

Tutorial Laserscanning: Automatisierung der Modellierung

Dr.-Ing. Fredie Kern

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Niemeier

Dipl.-Ing. Martin Zumstrull

1. Was kann modelliert werden
2. Automatisierung bei der Segmentierung
 - 2.1 Globale Ansätze
 - 2.2 Lokale Ansätze
3. Mathematische Modelle der Automatisierung
 - 3.1 Modell Kern
 - 3.2 Modell Brenner
4. Ausblick

Vor Ansatz einer (automatischen) Modellierung ist der gewünschte Detaillierungsgrad festzulegen :

a) Bis zu welcher Detailgröße soll die Modellierung erfolgen ?

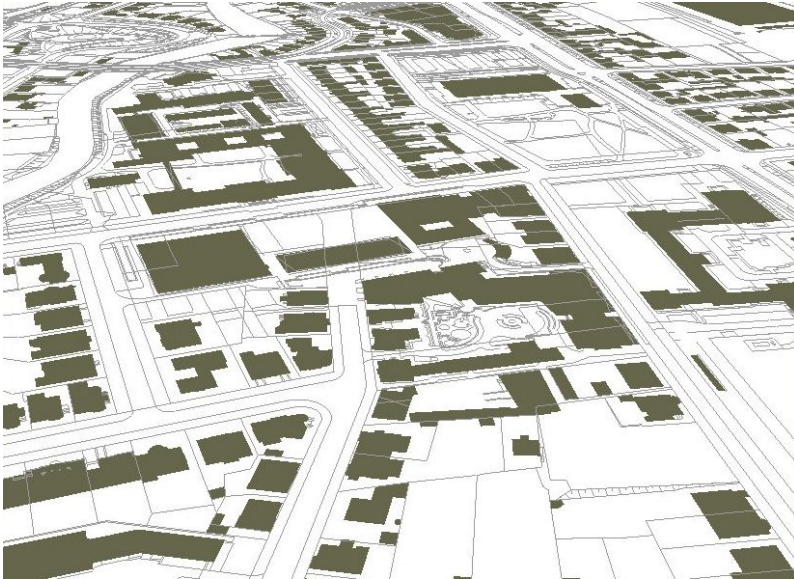
- Abstrakte (generalisierte) Form
- wesentliche Formelemente
- auch kleine Details (Ornamentik)

b) Reicht die Auflösung und Genauigkeit für die gewünschte Detailtreue aus ?

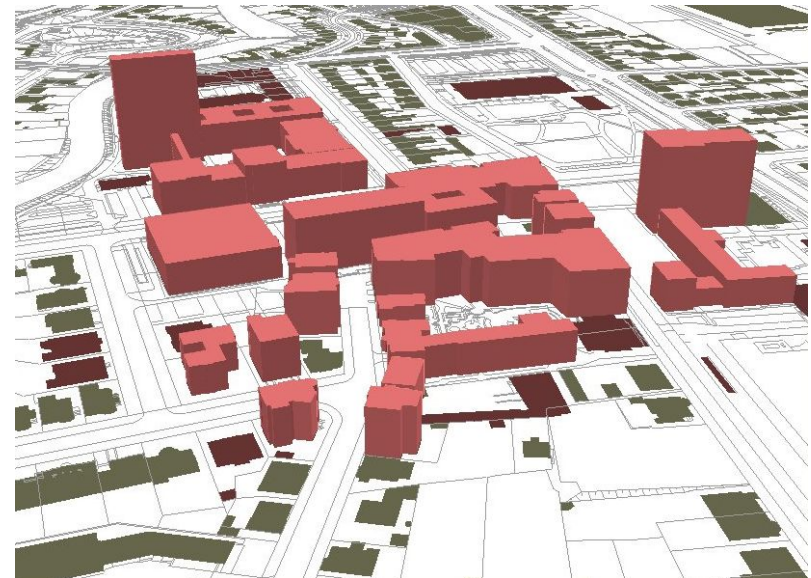
- Anzahl der benötigten Messpunkte für die Extraktion eines geometrischen Elementes
- Exaktheit der Messpunkte für eindeutige Erkennung der geometrischen Form

Ziel der Modellierung muss definiert sein :

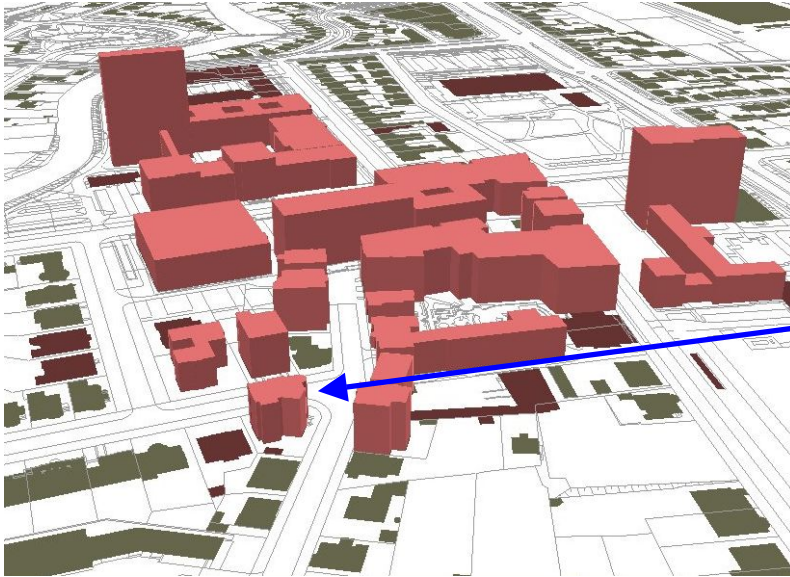
Grundriss (2D)



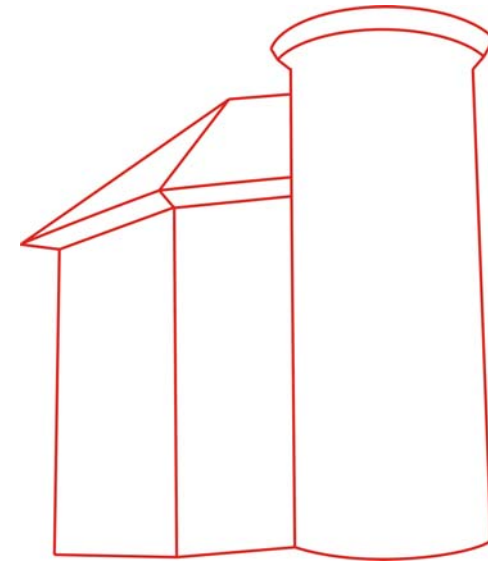
Grundriss + Höhe (2+1D)



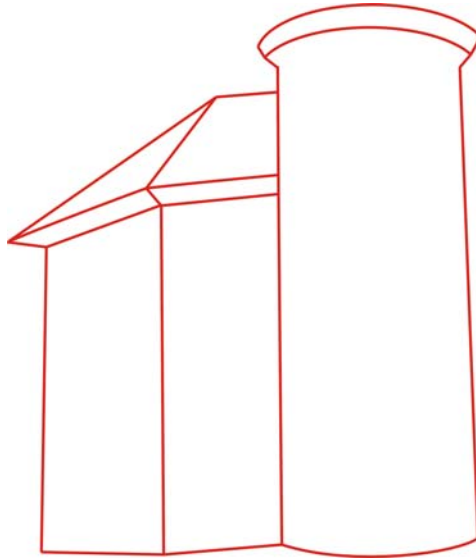
Grundriss + Höhe (2+1D)



