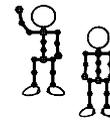


# 3D Shape Matching Using Skeleton Graphs

Angela Brennecke & Tobias Isenberg

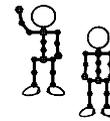


Institut für Simulation und Graphik  
Fakultät für Informatik  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg



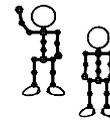
# Überblick

- Verwandte Arbeiten
- Interne Skelettgraphen
- Ähnlichkeiten von Graphen
- Implementierung
- Empirische Studie
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



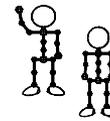
# Verwandte Arbeiten

- Ähnlichkeiten von Graphen
  - Edit-Distanzen und Edit-Operationen [Chartrand98, Kubicka90, Zhang95]
- Geometric Hashing
  - Objektvergleich mit geometrischen und bildbasierten Merkmalsvektoren [Hecker94, Heczko02, Lamdan89, Vranic00, Wolfson97]
- Multiresolution Reeb Graphs
  - Ähnlichkeitssuche im Merkmalsraum möglich [Chen02, Hilaga01]
- Formbasierter Ansatz
  - Shape Histograms als Merkmalsvektoren einsetzen [Ankerst99]



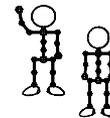
# Interne Skelettgraphen

- Progressive Meshes und Mesh Optimization Technik [Hoppe93, Hoppe97]
  - zum effizienten Speichern und Nutzen von Polygonnetzen
  - Optimierungstechniken: Edge Collapse vs. Vertex Split
- Edge Collapse Technik
  - unterliegt einem bestimmten Kantenauswahlkriterium
  - endet bevor das Polygonnetz ausartet
- Raab: Edge Collapse fortführen bis interner Skelettgraph vorliegt



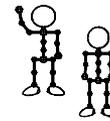
# Interne Skelettgraphen

- Vorteile der internen Skelettgraphen:
  - spiegeln globale Form
  - röhrenförmige Modelle eignen sich besonders
  - kleine Kantenmenge auch bei sehr fein tesselierten Netzen
  - Oberflächenfehler werden nicht berücksichtigt
- Nachteile der internen Skelettgraphen
  - Oberflächendetails gehen verloren
  - kompakte Modelle sind ungünstig
  - abhängig von der Tesselierung
- Für Ähnlichkeitsvergleich basierend auf globaler Form gut geeignet



