



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Polygonale Repräsentation

COMPUTERGRAPHIK



Inhaltsverzeichnis

4. Polygonale Repräsentation

4.1 Einleitung

4.2 Polygonale Repräsentation

4.3 Level-of-Detail Ansätze

4.1 Überblick

Ziel dreidimensionaler Computergraphik

- Erzeugung (zweidimensionaler) Darstellungen einer Szene oder eines Objektes ausgehend von Beschreibungen oder Modellen
- Die Art und die Verwendung der Computer-internen Repräsentation eines Objektes hängt dabei von vielen Einflussfaktoren ab.

4.1 Überblick

Einflussfaktoren

- Das Objekt kann real oder nur in der Computerdarstellung existieren.
 - Die Erstellung des Objektes ist eng mit seiner Visualisierung verknüpft (Interaktive CAD-Systeme).
 - Modellierung und Visualisierung als Werkzeuge beim Herstellungsprozess
 - Visualisierung
 - 2D
 - 3D
 - Herstellung
 - 3D Drucker
 - Ansteuerung einer Fräse
 - Genauigkeit
 - **Exakte** Beschreibung von Geometrie und Form in CAD-Applikationen
 - Für einen Renderer **ausreichende approximative** Beschreibung
 - Bei interaktiven Anwendungen können für ein Objekt
 - Gleichzeitig **mehrere interne** Repräsentationen existieren.
 - Repräsentationen bei Bedarf **dynamisch erzeugt** werden.
- ⇒ Level-of-Detail (LOD) Verfahren

4.1 Überblick

Aspekte von Modellierung und Repräsentation

- Erzeugung von 3D Geometriedaten
 - CAD-Interface
 - Laser-Scanner (Reverse Eng.)
 - Analytische Techniken (z.B. Sweeping)
 - Bild (2D) - und Video (3D) -Analyse
- Repräsentation
 - Effizienter Zugriff
 - Konvertierung
- Repräsentationen
 - Polygonnetze (für Rendering am häufigsten genutzt)
 - Finite Elemente (FEM)
 - Constructive Solid Geometry (CSG)
 - B-Rep. („Boundary-Representation“ für CAD-Modelle)
 - Implizit (Isoflächen)
 - Surface Elements (Surfels = Punkte & Normalen)

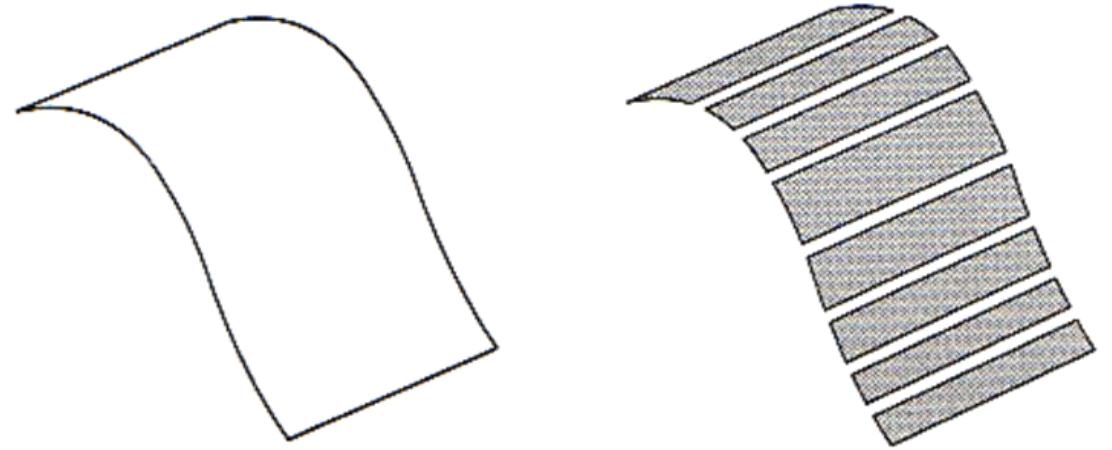
4.1 Überblick

Aspekte von Modellierung und Repräsentation

- Manipulation: Formänderung der Objekte (Editing)
 - Boolesche Operationen
 - Lokale Glättung
 - Interpolation bestimmter Features (Randkurven)
 - „Eingravieren“ geometrischer Details

