

Digitalisierung des 3D-Stadtmodells Basel 1960

Bachelor-Thesis 14/2024



Ausgangslage

- Historisches Stadtmodell von Basel 1960
- Exakte Verkleinerung im Massstab 1:1000
- Grosses Interesse an der Digitalisierung historischer 3D-Stadtmodellen (historische Analysen, Bildung, Tourismus)
- Umfasst über 20 Modellplatten, wobei 4 Platten untersucht werden
- Arbeit umfasst die photogrammetrischen Aufnahmen bis hin zur Modellierung. Wobei folgende Themen genauer untersucht werden:
 - Wichtige Faktoren photogrammetrische Aufnahme
 - Punktwolkenberechnung, Georeferenzierung, Co-Registrierung
 - Methoden zur automatischen Modellierung



Abb. 1: Teilausschnitte des historischen Stadtmodell von 1960

11. Juni 2024 Autor: Silvan Baumeler/ Jonas Wörgau

© IGEO FHNW

Photogrammetrische Aufnahme

- Testaufnahmen
- Aufnahmegestell für die Kamera
- Aufnahmekonfiguration (Flugplanung)

Photogrammetrische Auswertung

- Verschiedene Verfahren der Punktwolkengenerierung
- Analyse der Bildkonstellationen

Methodik

Georeferenzierung/ Co-Registrierung

Methode 1:

- Gebäudepasspunkte + DTM

Methode 2:

- Rahmenpläne + DTM

Modellierung

- Klassifizierung der Punktwolke
- Gebäudesegmentierung
- Prozedurales Modellieren

Photogrammetrische Aufnahmen

Grundlagen

- Zusammenspiel von Blendenzahl, ISO-Wert, Belichtungszeit und der Beleuchtung
- Hohe Blendenzahl, tiefer ISO-Wert
- Stabile Aufnahmeeinrichtung mit Fernauslösung ermöglicht Verlängerung der Belichtungszeit
- Autofokus, Bildstabilisator ausschalten und konstante Brennweite verwenden
- Gute Beleuchtung mit diffusum Licht
- Verwendung von Festbrennweiteobjektiv
- Berechnung Aufnahmekonfiguration und Verwendung eines Kameragestells



Abb. 2: Aufnahmeeinrichtung bei der Erfassung des historischen Stadtmodells

11. Juni 2024 Autor: Silvan Baumeler/ Jonas Wörgau

© IGEO FHNW



Georeferenzierung/ Co-Registrierung

Abb. 5: Zusammengefügte Punktwolken von drei Platten

11. Juni 2024 Autor: Silvan Baumeler/ Jonas Wörgau

© IGEO FHNW

Automatische Modellierung

1. Drei Dachtypen näher betrachtet: Satteldach, Walmdach, Flachdach
2. Konzeptionelle Überlegungen bezüglich prozeduraler Modellierung
3. Vorklassierung der Punktwolke: Entfernen von Bodenpunkten, extrahieren von Dachflächen (Agisoft Metashape, Cyclone 3DR)
4. Segmentierung der Punktwolke in Haus und deren Flächen (Grasshopper Plugin Cockroach)
5. Prozedurale Modellierungslösungen für drei Dachtypen entwickelt (Rhino Grasshopper)

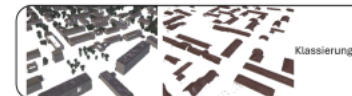
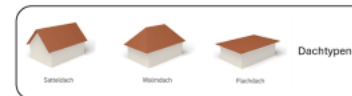


Abb. 7: Methodik für die prozedurale Modellierung (Ausstellungsgesellschaft Eigenheim & Garten 2024)

11. Juni 2024 Autor: Silvan Baumeler/ Jonas Wörgau

© IGEO FHNW

Photogrammetrische Aufnahme

- Testaufnahmen sind sehr wichtig
- Aufnahmegestell und -konfiguration sind entscheidend
- Vorbereitung ist zeitaufwändig aber lohnt sich

Photogrammetrische Auswertung

- Hohe Punktdichte
- Sehr gutes Mesh
- Obliqueaufnahmen zwingend, Nadraufnahmen für Innenhöfe und enge Gassen

