

Dach-Rekonstruktion aus Laserscan-Daten mittels Methoden der Bildverarbeitung¹

Regina Pohle-Fröhlich und Steffen Goebbels
(Regina.Pohle@hsnr.de, Steffen.Goebbels@hsnr.de)

Hochschule Niederrhein - Institute für Mustererkennung, Fachbereich
Elektrotechnik und Informatik

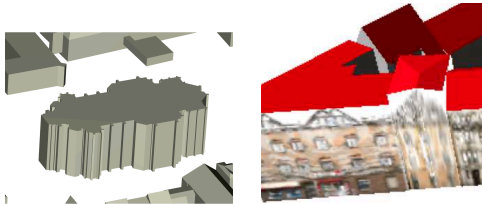
Plenarsitzung der SIG3D, 29.01.2016

¹unter Verwendung von Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW ©Geobasis NRW 2014

Ziel

LoD2-Stadtmodell des Landes NRW:

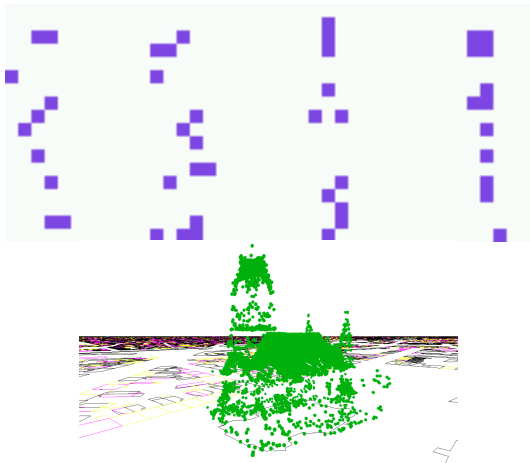
- Nur Standarddachformen, komplizierte Dachformen, wie z. B. bei Kirchen, fehlen ganz.
- Dachneigung fehlerhaft, wenn z. B. Dachgauben existieren.



Genauere Dacherkennung nötig für

- Modellbasierte Segmentierung
- Texture Mapping

Gegebene LiDAR Punkte: unstrukturiert, nicht dicht

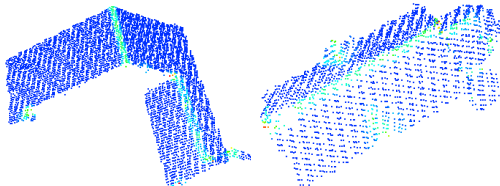


Grundsätzliche Ansätze

- Modellbasierte Erkennung

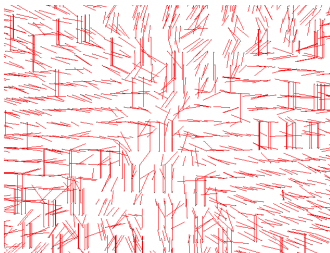
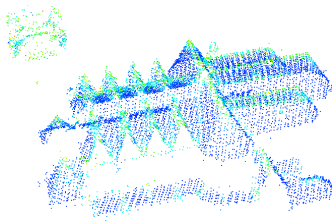


- Datenbasierte Erkennung



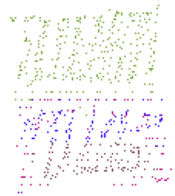
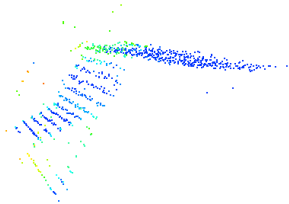
Tests: Datenbasierte Erkennung in Punktwolken

- Hough-Transformation
 - keine Information über die Anzahl der gesuchten Ebenen
 - keine Unterscheidung zwischen korrekten und nicht korrekten Ebenen möglich
- Region Growing anhand von Oberflächennormalen
 - Normalen sind an Übergängen zwischen Ebenen gestört
 - Auslaufen der Regionen bei zu weitem Kriterium, unvollständige Regionen bei zu engem Kriterium



Tests: Datenbasierte Erkennung in Punktwolken (2)

- RANSAC-Algorithmus
 - Falsche Punkte liegen bei komplexen Dachflächen ebenfalls in der Ebene
 - Auswahl paralleler Ebenen bei älteren und nicht ganz planaren Dachflächen



