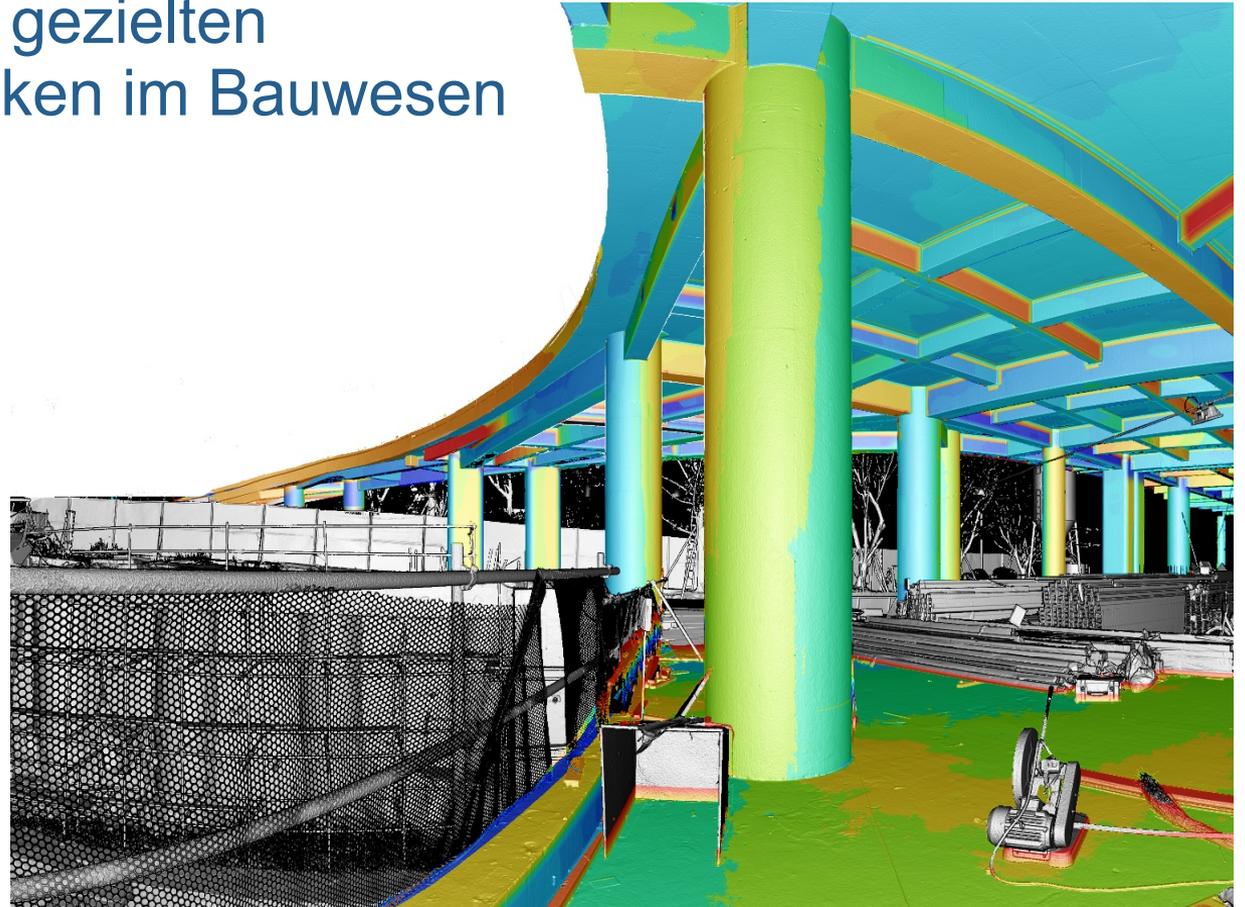


## Anwendungsbeispiele zur gezielten Auswertung von Punktwolken im Bauwesen



10.11.2023  
BauScan 2023

Dipl.-Ing. Olaf Prümm

## *Lupos3D*

*Lupos3D* wurde im Jahr 2005 gegründet.

Alle Gründer sind seit dem Jahr 2001 im Bereich 3D-Laserscanning und Photogrammetrie beschäftigt.

*LupoScan* wird seit dem Jahr 2006 und mittlerweile weltweit verkauft.

Der Schwerpunkt unserer Arbeit liegt in der Softwareentwicklung, sowie Schulungen und Unterstützung bei Projekten.

## Grundlage für gute Ergebnisse

Zur erfolgreichen Durchführung von Projekten gehören

**1. MESSTECHNIK**

**2. SOFTWARE**

**3. AUSBILDUNG - ERFAHRUNG**

Ofmals werden dabei die Punkte 2. und 3. unterschätzt!

