

# Semi-automatisierte Extraktion von Gebäudegrundrissen aus Punktwolken

## Machbarkeitsstudie für die Anwendung in der amtlichen Vermessung

**Heute**

**Morgen?**

Abb. 1: Visualisierung der Migration durch den Wandel heute und einem möglichen Stand für die Zukunft

### Ziel und Motivation

**Ziel:** Gebäudenachführung der amtlichen Vermessung mit 3D-Daten in der Form von Punktwolken durchführen.

**Motivation:** Gewinn von 3D-Daten bei vergleichbarem Aufwand wie mit derzeit eingesetzten Methoden für die Gebäudenachführung mit zahlreichen Vorteilen.

**Fragestellung:** Welche semi-automatische Methode ermöglicht eine zielführende Extraktion von Grundrissbestandteilen aus Punktwolken für die Gebäudenachführung der amtlichen Vermessung?

### Methodik

Abb. 2: Prozesskette für die Extraktion und Validierung von Gebäuden aus 3D-Daten

### 1. Extraktionsmethoden

Untersuchung von vier Extraktionsmethoden für den Einsatz im Kontext der amtlichen Vermessung:

- Normal-Cluster (Czerniawski et al. 2018)
- Region-Growing (Pous et al. 2022)
- Raster-Pathfinding (Eigenentwicklung)
- Hough-Planes (Logos 2021)

Abb. 3: Zusammenfassung der untersuchten Extraktionsmethoden aus grundlegender Methodik

10. Juni 2024 Autor: Tim von Felten, Betreuerin: Manuela Ammann, Experten: Prof. Christian Gamma, Mathias Bigler © IGEO FHNW

10. Juni 2024 Autor: Tim von Felten, Betreuerin: Manuela Ammann, Experten: Prof. Christian Gamma, Mathias Bigler © IGEO FHNW

10. Juni 2024 Autor: Tim von Felten, Betreuerin: Manuela Ammann, Experten: Prof. Christian Gamma, Mathias Bigler © IGEO FHNW

### 2. Extraktionspipeline

Abb. 4: Benutzeroberfläche der entwickelten Extraktionspipeline

- Steuerung der Extraktion über eine grafische Benutzeroberfläche
- Umsetzung mit Python
- Visuelle Kontrolle des Extraktionsprozesses
- Interaktive Korrektur des extrahierten Grundrisses

**Parameter:**

- Punktwolke
- GNSS-Messungen
- Extraktionsparameter

### Lagevergleich mit der amtlichen Vermessung

Der Lagevergleich der beiden entwickelten Methoden zeigt Genauigkeiten innerhalb der Toleranz der amtlichen Vermessung (TSZ,  $\leq 10$  cm).

Abb. 5: Lagevergleich Plotting 11 mit dem amtlichen Grundriss aus der Region-Growing-Methode und der weiterentwickelten amtlichen Vermessung als Übersicht- und Detail-Ansicht

10. Juni 2024 Autor: Tim von Felten, Betreuerin: Manuela Ammann, Experten: Prof. Christian Gamma, Mathias Bigler © IGEO FHNW

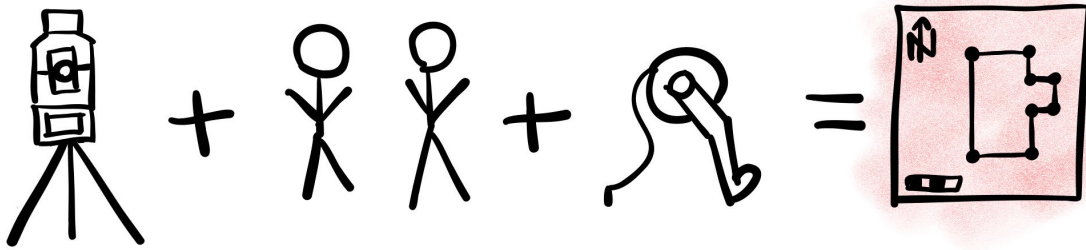
### Beurteilung der Methode

- Die Region-Growing-Methode ist präziser und effizienter als die Normal-Cluster-Methode.
- Region-Growing ist robust bei verschiedenen Punktwolkenaufösungen bis 40 cm.
- Durchschnittliche Abweichung der Region-Growing Methode zur amtlichen Vermessung beträgt 4.1 cm.
- Parametrierung bei «schwierigen» Wänden
- Unmöglich bei Glasflächen
- Schwierigkeiten bei dichter Vegetation