Unser Algorithmus

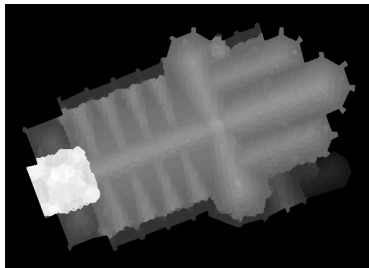
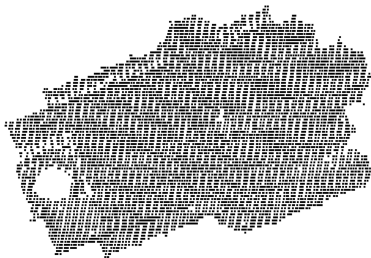
Vorverarbeitung der Punktwolke

- Berechnung einer Höhenkarte durch Interpolation
- Berechnung der Ebenen-Gleichung für Flachdächer
- Berechnung der Ebenen-Gleichung für schräge Dächer
- Schätzung der Dachform für Kirchtürme und andere Türme

Rekonstruktion der Dachpolygone

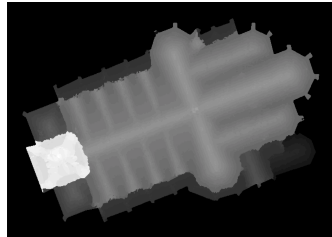
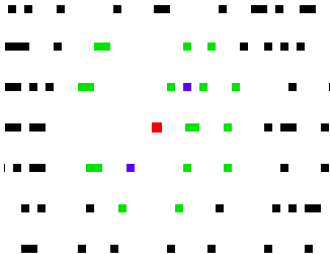
- Flächenfüllen anhand von Schnitt- und Stufenkanten
- Erkennen der Randkonturen und der Dachtopologie
- Nachverarbeitung der Polygone durch Projektion
- CityGML-Generierung

Berechnung der Höhenkarte



Berechnung der Höhenkarte (2)

- Suche nach dem nächsten Punktepaar, das einen Winkel von 180° einschließt und eine Höhendifferenz unter 1 m hat
- Berechnung des gesuchten Höhenwerts mittels linearer Interpolation

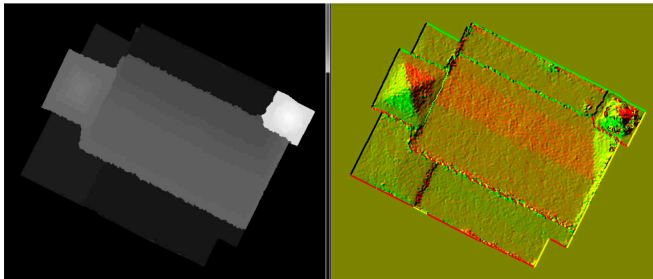


Bestimmung der Ebenengleichungen für Flachdächer

Ziel: Segmentierung der Ebenen gemäß Gradientenrichtungen

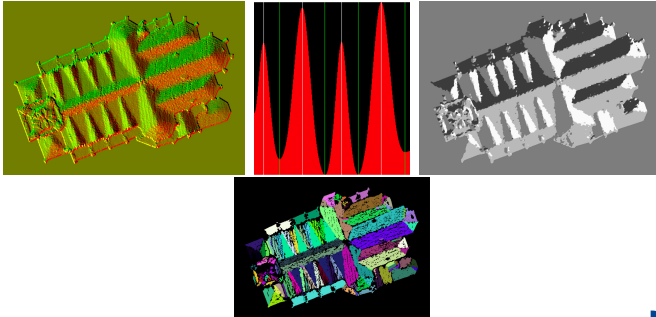
Problem: Richtungsrauschen bei Flachdächern, daher:

- Auswahl von Segmenten mit einem Gradientenbetrag unter 2, berechnet aus dem Höhenbild
- Berechnung der Ebenengleichung mittels RANSAC-Algorithmus