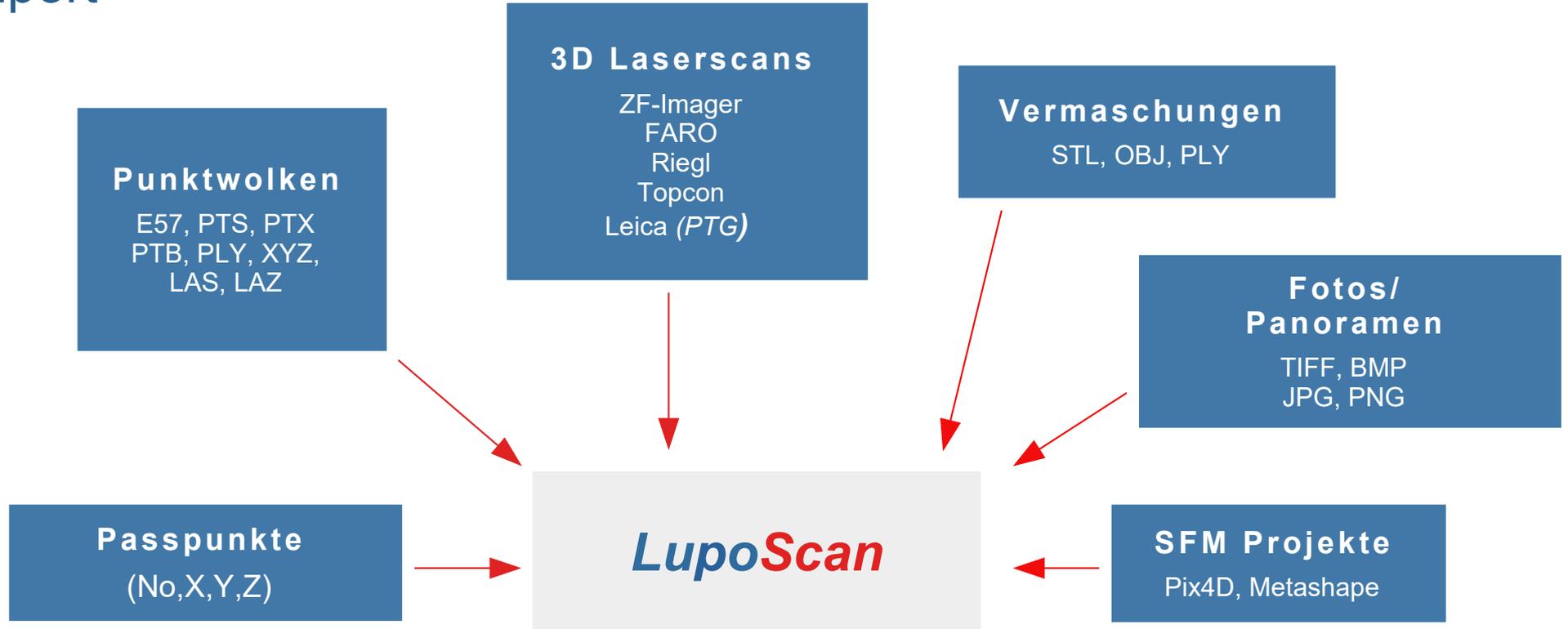


## Software

Wie jeder, der sich mit der Auswertung von Punktwolken befasst, weiß, beginnt die eigentliche Arbeit nach der Aufnahme. Die Anforderungen an Software zur Auswertung von Punktwolken lassen sich wie folgt untergliedern:

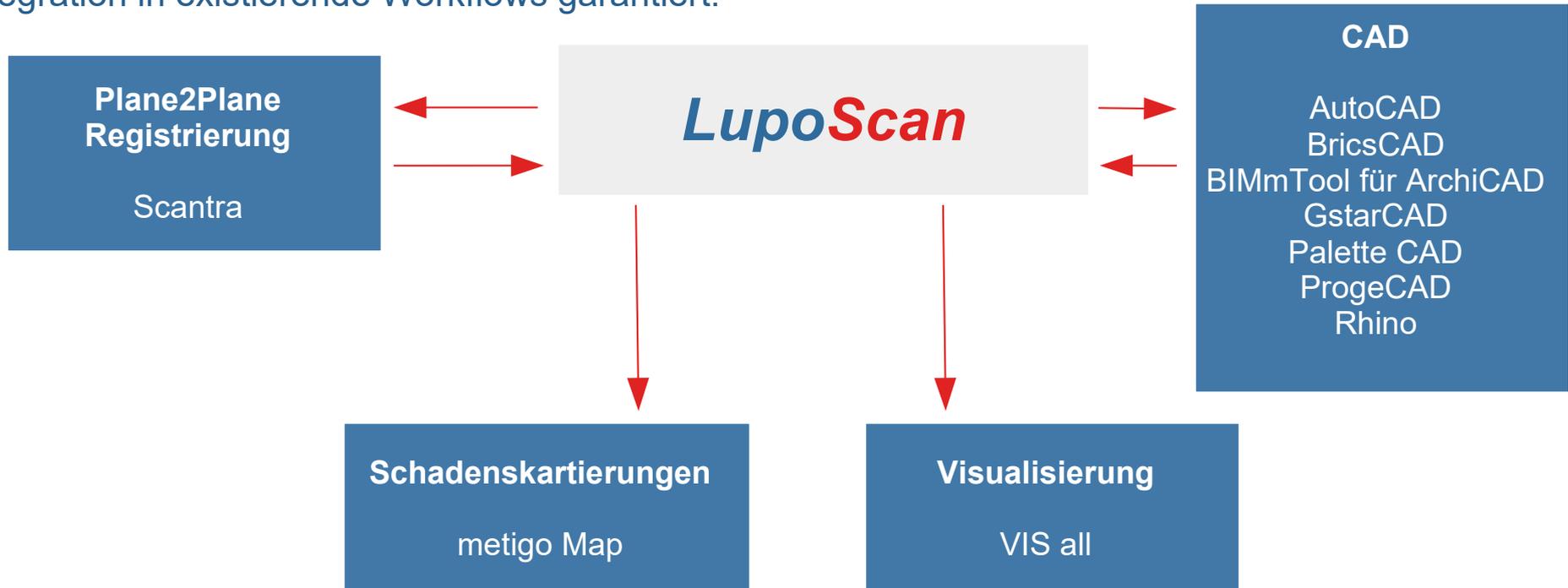
- FUNKTIONALITÄT** → Extraktion von Information, Qualitätskontrolle, Projektmanagement
- PERFORMANCE** → Verarbeitung von großer Datenmengen
- KOMPATIBILITÄT** → Im- und Export
- BEDIENBARKEIT** → Smart Workflows

## Import



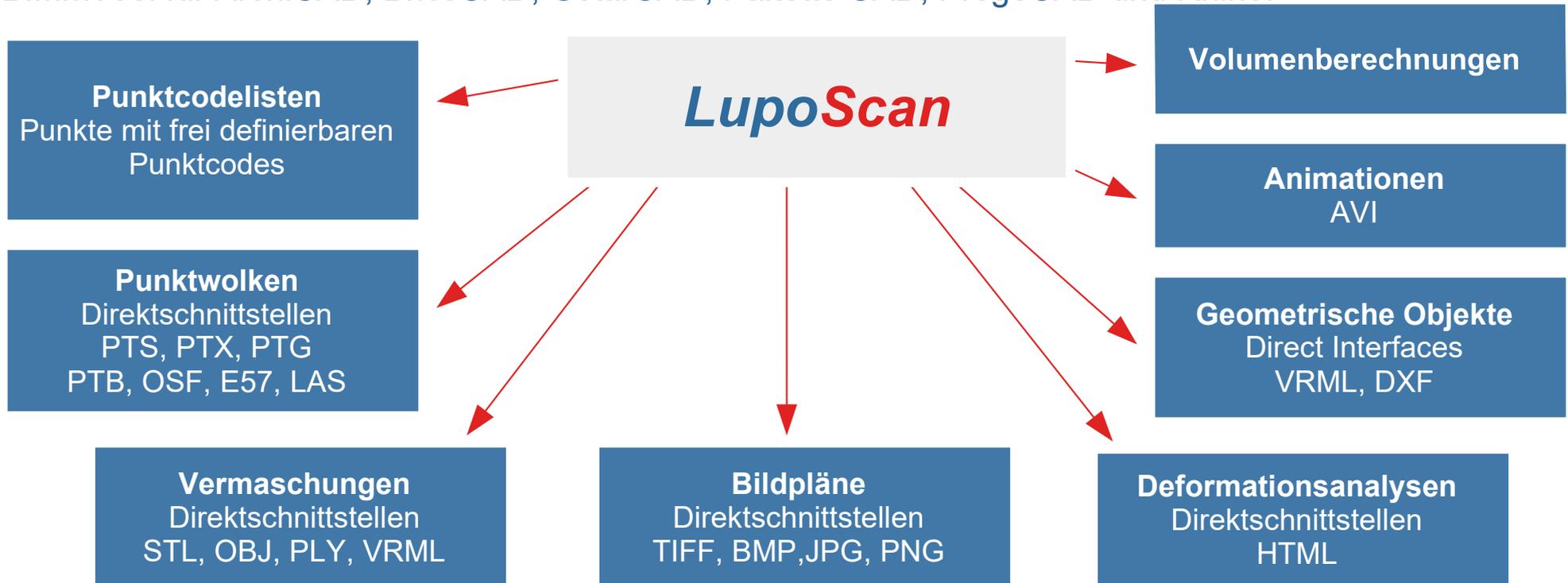
## Direktschnittstellen

**LupoScan** bietet Direktschnittstellen zu verschiedenen Programmen. Dadurch wird die leichte Integration in existierende Workflows garantiert.



