

Freiformflächen für BIM-konforme Bestandsmodelle



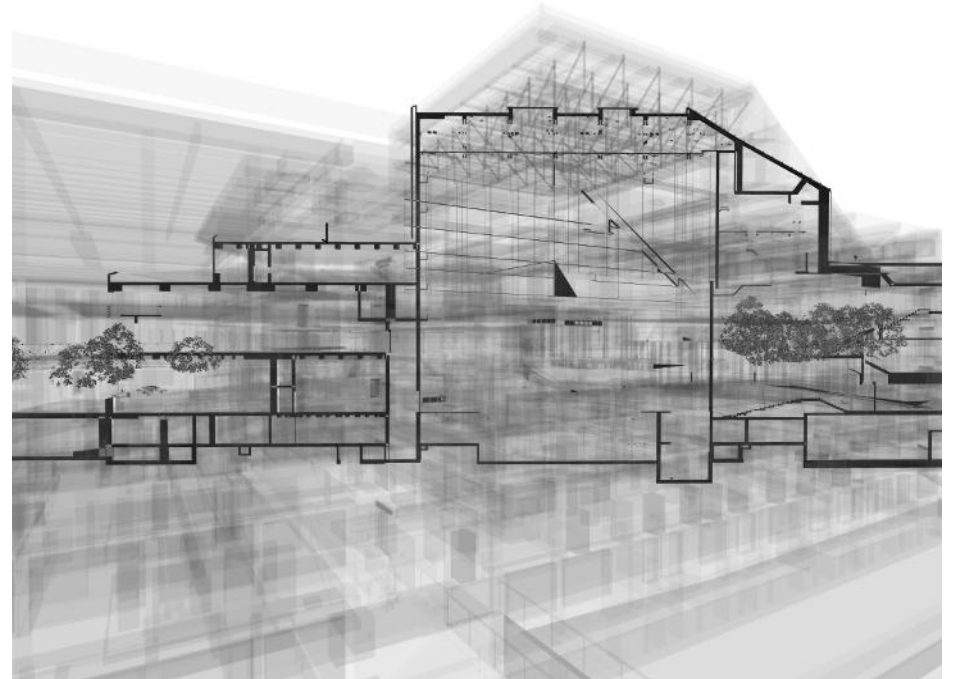
BauScan2023 – Innovative Erfassungs-, Mess- und Dokumentationsverfahren

09. & 10. November 2023 | MAGDEBURG



Welches Ziel verfolgt das Building Information Modeling?

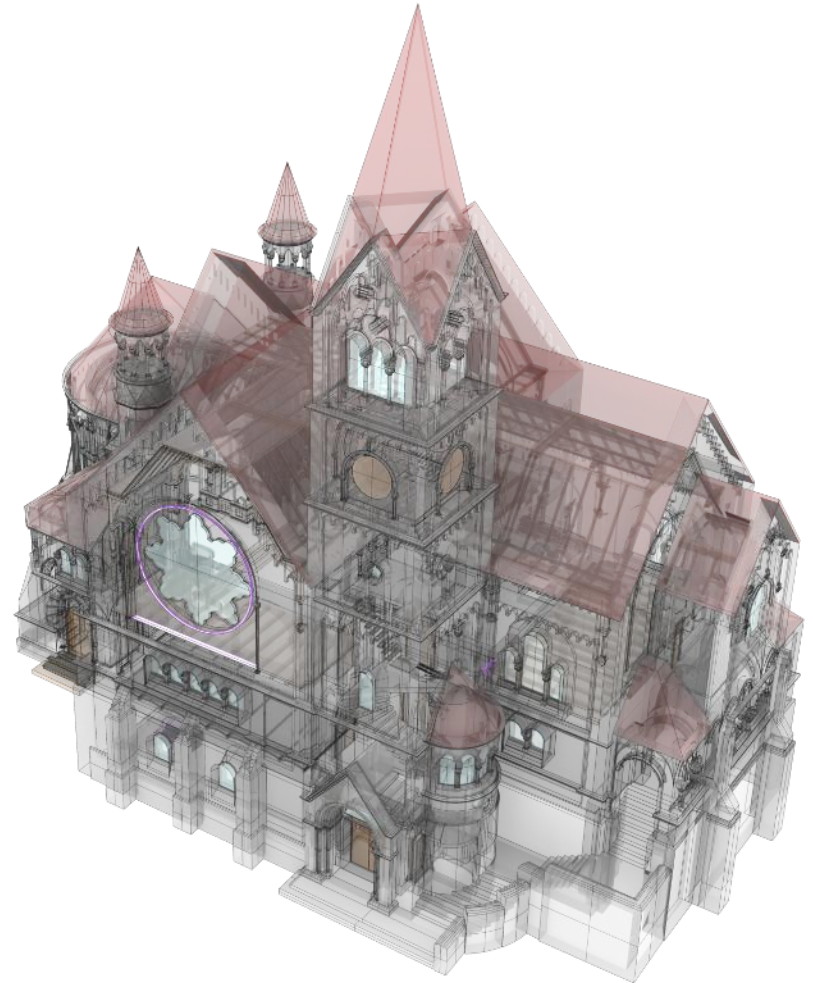
- Digital vernetzte Planung auf Grundlage von 3D Modellen mit parametrischen und semantischen Informationen und Beziehungen
- Nutzung der Planungsmodelle zur Mengenermittlung, Leistungsverzeichnissen, Ausschreibung und Vergabe
- Nutzung zur seriellen oder individuellen Vorfertigung von Bauteilen



Für welche Bauvorhaben ist BIM konzipiert? - NEUBAUTEN

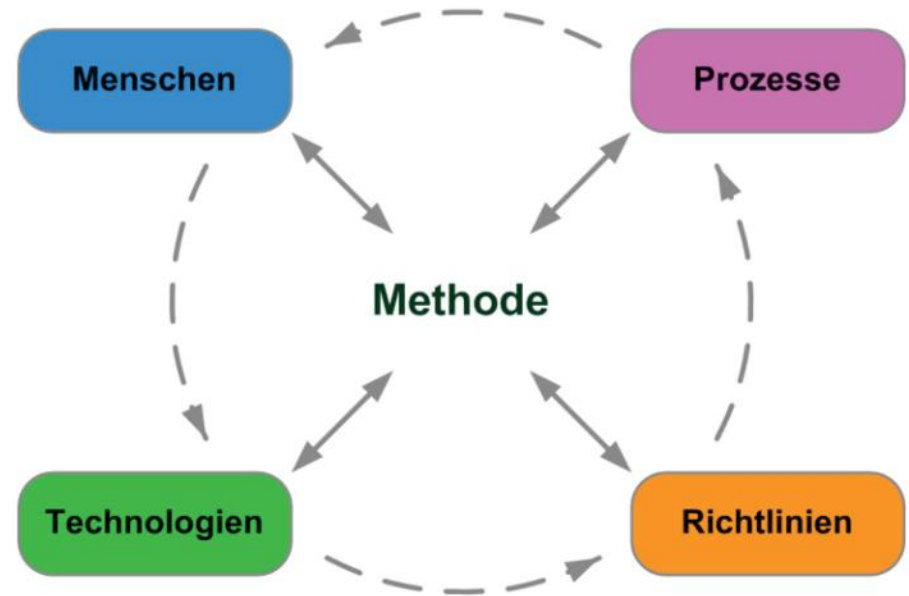
Bei welchen Bauvorhaben kann es zu Schwierigkeiten kommen?