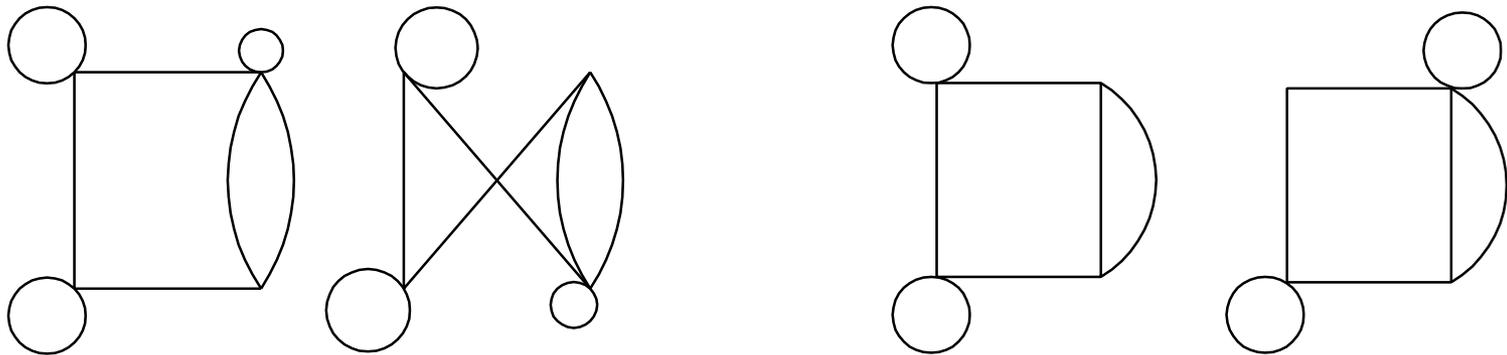
# Ähnlichkeiten von Graphen

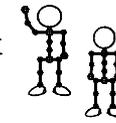
- Konzepte der Homomorphie und der Isomorphie
- Abbildung  $\mathbf{m}$  von Werten des Graphen  $G = \{V, E, F\}$  in die Wertemenge des Graphen  $G' = \{V', E', F'\}$
- Es gilt:
  - $\mathbf{m}(f(e)) = f'(\mathbf{m}(e))$
  - Homomorphie:  $\mathbf{m}$  ist eine surjektive Abbildung
  - Isomorphie:  $\mathbf{m}$  ist eine bijektive Abbildung
- Ein Isomorphienachweis bedeutet Äquivalenz im mathematischen Sinn.



# Ähnlichkeitsprobleme

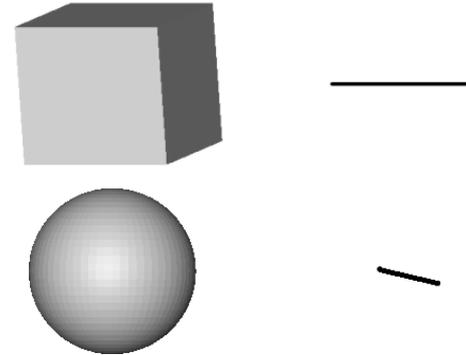
- Beweis der Isomorphie liegt in NP
  - Isomorphieproblem nur für spezifische Fälle lösbar
- Stimmen mathematisches und menschliches Ähnlichkeitskonzept überein ?



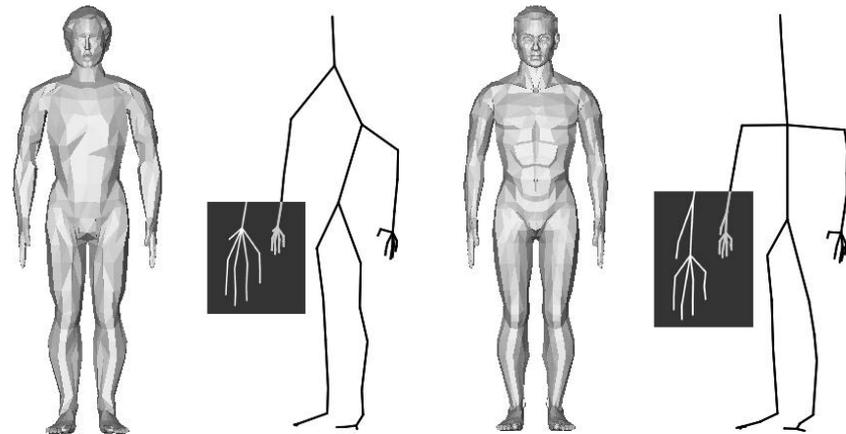


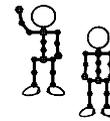
# Ähnlichkeitsprobleme

- Das Problem der einfachen Modelle



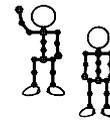
- Das Problem der Tessellierung





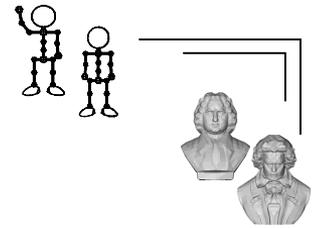
# Ähnlichkeitsmaß

- Unser Ziel: Größten gemeinsamen Subgraphen finden und Ähnlichkeitsmaß als Skalar (0=ungleich, 1=gleich) berechnen
- Mathematische und subjektive Ähnlichkeitskonzepte verbinden
  - korrespondierende Knoten und Kanten finden (Isomorphieansatz)
  - Längenmaße und Kantenverhältnisse einbeziehen
  - Längen mit Durchschnittswerten gegenseitig wichten
  - Winkel zwischen Kanten einbeziehen