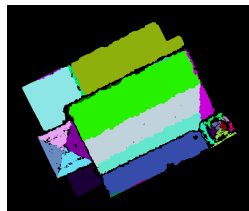
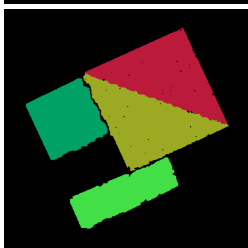
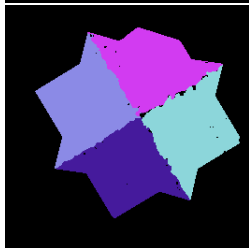
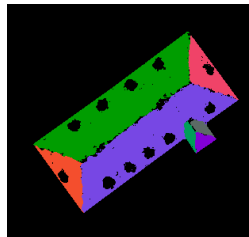
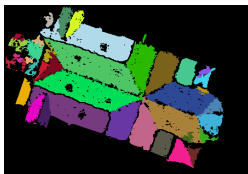
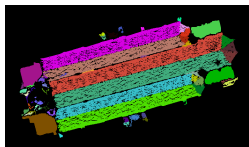


Bestimmung der Ebenengleichungen für Schrägdächer

- Berechnung eines Winkelbildes aus der Gradientenrichtung
- Ermittlung der Schwellwerte
- Segmentierung in Flächen gleicher Orientierung
- Berechnung der Ebenengleichungen mittel RANSAC

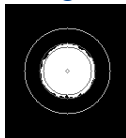


Bestimmung der Ebenengleichungen für Schrägdächer (2)

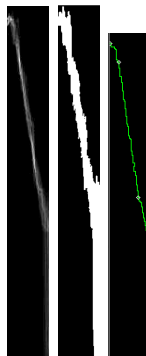
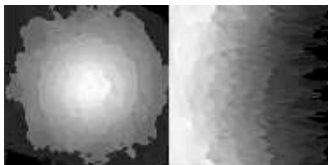


Bestimmung der Turmgestalt

- Bestimmung der Turmregion mittels Schwellwert
- Bewertung der detektierten Region

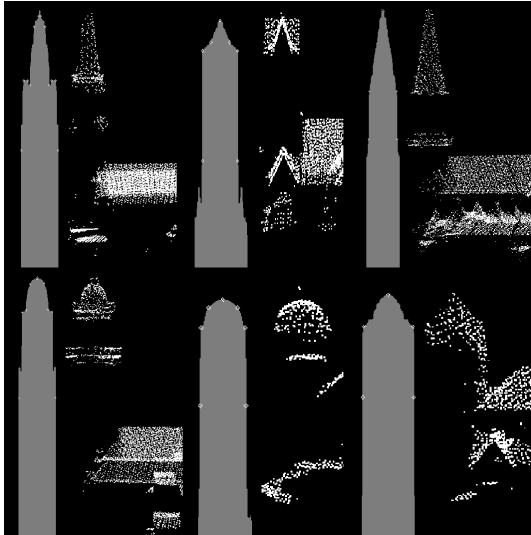


- Überführung des Höhenbildes der Turmregion in Polarkoordinatendarstellung



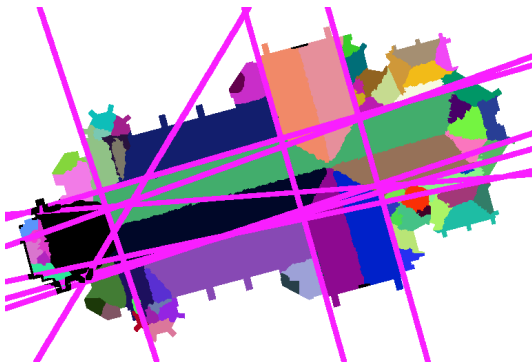
- Zeichnen der Höhen in Abhängigkeit vom Radius und Detektion markanter Punkte

Bestimmung der Turmgestalt (2)

