxies
 - feste Cluster
- Iteration, bis
„es nicht mehr näher geht“



Initialisierung

- Festlegen der Anzahl der Cluster C_i ($i = 1..n$)
- zufälliges Setzen von Saatpunkten s_i
- Saatpunkt ist eine Facette und erstes Cluster-Element
- Proxy indirekt erzeugt (Ebene der Saatpunktfacette)



Phase 1: Wachsen der Cluster

- Ziel:

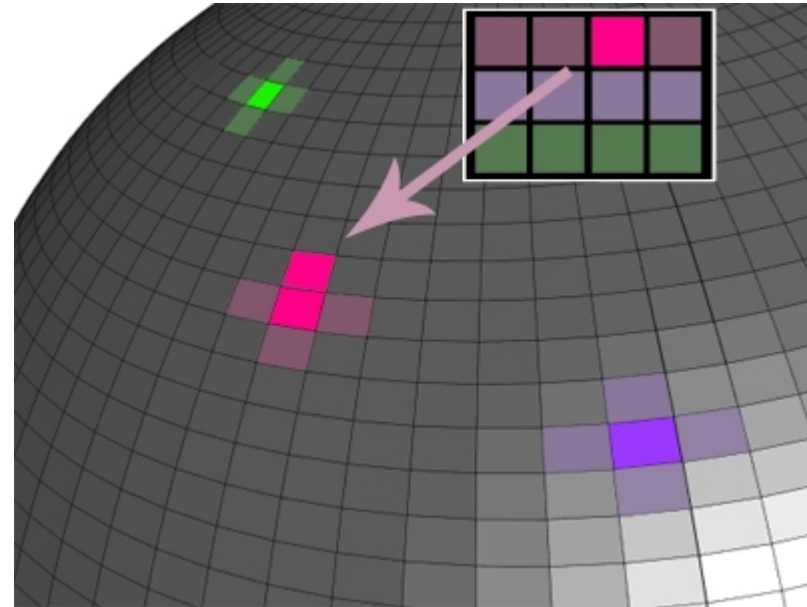
- jedes F_j wird einem C_j zugewiesen, so, dass

$$E(F_j, P_i) \rightarrow \min (\forall i)$$

- Ablauf:

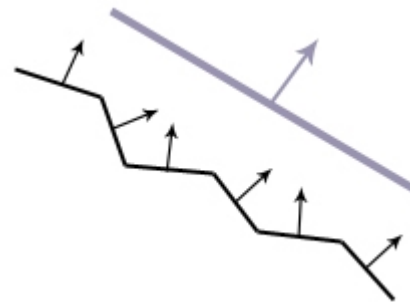
- beginnend bei Saatpunkten
- Grenzfacetten sind potentielle Kandidaten
- speichere $E(F, P)$ für alle Grenzfacetten G in ein Feld
- Zuweisung zu einem Cluster: Kandidat mit größter Ähnlichkeit

$$\rightarrow \min_{\forall F_j \in G} E(F_j, P_i)$$



Phase 2: Neupositionierung der Saatpunkte

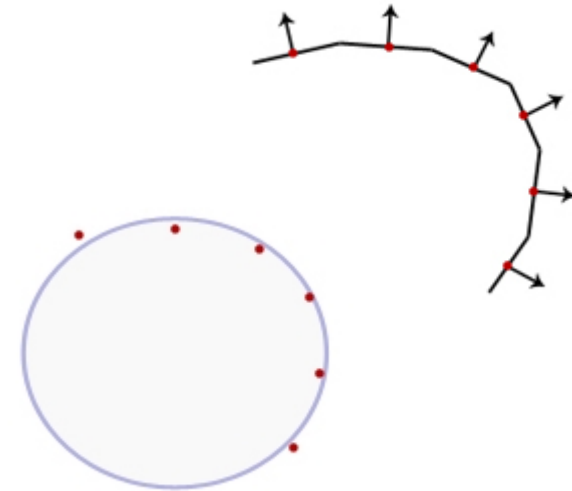
- Warum nicht aufhören?
 - keine idealen Referenzobjekte
 - $E(S,P)$ nicht min.
- nutze Information aus Phase 1 zur:
 1. Aktualisierung der Proxies
 2. Neupositionierung der Saatpunkte
- 1. Ebene: Berechnung der „Durchschnitts“- Ebene
 - flächengewichtete Addition der Facetten-Normalen