4.2 Polygonale Repräsentation

- Ein Objekt wird durch ein Netz polygonaler Facetten (oft Dreiecke) repräsentiert.
⇒ stückweise lineare Approximation
- Die polygonalen Facetten stellen im Allgemeinen eine Approximation gekrümmter Flächen dar, welche das Objekt begrenzen.
- Klassische Repräsentationsform dreidimensionaler Objekte in der Computergraphik



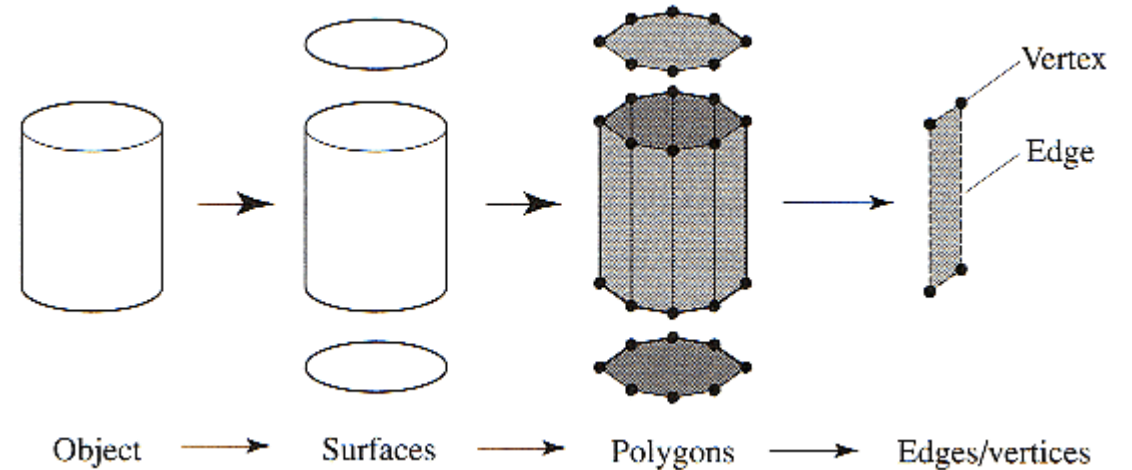
4.2 Polygonale Repräsentation

- Genauigkeit der Approximation kann gewählt werden:
 - Anzahl der Polygone
 - Größe der Polygone
- Fragen
 - Welche Polygonauflösung benötigt man für eine genaue Darstellung?
 - Welche Polygonauflösung benötigt ein Renderer, um die stückweise lineare Approximation glatt erscheinen zu lassen?
 - Wie ist der Zusammenhang zwischen Polygonanzahl des Objektes und seiner Größe in der finalen Darstellung?
 - Oft verwendete Grundregel: Polygonauflösung an die lokale Krümmung der Fläche binden