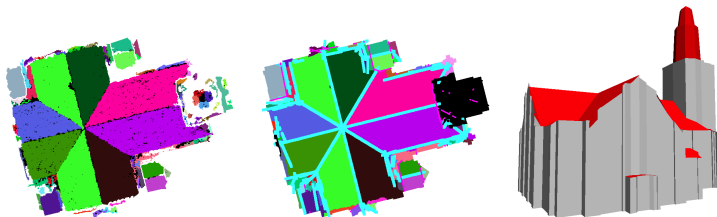


Schnitt- und Stufenkanten

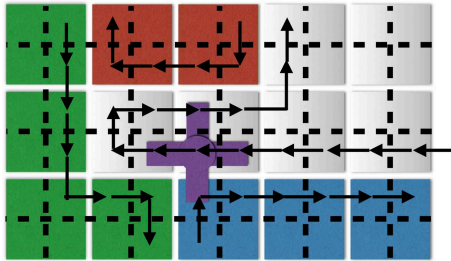
- Schnittkanten (Firste) liegen auf Schnittgeraden zwischen Dachebenen, deren Hesse-Normalformen mit einem RANSAC-Algorithmus geschätzt sind.
- Stufenkanten ergeben sich aus dem interpolierten Höhenbild. Die Geraden, auf denen diese Kanten liegen, können mit einer Hough-Transformation erkannt werden.



Auffüllen der Dachsegmente unter Berücksichtigung von Schnitt- und Stufenkanten



Erkennen der Randkontouren der Dachsegmente mittels Pavlidis-Algorithmus



- Beim Abfahren eines Randes werden die Stellen erkannt, an denen gemeinsame Randabschnitte mit benachbarten Dachsegmenten beginnen und enden: Dachtopologie.
- Die Kantenzüge werden unter Berücksichtigung der Topologie vereinfacht (Ramer-Douglas-Peucker-Algorithmus).

Nachverarbeitung der Dachpolygone

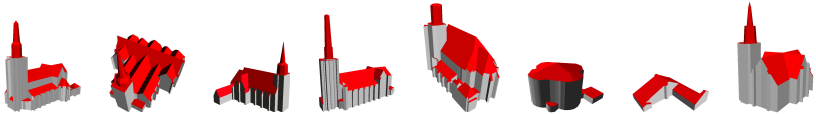
Wir arbeiten auf einem Gitter mit 10 cm Kantenlänge, daher sind die gefundenen Polygone noch zu ungenau. Gesteuert durch Schwellwerte

- projizieren wir Knoten in Schnitkantennähe auf Schnittkanten,
- projizieren wir Knoten in Grundrissnähe auf den Grundriss,
- verschieben wir Knoten auf Schnittpunkte zwischen Schnittgeraden,
- fassen wir nah zusammen liegende Knoten zusammen.

Dabei führen wir Plausibilitätsprüfungen durch.

Knoten des Grundrisses und Knoten an Schnittpunkten von Schnittgeraden werden nicht verschoben.