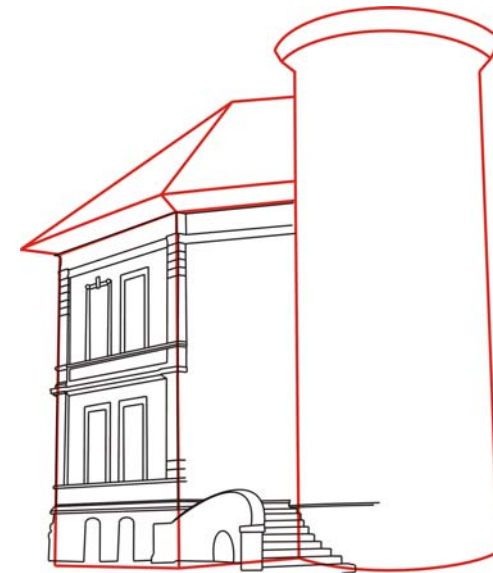
Einfache im Raum angeordnete
Elemente (3D)



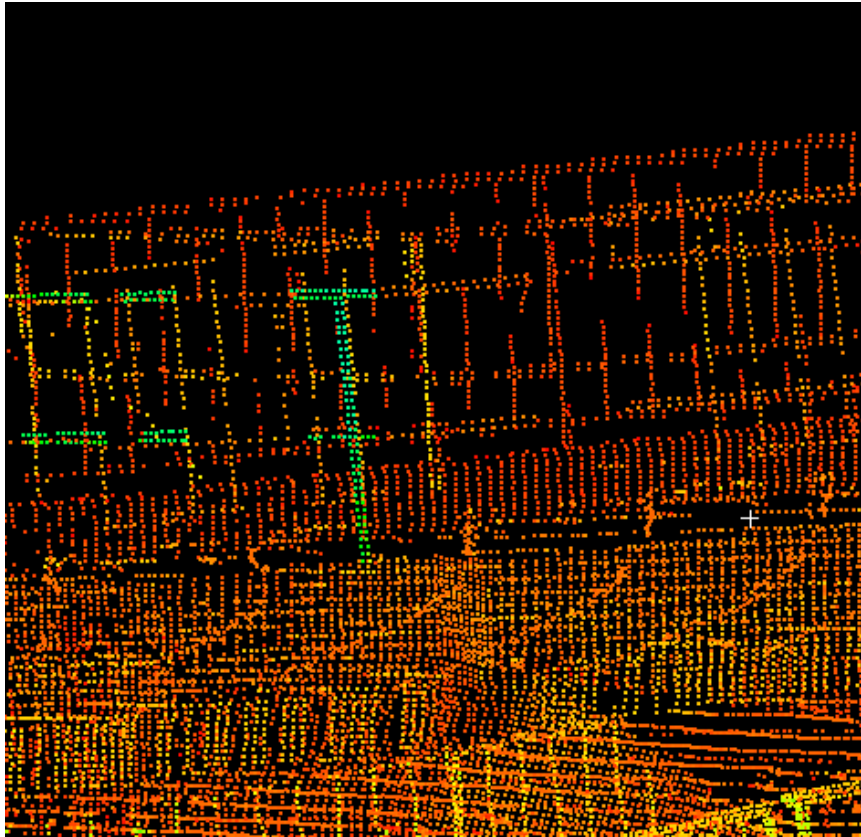
Einfache im Raum angeordnete
Elemente (3D)



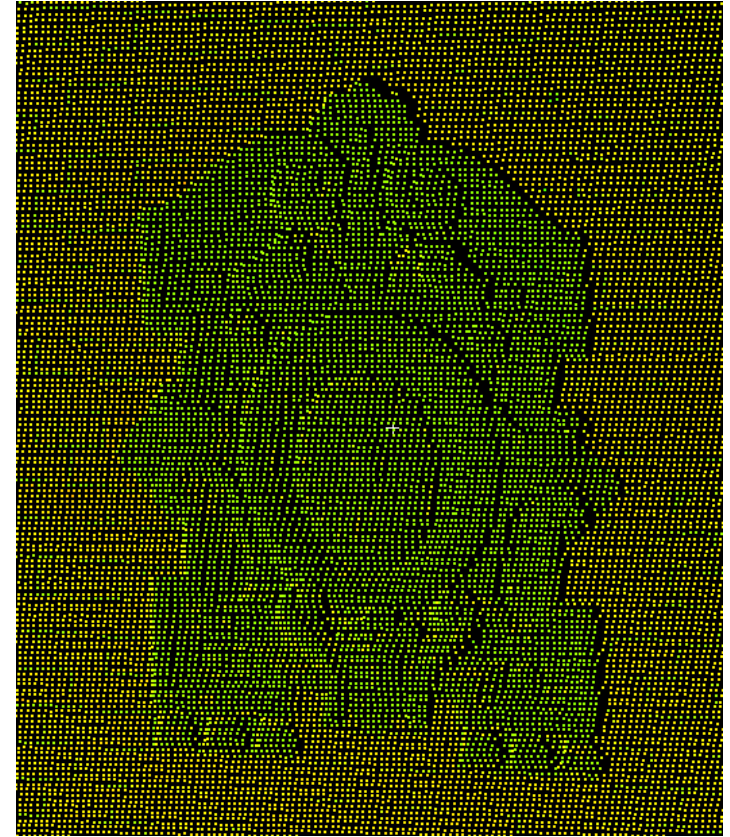
Weitere Differenzierung der
einzelnen Elemente (3D)
z.B. Fassaden



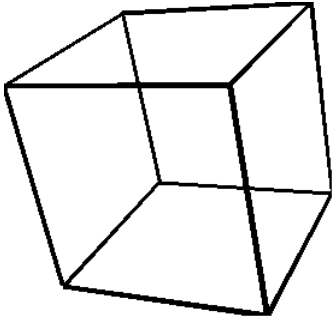
Geländer einer Brücke !?



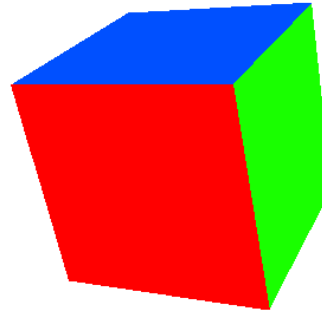
Ornament an einem Gebäude



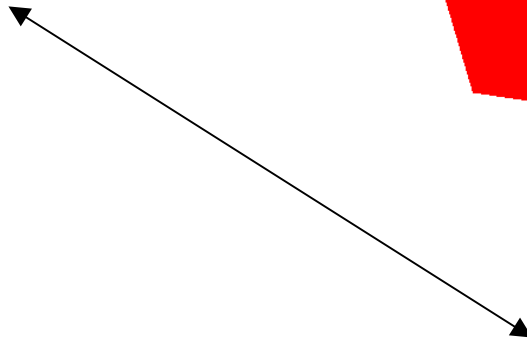
Linienhafte Darstellung (Drahtgittermodell, 12x2x3 Koordinaten)



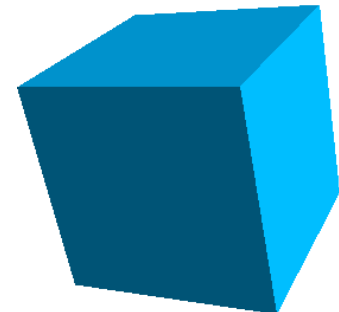
Flächenhafte Darstellung (6x3x3 Koordinaten)



Detailtreue



Körperhafte Darstellung (4x3 Koordinaten + Klassifizierung)



Datenreduktion

Auswertung

- (Vorverarbeitung)
- Segmentierung
- Modellierung (Objektsynthese)
- (Visualisierung)