4.2 Polygonale Repräsentation

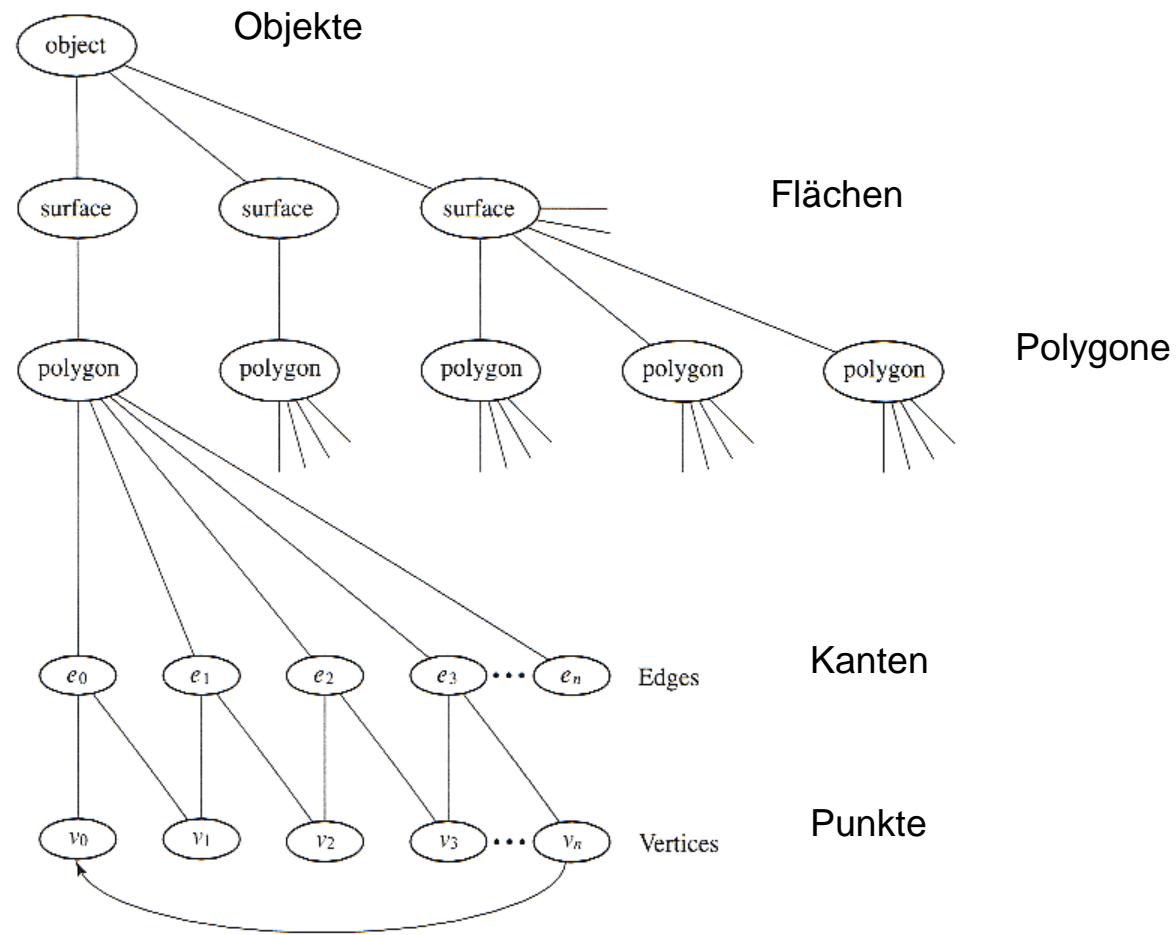
Repräsentationshierarchie (konzeptionell)

- Objekt setzt sich aus Oberflächen zusammen.
- Oberfläche setzt sich aus Polygonen zusammen.
- Polygon besteht aus
 - Eckpunkten (vertices)
 - Kanten (edges)