- Bestandsbauten im Hoch- und Tiefbau
- Verformte und schadhafte Bauwerke
- Sonderkonstruktionen, die sich nicht durch geometrische Primitive abbilden lassen



Welche Möglichkeiten der Zusammenarbeit für BIM?

- **ZIEL:** Vernetzung aller an der Planung und Ausführung beteiligten Architekten, Fachplaner und Firmen der ausführenden Gewerke
- **UMSETZUNG:** alle Beteiligten arbeiten am selben Datenmodell
- **PROBLEM:** proprietäre BIM Software nutzt unterschiedliche und noch miteinander kompatible Datenformate und BIM Server
- **LÖSUNG:** Open BIM auf Grundlage des Datenstandards IFC in Verbindung mit Open BIM Server



Grafik: BIM Leitfaden Deutschland

Welche Grundlagen gibt es zur Qualitätsbeschreibung von Planungsmodellen?

Vorhandene Richtlinien

- VDI 2552
 - LOD (LOG + LOI) 100 bis 500 in Korrespondenz zu den LPH nach HOAI
- BIM Leitfaden für Deutschland (ZukunftBAU)
 - Fertigstellungsgrad 100 bis 500
- USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification Guide
 - LOA 10 bis 50 (DIN 18710)
- Scan3D – Eigene Zuordnung vorhandener Richtlinien und Normen
 - Anwendung in den Baufachlichen Richtlinien Vermessung des Bundes
 - AK Verm Bund / AK₃ BIM DVW

Tabelle 1 — Klassifizierung der Messgenauigkeit bei Lagevermessungen

Klasse	Standardabweichung σ_L bei Lagevermessungen	Bemerkung
L 1	50 mm < σ_L	Sehr geringe Genauigkeit
L 2	15 mm < $\sigma_L \leq 50$ mm	Geringe Genauigkeit
L 3	5 mm < $\sigma_L \leq 15$ mm	Mittlere Genauigkeit
L 4	1 mm < $\sigma_L \leq 5$ mm	Hohe Genauigkeit
L 5	$\sigma_L \leq 1$ mm	Sehr hohe Genauigkeit

Tabelle 2 — Klassifizierung der Messgenauigkeit bei Höhenvermessungen

Klasse	Standardabweichung σ_H bei Höhenvermessungen	Bemerkung
H 1	20 mm < σ_H	Sehr geringe Genauigkeit
H 2	5 mm < $\sigma_H \leq 20$ mm	Geringe Genauigkeit
H 3	2 mm < $\sigma_H \leq 5$ mm	Mittlere Genauigkeit
H 4	0,5 mm < $\sigma_H \leq 2$ mm	Hohe Genauigkeit
H 5	$\sigma_H \leq 0,5$ mm	Sehr hohe Genauigkeit

Level	Upper Range	Lower Range
LOA10	User defined	5cm *
LOA20	5cm *	15mm *
LOA30	15mm *	5mm *
LOA40	5mm *	1mm *
LOA50	1mm *	0 *

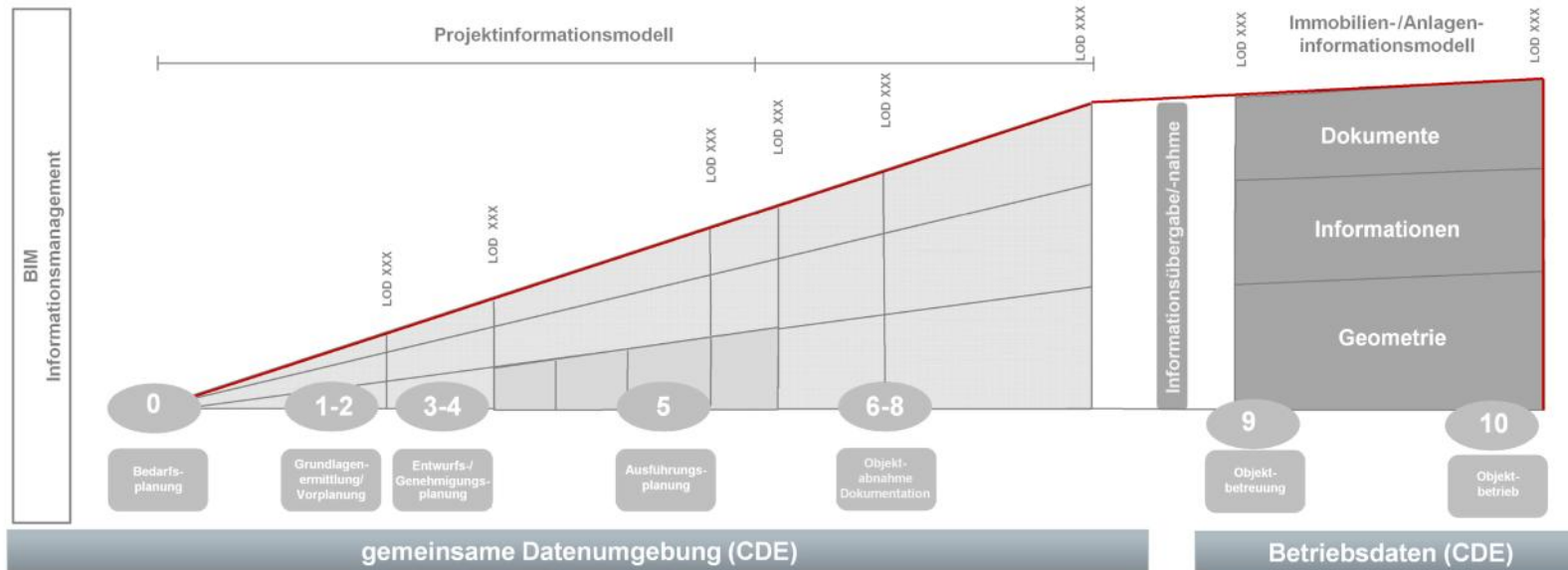
*Specified at the 95 percent confidence level.

