

Ein datenbasiertes LoD2-Stadtmodell für Leverkusen

Steffen Goebbels, Regina Pohle-Fröhlich

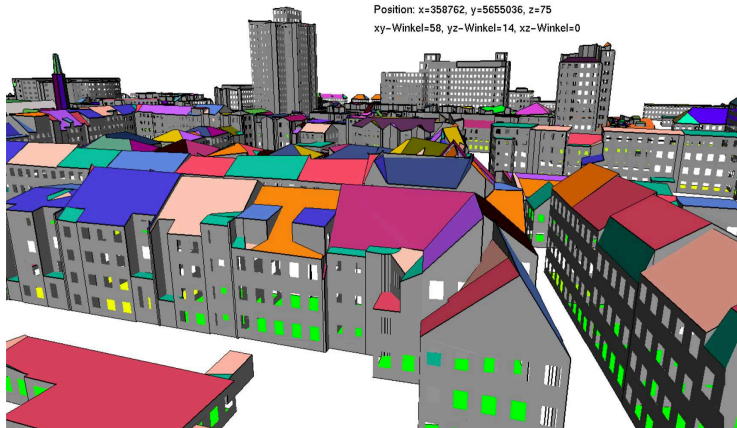
Niederrhein University of Applied Sciences - Institute for Pattern Recognition,
Faculty of Electrical Engineering and Computer Science

SIG3D, 25.11.2016

Leverkusen-Wiesdorf

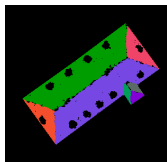
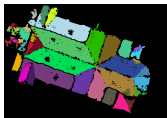
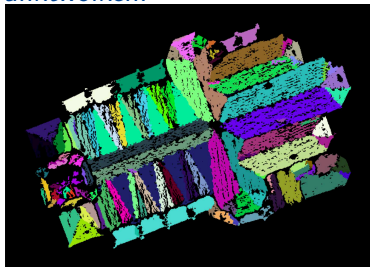
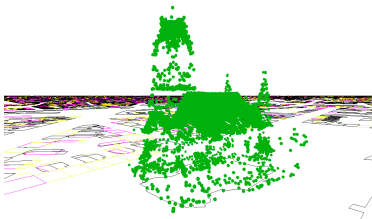
Position: $x=358762$, $y=5655036$, $z=75$

xy -Winkel=58, yz -Winkel=14, xz -Winkel=0



Stand SIG3D-Meeting im März

Unsere Werkzeuge generieren LoD2-Modelle basierend auf Katastergrundrissen und dünnen Punktwolken.

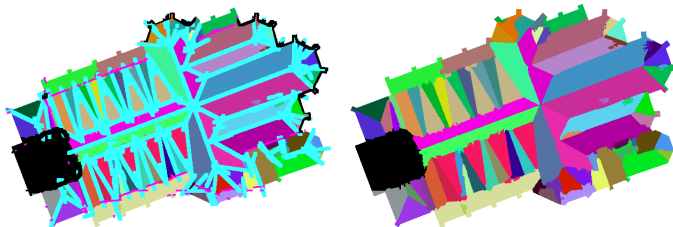


Verbesserungstechniken

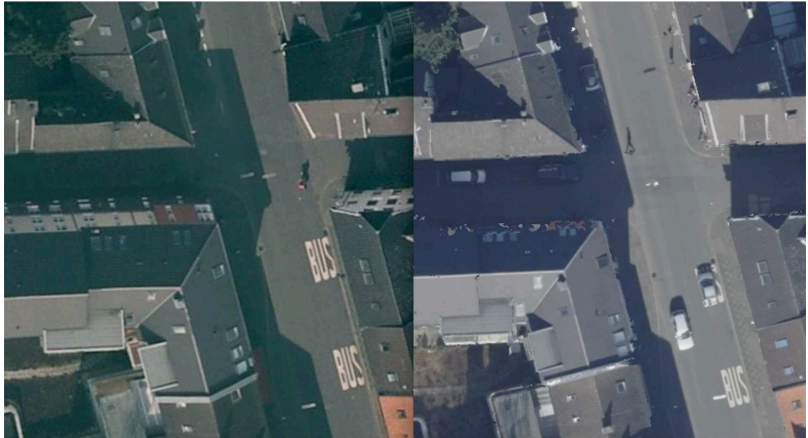
- Verbesserung der Dachkanten
 - unter Verwendung von True Orthophotos
 - unter Verwendung von Gebäudeteilinformationen
 - durch Schätzung geometrischer Formen
- Behebung von Selbstüberschneidungen
- Erzeugen von Planarität
- Beschneiden der Wände auf sichtbare Bereiche, Polygonzusammenfassungen