Diskussion

Georeferenzierung/ Co-Registrierung

- Lage aus den Rahmenplänen (2D-Genauigkeit ca. 2.7 m)
- Höhe über möglichst viele PP (Genauigkeit ca. 1.7 m)
- Dachpunkte passen in der Höhe nicht

Modellierung

- Optisch gute geometrische Qualität (max. 1.6 m Abweichung)
- Gebäudesegmentierung verbessern
- Erweiterung Gebäudetypen und Punktwolkenausschnitt

11. Juni 2024 Autor: Silvan Baumeler/ Jonas Wörgau

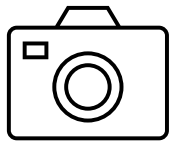
© IGEO FHNW



Abb. 1: Teilausschnitte des historischen Stadtmodell von 1960

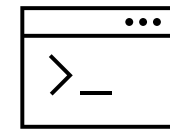
Ausgangslage

- Historisches Stadtmodell von Basel 1960
- Exakte Verkleinerung im Massstab 1:1000
- Grosses Interesse an der Digitalisierung historischen 3D-Stadtmodellen (historische Analysen, Bildung, Tourismus)
- Umfasst über 20 Modellplatten, wobei 4 Platten untersucht werden
- Arbeit umfasst die photogrammetrischen Aufnahmen bis hin zur Modellierung. Wobei folgende Themen genauer untersucht werden:
 - Wichtige Faktoren photogrammetrische Aufnahme
 - Punktwolkenberechnung, Georeferenzierung, Co-Registrierung
 - Methoden zur automatischen Modellierung



Photogrammetrische Aufnahme

- Testaufnahmen
- Aufnahmegestell für die Kamera
- Aufnahmekonfiguration (Flugplanung)

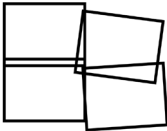


Photogrammetrische Auswertung

- Verschiedene Verfahren der Punktwolkengenerierung
- Analyse der Bildkonstellationen

Methodik

(2°6'12"496 / 1°26'6"374)



Georeferenzierung/ Co-Registrierung

Methode 1:

- Gebäudepasspunkte + DTM

Methode 2:

- Rahmenpläne + DTM



Modellierung

- Klassifizierung der Punktwolke
- Gebäudesegmentierung
- Prozedurales Modellieren

Photogrammetrische Aufnahmen

Grundlagen

- Zusammenspiel von Blendenzahl, ISO-Wert, Belichtungszeit und der Beleuchtung
- Hohe Blendenzahl, tiefer ISO-Wert
- Stabile Aufnahmeeinrichtung mit Fernauslösung ermöglicht Verlängerung der Belichtungszeit
- Autofokus, Bildstabilisator ausschalten und konstante Brennweite verwenden
- Gute Beleuchtung mit diffusem Licht
- Verwendung von Festbrennweiteobjektiv
- Berechnung Aufnahmekonfiguration und Verwendung eines Kameragestells