Qualitätsstufe	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Maßstäbe	M1:200 / M1:100	M1:100 / M1:50	M1:50/M1:25	M1:20/M1:10	M1:5 / M1:1
Beschreibung	Schematisches Aufmaß / Modell	Einfacher Plansatz Modell	Detailliertes Gebäudeaufmaß / Planungsmodell	Verformungsgetreue Dokumentation / As-Build-Modell	Detailaufmaß / Bauteilmodell
Genauigkeit	G1	G2	G3	G4	G5
	Genauigkeit <= +/- 5 cm	Genauigkeit <= +/- 2,5 cm	Genauigkeit <= +/- 2 cm	Genauigkeit <= +/- 1cm	Genauigkeit <= +/- 0,25cm
DIN 18710-1	L1	L2/H1	L3/H2	L4/H3	L5/H4-H5
Semantik S1-S5	S2	S2	S3	S4	S4
DIN 1356-6	Informationsdichte 1	Informationsdichte 1	Informationsdichte 2	Informationsdichte 2	Informationsdichte 2
„Eckstein“	Eckstein Stufe I	Eckstein Stufe II	Eckstein Stufe III	Eckstein Stufe IV	Eckstein Stufe IV
	geringe Detaillierung	mittlere Detaillierung	hohe Detaillierung	sehr hohe Detaillierung	höchste Detaillierung
2D Pläne	P1	P2	P3	P4	P5
2D-Daten	schematische Zeichnungen	P1 + Grundrisse, Schnitte, Ansichten	P2 + zusätzliche Schnitte	P3 + Detailzeichnungen	P4 + nach Vereinbarung
Bildpläne	M1:100	M1:50	M1:25	M1:10	M1:5
Auflösung dpi / Maßstab (mm)	100	50	25	10	5
300	8,5	4,2	2,1	0,8	0,4
3D Modelle	M1	M2	M3	M4	M5
BIM-konforme 3D-Modelle	Schematisches 3D-Modell	BIM (Building Information Modell)	M2 + Verformungsgetreues Modell	M3 + verformungsgetreues Bauteilmodell mit Freiformflächen	M4 + vollflächig verformungsgetreues Bauteilmodell
HOAI Leistungsphase	LPH1 Grundlagen - LPH2 Vorplanung	LPH3 Entwurf – LPH4 Genehmigungsplanung	LPH5 Ausführungsplanung	LPH5 Ausführung – LPH 6 Vergabe	LPH8 Überwachung + Dokumentation
BIM-Modell LOD (= LoG + LoI)	LOD 100	LOD 100 bis 200	LOD 200 bis 300	LOD 300 bis 400	LOD 400 – 500
LOA (USIBD)	LOA 10 ~ +/- 50 mm	LOA 20 ~ +/- 25 mm	LOA 30 ~ +/- 10 mm	LOA 40 ~ +/- 5 mm	LOA 50 ~ +/- 1mm

Quelle: Diverse Veröffentlichungen seit 2006, DGPF Tagungsband 2011, aktuelle Fortführung für BIM (Kurzfassung)

Lassen sich diese Richtlinien auf Bestandsgebäude anwenden?

- JEIN
 - JA in Bezug auf die geometrische und semantische Detaillierung
 - NEIN in Bezug auf die geometrische Qualität / Genauigkeit

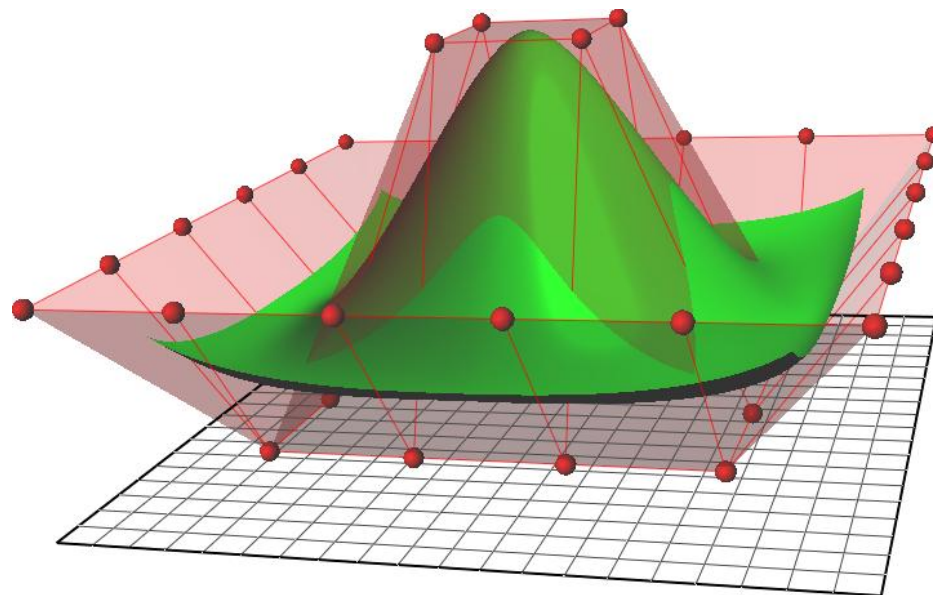


Grafik: VDI 2552 Blatt 1 - Building Information Modeling, Grundlagen, 2020

Wie lässt sich die Qualität von Bestandsmodellen erhöhen?

- Durch die Nutzung von Werkzeugen für Freiformen
- Allplan, ArchiCad, Revit, Vectorworks – eingeschränkte Werkzeuge
- Problem: Sonderobjekte, eingeschränkter Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Plattformen

KURVEN	Merkmale	Einschränkung
Spline	hohe Komplexität der Kurven	größere Fehler bei der Anpassung der Kurvengrade
B-Spline	Kurve mit Kontrollpunkten	freie Kurvengrad
Bezier	voll parametrische Kurve	geringere Präzision erreichbar



- *Grafik: Wikipedia*
- NURBS (Non-uniform rational B-Splines) – Freiformflächen aus Kurvennetzwerken
 - B-Splines zur Definition der Oberflächen – Kontrollpunkte können der Punktwolke präziser angenähert werden



Lassen sich aus Freiformflächen 3D Objekte für BIM erstellen?

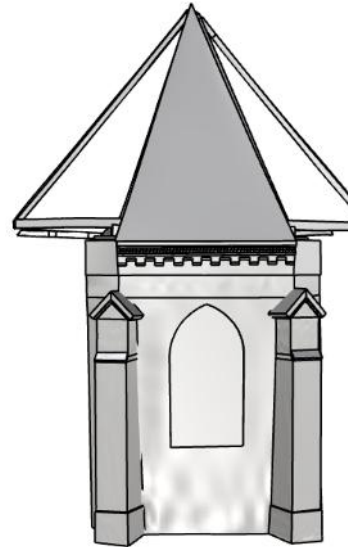
- Aufbau von Kurven durch die gefilterte Punktwolke
 - Aufbau eines Kurvennetzwerks zur Beschreibung der Geometrie
 - Erstellung eines Volumenkörpers aus einem geschlossenen Flächenverband
- IFC konforme Attribuierung der Architekturobjekte
 - Export: IFC ab Version 4.1, Verbesserungen ab 4.3



Bild 3: Links: Parametrische Rekonstruktion einer Kreuzblume von St. Matthias Berlin (Prof. Daniel Lordick) / Rechts: Punktwolke und Mesh (Scan3D GmbH)

Sind 3D Modelle mit Freiformflächen für BIM nutzbar?