## Export

**LupoScan** bietet diverse gängige Austauschformate sowie Direktschnittstellen zu VIS-All, AutoCAD, BIMmTool für ArchiCAD, BricsCAD, GstarCAD, Paltette CAD, ProgeCAD und Rhino.



## Import

Import statischer Laserscanformate in das **LupoScan**-Format LPS.

Import unstrukturierter Punktwolken (z.B. von UAV's) in die **LupoScan**-Formate L3D or LPO (orthogonale Draufsicht).



## Qualitätskontrolle eines Einzelscans

Berechnung eines Spotbildes (*Oberflächenrendering*)



## Qualitätskontrolle eines Einzelscans – Low cost Scanner

Das gerenderte Punktbild zeigt verrauschte Entfernungsmessungen. Es scheint, dass flache Oberflächen rau und uneben sind.



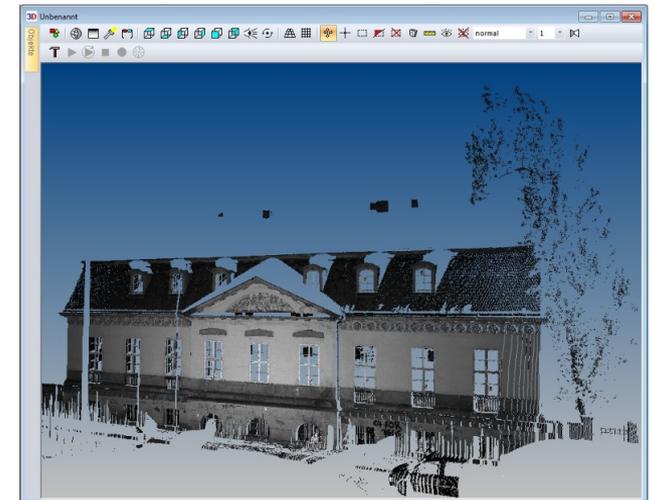
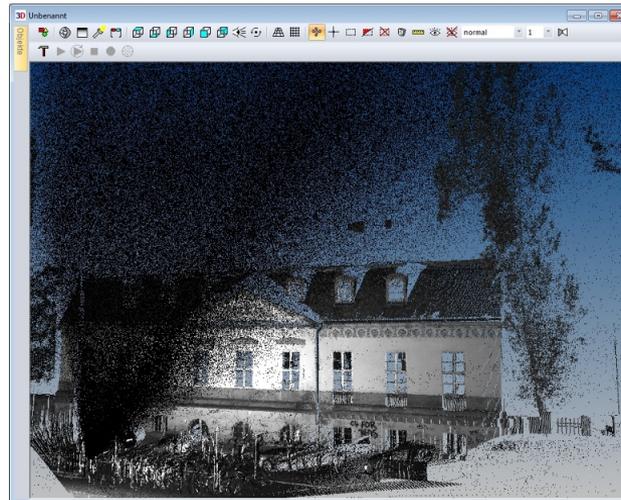
## Qualitätskontrolle eines Einzelscans – High end scanner

Das gerenderte Spotbild zeigt keine unerwarteten Formen. Die Oberflächen erscheinen wie erwartet.



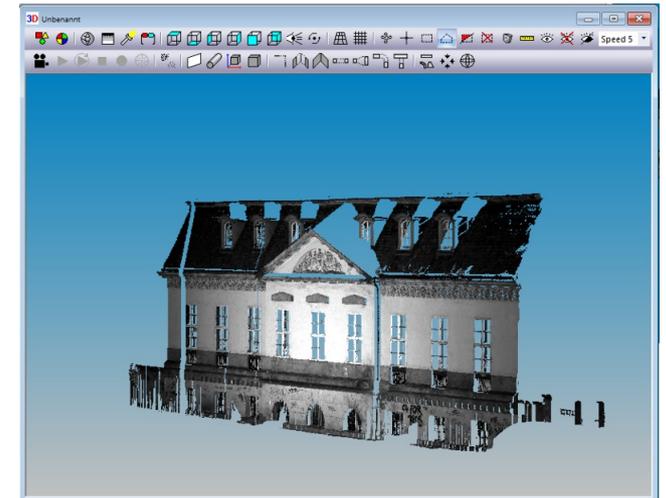
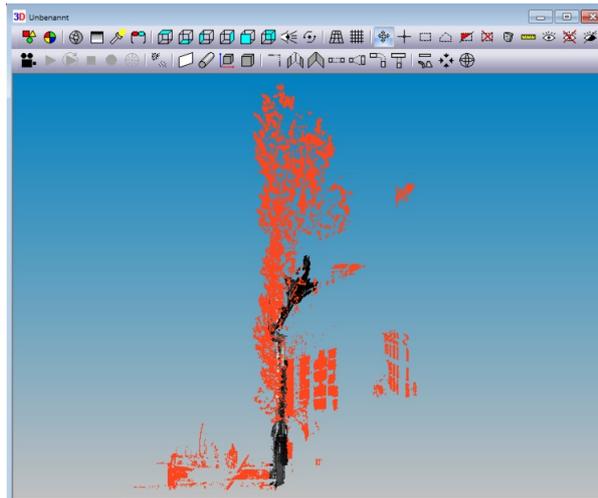
## Filter

Die Laserscandaten sind aufgrund unterschiedlicher Ursachen mit Fehlern behaftet. Diverse effektive Filter ermöglichen zum Beispiel das automatische Aussortieren von fehlerhaften Messungen an Objektkanten, von atmosphärischem Rauschen und von Messungen mit schleifendem Auftreffwinkel. Außerdem können in **LupoScan** Glättungsfilter zur Reduzierung des Messrauschens eingesetzt werden.