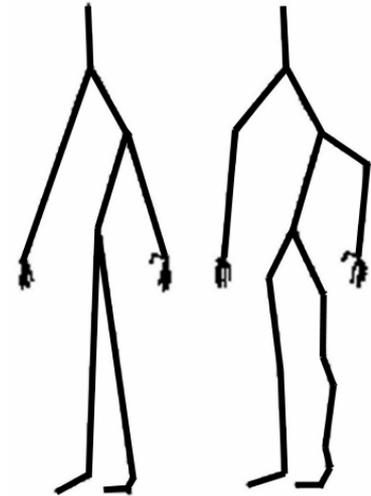
# Implementierung

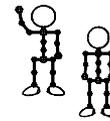
- Implementierung mittels Backtracking-Algorithmus
- Genaue Untersuchung der Graphen möglich
- Exponentielle Algorithmus wird ermöglicht durch:
  - Ausnutzen der geringen Kantenanzahl der internen Skelettgraphen
  - Vorverarbeitung der Skelettgraphen durch Entfernen von unsignifikanten Knoten und Kanten



# Vereinfachungen

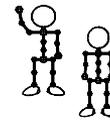
- Interne Skelettgraphen können unsignifikante Knoten und Kanten beinhalten
  - hervorgerufen durch die Folge der Edge Collapse Schritte (abhängig von der Tesselierung)
- Grad-2-Knoten werden näher untersucht
  - kurze End-Kanten werden entfernt
  - Kanten, die einen Winkel einschließen, der ein bestimmte Gradzahl überschreitet, können vereint werden
- Führt zu einfacheren Skelettgraphen





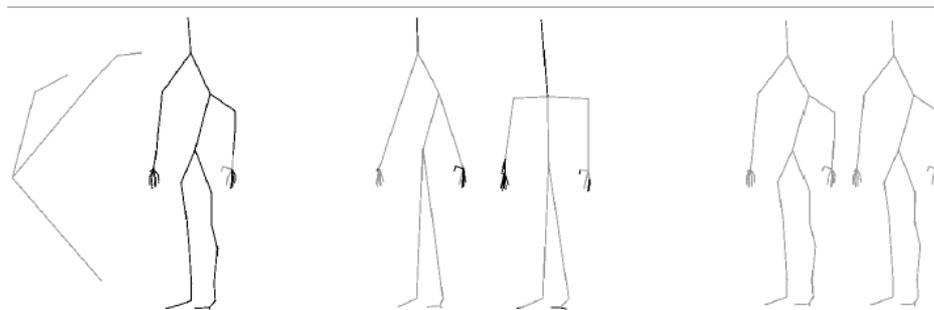
# Backtracking-Algorithmus

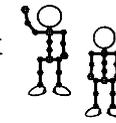
- Ablauf des Algorithmus:
  - I. Interne Skelettgraphen berechnen
  - II. Graph-Vereinfachungen durchführen
  - III. Mit einem zufällig gewählten Knoten beginnen und das Backtracking starten:
    - a) in jedem Schritt ein Ähnlichkeitsmaß abhängig von der Größe des Subgraphen und den Kantenverhältnissen berechnen,
    - b) nur den Subgraph mit dem besten Ähnlichkeitsmaß behalten; gibt es mehrere Subgraphen mit demselben Maß, denjenigen wählen, der über die geringsten durchschnittlichen Differenzwerte der Längen- und Winkel verfügt