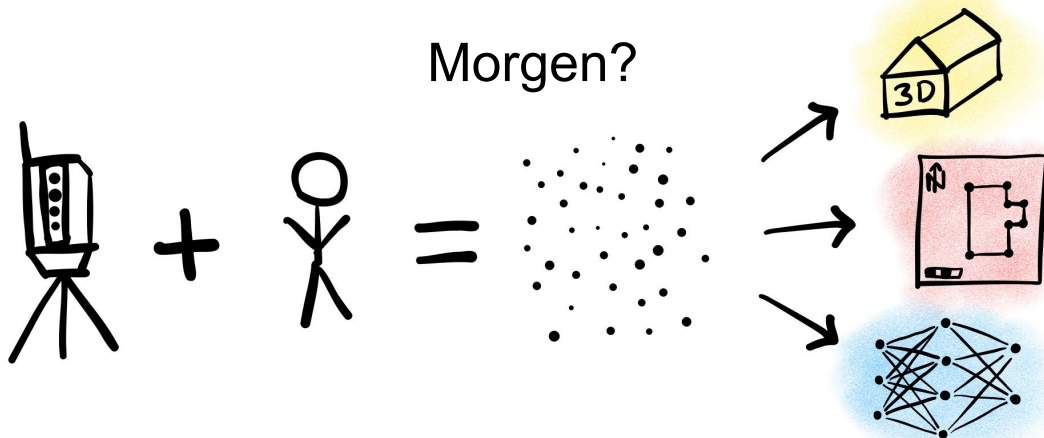
Abb. 6: Punktwolke eines Gebäudes mit segmentierten Flächen (Farben: Vegetation für die Extraktion)

10. Juni 2024 Autor: Tim von Felten, Betreuerin: Manuela Ammann, Experten: Prof. Christian Gamma, Mathias Bigler © IGEO FHNW

Heute



Morgen?



## Ziel und Motivation

Ziel: Gebäudenachführung der amtlichen Vermessung mit 3D-Daten in der Form von Punktwolken durchführen.

Motivation: Gewinn von 3D-Daten bei vergleichbarem Aufwand wie mit derzeit eingesetzten Methoden für die Gebäudenachführung mit zahlreichen Vorteilen.

Fragestellung: Welche semi-automatische Methode ermöglicht eine zielführende Extraktion von Grundrissbestandteilen aus Punktwolken für die Gebäudenachführung der amtlichen Vermessung?

Abb. 1 | Visualisierung der Motivation durch den Stand heute und einem möglichen Stand für die Zukunft

# Methodik

## 1. Evaluation einer geeigneten Extraktionsmethode

- Präzision
- Verarbeitungszeit
- Benutzerfreundlichkeit
- Umgang mit Komplexität
- Parameteranforderungen
- Entwicklungsanforderungen

## 2. Erstellung einer Extraktionspipeline

- Georeferenzierter Grundriss
- Extraktionsbericht
- Log-Protokoll

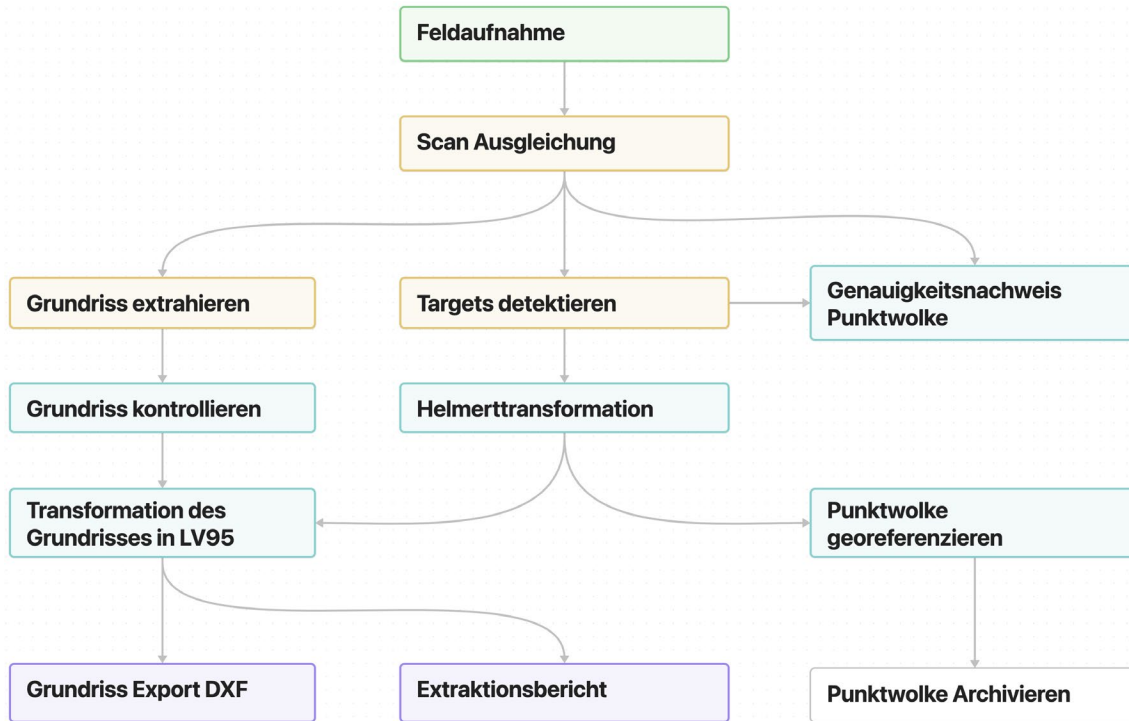


Abb. 2 | Prozessablauf für die Extraktion und Georeferenzierung von Gebäuden mit 3D-Daten