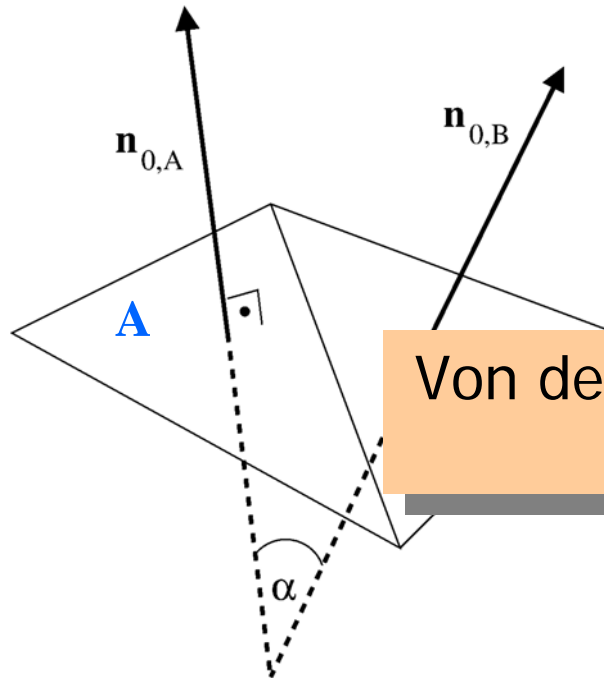
Segmentierung : Herausarbeiten zusammenhängender Bereiche

globale
Segmentierung

lokale
Segmentierung

- a) Flächennormale
- b) Kantensuche
- c) Wasserscheidentransformation
- d) ...
- e) Region Growth
- f) ...

Ebenen (z.B. Wandflächen) im Oberflächenmodell finden



Idee:

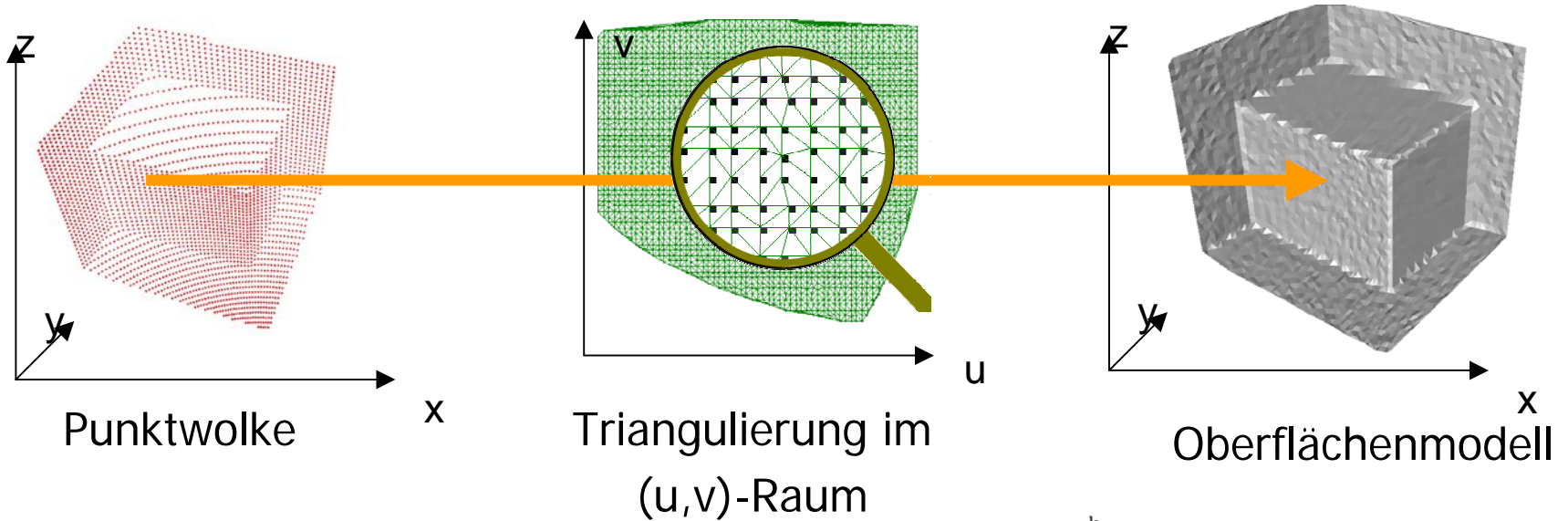
Wenn zwei benachbarte Dreiecke **A** und **B** um weniger als $\alpha_{n,tol}$ gegeneinander verkippt sind dann:

A **B** gehören zum selben Segment **S**

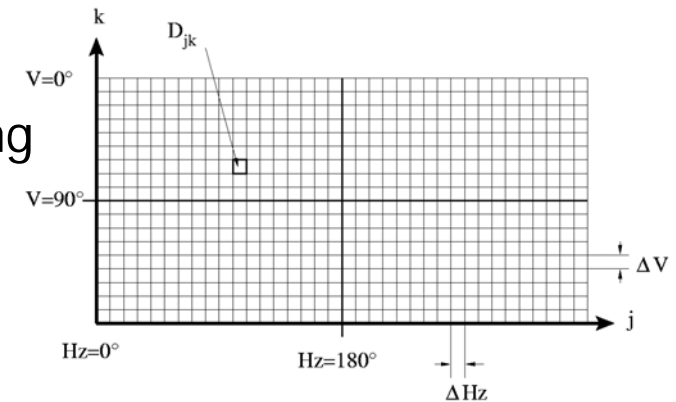
Von der Elementarfläche (Dreieck) zur Fläche.

$$S = \begin{cases} [\dots, A, \dots, B] & : \|\alpha_n\| < \alpha_{n,tol} \\ [\dots, A, \dots] & : \|\alpha_n\| \geq \alpha_{n,tol} \end{cases}$$

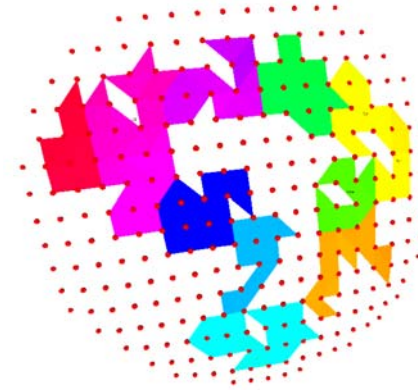
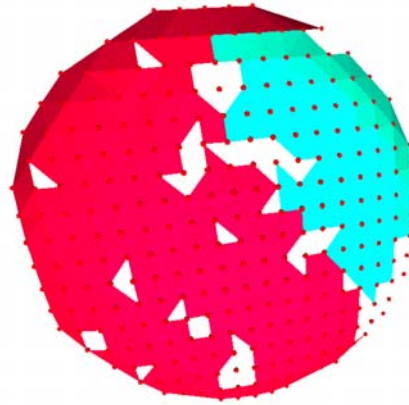
1. Normalenvektoren berechnen
2. Durchwandern des gesamten Oberflächenmodells
3. Schnittwinkel α_n angrenzender Dreiecke berechnen
4. Segmente bestimmen



- + (u,v)-Parametrisierung erlaubt 2D-Triangulierung
⇒ Dreiecksnetz im (x,y,z)-Raum
- keine optimale 3D-Triangulierung („Plattkarte“)
- + Triangulierung legt „Nachbarschaften“ fest
- + an die Stelle der Punktwolke tritt das Oberflächenmodell
⇒ flächenorientierte Betrachtung