- **PROBLEM:** proprietäre BIM CAD Software unterstützt kein NURBS
 - Zerlegung in Polygonnetze beim Import
 - Parametrische Attribute nicht mehr möglich
- **LÖSUNG:** Reduzierung der Bestandsmodelle auf die Geometrie
 - Export über IFC 4.3 / Import über IFC 4.3
 - Alternative für BIM-fähige Fachplanungssoftware STP



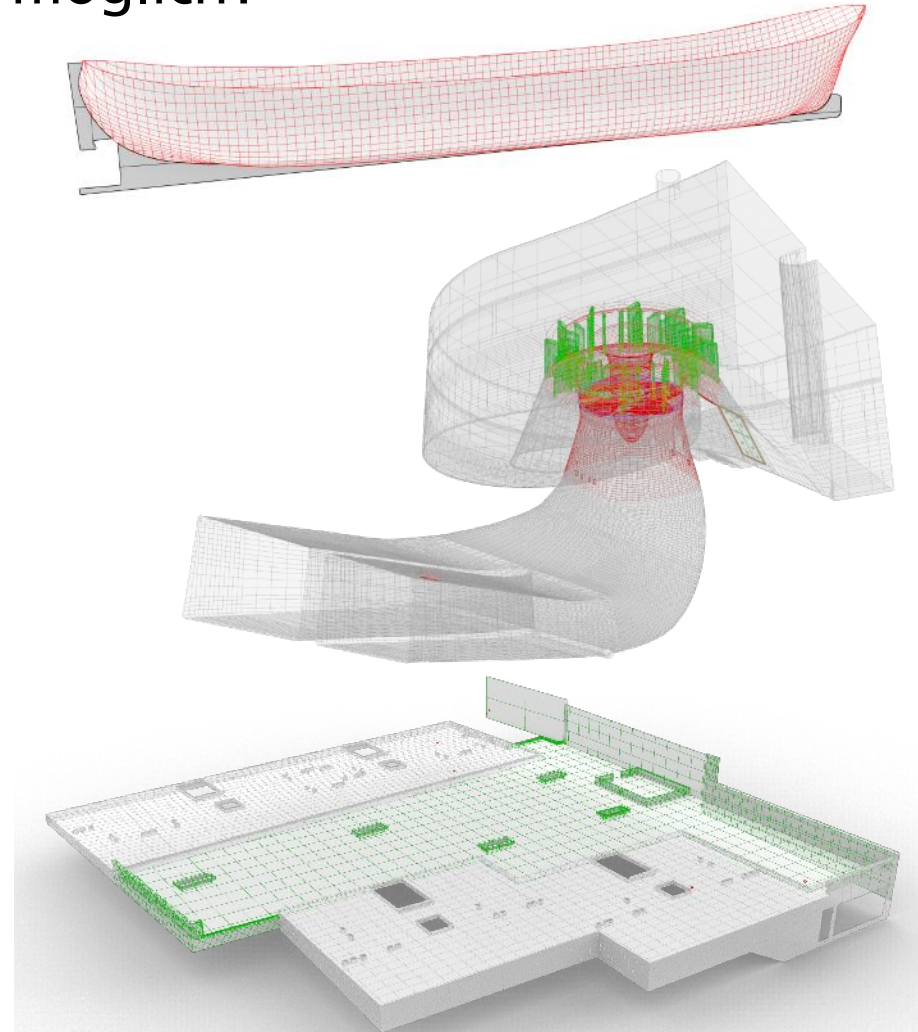
Freiform



Generalisiert

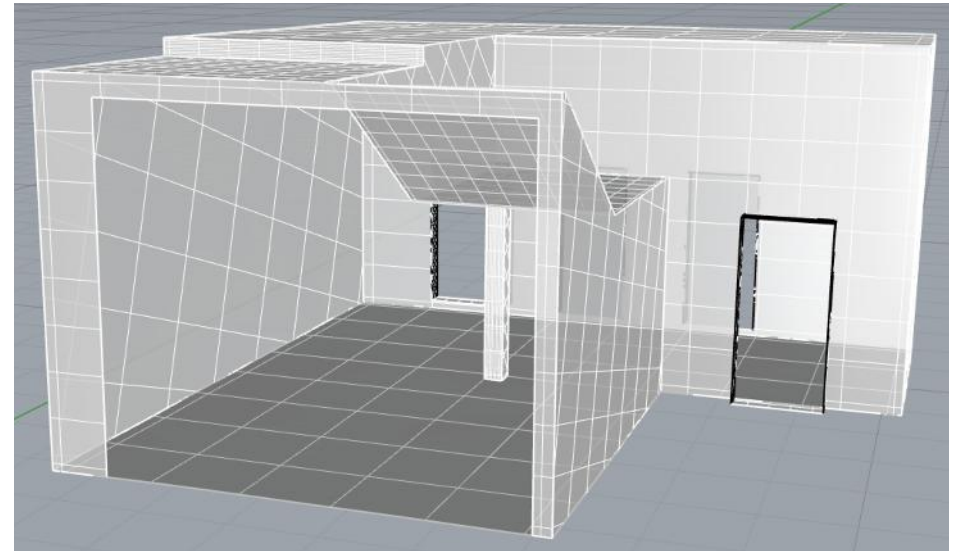
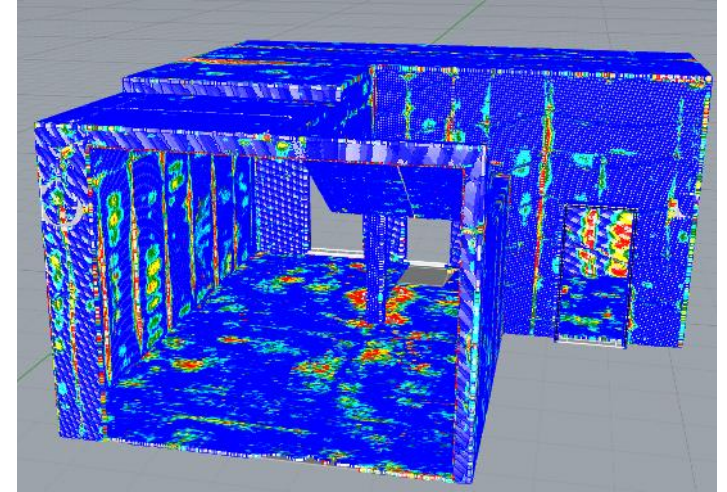
Welche Anwendungen sind aktuell möglich?