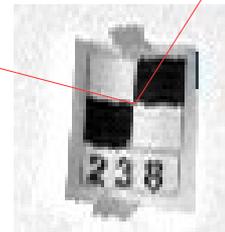
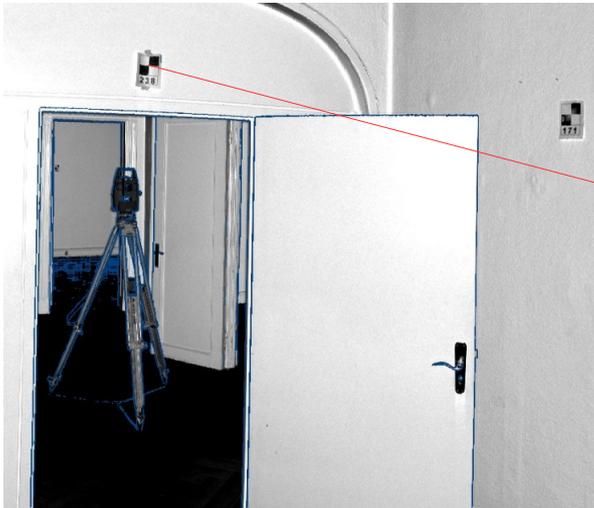
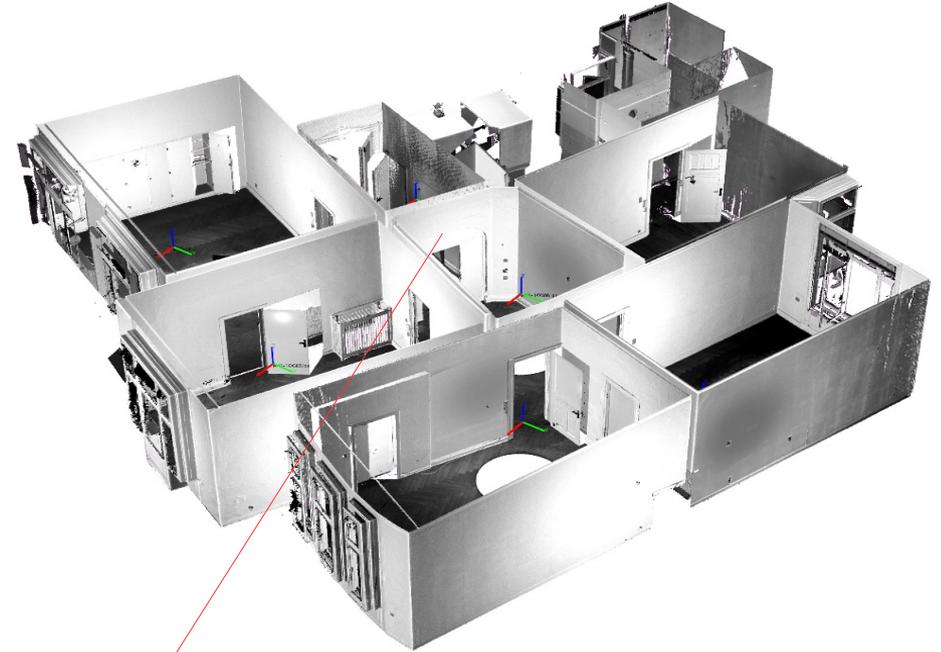
## Bereinigung

Es gibt nach der automatischen Filterung Punkte, die nicht als ungewollte Messwerte erkannt werden. Hierzu gehören Messungen durch Glasflächen, Spiegelungen oder einfach Objekte, die das eigentliche Objekt verdecken, wie z.B. Möbel, Autos, Vegetation, Spinnweben. Diese Objekte können mit verschiedenen Werkzeugen händisch oder semi-automatisch entfernt werden.