# 1. Extraktionsmethoden

Untersuchung von vier Extraktionsmethoden für den Einsatz im Kontext der amtlichen Vermessung:

- Normal-Cluster (Czerniawski et al. 2018)
- Region-Growing (Poux et al. 2022)
- Raster-Pathfinding (Eigenentwicklung)
- Hough-Planes (Logos 2021)

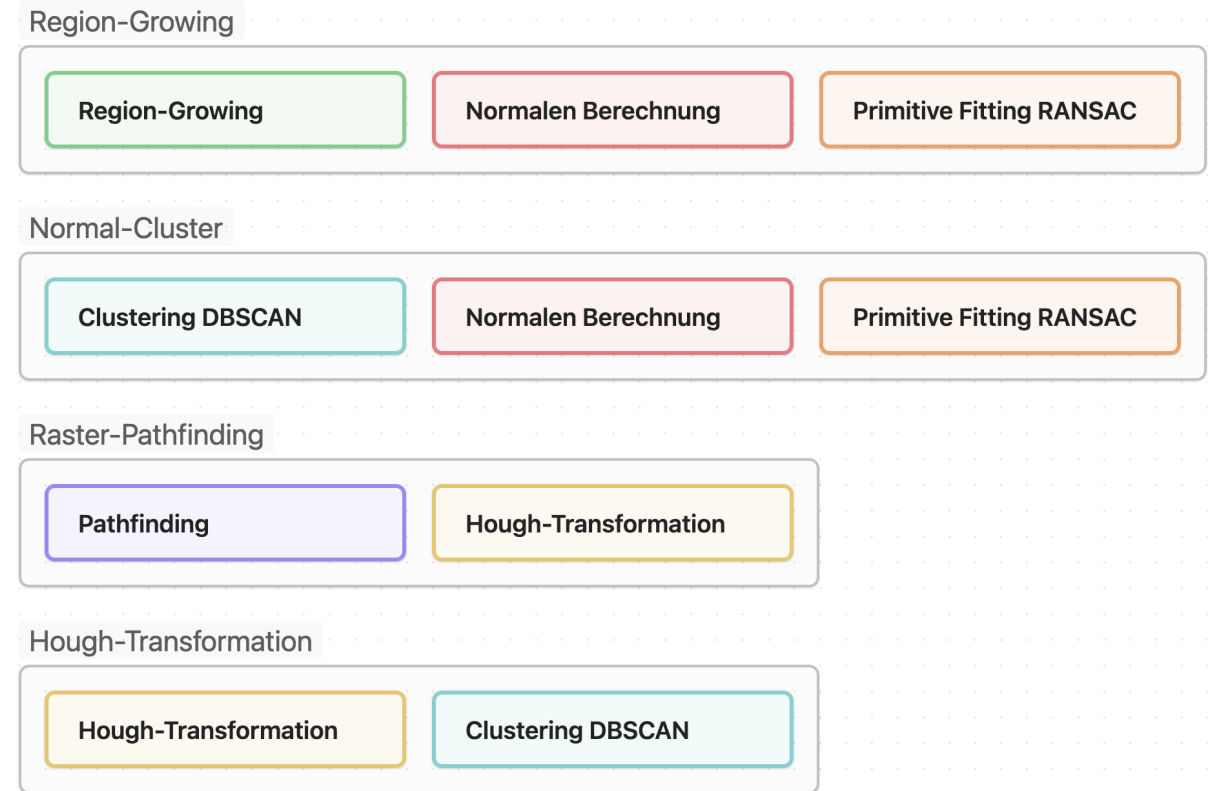


Abb. 3 | Zusammensetzung der analysierten Extraktionsmethoden aus grundlegenden Methoden



# Vergleich der Extraktionsmethoden

|                         | Normal-Cluster | Region-Growing | Raster-Wegfindung | Hough-Planes  |
|-------------------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|
| Präzision               | sehr gut       | sehr gut       | schlecht          | gut           |
| Verarbeitungszeit       | schlecht       | gut            | sehr gut          | schlecht      |
| Benutzerfreundlichkeit  | schlecht       | gut            | schlecht          | schlecht      |
| Umgang mit Komplexität  | gut            | sehr gut       | sehr schlecht     | sehr schlecht |
| Anforderungen Parameter | gut            | sehr gut       | gut               | schlecht      |
| Entwicklung             | sehr gut       | gut            | gut               | schlecht      |

Tabelle 1 | Vergleich der untersuchten Extraktionsmethoden anhand der definierten Kriterien