- Holzbauplanung
 - Holzrahmenbauweise
- Stahlbauplanung
 - Sonderkonstruktionen und Fassaden
- Denkmalpflege
 - Verformungsgetreue Bestandsmodelle
- Industrial BIM
 - Schiffbau
 - Wasserkraft
 - Maschinenbau



Welche Genauigkeiten sind erreichbar?

- Statistik von Punkttests:
 - Punkte insgesamt: 116782
 - Durchschnittsabstand 0.00058
 - Mittelabstand 0.00045
 - Standardabweichung 0.00049
 - (Einheiten in m)



Welche Genauigkeiten sind erreichbar?

Bauteil A

Gesamtfehler

- Standardabweichung Punktwolke
 - +/- 0,1mm
- Standardabweichung 3D Modell
 - +/- 0,5 mm
- Resultierender Gesamtfehler
 - < 1,0 mm
- Transformation in ein übergeordnetes Koordinatensystem
 - Abweichung zu den Festpunkten

Adjusted Translation Parameters of Stations

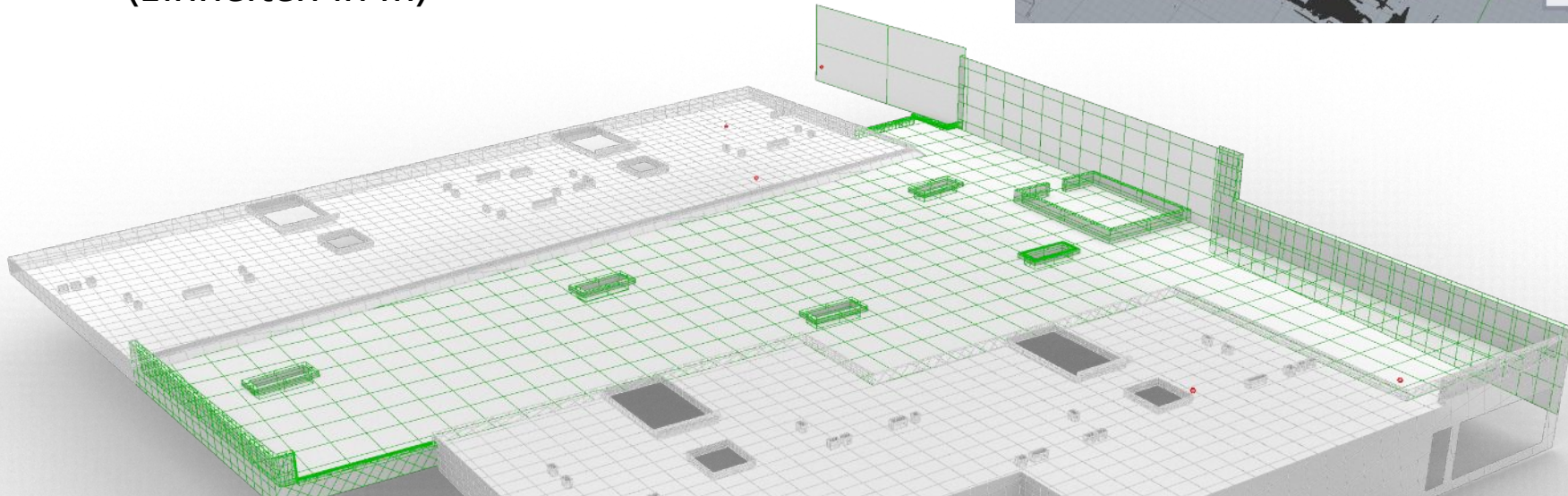
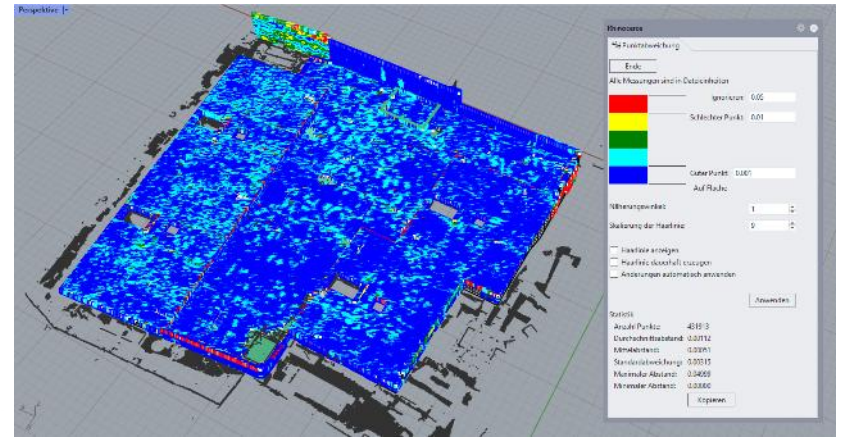
No	Station	tx	ty	tz	sigma_x	sigma_y	sigma_z	sigma_t
1	S21088_Q2_100	2.929	8.764	0.113	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
2	S21088_Q2_101	2.786	7.129	0.123	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
3	S21088_Q2_102	2.559	5.722	0.222	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	S21088_Q2_103	0.119	5.892	0.180	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
5	S21088_Q2_104	3.067	2.737	0.119	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
6	S21088_Q2_105	0.092	2.832	0.111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
7	S21088_Q2_106	2.265	-0.304	0.068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
8	S21088_Q2_108	-2.203	0.108	-0.008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
9	S21088_Q2_109	-2.814	1.567	0.018	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
10	S21088_Q2_110	-2.758	3.110	0.050	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
11	S21088_Q2_111	2.556	-1.056	-0.051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
12	S21088_Q2_112	2.453	-3.016	0.031	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
13	S21088_Q2_113	0.454	-1.272	-0.002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
14	S21088_Q2_114	-1.543	-1.227	-0.002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
15	S21088_Q2_115	1.809	2.413	0.128	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
16	S21088_Q2_134	-0.430	-0.640	-0.008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
Standardabweichung								0.000125

(Protokoll der Netzausgleichung)

Holzbauplanung mit BIM-Fachplanungssoftware

Statistik von Punkttests:

- Punkte insgesamt: 435645
- Durchschnittsabstand: 0.0011
- Mittelabstand: 0.00051
- Standardabweichung: 0.00315
- (Einheiten in m)