Abb. 2: Aufnahmeeinrichtung bei der Erfassung des historischen Stadtmodells

Photogrammetrische Aufnahmen

Aufnahmeeinrichtung und -konfiguration

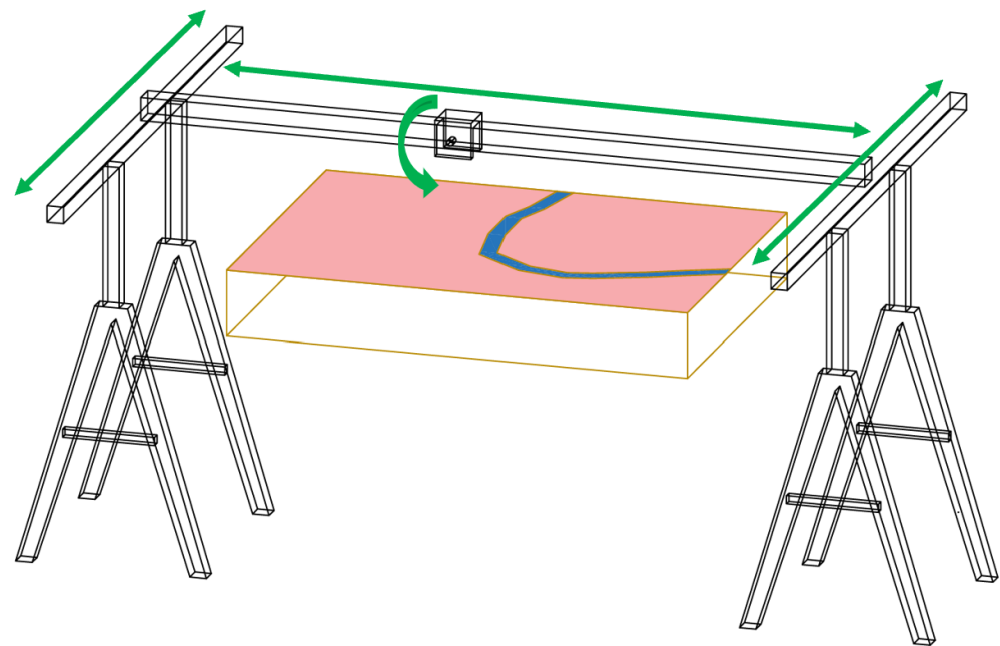


Abb. 3: Kameragestell

Extraaufbereitung der FHNW-Werkstatt für die Nahbereichsphotogrammetrieaufnahmen eines Stadtmodells

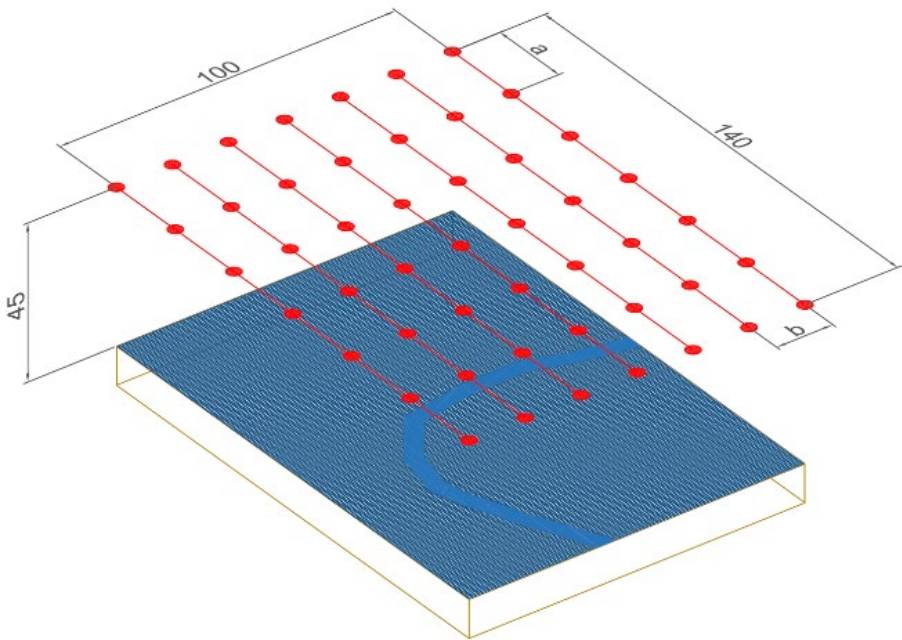


Abb. 4: Aufnahmekonfiguration Nadir mit 60% Überlappung

Ground Sampling Distance (GSD)

	im Modell	in der Realität
Nadir	0.10 mm	10 cm
Oblique (Bildmitte)	0.14 mm	14 cm

Tabelle 1: berechnete GSD

Photogrammetrische Aufnahme

Fakten und Auswertung

Punktdichte in Realwelt

- Nadir und Oblique 60%: ca. 30 Pkt./m²
- Oblique 60, Nadir 80%: ca. 50 Pkt./m²
- Lidarbefliegung Basel-Stadt: min. 16 Pkt./m²

Genauigkeiten

Projektionsfehler:

- 0.421 bis 0481 Pixel im Modell
- 2.3 mm – 2.6 mm in der Realwelt

Texturiertes Mesh



Aufnahmezeit

- Nadir 80%: 35 – 40 min
- Nadir 60%: 10 – 12 min
- Oblique 60%: 50 – 55 min

Anzahl Bilder

- Nadir 60%: 49
- Nadir 80%: 182
- Oblique 60%: 198

Georeferenzierung/ Co-Registrierung



Abb. 5: Zusammengefügte Punktwolken von drei Platten

Resultate

Genauigkeiten der Georeferenzierung

Genauigkeiten in der Realität

2D-Lage

	Mittelwert [m]	Maximum (Absolut) [m]	Standard-abweichung [m]
Platte 1	2.06	5.64	1.35
Platte 2	1.81	5.11	1.14
Platte 3	2.05	4.69	1.23
Platte 4	2.67	8.14	1.83