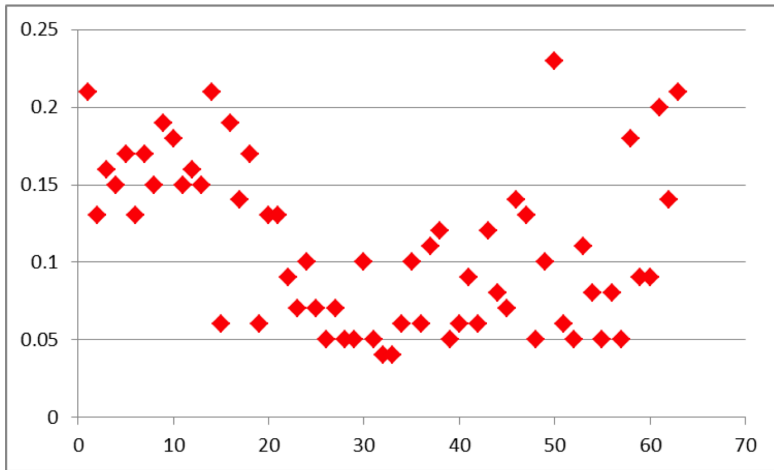
CityGML-Generierung



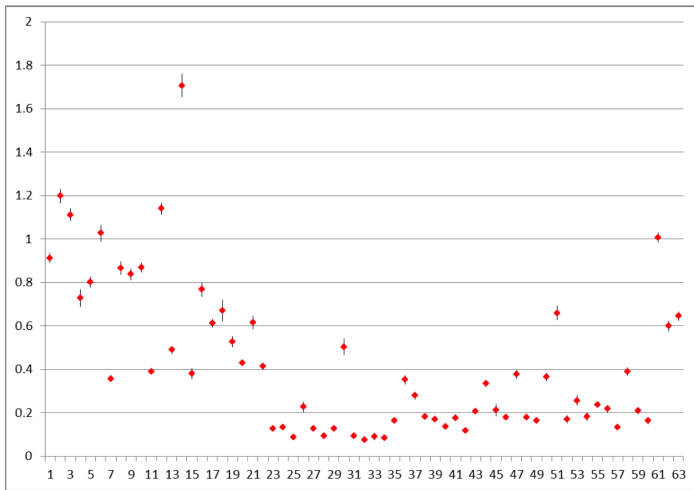
- ALKIS-Grundrisse und Attribute werden verwendet.
- Dachsegmente werden topologisch sortiert von inneren nach äußeren Flächen verarbeitet. Öffnungen in Dächern können dabei als LoD3 Roof Surfaces dargestellt werden.
- Durch Projektion auf Schnittgeraden von Dachebenen werden möglichst fehlerhafte Stufenkanten im Modell verhindert. Da alte Dächer nicht exakt planar sind und da wir Dachflächen mit wenigen Laserscan-Punkten nicht erkennen, erlauben wir auch nicht exakt planare Polygone.



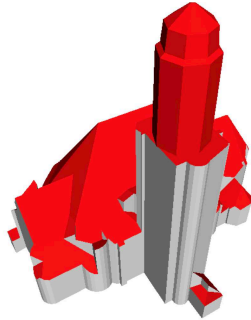
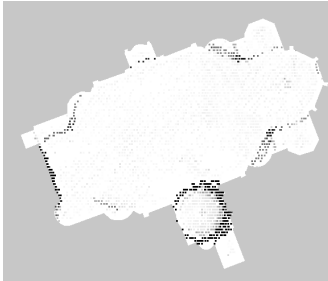
Median der Abweichungen pro Kirche in Meter



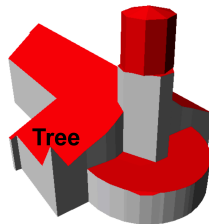
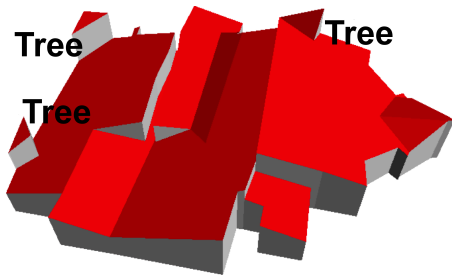
Arithmetisches Mittel und Standardabweichung pro Kirche in Meter



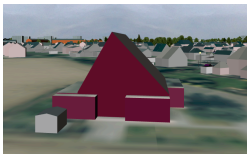
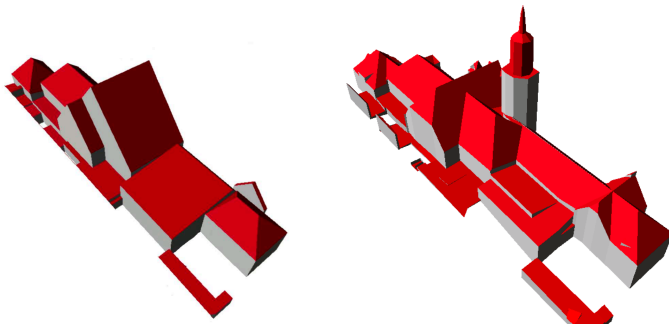
Karte der Abweichungen für die Kirche mit dem größten Fehler



Fehlerquelle: Bäume an Gebäudeecken



Vergleich mit dem Modell des Landes NRW



Vergleich mit dem Modell des Landes NRW (2)



Aktuelle Arbeitsthemen

- Genauere Rekonstruktion von Turmdächern
- Rekonstruktion von Fassadenelementen aus Photos oder Laserscandaten
- Filterung von Bäumen
- Erkennen und Ersetzen von Autos in Luftbildern
- CityGML-Generierung für Brücken, hohe Schornsteine, Tanks, Hecken etc.



Vielen Dank



Impressum

Prof. Dr. Regina Pohle-Fröhlich
Hochschule Niederrhein, Institut iPattern
E-Mail: regina.pohle@hsnr.de
Tel.: 02151 822 4760

Prof. Dr. Steffen Goebbels
Hochschule Niederrhein, Institut iPattern
E-Mail: steffen.goebbels@hsnr.de
Tel.: 02151 822 4633