BEISPIEL Neubau der Gesamtschule Münster Ost

- Erreichte Genauigkeit
 - +/- 2 mm

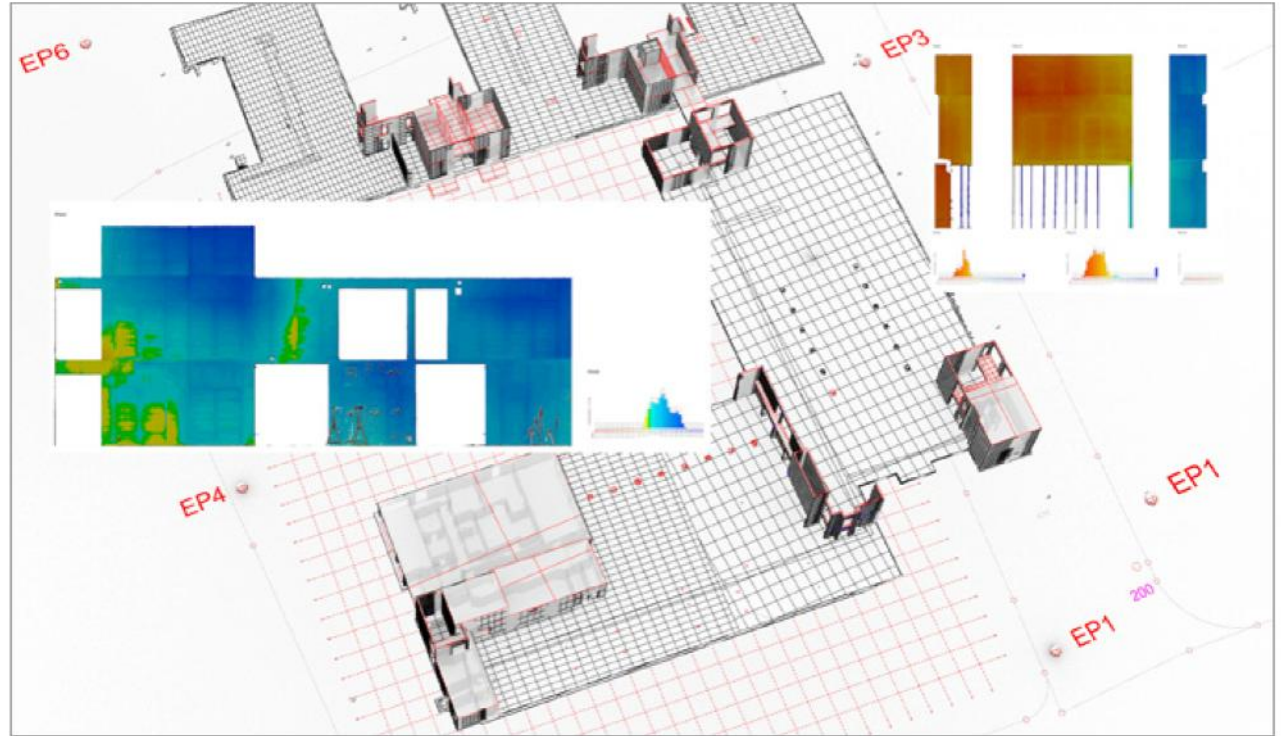
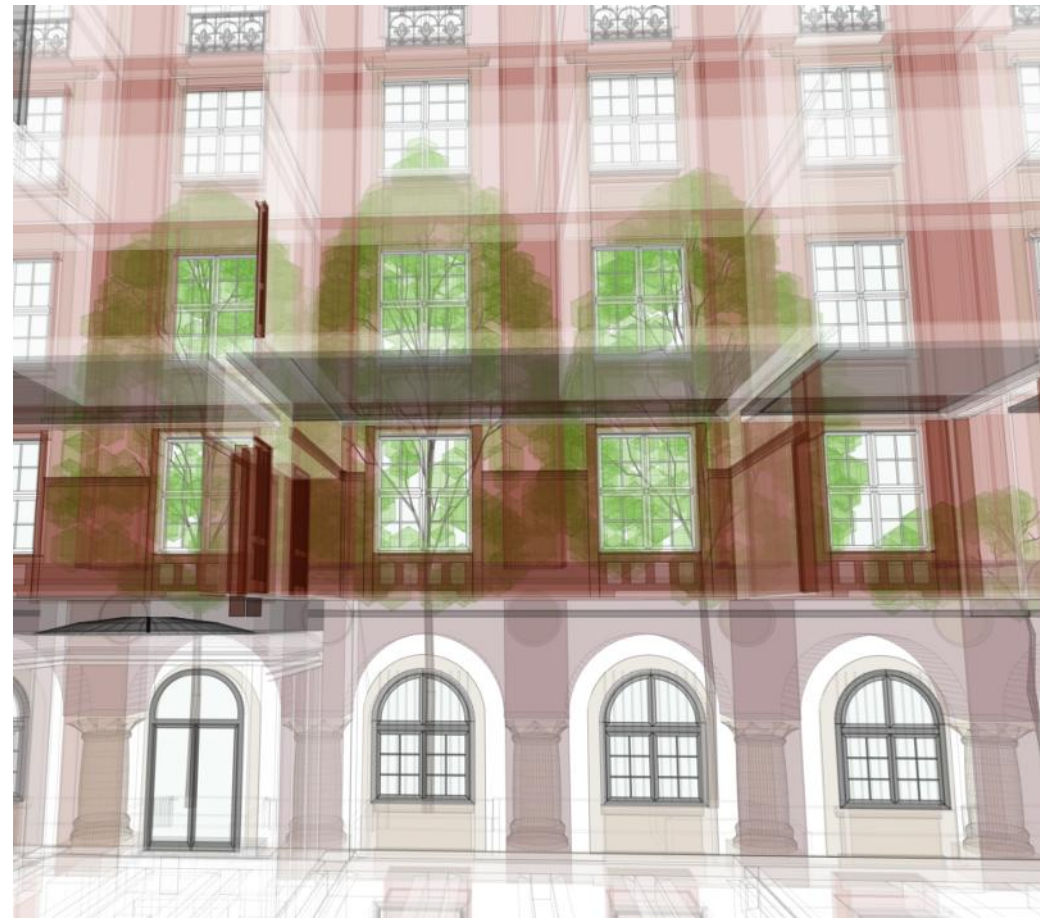
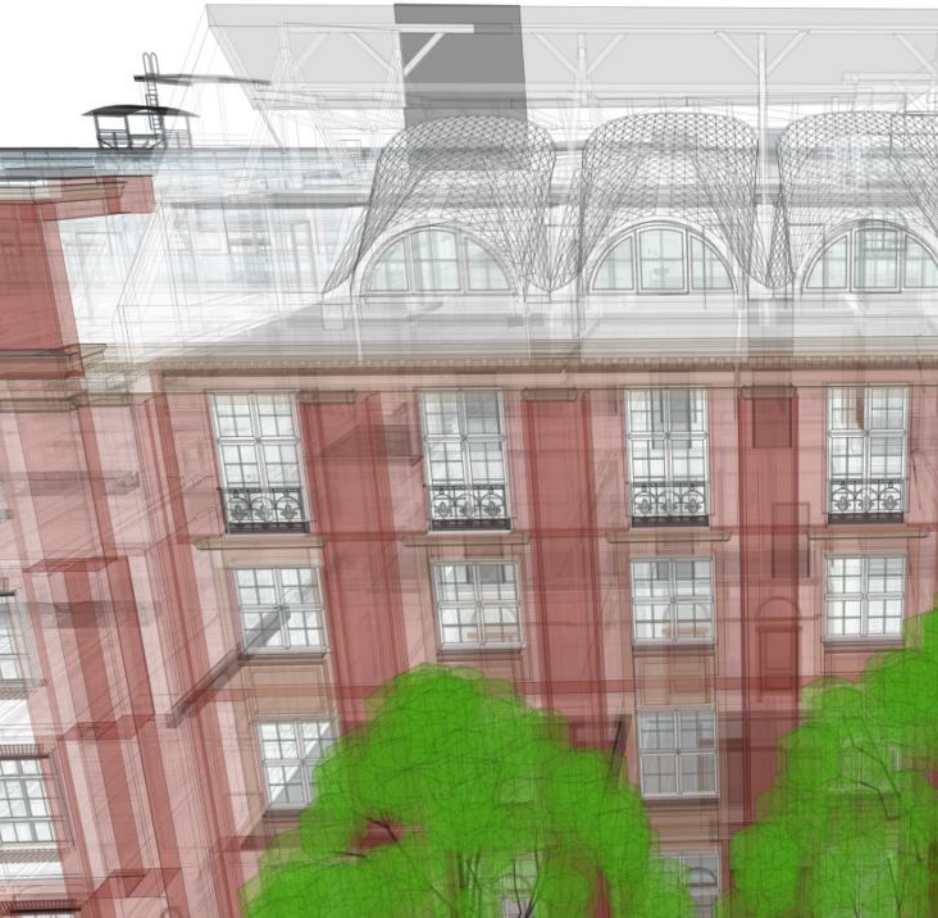