## 2. Extraktionspipeline

- Steuerung der Extraktion über eine grafische Benutzeroberfläche
- Umsetzung mit Python
- Visuelle Kontrolle des Extraktionsprozesses
- Interaktive Korrektur des extrahierten Grundrisses

Parameter:

- Punktwolke
- GNSS-Messungen
- Extraktionsparameter

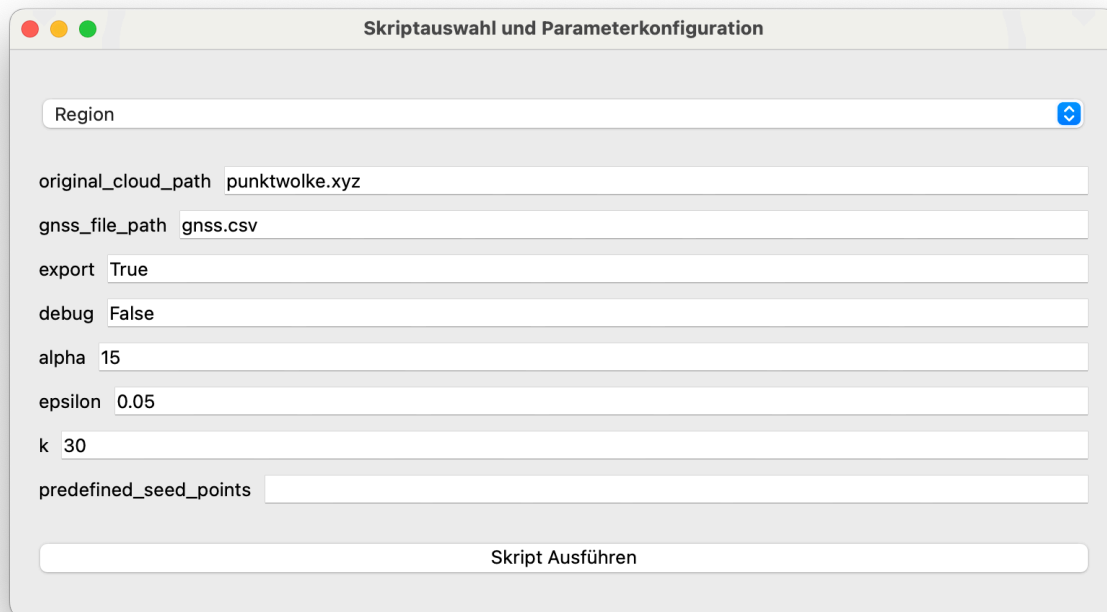


Abb. 4 | Benutzeroberfläche der entwickelten Extraktionspipeline



Abb. 5 | Funktionsprinzip der Region-Growing-Methode, Punkte der aktuellen Region (rot)

# Region-Growing

Implementierung nach Poux et al. (2022)

Prinzip: Iteratives Verfahren, Start von einem Punkt, Erweiterung durch benachbarte Punkte

Nachbarschaftsdefinition durch Ähnlichkeit der Normalenvektoren und räumliche Nähe der Punkte

Parameter:

- Seed-Index (Startpunkt)
- Alpha (max. Winkel zwischen Normalenvektoren)
- Epsilon (Abstand Ebene zu Punkt)
- K (Anzahl zu berücksichtigenden Nachbarn)

Ablauf: Schrittweise Erweiterung, Punkte werden der Region hinzugefügt, bis keine passenden Punkte mehr gefunden werden.