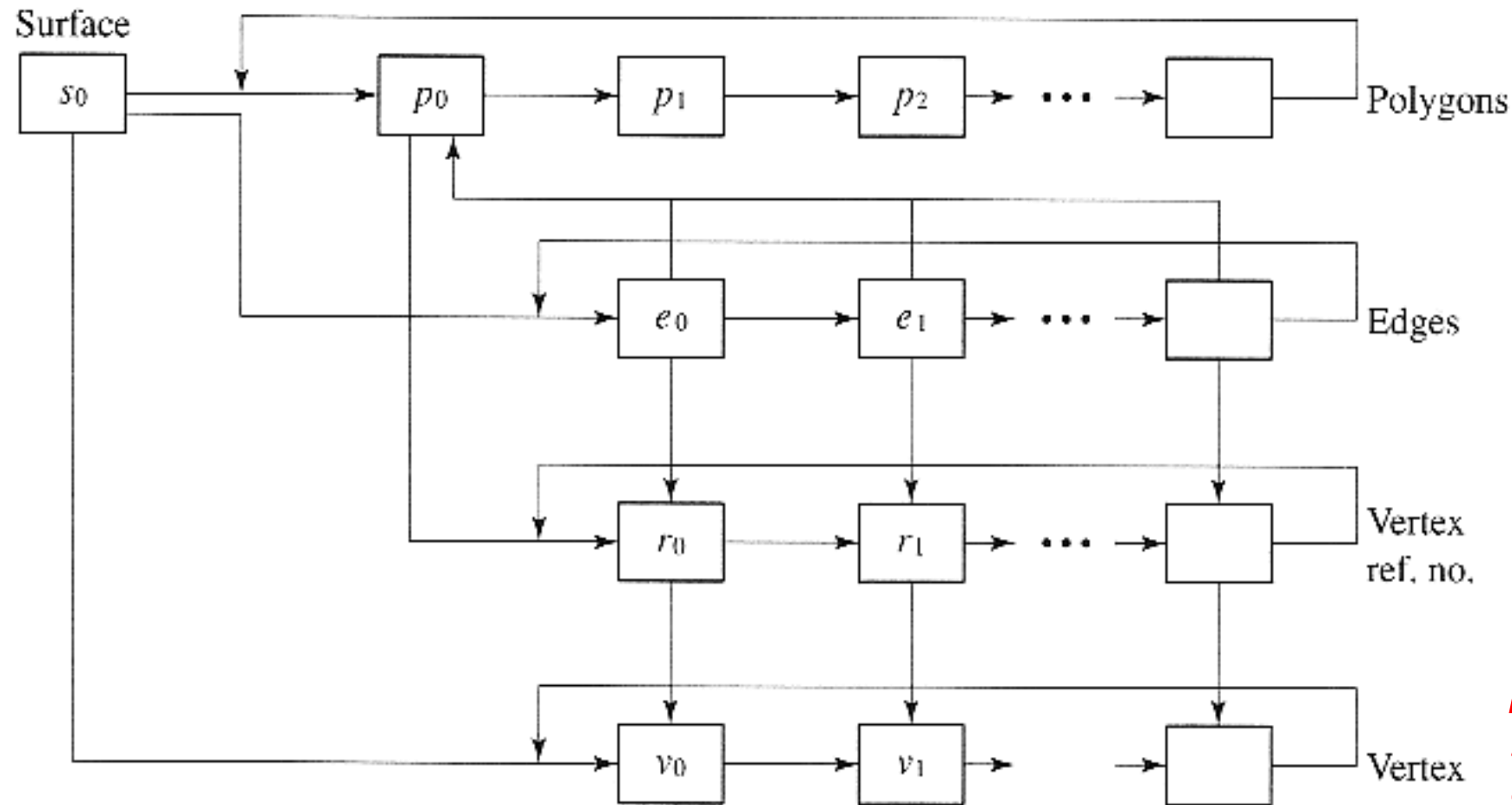
4.2 Polygonale Repräsentation

Repräsentationshierarchie (topologisch)



4.2 Polygonale Repräsentation

Repräsentationshierarchie (Datenstruktur)



Indizes auf Eckpunkte

*Eckpunkte werden
pro Oberfläche
nur einmal
gespeichert!*

4.2 Polygonale Repräsentation

Kanten

- Offensichtlich existieren in der approximierenden polygonalen Darstellung zwei Arten von Kanten:
 - Scharfe Kanten (Feature Lines)
 - ↳ diese sollen als Kanten sichtbar bleiben
 - Virtuelle Kanten (im Inneren glatter Flächen)
 - ↳ diese sollte der Renderer „verschwinden“ lassen
- 70er Jahre: Schattierungsalgorithmen (Interpolative Shading)
 - Flat/Uniform
 - Gouraud
 - Phong Shading

4.2 Polygonale Repräsentation

Datenstruktur

Kann neben der Geometrie spezielle Attribute für Anwendungen und Rendering beinhalten

- Flächenattribute:
 - Repräsentation (Dreieck, Polygon, Freiformfläche)
 - Koeffizienten
 - Polygonnormalen
 - Eigenschaften: planar, konvex, „hat Löcher“
 - Verweis auf Eckpunkte (und ggf. Kanten)
- Kantenattribute:
 - Länge
 - Art: Randkante, Feature Line, virtuelle Kante
 - Ggf. Verweis auf zugehörige Polygone und Eckpunkte
- Eckpunktattribute:
 - Eckpunktnormale (gemittelte Polygonnormalen)
 - Farbe
 - Texturkoordinaten
 - Ggf. Verweis auf Polygone und Kanten

4.2 Polygonale Repräsentation

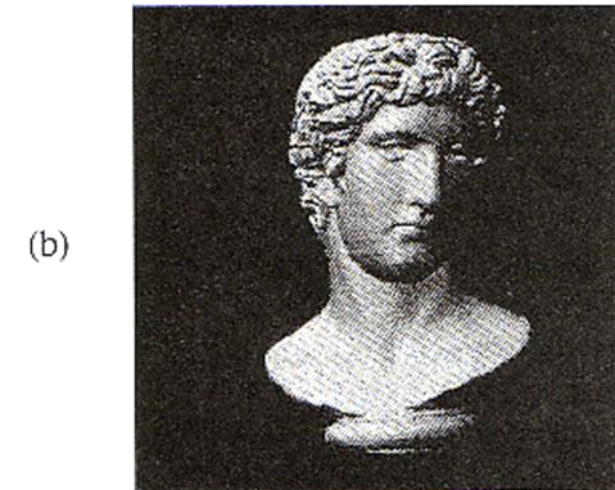
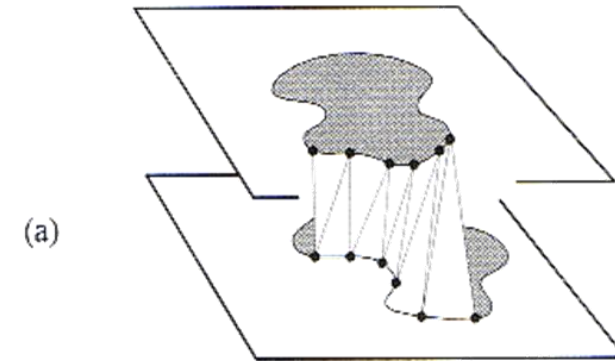
Erzeugung polygonaler Objekte: **manuelle** Verfahren