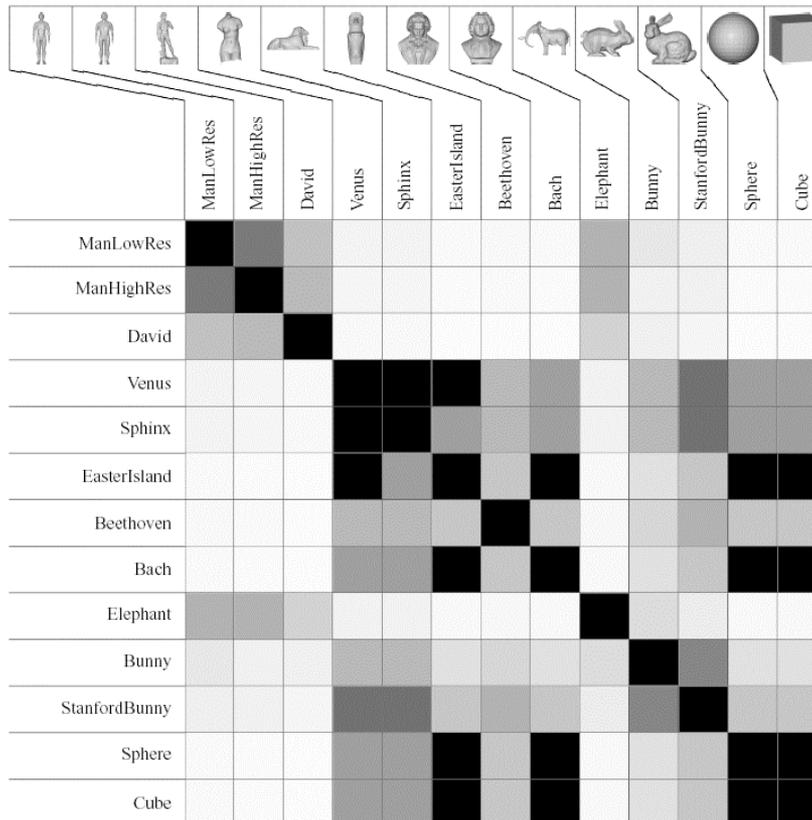
# Empirische Studie

- Kleine empirische Studie mit 13 Modellen
- Algorithmus liefert erwartete Ergebnisse
- Gewichtsverlagerung auf globale Ähnlichkeit erfolgreich

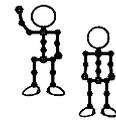




# Ergebnisse

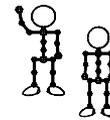


- Komplexestes Modell bestehend aus 30.000 Dreiecken
- Internes Skelett bestehend aus 37 Kanten
- Durchschnittliche Berechnungszeit auf einem AMD Duron 600 MHz: 4.2 ms
- Längste Berechnungszeit: 70 ms



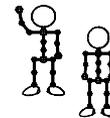
# Zusammenfassung

- Analyse der möglichen Shape Matching Verfahren
- Entwicklung eines eigenen Ähnlichkeitsvergleichs basierend auf
  - mathematischen Isomorphiemodell
  - Längen- und Kantenverhältnissen
- Vorverarbeitung, um Tesselierungsfehler zu beseitigen
- Ergebnis: Globale Ähnlichkeiten zwischen Modellen erfolgreich ableitbar