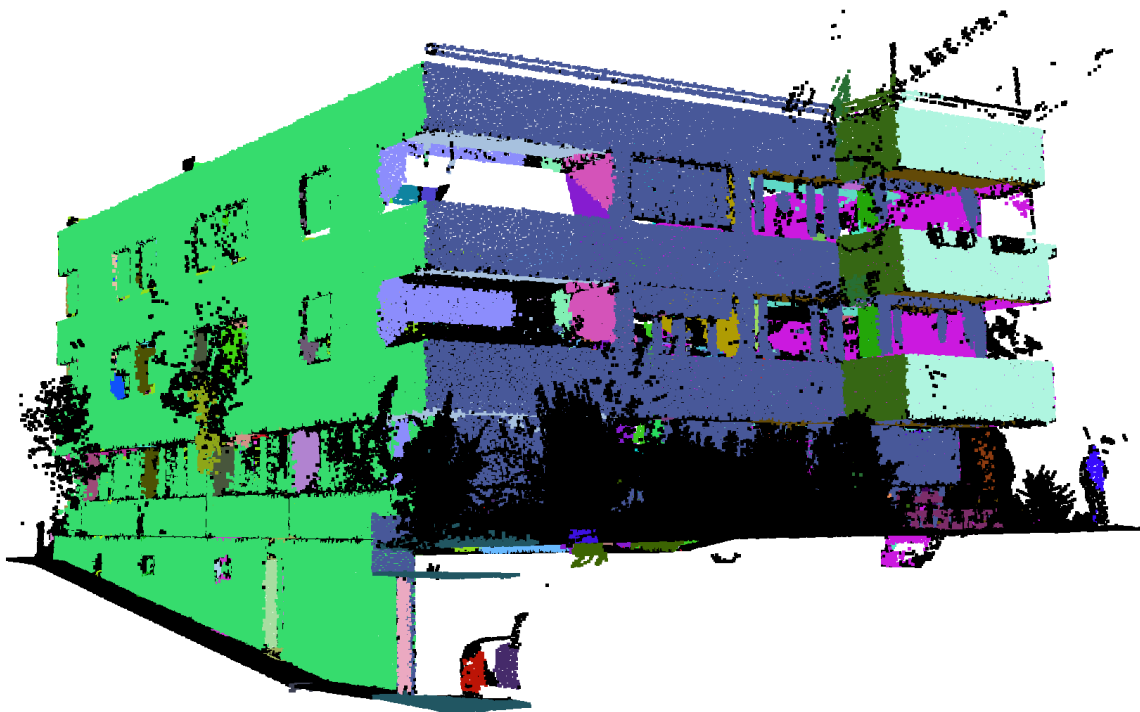


Abb. 6 | Eingefärbte Punktwolke auf Basis der gefundenen Flächen mit der Normal-Cluster-Methode

# Normal-Cluster

Angelehnt an Czerniawski et al. (2018)

DBSCAN Clustering im Parameterraum mit:

- Normalenvektoren
- Lagekoordinaten X/Y

Z-Koordinate wird vernachlässigt zur Bildung von Clustern über nicht zusammenhängenden Flächen, Fensterbänken und Gesimsen.

Parameter:

- Epsilon (Maximaler Punktabstand)
- Min. Samples (Minimale Punktzahl)