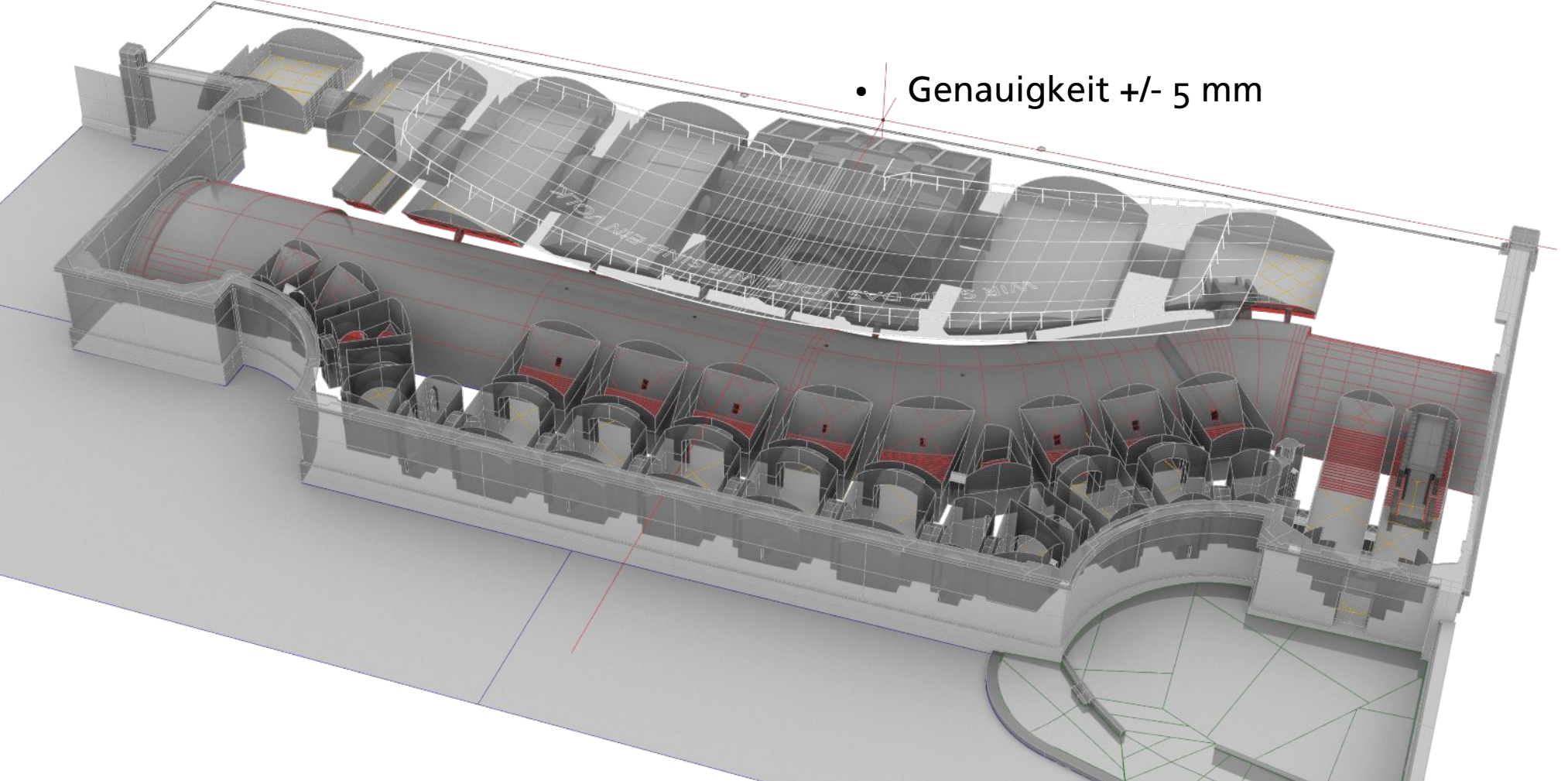
Bild 4: BIM-konformes Rohbaumodell der Gesamtschule Münster Ost mit Qualitätsanalyse