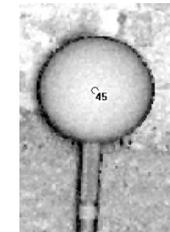


## Orientierung - Registrierung

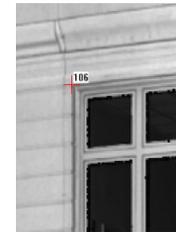
Laserscans von verschiedenen Standpunkten können über identische Punkte/Geometrien orientiert oder in ein übergeordnetes System transformiert werden. Direktschnittstelle zu Scantra für Plane2Plane und Cloud2Cloud Registrierung.



a) Papiermarken

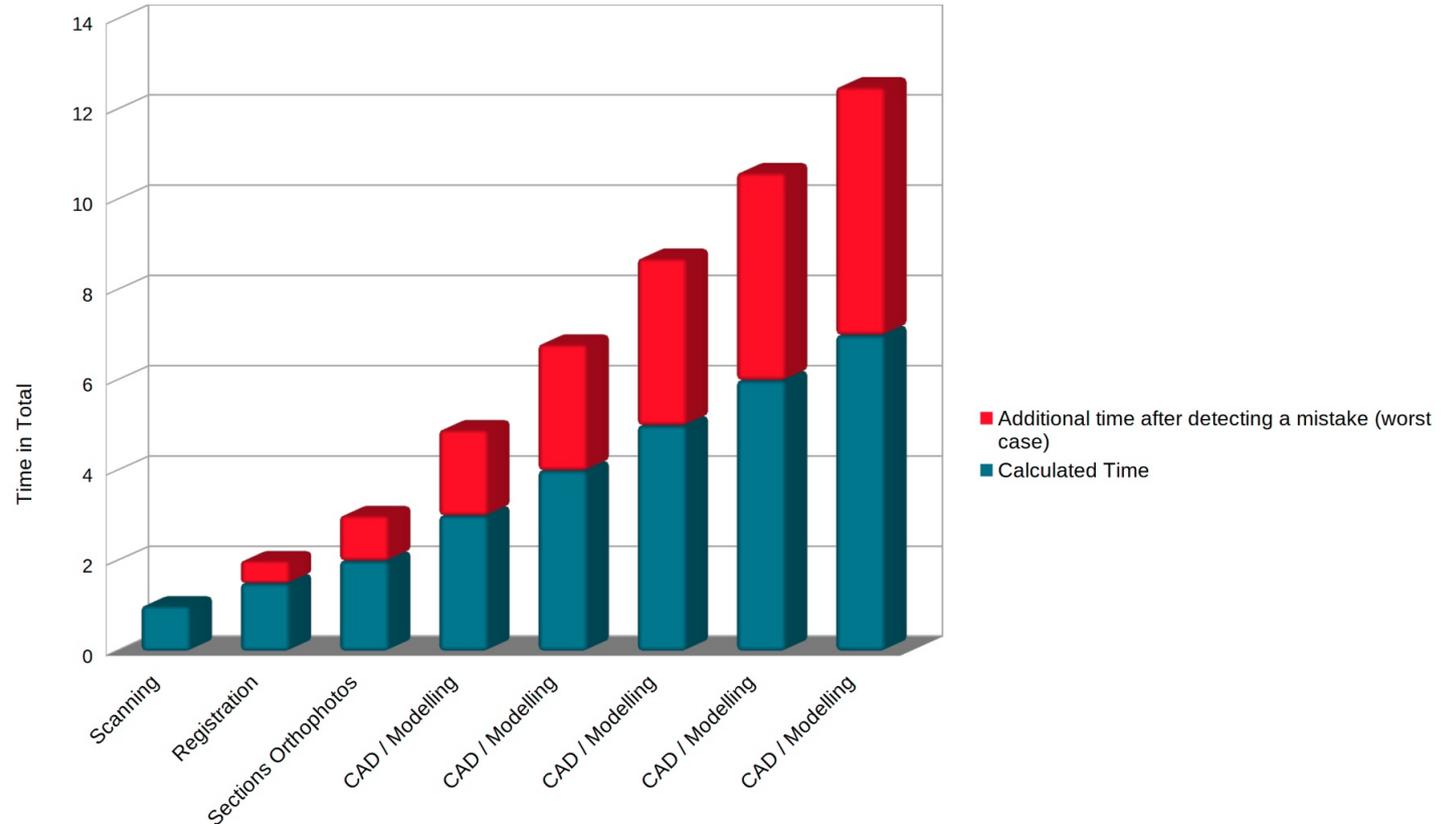


b) Kugeln