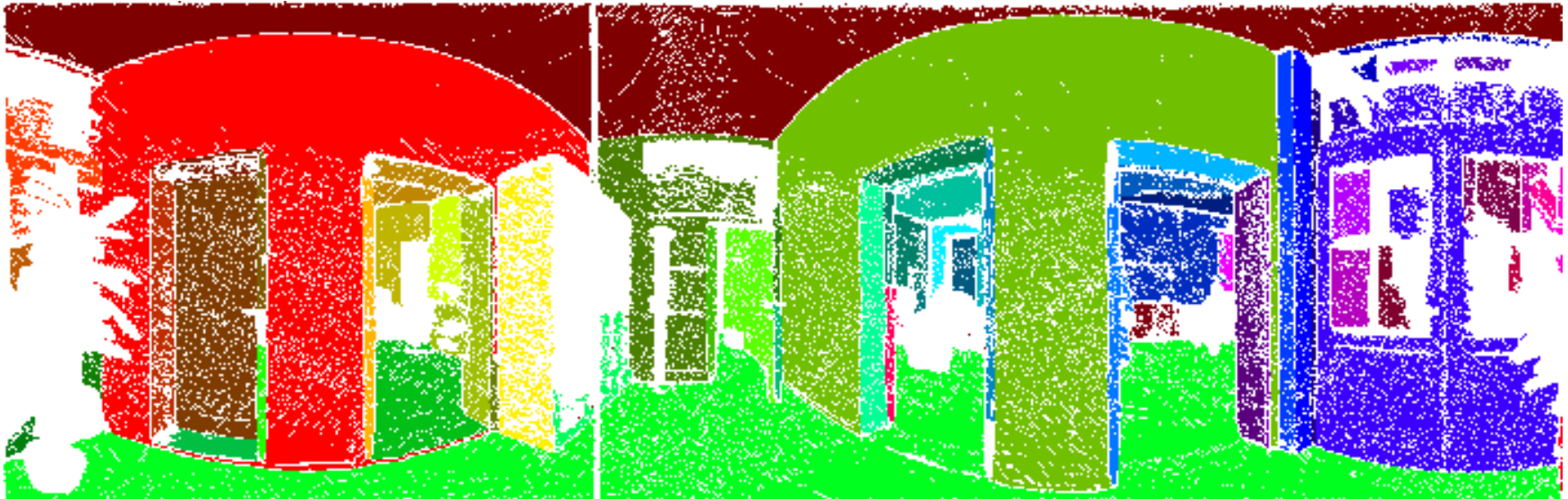
„worst case“:
Kugel



Bürraum

relativ $\alpha_{tol}=12gon$

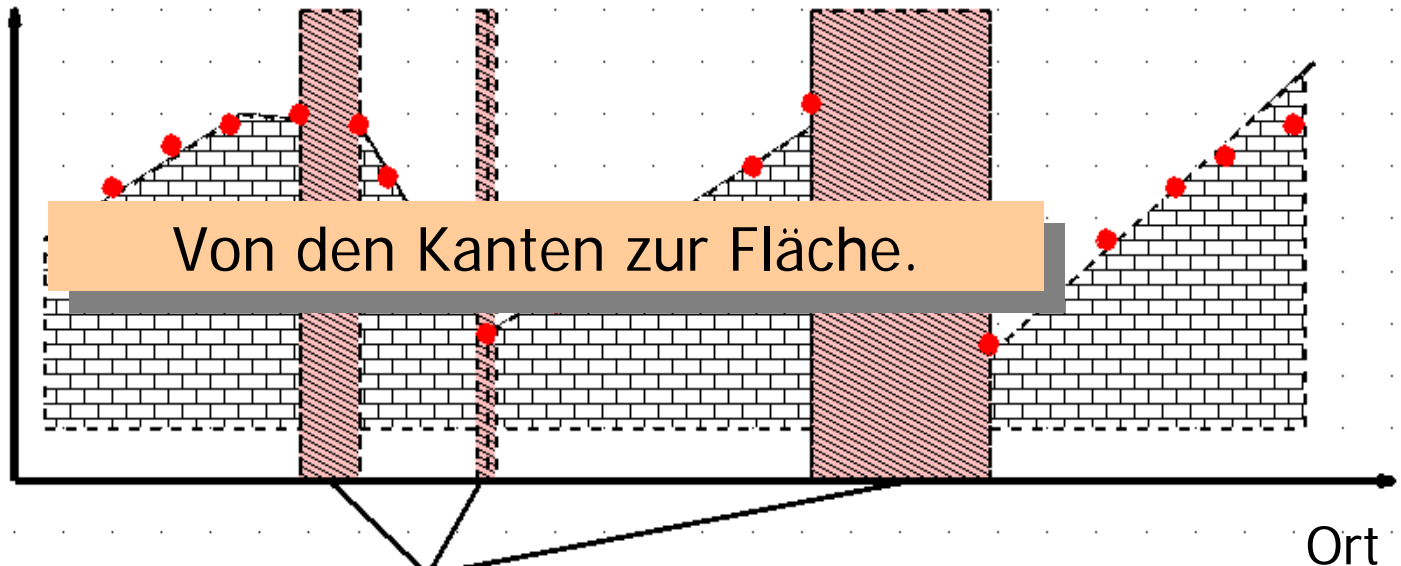
global $\alpha_{tol}=12gon$



relativ, $\alpha_{tol}(0,8m)=50gon$, $\alpha_{tol}(19,4m)=10gon, n=1000$

Parameter

z.B. Entfernung



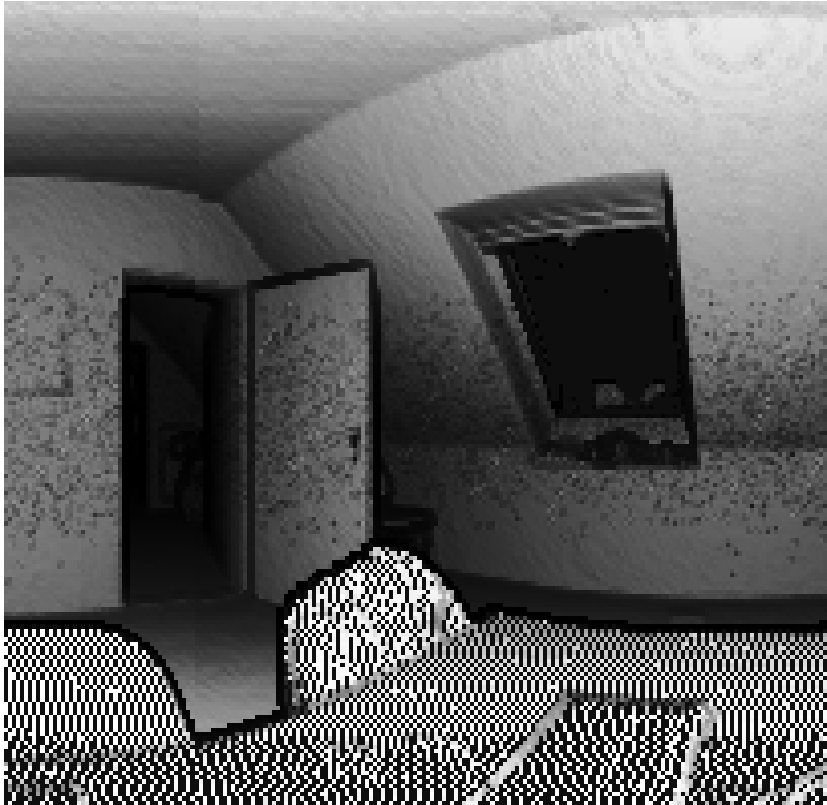
wahrscheinliche Position einer Kante

Mögliche Parameter

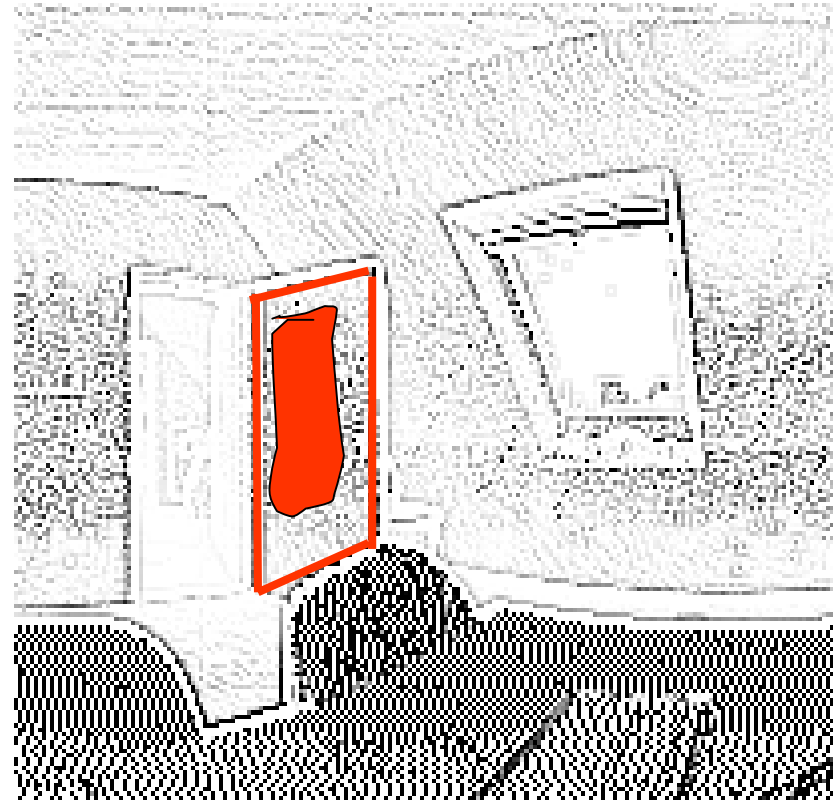
- Entfernung
- Punktdichte
- 3D-Position
- Intensität
- 3D-Position + Intensität