Verbesserung der Dachkanten

- Verwendung von Kanteninformationen aus diversen Datenquellen:
- Entfernen von Pixeln entlang der Kanten in der Rasterdarstellung der Dächer
- Wachsen der Flächen (region growing), bis sie an die Kanten stoßen

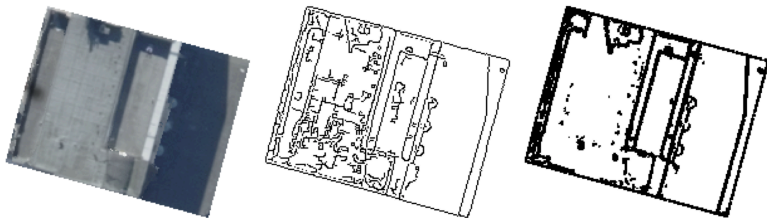


Verbesserung der Dachkanten mittels True Orthophotos



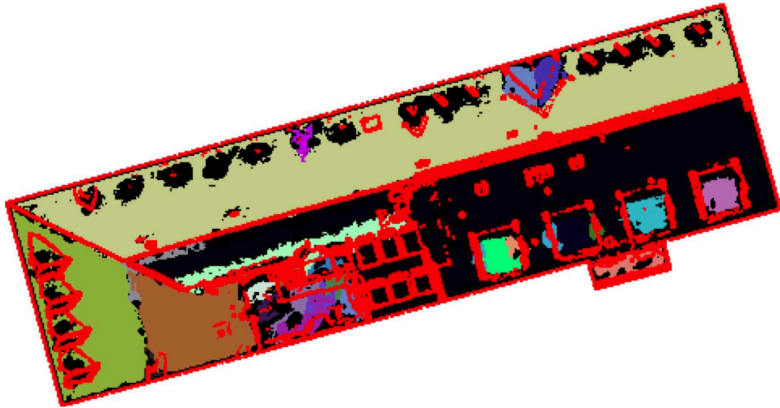
Orthophoto (links) gegenüber True Orthophoto (rechts)

Kantenerkennung in True Orthophotos



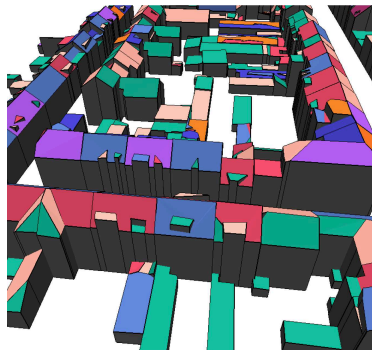
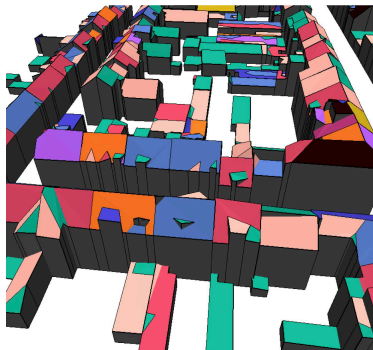
Mitte: Canny edge detector, rechts: krümmungsbasierte Methode