Tabelle 2: 2D-Lageabweichung der Kontrollpunkte der Georeferenzierung

Höhe

	Mittelwert [m]	Maximum (Absolut) [m]	Standard-abweichung [m]
Platte 1	0.80	2.52	0.99
Platte 2	1.36	3.81	1.32
Platte 3	1.88	9.22	2.27
Platte 4	0.12	4.45	1.98

Tabelle 3: Höhenabweichung der Kontrollpunkte der Georeferenzierung

Genauigkeiten der Co-Registrierung

Genauigkeiten in der Realität

2D-Lage:

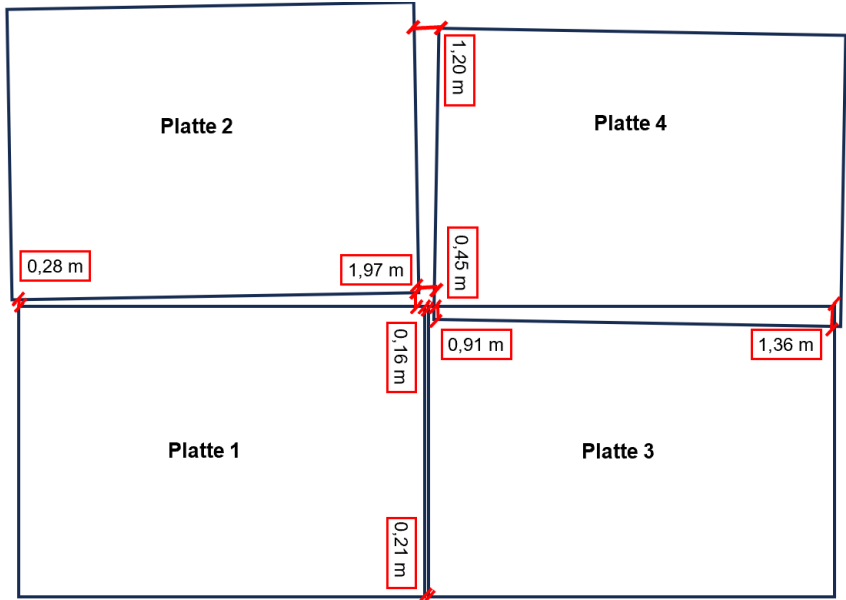


Abb. 6: Übersicht über die Co-Registrierung

Höhe:
Abweichungen zwischen Plattengrenzen: -0.25 m bis 2.66 m

Automatische Modellierung

1. Drei Dachtypen näher betrachtet: Satteldach, Walmdach, Flachdach
2. Konzeptionelle Überlegungen bezüglich prozeduraler Modellierung
3. Vorklassierung der Punktwolke: Entfernen von Bodenpunkten, extrahieren von Dachflächen (Agisoft Metashape, Cyclone 3DR)
4. Segmentierung der Punktwolke in Haus und deren Flächen (Grasshopper Plugin Cockroach)
5. Prozedurale Modellierungslösungen für drei Dachtypen entwickelt (Rhino Grasshopper)