Mögliche Merkmale

- Richtungswechsel (Gradient)
- Krümmungswechsel
- ...

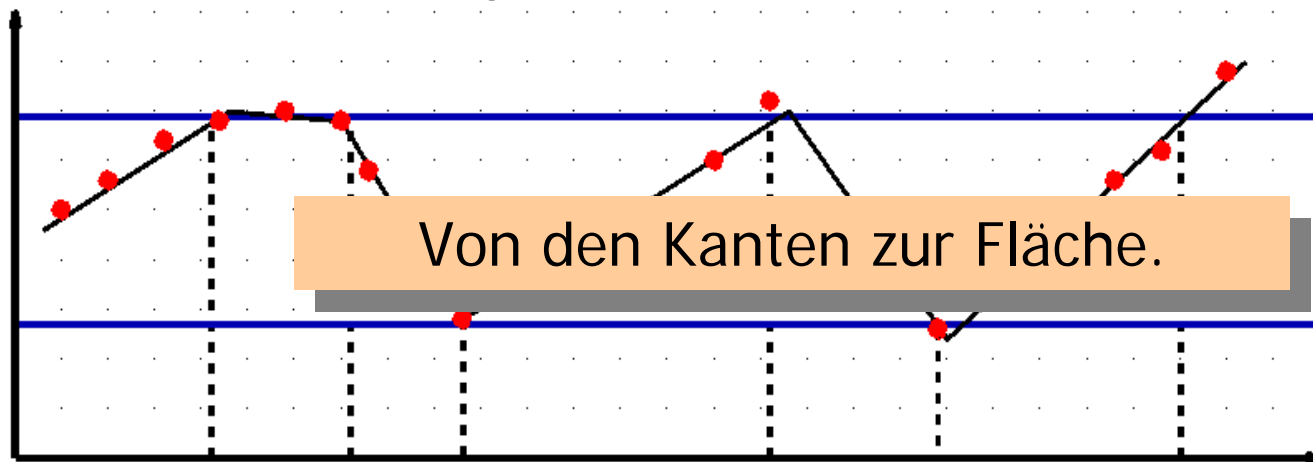


Parameter: Punktdichte
256 Graustufen



Kanten
Sobel-Operator

Parameter z.B. Entfernung

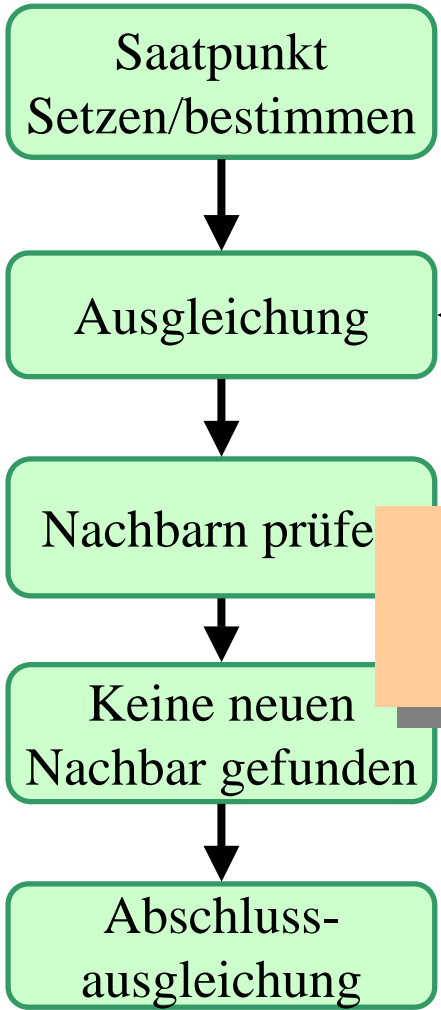


Wasserstand
Ort

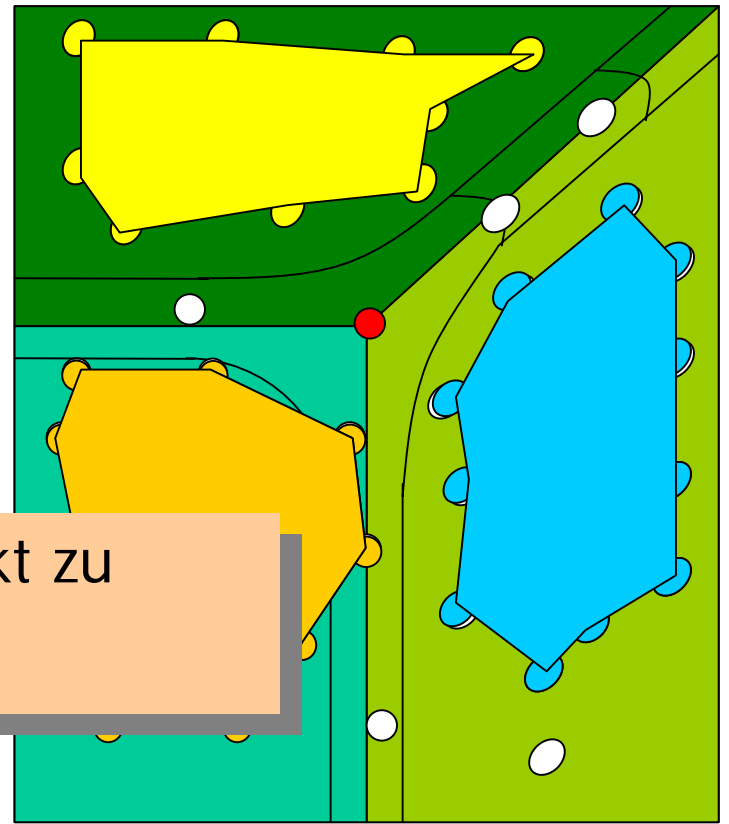
Wasserscheide

(Sander 2004)

Segmentierung: e) Region Growth / Bereichswachstum



Von einem Saatpunkt zu einer Fläche.



Kriterium: Abstand zur Ebene
Was ist ein Nachbar?