Überlagerung der Kanten mit geschätzten Dachflächen

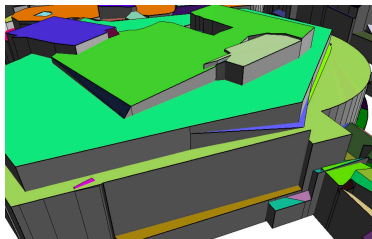
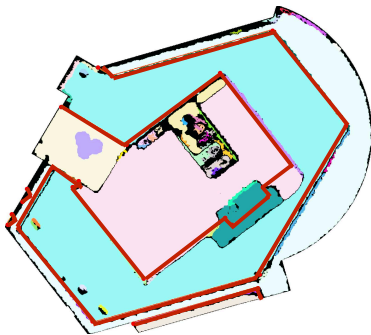


- Rot: Kanten eines True Orthophotos
- Farbige Flächen sind aus Punktwolke geschätzt

Verbessertes Modell

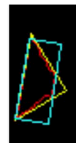
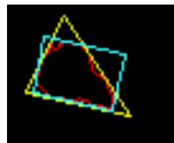
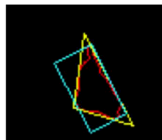
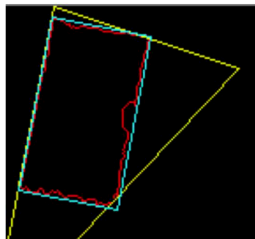


Verbesserung der Dachkanten mittels Gebäudeteilinformationen

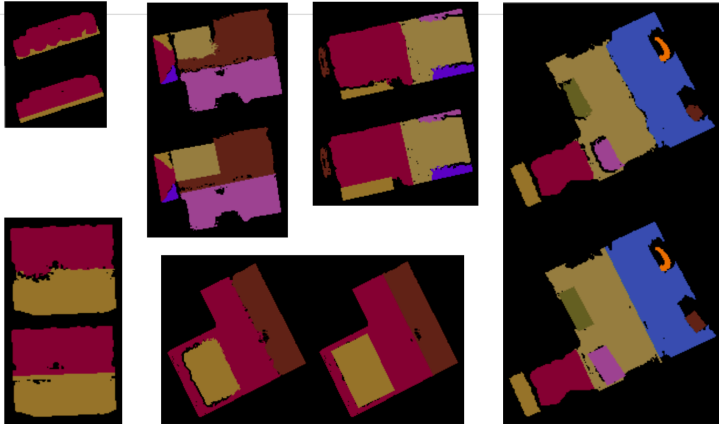


Verbesserung der Dachkanten mittels Schätzung geometrischer Formen

Bestimmung der groben Regionengestalt durch Vergleich der Flächeninhalte von konvexer Hülle, minimalem umschließenden Rechteck und minimalem umschließenden Dreieck.



Verbesserung der Dachkanten mittels Schätzung geometrischer Formen (2)



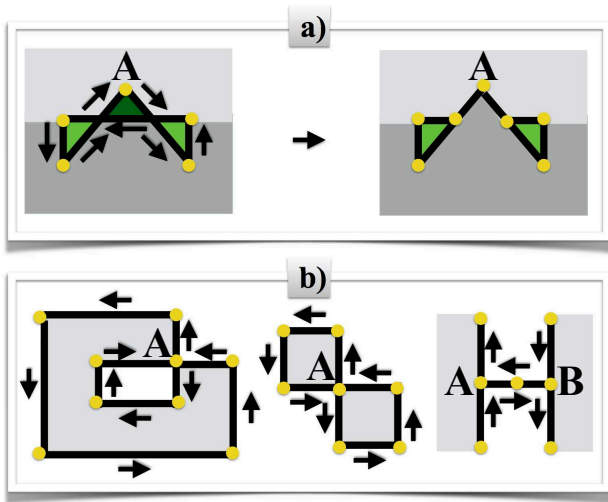
Verbesserungstechniken

- Verbesserung der Dachkanten
 - unter Verwendung von True Orthophotos
 - unter Verwendung von Gebäudeteilinformationen
 - durch Schätzung geometrischer Formen
- **Behebung von Selbstüberschneidungen**
- Erzeugen von Planarität
- Beschneiden der Wände auf sichtbare Bereiche, Polygonzusammenfassungen