- Verschieben von (Gruppen von) Eckpunkten mittels dreidimensionaler Eingabegeräte oder Schnittstellen
 - Komplex, schwer handhabbar
 - Nur für einfache Objekte bzw. für einfache „Manipulationen“ geeignet
- 3D-Digitizer
 - Manuelles Anbringen von Punkten auf Objekten, die mittels Digitalisierer zu Polygon-Eckpunkten werden sollen
 - Beispiel:
Netze über Objektoberflächen „ziehen“
⇒ erste 3D-Darstellungen von Karosserien (1974)

4.2 Polygonale Repräsentation

Erzeugung polygonaler Objekte: **automatische** Verfahren

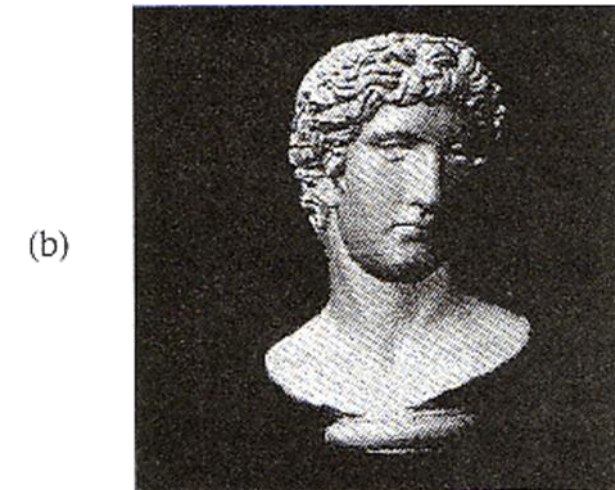
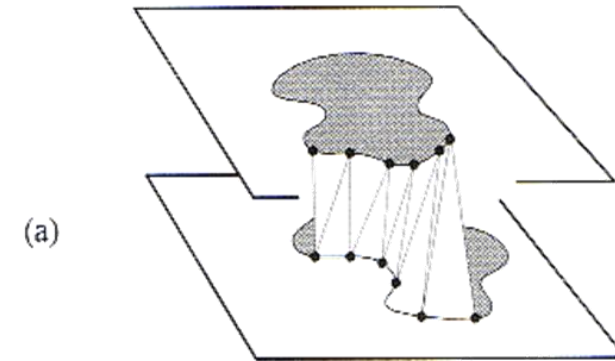
- Laserscanner
 - Objekt wird rundherum scheibchenweise mit einem Laserstrahl abgetastet; dieser misst den Abstand zur Objektoberfläche
 - Aus den gemessenen 2D-Konturen werden mittels eines „skinning“-Algorithmus, der geeignet benachbarte Punkte verbindet, Dreiecksflächen erzeugt (Abb. (a))



4.2 Polygonale Repräsentation

Erzeugung polygonaler Objekte: **automatische** Verfahren

- Laserscanner
 - Anwendungen:
 - Reverse Engineering
 - Virtuelle Bekleidung
 - etc.
 - Probleme:
 - Ist das Objekt stellenweise „zu konkav“, gibt es Flächen, die vom Laserstrahl nicht erfasst werden können.
 - Dieser Ansatz tendiert dazu, (zu) viele Dreiecke zu erzeugen!
(Abb. (b): 400.000 Dreiecke)