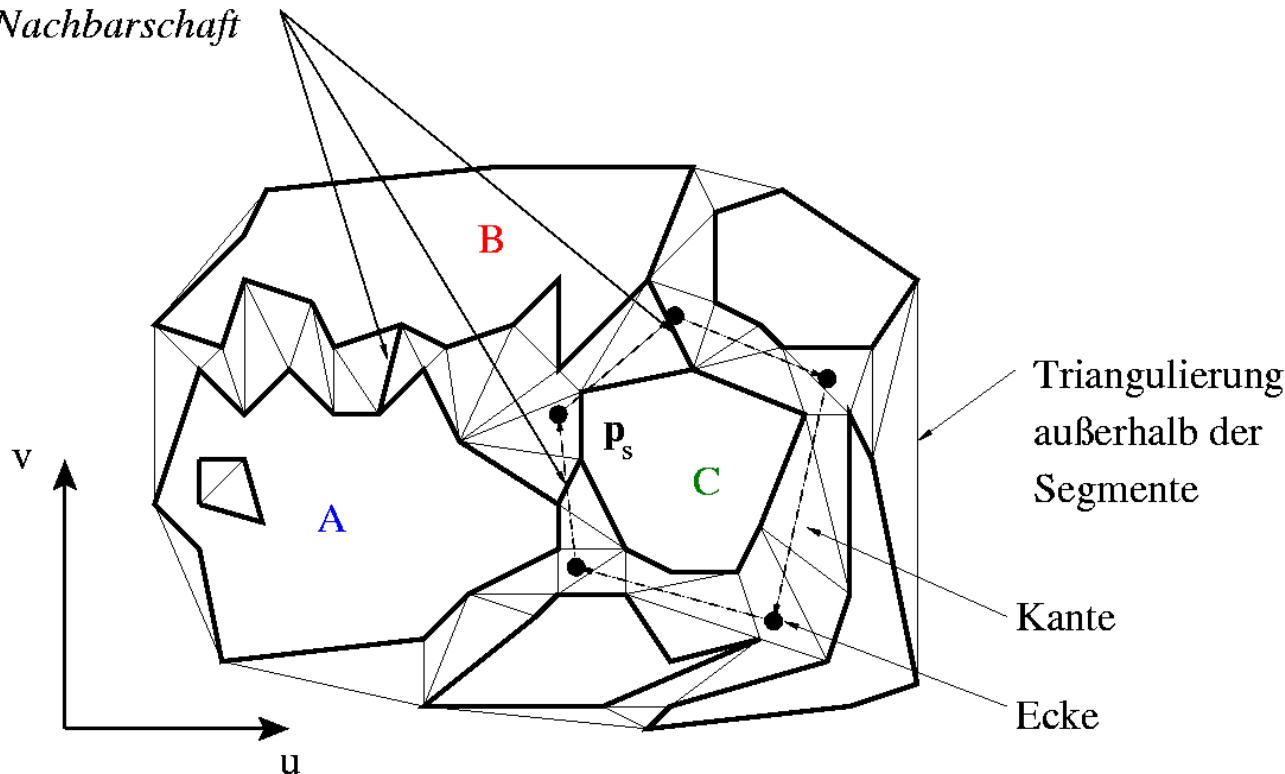
Weitere Adaption von Methoden/Konzepten aus den Bereichen:

- Bildverarbeitung
- Computer Vision
- Medizinische Bildverarbeitung
- Reverse Engineering
- Fernerkundung
- ...

Herausforderung:
Übergang von 2D-Informationen zu 3D-Rauminformationen

- a) Dissertation Fredie Kern
- b) Dissertation Claus Brenner
- c) ...

Nachbarschaft



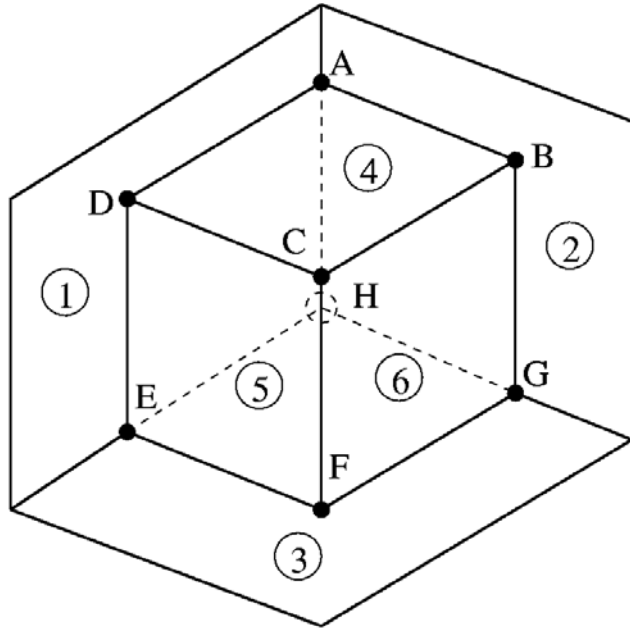
Idee:

Wenn Nachbarschaft zw. Segment **A** und Segment **B**
und wenn Nachbarschaft zw. Segment **B** und Segment **C**
und wenn Nachbarschaft zw. Segment **C** und Segment **A** dann:
A, **B** und **C** schneiden sich in **p**.

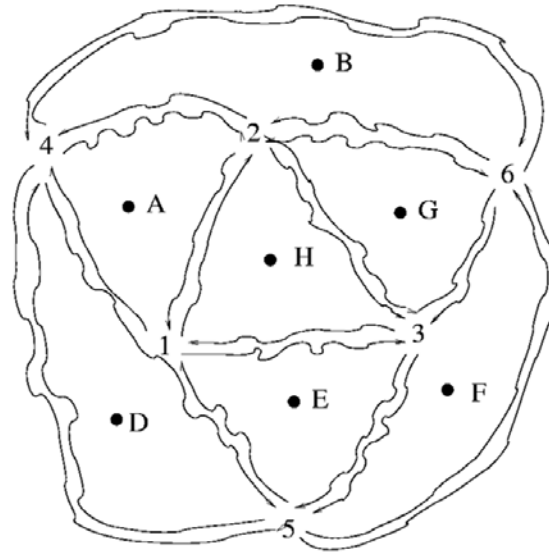
Voraussetzung: Nachbarschaften zwischen Segmenten bekannt

⇒ Triangulierung der Segmentränder

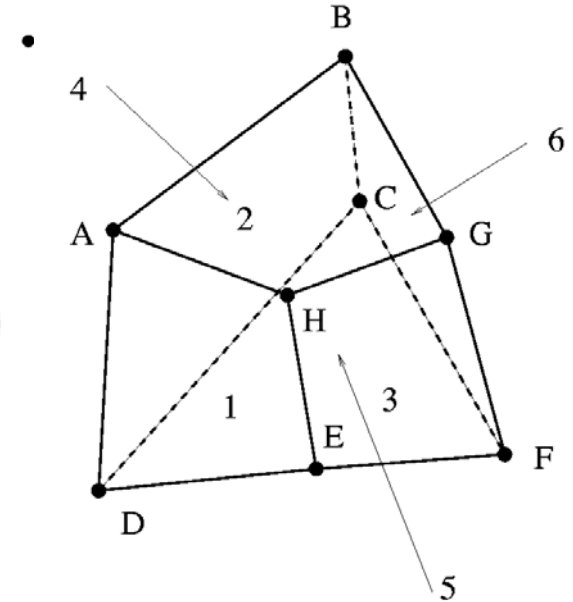
Verschneidung



Topologie G



Topologie G*



...
Ecke A = Schnitt(1,2,4)
Ecke B = Schnitt(2,4,6)
...