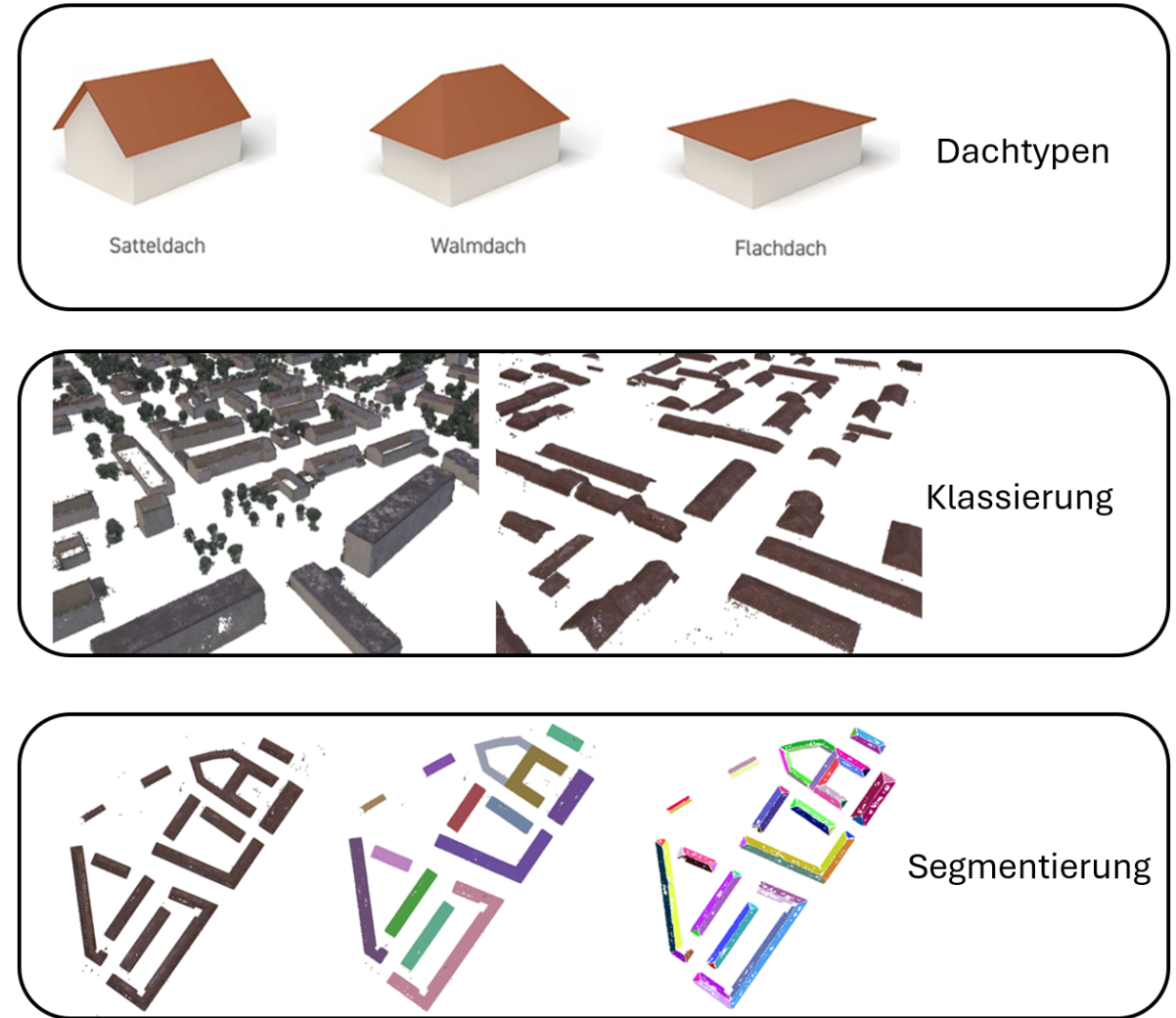


Abb. 7: Methodik für die prozedurale Modellierung (Ausstellungsgesellschaft Eigenheim & Garten 2024)

Automatische Modellierung

1. Drei Dachtypen näher betrachtet: Satteldach, Walmdach, Flachdach
2. Konzeptionelle Überlegungen bezüglich prozeduraler Modellierung
3. Vorklassierung der Punktwolke: Entfernen von Bodenpunkten, extrahieren von Dachflächen (Agisoft Metashape, Cyclone 3DR)
4. Segmentierung der Punktwolke in Haus und deren Flächen (Grasshopper Plugin Cockroach)
5. Prozedurale Modellierungslösungen für drei Dachtypen entwickelt (Rhino Grasshopper)