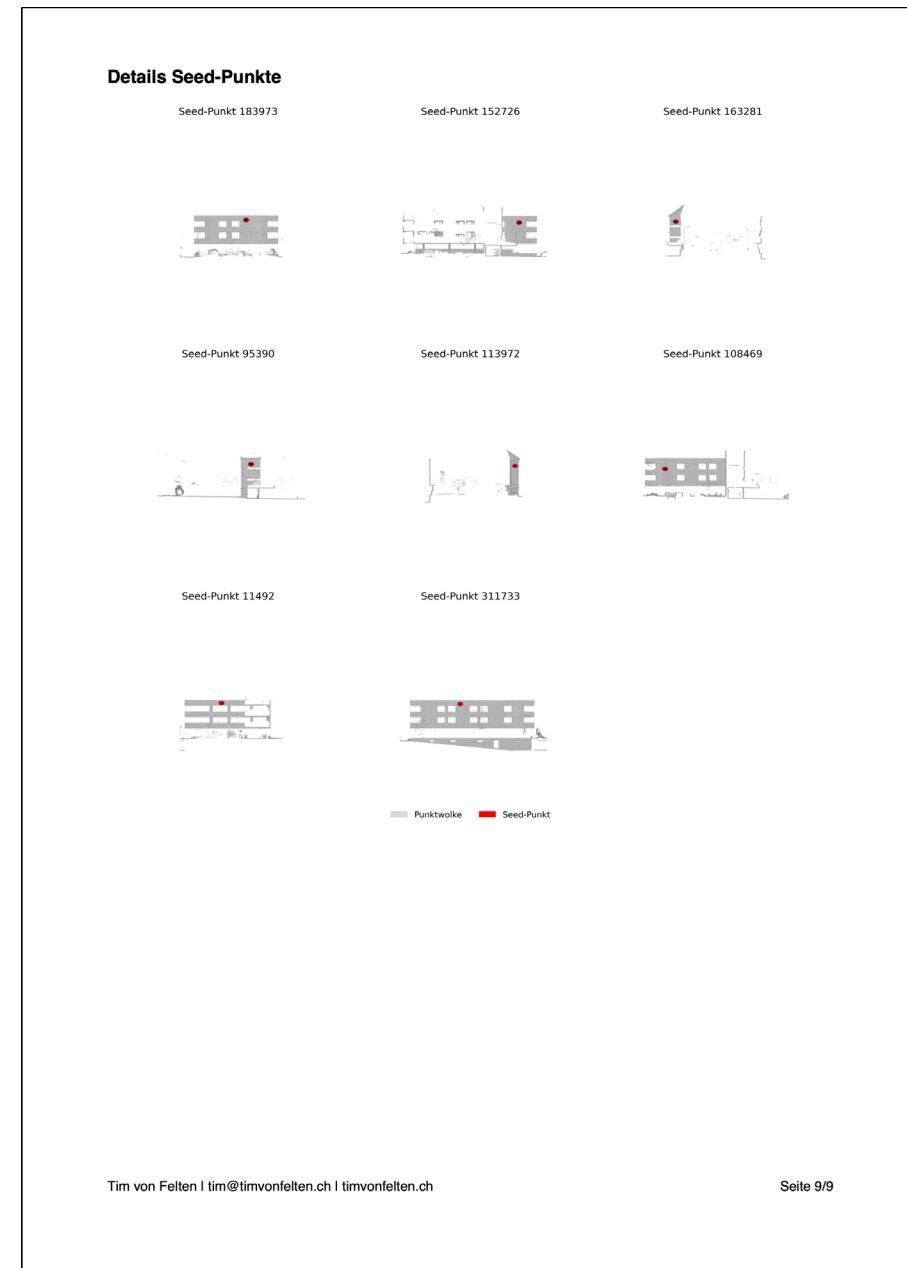
# Extraktionsbericht

Dokumentation der Extraktion in einem PDF-Bericht

Inhalt:

- Übersicht mit Fingerprint
- Handriss mit Grundrisskoordinaten
- GNSS-Messungen mit Absteckung
- Target-Koordinaten mit Transformation
- Distanzprüfung Massstab Punktwolke
- Grundriss mit Toleranzen der Punkte
- Position der eingesetzten Seed-Punkte

Abb. 7 | Beispiel eines Extraktionsbericht



# Lagevergleich mit der amtlichen Vermessung

Der Lagevergleich der beiden entwickelten Methoden zeigt Genauigkeiten innerhalb der Toleranz der amtlichen Vermessung (TS2,  $\leq 10$  cm).

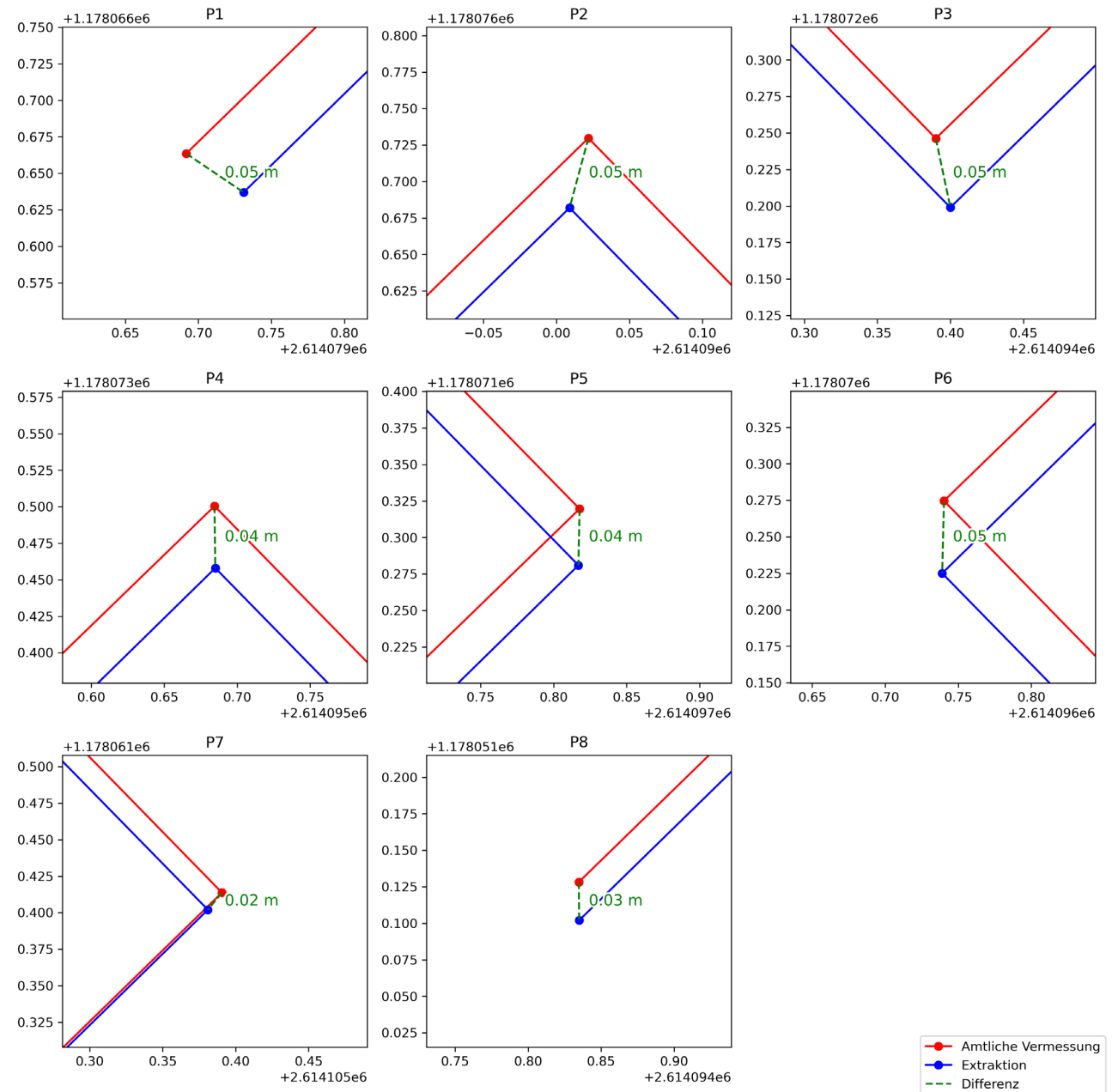


Abb. 8 | Lagevergleich Fliederweg 11 mit dem extrahierten Grundriss aus der Region-Growing-Methode und der bestehenden amtlichen Vermessung als Übersichts- und Detail-Ansicht.