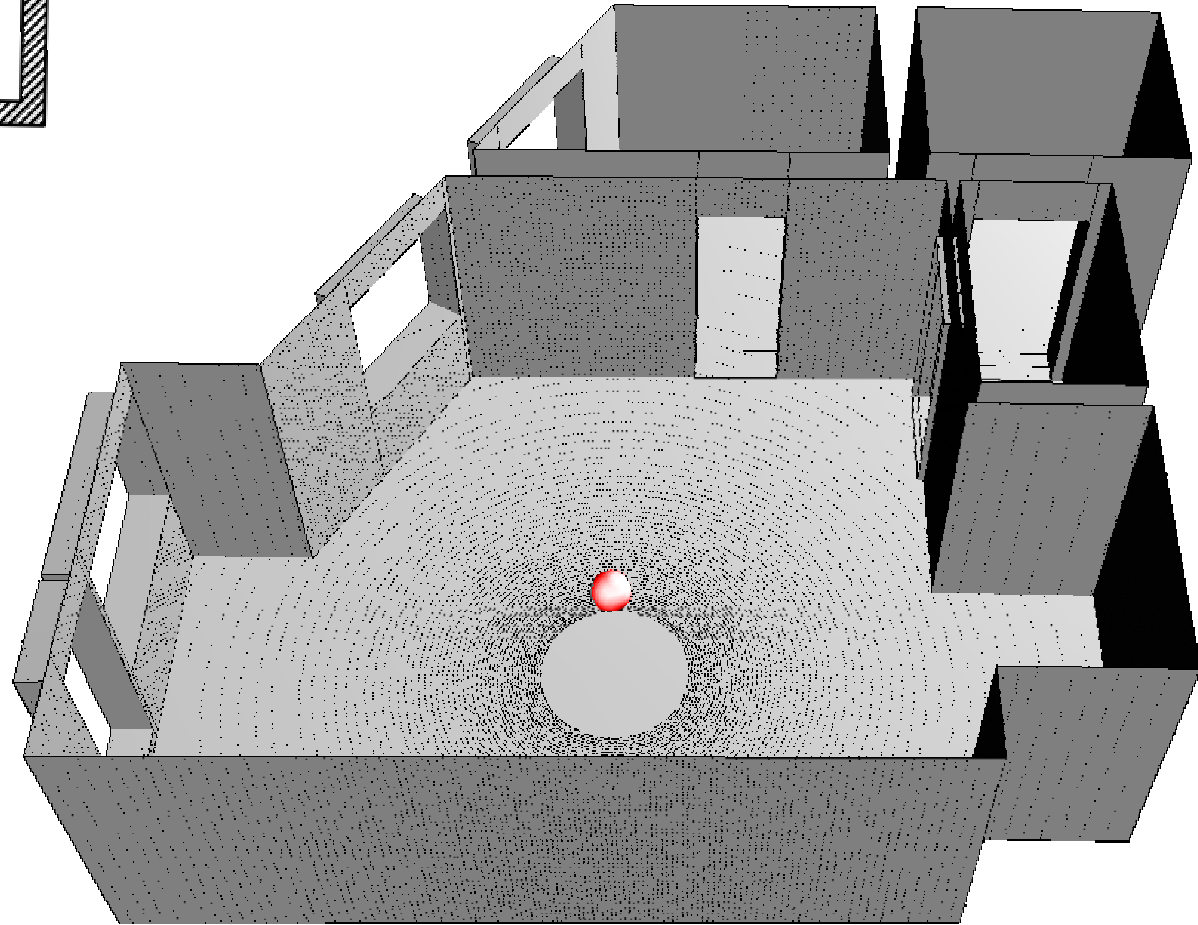
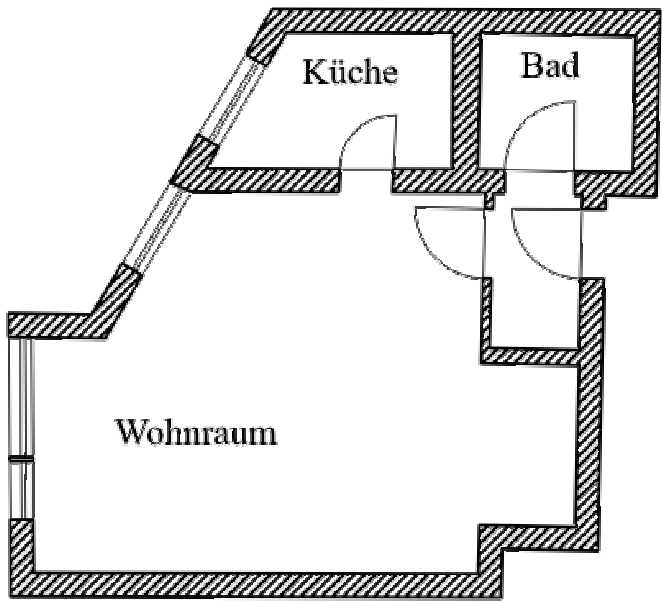
Segmente -> Knoten
Nachbarschaft -> Kanten
Ecken -> Maschen

gesuchtes
Randflächenmodell

Verschneidung als Graph G darstellen

dualen Graph G* bestimmen

Automatische Modellierung : Synthetisches Beispiel (Kern)