BEISPIEL Ehemalige Knorr Bremse Werke

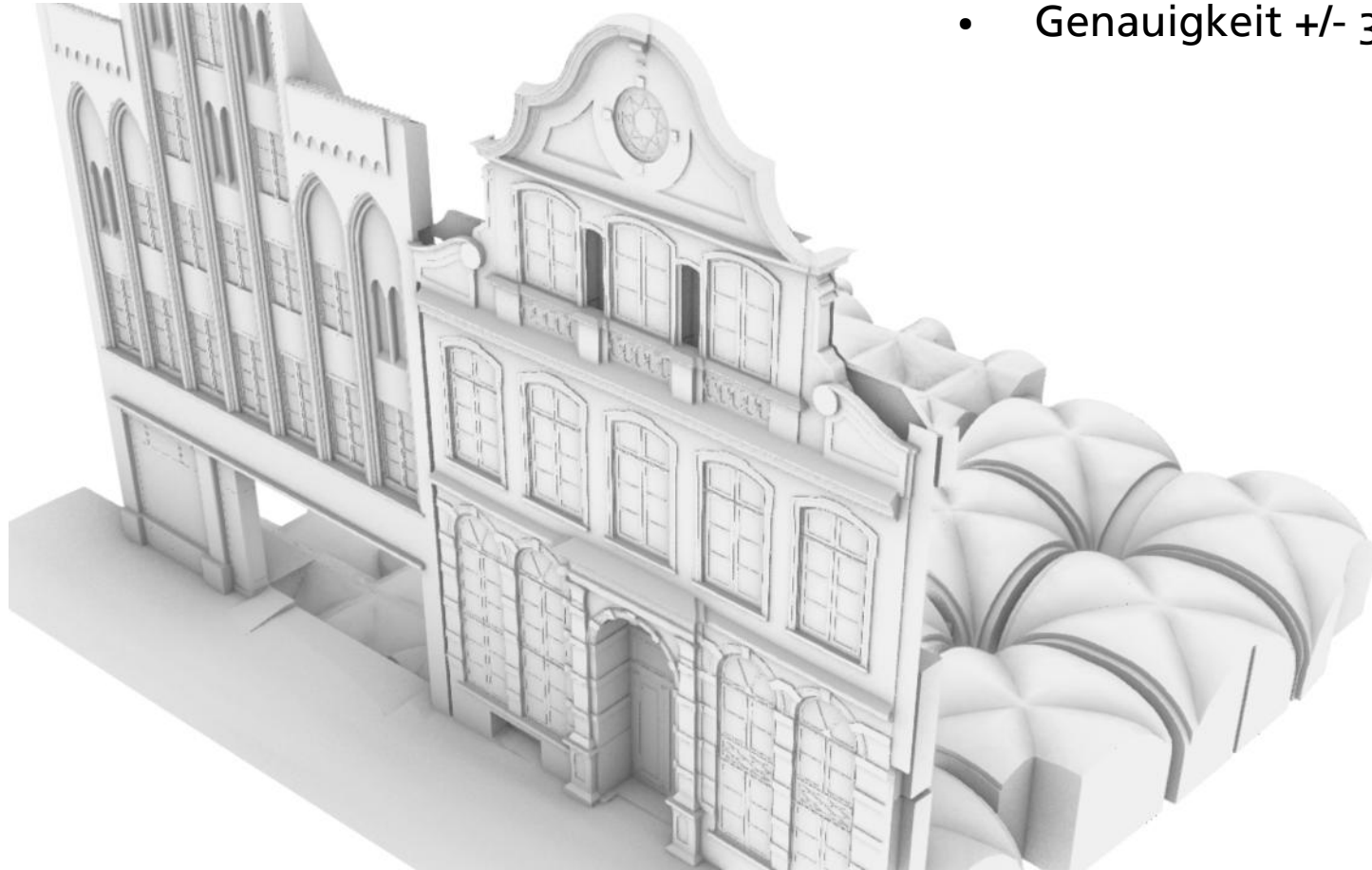


BEISPIEL Freiheits und Einheitsdenkmal in Berlin

- Genauigkeit +/- 5 mm



BEISPIEL Buddenbrookhaus in Lübeck

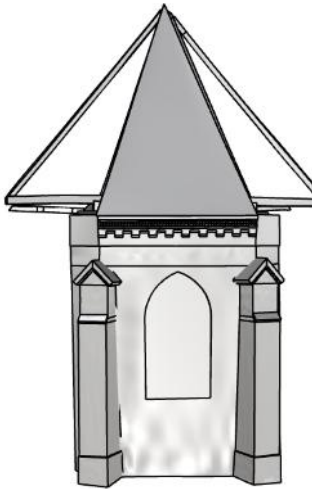


- Genauigkeit +/- 3 mm



Wie lässt sich Qualität von 3D-Modellen beurteilen?

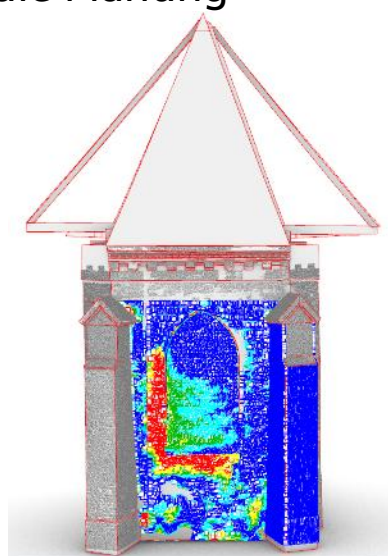
- Vergleich Punktwolke zu Modell
 - unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Punktwolke
- Muss ich alles modellieren?
 - VORSCHLAG Reduzierung der Modellabbildung auf erforderliche Teilbereiche und Nutzung der Punktwolke für die Planung



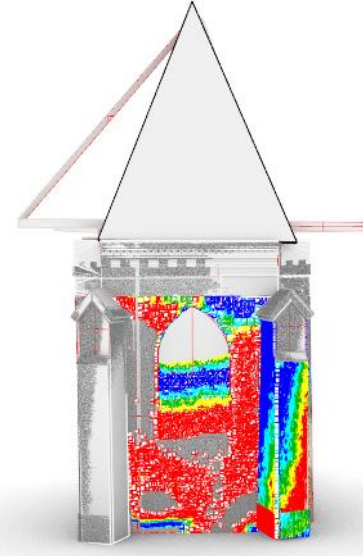
verformungsgetreu



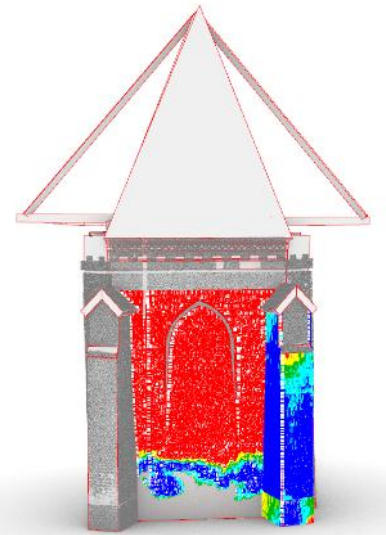
generalisiert



VisualArq



ArchiCAD Morph



generalisiert

Wie lässt sich der aktuelle Stand der Technik beurteilen?

- keine hinreichende Qualitätsbeschreibung der Bestandsmodelle für BIM
- LÖSUNGSANSATZ
 - Nutzung des generalisierten Modells
 - Nutzung der Punktwolken als verformungsgetreues Abbild
- Verformungstreue Bestandsmodelle
 - Freiformflächen mittels IFC nur eingeschränkt kompatibel in unterschiedlichen Plattformen
 - Hoher Aufwand in der Modellierung

VIELEN DANK!