Phase 2: Neupositionierung der Saatpunkte (2)

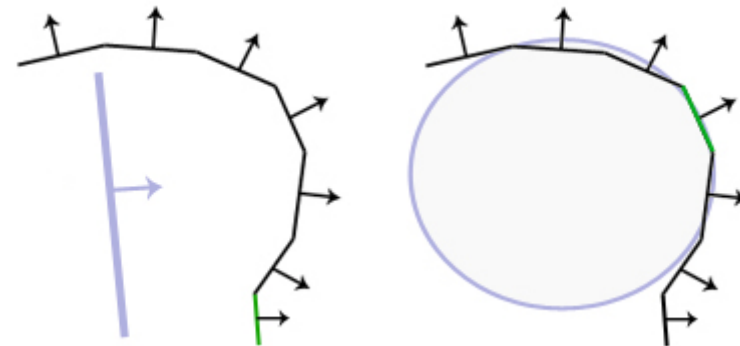
1. Approximation der Quadriken

- Eingabe: Mittelpunkte der Facetten eines Clusters
- kleinste Quadrate Methode zur Bestimmung der Koeffizienten



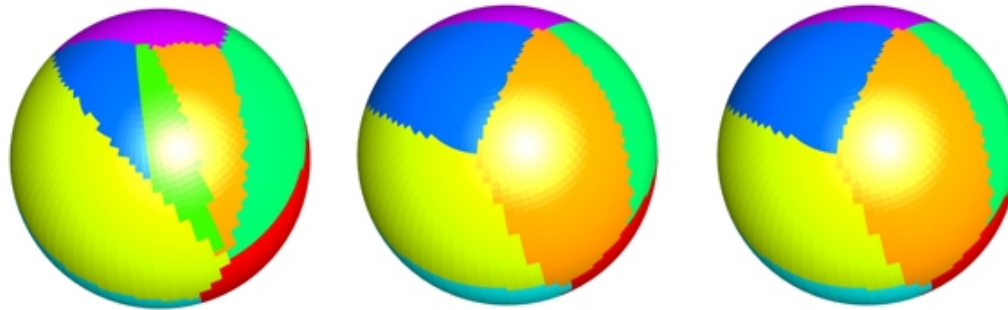
2. Neusetzen der Saatpunkte:

- so, dass Saatpunkt ideal zum neuen Proxy ist
- Facette mit kleinstem Fehler jedes Clusters