Selbstüberschneidungen

- CityGML erlaubt keine Selbstüberschneidung von Polygonen
- Selbstüberschneidungen können der Geometrie eines Gebäudes entsprechen, sie treten insbesondere wegen der Verwendung eines Rasters auf.
- Wir vereinfachen, indem wir Knoten auf Schnittgeraden, Schnittpunkte usw. projizieren, dadurch entstehen weitere Selbstüberschneidungen und degenerierte Polygone.

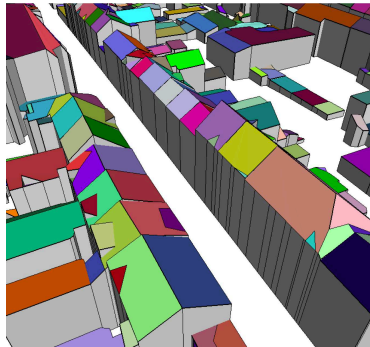
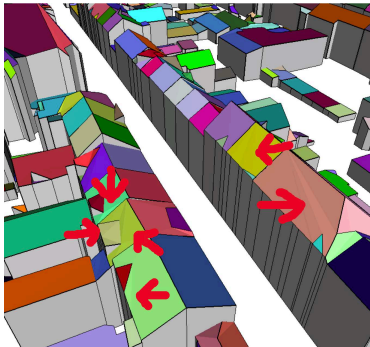
Auflösen von Selbstüberschneidungen



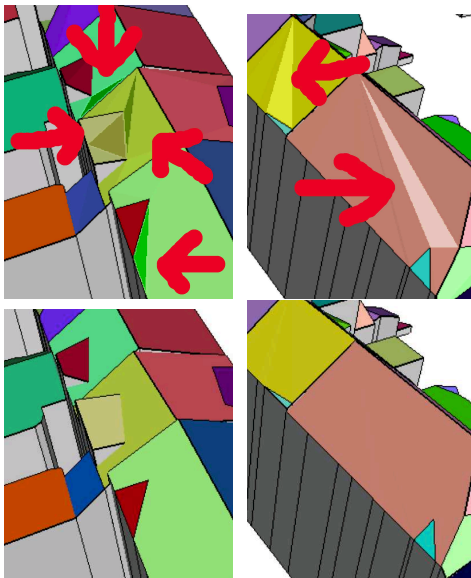
Verbesserungstechniken

- Verbesserung der Dachkanten
 - unter Verwendung von True Orthophotos
 - unter Verwendung von Gebäudeteilinformationen
 - durch Schätzung geometrischer Formen
- Behebung von Selbstüberschneidungen
- **Erzeugen von Planarität**
- Beschneiden der Wände auf sichtbare Bereiche, Polygonzusammenfassungen

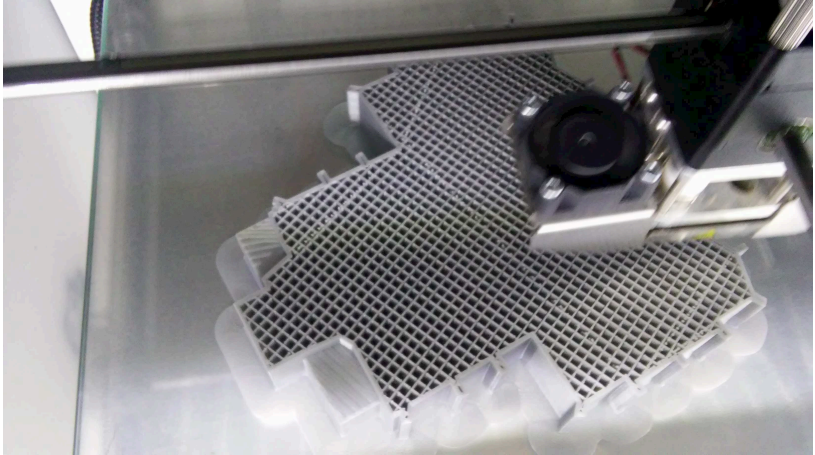
Das Problem: Nicht-planare Dachflächen



Das Problem: Nicht-planare Dachflächen (2)