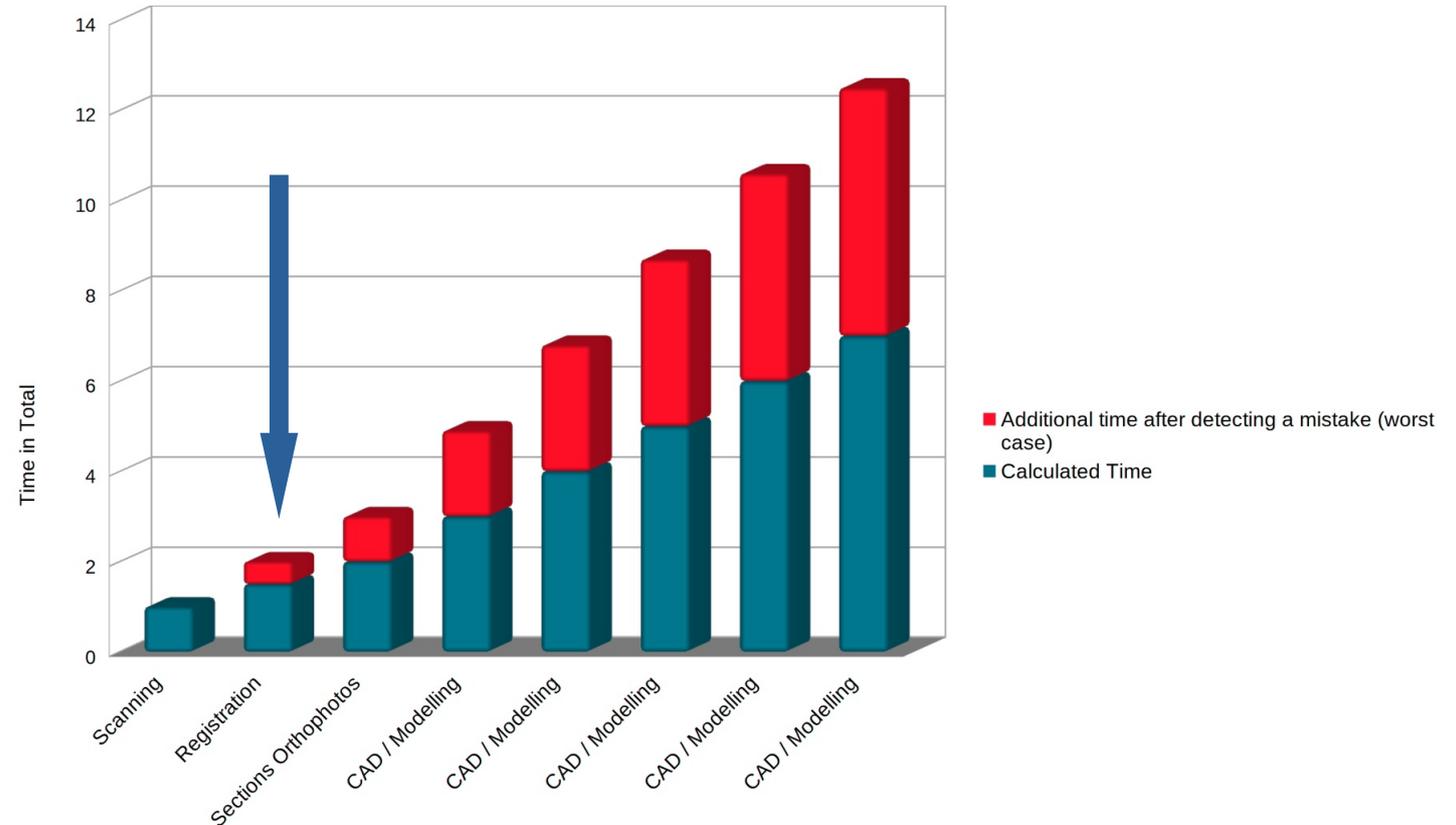


c) natürliche Punkte

## Einfluss der Feststellung eines Fehlers im fortgeschrittenen Projekt

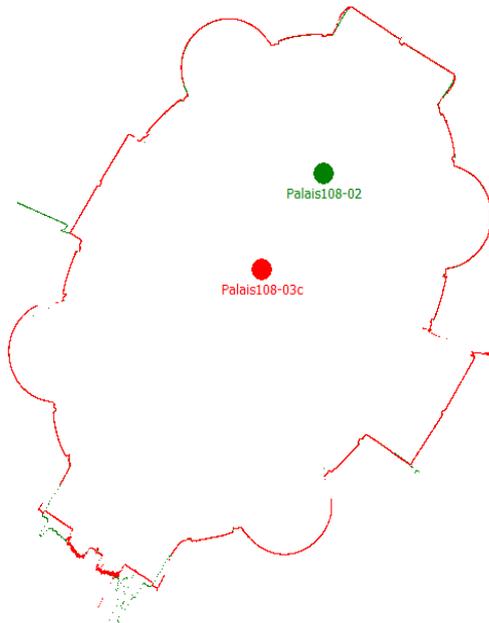


## Einfluss der Feststellung eines Fehlers im fortgeschrittenen Projekt



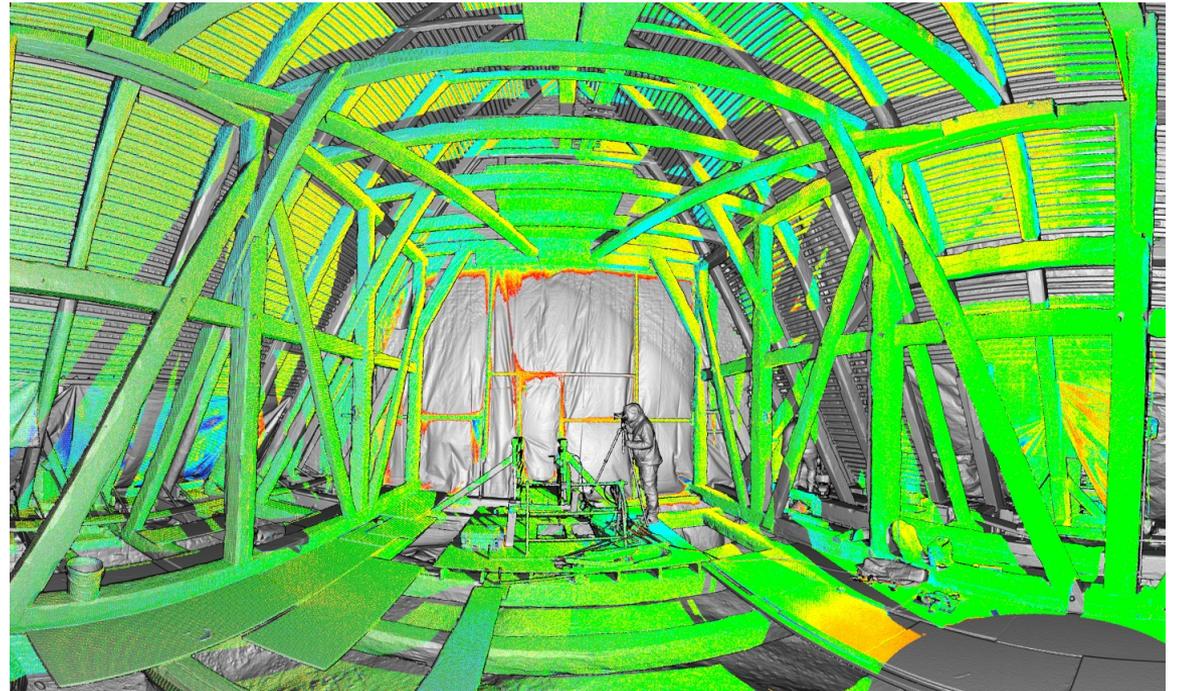
## Qualitätskontrolle der Orientierung

- Aussagekräftiges Protokoll der Orientierung
- Kontrolle über Schnitte sich überlagernder Scanbereiche