4.2 Polygonale Repräsentation

Erzeugung polygonaler Objekte: **mathematische** Verfahren

- Erzeugung von polygonalen Darstellungen aus analytischen Kurven und Flächen
⇒ CAD-Anwendungen
- Vorteile:
 - Benutzer arbeitet mit high-level Objektbeschreibung.
 - Objektform ist direkt mit mathematisch exakter Objektbeschreibung gekoppelt.
- Beispiele:
 - Parameterflächen (stückweise Polynome)
 - Rotationsflächen
 - Sweep-Flächen

4.2 Polygonale Repräsentation

Erzeugung polygonaler Objekte: **prozedurale** Verfahren

- Erzeugung polygonaler Objekte durch Fraktale
 - Fraktale (Fractals) gehen in ihrem theoretischen Ansatz auf die Mandelbrot-Geometrie zurück.
 - Werden u. a. für die Modellierungen von geographischen Höhenfeldern (Terrain Models) eingesetzt
 - Fraktale finden aufgrund ihrer Effizienz z.B. Anwendung in professionellen Flugsimulatoren für das Pilotentraining.
- Erzeugung polygonaler Objekte durch Ersetzungssysteme, z. B. Grammatiken
 - Lindenmayer-/L-Systeme zur Beschreibung von biologischen Entwicklungen
 - Werden u. a. für die Modellierungen von Bäumen, Pflanzen, etc. eingesetzt

4.3 Level-of-detail Ansätze

– Motivation

- Allgemein tendieren Verfahren zur Erzeugung polygonaler Modelle dazu, „zu viele“ Polygone zu produzieren.

– Probleme

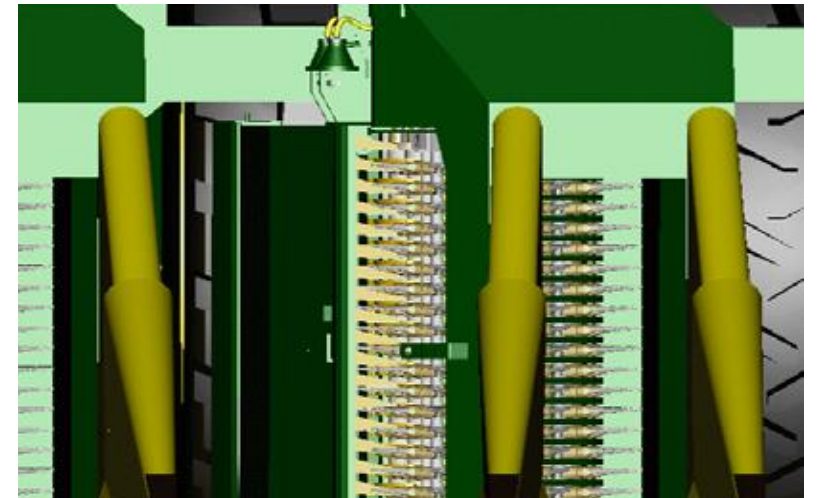
- In den überwiegenden Fällen ist das Verhältnis (Polygonanzahl des Objektes) / (projizierte Fläche des Objekts) viel zu groß.
- Overhead bei der Speicherung, Übertragung, Bearbeitung und Visualisierung „unnötiger“ Polygone

– Lösung

- Verschiedene polygonale Auflösungen der Objektrepräsentation: Level of Detail (LOD)
- Diese werden als sogenannte „Detail Pyramid“ / Multiresolution-repräsentation verwaltet.

4.3 Level-of-detail Ansätze

- Von ca. 10,5 Millionen Dreiecken werden nur 550.000 dargestellt.



4.3 Level-of-detail Ansätze

- Diskrete LODs, Pyramide mit verschiedenen Netzen, abhängig von der Entfernung
 - Popping
 - Alpha blending, morphing
- Kontinuierliche LODs, vordefinierte Einzeloperationen, Entfernen Kante für Kante
 - Flexibel
 - Teurer
 - Kann minimales Modell finden
 - Blickpunktabhängige Modelle möglich
- Statische LODs
 - Feste, vordefinierte Auflösungsstufen
 - Kosten Speicher
- Dynamische LODs, Online Berechnung
 - Kosten Rechenzeit

Quellen

- Computergraphik, Universität Leipzig (Prof. Dr. D. Bartz)
- Graphische Datenverarbeitung I, TU Kaiserslautern (Prof. Dr. H. Hagen)
- Graphische Datenverarbeitung I, Universität Tübingen (Prof. Dr. W. Straßer)
- Graphische Datenverarbeitung I, TU Darmstadt (Prof. Dr. M. Alexa)