Punktwolke

Abtastintervall: 1°

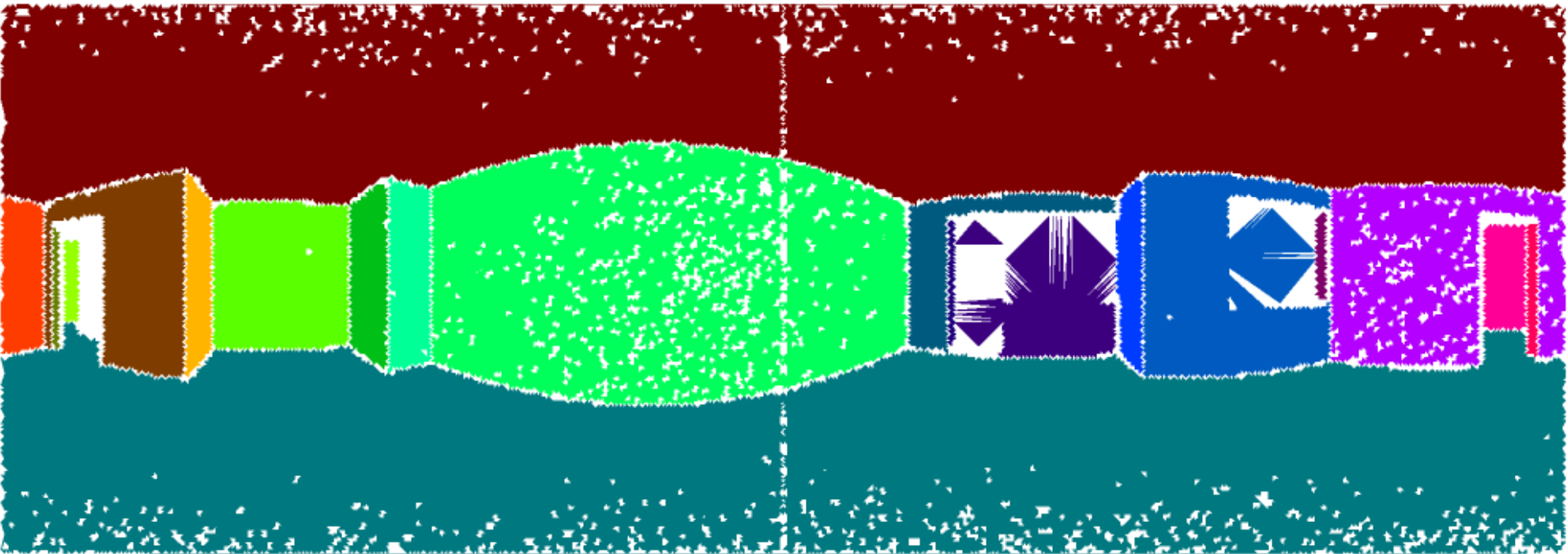
Messrauschen

Winkel: 5mgon

Strecke: 5mm

55.131 Punkte

Segmentierung



Darstellung der Segmente $n > 100$ Punkte

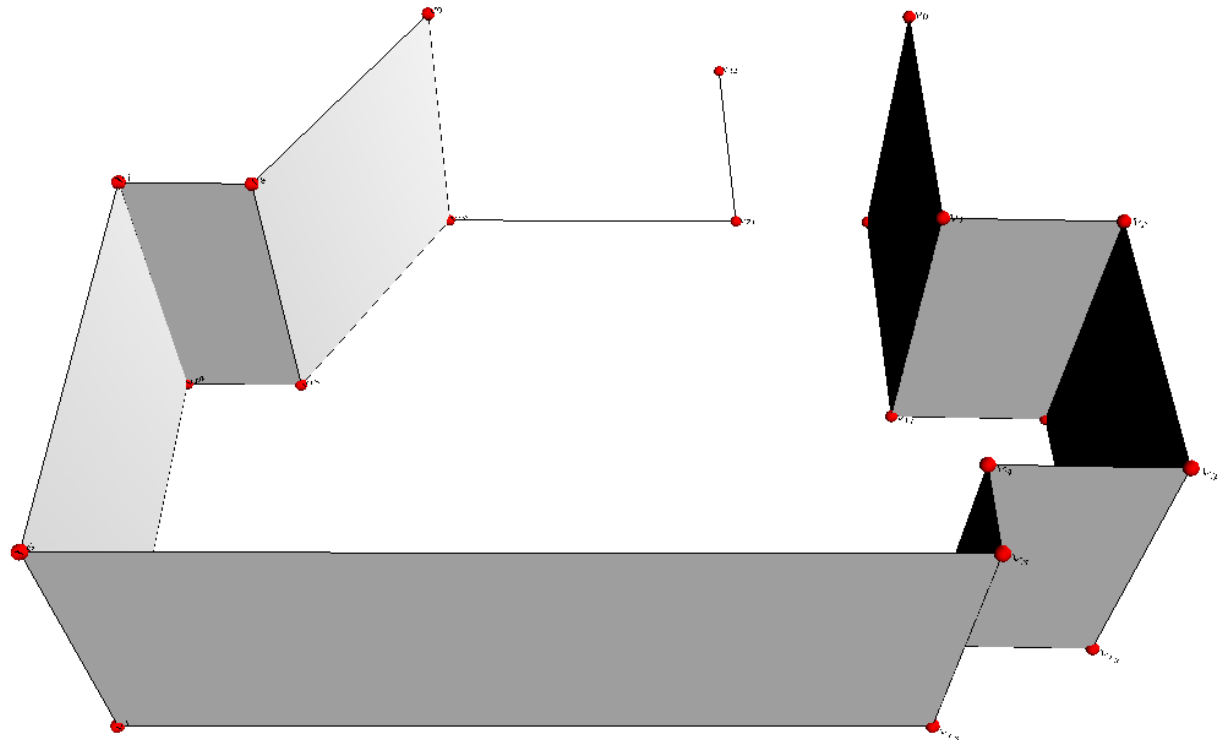
Modellierung

Anzahl pro Segment:

> 100 Punkte

Schnittwinkel α :

$\cos(\alpha) > 0.1$



Ausgleichung

Anzahl pro Ebene:

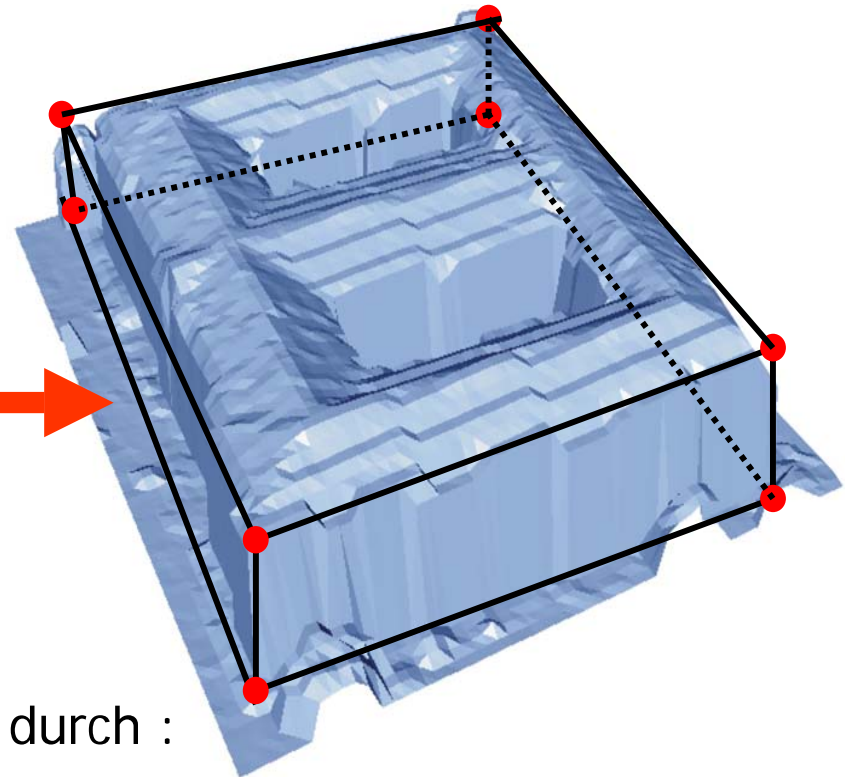
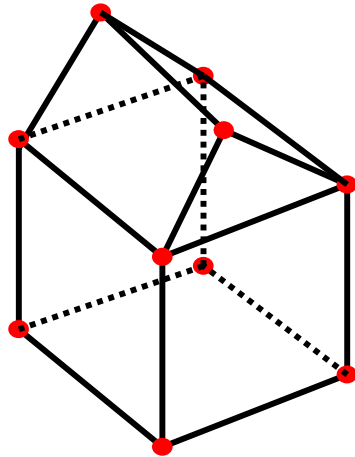
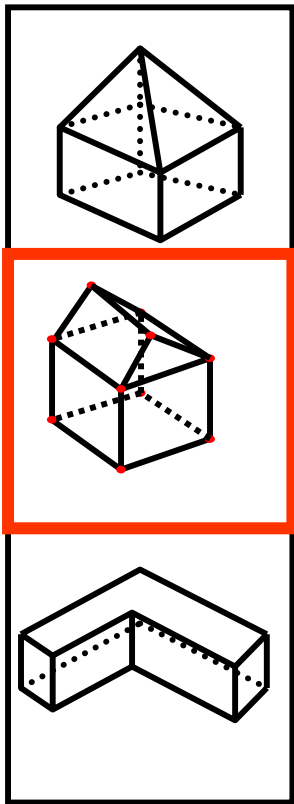
1/10 aller Punkte

5.210 Beobachtungen

117 Unbekannte

Gesamt-Rechenzeit (Athlon 1.3GHz) < 15s
Ingenieurvermessung 2004

Topologisches Modell



Anpassung an Geometrie durch :

- Translation
- Rotation
- Skalierung

• **Topologische Veränderung (Sattel-/Flachdach)**

„Library Fitting“

- Automatisierung setzt Definition der Modellierungsziele voraus
- Gibt Vielzahl von mathematischen Ansätzen, die ausgearbeitet / erprobt werden sollten
- Wir sind derzeit von einer umfassenden, wirklich automatischen Modellierung noch weit entfernt

Anmerkungen :

- Vorverarbeitung, z.B. Verknüpfung verschiedener Scans, ist hier nicht angesprochen
- Hinzunahme weiterer Information (Intensitäten, Farbe, Oberflächeneigenschaften, ...) erscheint nützlich zu sein