# Beurteilung der Methode

- Die Region-Growing-Methode ist präziser und effizienter als die Normal-Cluster-Methode.
- Region-Growing ist robust bei verschiedenen Punktwolkenauflösungen bis 40 cm.
- Durchschnittliche Abweichung der Region-Growing Methode zur amtlichen Vermessung beträgt 4.1 cm.
- Parameteranpassung bei «schwierigen» Wänden
- Unmöglich bei Glasflächen
- Schwierigkeiten bei dichter Vegetation

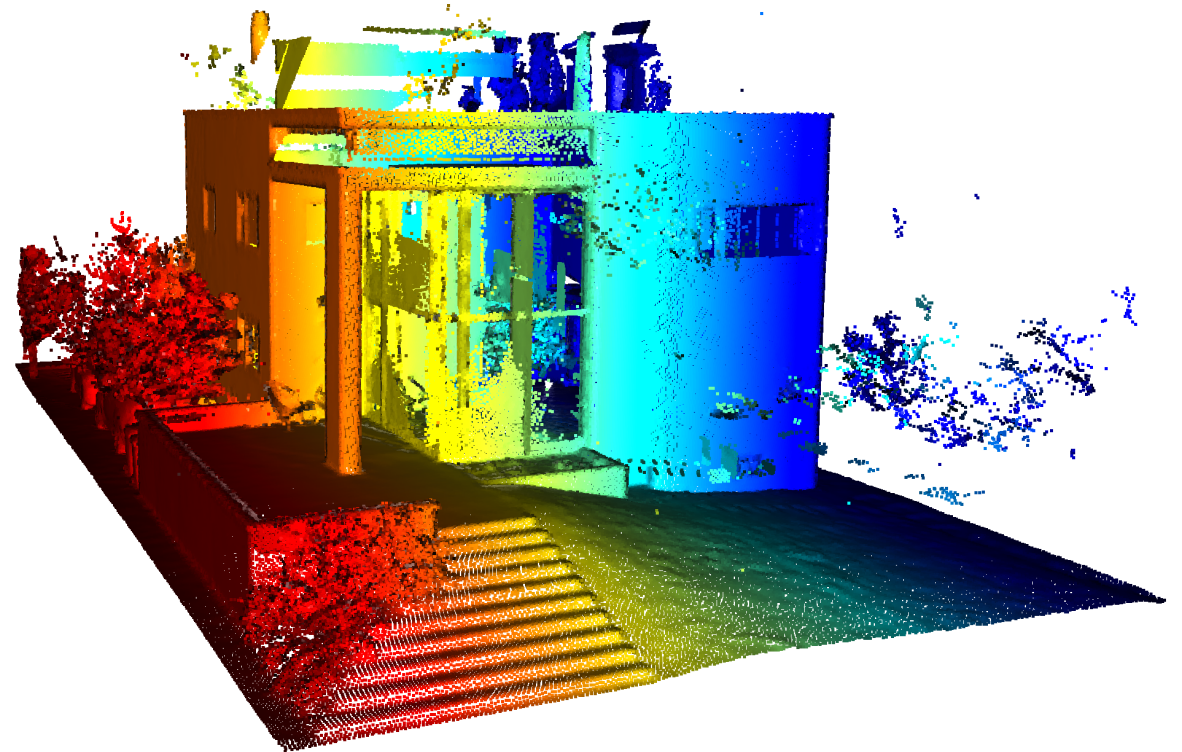


Abb. 9 | Punktwolke eines Gebäudes mit problematischen Flächen (Fenster, Vegetation) für die Extraktion

# Fazit

- Die Region-Growing-Methode ist am besten geeignet für die Extraktion von Gebäudegrundrissen für die amtliche Vermessung.
- Die entwickelte Pipeline ermöglicht die Extraktion von Grundrissen im DXF-Format aus Punktwolken und dokumentiert die Extraktion in einem Bericht und Log-Protokoll.
- Die Untersuchungen zeigen, dass die Genauigkeit und Zuverlässigkeit innerhalb der geforderten Toleranz der amtlichen Vermessung liegen.
- Die Ergebnisse zeigen, dass ein Einsatz in der amtlichen Vermessung grundsätzlich möglich ist, es besteht jedoch zusätzlicher Untersuchungsbedarf für die Beurteilung der absoluten Genauigkeit.