Beispiel: Clemenskirche, Krefeld



Polygons in CityGML

Eine Dachfläche mit maximaler Genauigkeit $\mu := 0.001$ m:

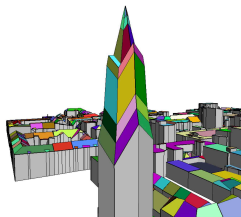
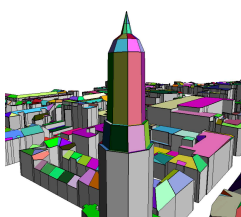
```
<bldg:boundedBy>
  <bldg:RoofSurface gml:id="UUID_DENW23AL0000eD84-84">
    <core:creationDate>2016-04-12</core:creationDate>
    <bldg:lod2MultiSurface>
      <gml:MultiSurface gml:id="UUID_DENW23AL0000eD84-85">
        <gml:surfaceMember>
          <gml:Polygon gml:id="GUID_DENW23AL0000eD84-86">
            <gml:exterior>
              <gml:LinearRing gml:id="GUID_DENW23AL0000eD84-87">
                <gml:posList srsDimension="3">329105.701 5687005.855 47.061
                329106.356 5687006.340 48.030 329106.850 5687005.673 48.231
                329107.095 5687007.043 49.097 329106.152 5687008.439 48.777
                329105.701 5687005.855 47.061</gml:posList>
              </gml:LinearRing>
            </gml:exterior>
          </gml:Polygon>
        </gml:surfaceMember>
      </gml:MultiSurface>
    </bldg:lod2MultiSurface>
  </bldg:RoofSurface>
</bldg:boundedBy>
```



Ungefähre Planarität

Wir nennen ein Dach ungefähr planar, falls es zu jedem Dachpolygon eine Ebene gibt, so dass die z-Koordinaten aller Ecken (x, y, z) des Polygons näher bei den z-Koordinaten der Punkte der Ebene mit gleichen x- und y-Koordinaten liegen als ein Schwellwert. Der von der Ebene abhängige Schwellwert δ berechnet sich aus der Rundungsgenauigkeit $\mu := 0.001$ m unter Berücksichtigung der Ebenennormalen ν zu

$$\delta := \mu + \frac{\sqrt{1 - \nu \cdot z^2}}{\nu \cdot z} \cdot \sqrt{2} \cdot \mu$$



Normalform eines linearen Programms

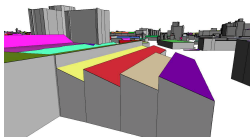
Gegeben seien $\vec{p} \in \mathbb{R}^n$, $\vec{s} \in \mathbb{R}^m$ mit nicht-negativen Komponenten und $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$. Gesucht sind Zahlen $x_1, \dots, x_n \in [0, \infty[$, für die lineare Zielfunktion (**objective function**)

$p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n = \vec{p} \cdot \vec{x}$ maximal oder minimal wird, wobei gleichzeitig die **Nebenbedingungen**

$$(A\vec{x})_k \leq s_k, \quad 1 \leq k \leq m,$$

für die m Komponenten des Vektors $A\vec{x}$ erfüllt sein sollen.