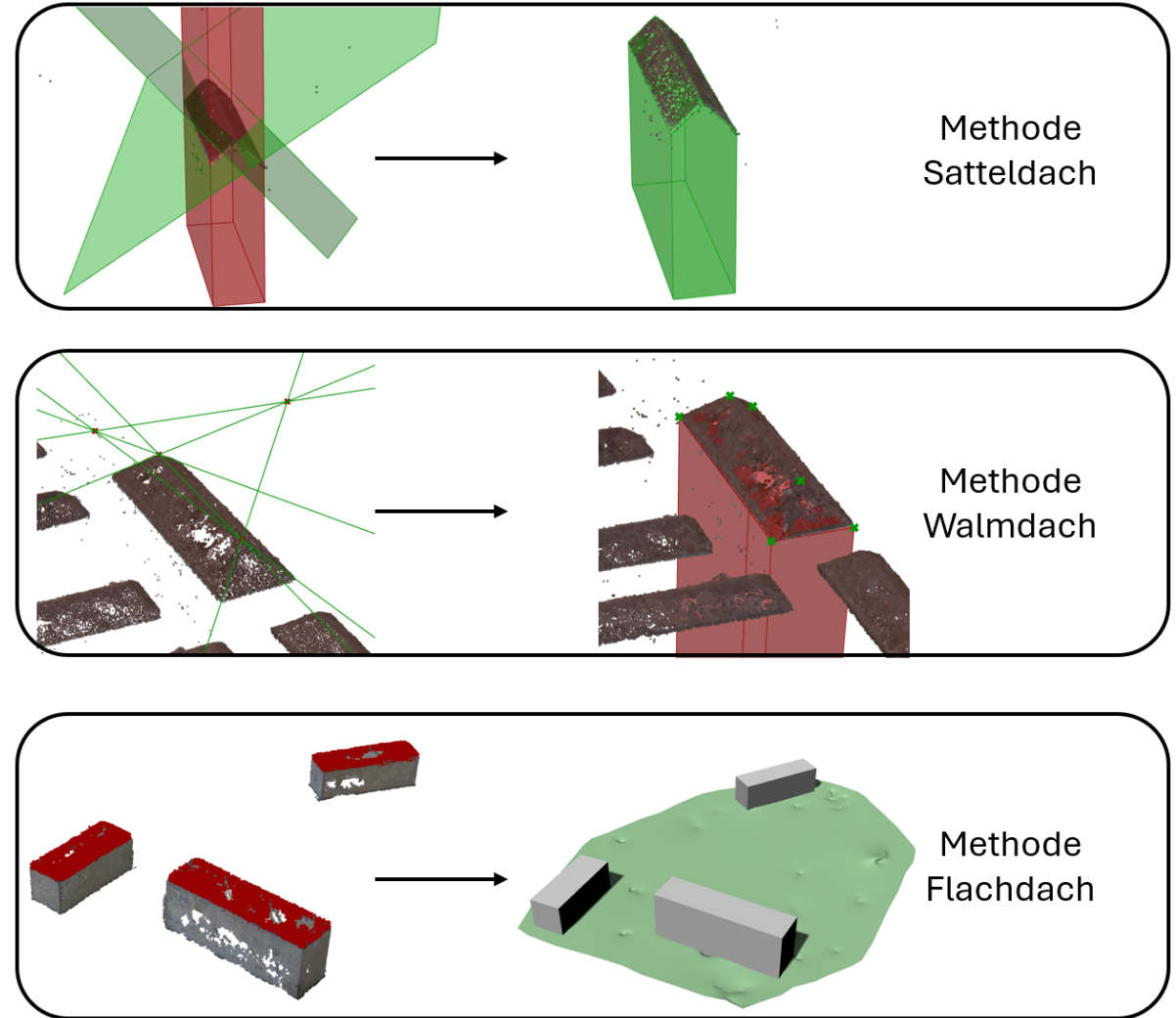
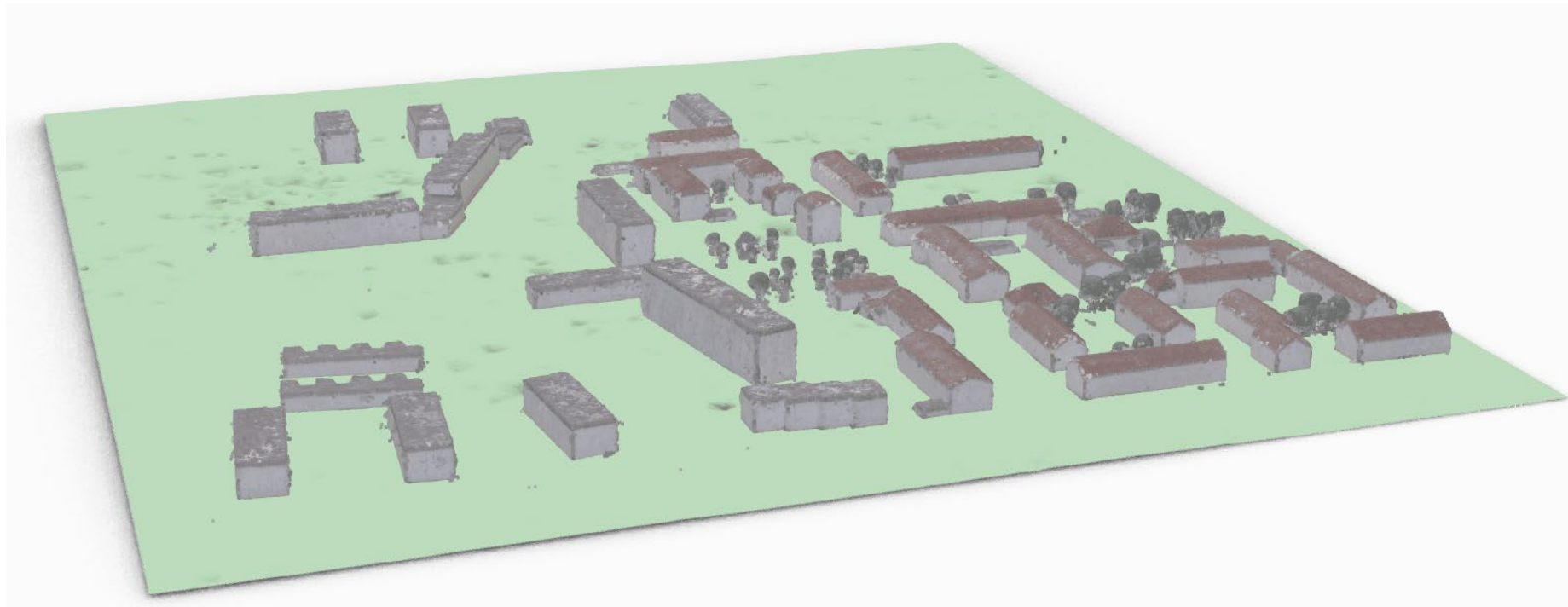