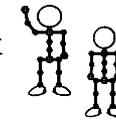


# Ausblick

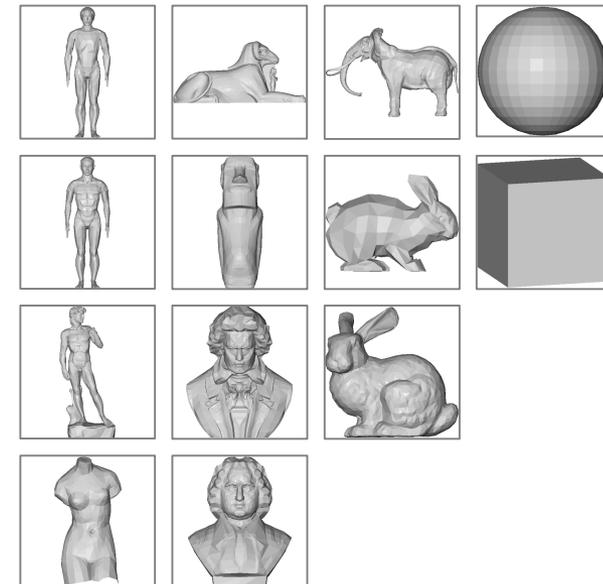
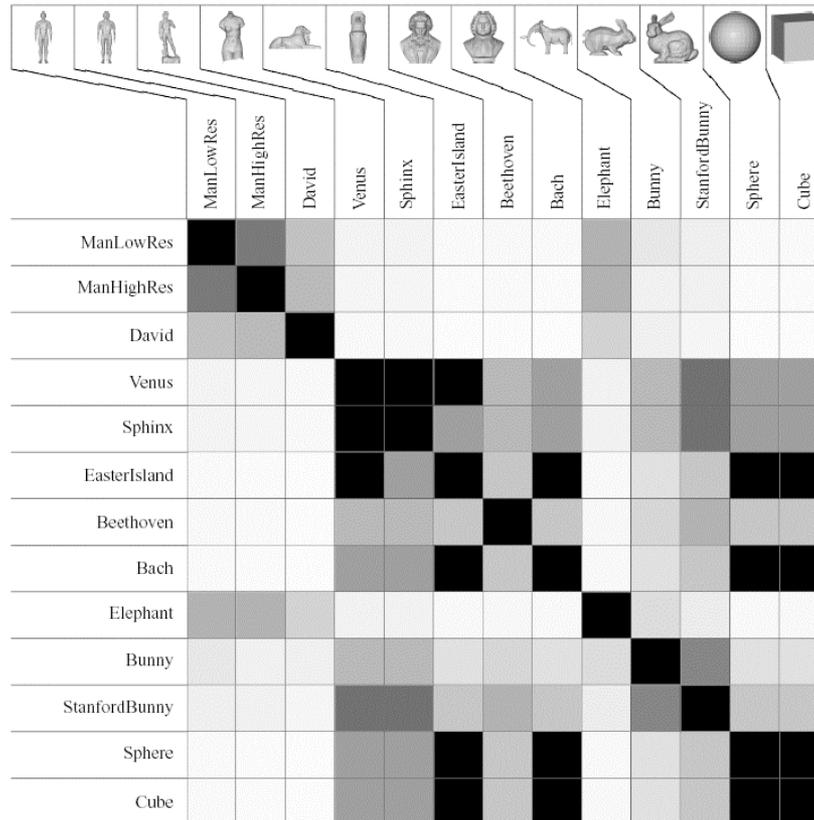
- Ähnlichkeitsmaß könnte mit quadratischer Fehlermetrik verbessert werden
- Aufbauend auf der empirischen Studie sollten größere Modellmengen getestet werden
- Problem der kompakten Modelle lösen durch Hinzunahme des Abstands zwischen Skelett und Modelloberfläche
- Bildbasierte Verfahren zur Modellvorverarbeitung nutzen (Details)

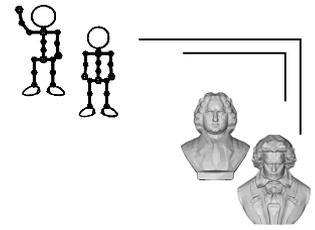


**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !**



# Empirische Studie - Ergebnisse





# Interne Skelettgraphen

- Zentraler Punkt bisher: Abstraktion von und Repräsentation der allgemeinen Objektform
- Interne Skelettgraphen nach Raab [Raab98]
  - erweitertes Teilprodukt der Progressive Meshes [Hoppe96]
  - Erzeugung erfolgt durch sukzessive Edge Collapse Routine
  - stellen Objektformabstraktion dar
  - spiegeln allgemeine Form des Modells
  - lokale oder detaillierte Oberflächeninformationen gehen verloren