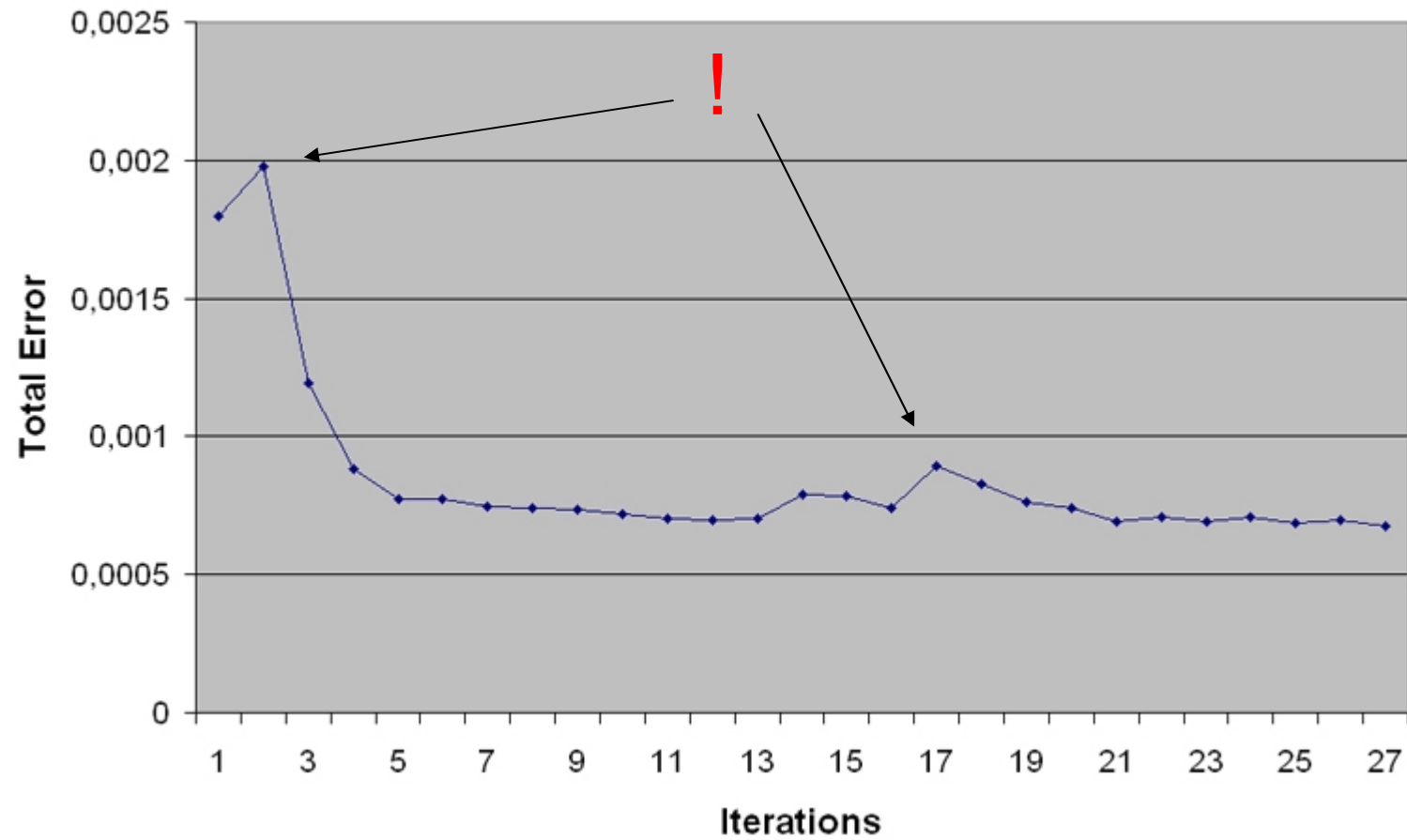
Konvergenz

- Beobachtung: Cluster setzen sich mit der Zeit fest



- Abbruchkriterien:
 - wenn nur noch geringe Veränderung des Gesamtfehlers (optimale Segmentierung im Sinne des Opt.problems)
 - festgelegte maximale Anzahl an Iterationen

Konvergenz (2)



Resultate

- automatische Suche nach Primitiven
- dadurch intuitive Zerlegung in Primitive
- gut geeignet für technische / ideale Objekte
- weniger Proxies benötigt als wenn nur Ebenen

Zusammenfassung

- Segmentierung als Optimierungsproblem
- Lloyd - Algorithmus als mögliche Lösung
- Konzept der Proxies erweitert auf quadratische Funktionen
- dadurch Zerlegung in primitive Objekte möglich

Ausblick

- Segmentierung von NURBS und SubDivs
- Einbeziehen anderer Informationen in die Metriken (Zeit, Textur, ...)
- Optimierung (z.B.: adaptive Verfahren)

Quellen

- [1] COHEN-STEINER, D., ALLIEZ, P., DESBRUN, M., Variational Shape Approximation. ACM Trans.Graph.23 (3), 905-914. (2004)
- [2] LEVY, B., PETITJEAN, S., RAY, N., MAILLOT, J., Least squares conformal maps for automatic texture atlas generation. ACM Trans.Graph.21 (3), 362-371 (2002)
- [3] LLOYD, S.P., Least squares quantization in PCM. IEEE Trans.Inform.Theory, IT-28(2):127-135 (1982)
- [4] MITANI, J., SUZUKI, H., Making papercraft toys from meshes using strip-based approximate unfolding. ACM Trans.Graph.23 (3), 259-263 (2004)
- [5] SANDER, P.V., WOOD, Z.J., GORTLER, S.J., SNYDER, J., HOPPE, H., Multi-chart geometry images. Proc. of the Eurographics Symp. on Geometry Processing (SGP-03), 146-155 (2003)
- [6] WU, J., KOBBELT, L., Structure Recovery via Variational Surface Approximation. Proc. of the Eurographics (2005)
- [7] YAMAUCHI, H., GUMHOLD, S., ZAYER, R., SEIDEL, H.P., Mesh Segmentation Driven by Gaussian Curvature. (2005)
- [8] YAMAUCHI, H., LEE, S., LEE, Y., OHTAKE, Y., BELYAEV, A., SEIDEL, H.P., Feature Sensitive Mesh Segmentation with Mean Shift. (2005)