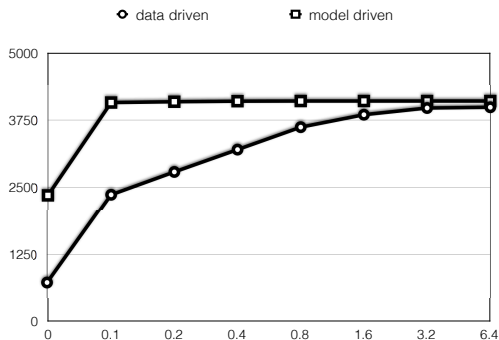
Lineares Programm zur Planarisierung



- Zu minimierende Zielfunktion: Summe der Höhenänderungen
- Nebenbedingungen: ungefähre Planarität
- Weitere Nebenbedingungen: Maximale lokale Abweichungen, Erhaltung der Höhenordnung
- Erhaltung von Fassaden mittels Gewichten in der Zielfunktion und Schwellwerten für Höhenänderungen von Fassadenecken



Ergebnisse für das UTM-interval: [32330000, 32331000] × [5689000, 5690000]

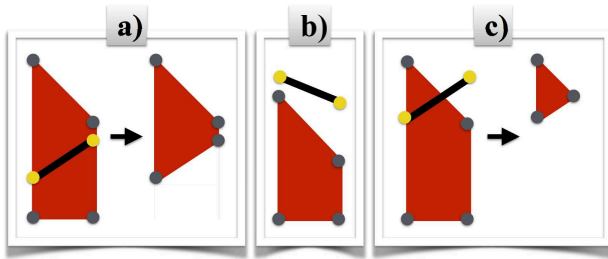


$\varepsilon [m]$	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.4	rest
data driven	732	2368	2791	3204	3619	3849	3973	3987	0
model driven	2357	4074	4089	4099	4102	4102	4102	4102	0

Verbesserungstechniken

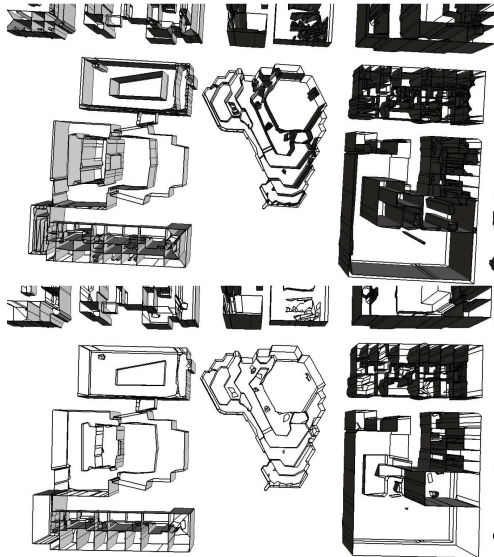
- Verbesserung der Dachkanten
 - unter Verwendung von True Orthophotos
 - unter Verwendung von Gebäudeteilinformationen
 - durch Schätzung geometrischer Formen
- Behebung von Selbstüberschneidungen
- Erzeugen von Planarität
- **Beschneiden der Wände auf sichtbare Bereiche,
Polygonzusammenfassungen**

Nachverarbeitung der Flächen



- Verschmelzen benachbarter Dachflächen, die nahezu die gleiche Ebenengleichung besitzen
- Beschneiden von Wänden auf ihre sichtbaren Teile
- Verschmelzen benachbarter Wandsegmente

Nachverarbeitung: Beschneiden der Wände



- Modellbasierter Ansatz für Turmdächer
- Anwendung eines Filters für Vegetation auf die Punktwolken
- Mischen alter und neuer Punktwolken zur Erhöhung der Punktdichte
- Erzeugung eigener Punktwolken aus Videos mittels Structure from Motion
- LoD3-Fassadenmodellierung
- Verwendung der Modelle in einem Rennsimulator

Vielen Dank



Impressum

Prof. Dr. Steffen Goebbels

Niederrhein University of Applied Sciences, iPattern Institute

E-Mail: steffen.goebbels@hsnr.de

Tel.: +49 2151 822 4648

Prof. Dr. Regina Pohle-Fröhlich

Niederrhein University of Applied Sciences, iPattern Institute

E-Mail: regina.pohle@hsnr.de

Tel.: +49 2151 822 4760