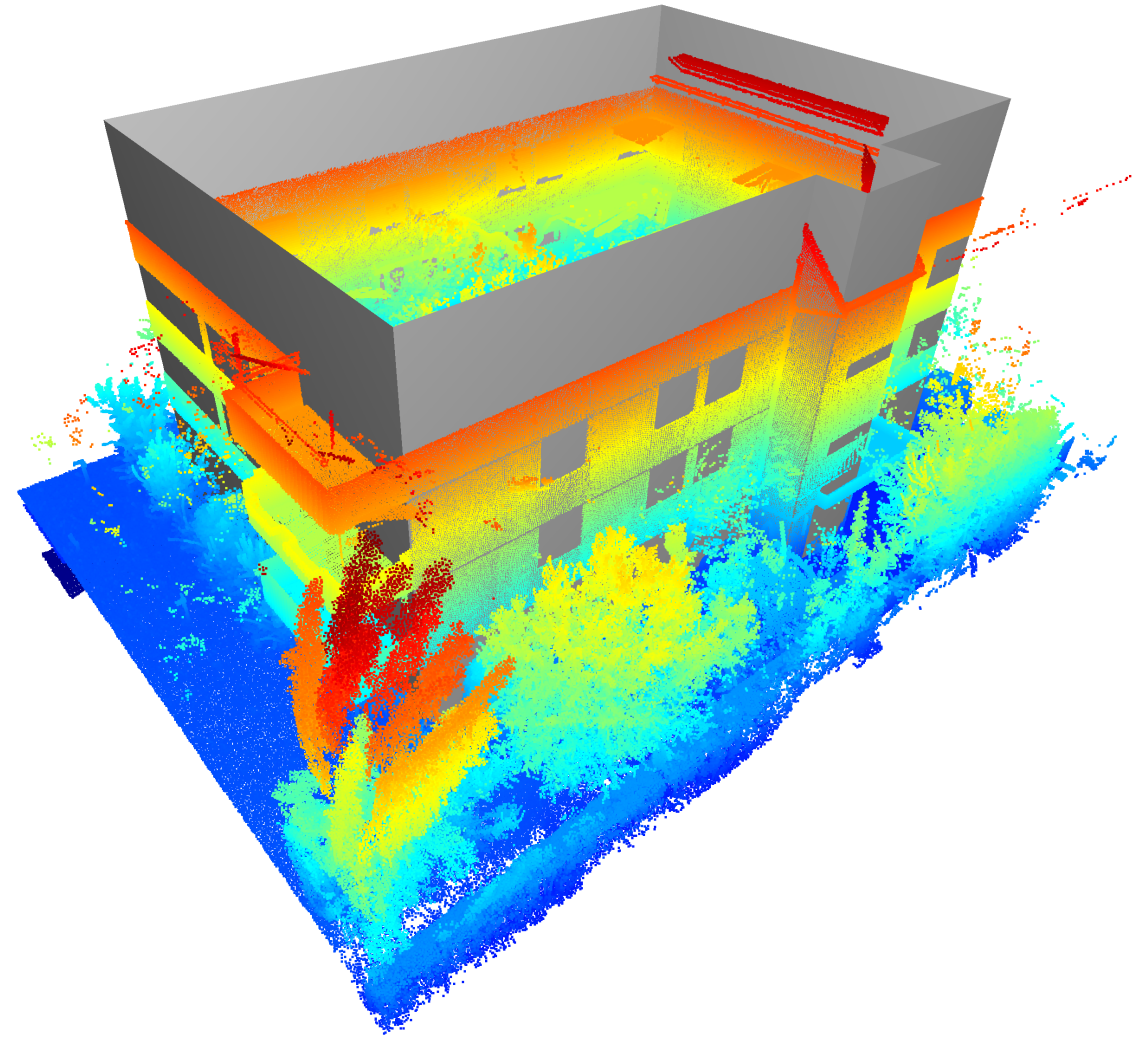


Abb. 10 | Extrahierter Grundriss als 3D-Volumen auf Basis der Ausdehnung der Punktwolke zusammen mit der eingesetzten Punktwolke dargestellt

# Literatur

- Czerniawski, T. / Sankaran, B.; Nahangi, M. / Haas, C. / Leite, F. (2018): «6D DBSCAN-based segmentation of building point clouds for planar object classification». URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092658051730393X> [Stand: 26. Februar 2024].
- Logos, Nikita (2021): «Python realization of Hough Transform algorithm for detecting planes in 3D point clouds». URL: <https://github.com/nikitalogos/hough-plane-python> [Stand: 23. Mai 2024].
- Poux, F.; Mattes, C.; Selman, Z.; Kobbelt, L. (2022): «Automatic region-growing system for the segmentation of large point clouds». URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522001236> [Stand: 9. März 2024].