Abb. 8: Methodik für die prozedurale Modellierung

Resultat automatische Modellierung



Abb. 9: Texturiertes Mesh zum Vergleich



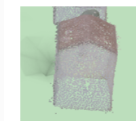
Legende:



automatische
Modellierung
57%



manuelle
Modellierung
43%

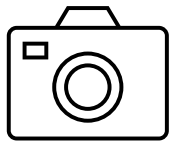


Punktwolke
(Grundlagendaten)



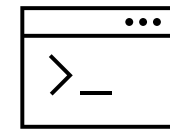
Gelände

Abb. 10: Dynamische Darstellung des Modellierungsergebnisses (1. Grundlagendaten, 2. Gelände, 3. Walmdächer, 4. Flachdächer, 5. manuell modellierte Gebäude)



Photogrammetrische Aufnahme

- Testaufnahmen sind sehr wichtig
- Aufnahmegestell und –konfiguration sind entscheidend
- Vorbereitung ist zeitaufwändig aber lohnt sich

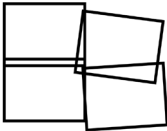


Photogrammetrische Auswertung

- Hohe Punktdichte
- Sehr gutes Mesh
- Obliqueaufnahmen zwingend, Nadiraufnahmen für Innenhöfe und enge Gassen

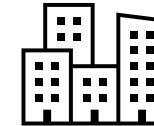
Diskussion

(2°6'12"496 / 1°26'6"374)



Georeferenzierung/ Co-Registrierung

- Lage aus den Rahmenplänen (2D-Genauigkeit ca. 2.7 m)
- Höhe über möglichst viele PP (Genauigkeit ca. 1.7 m)
- Dachpunkte passen in der Höhe nicht



Modellierung

- Optisch gute geometrische Qualität (max. 1.6 m Abweichung)
- Gebäudesegmentierung verbessern
- Erweiterung Gebäudetypen und Punktwolkenausschnitt

Literatur

Ausstellungsgesellschaft Eigenheim & Garten (2024): Musterhaus-Online: Alle Dachformen mit Vor- und Nachteilen auf einen Blick. URL: <https://www.musterhaus-online.de/bauwissen/dachformen-haus> [Stand: 8.5.2024].