- Kontrolle über Abstandsbilder sich überlagernder Scanbereiche



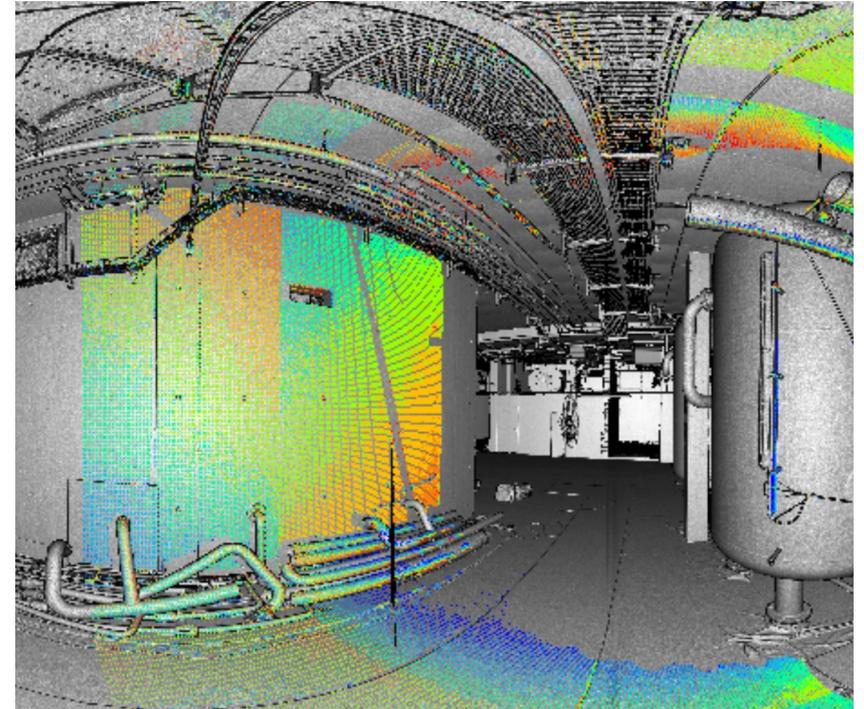
## Qualitätskontrolle der Orientierung

Beispiel für eine gute Orientierung zwischen zwei benachbarten Scans. Nur bewegliche Bereiche sind ausserhalb der Toleranz durch rot oder Blau gekennzeichnet.



## Qualitätskontrolle der Orientierung

Beispiel eines instabilen Untergrunds während der Aufnahme

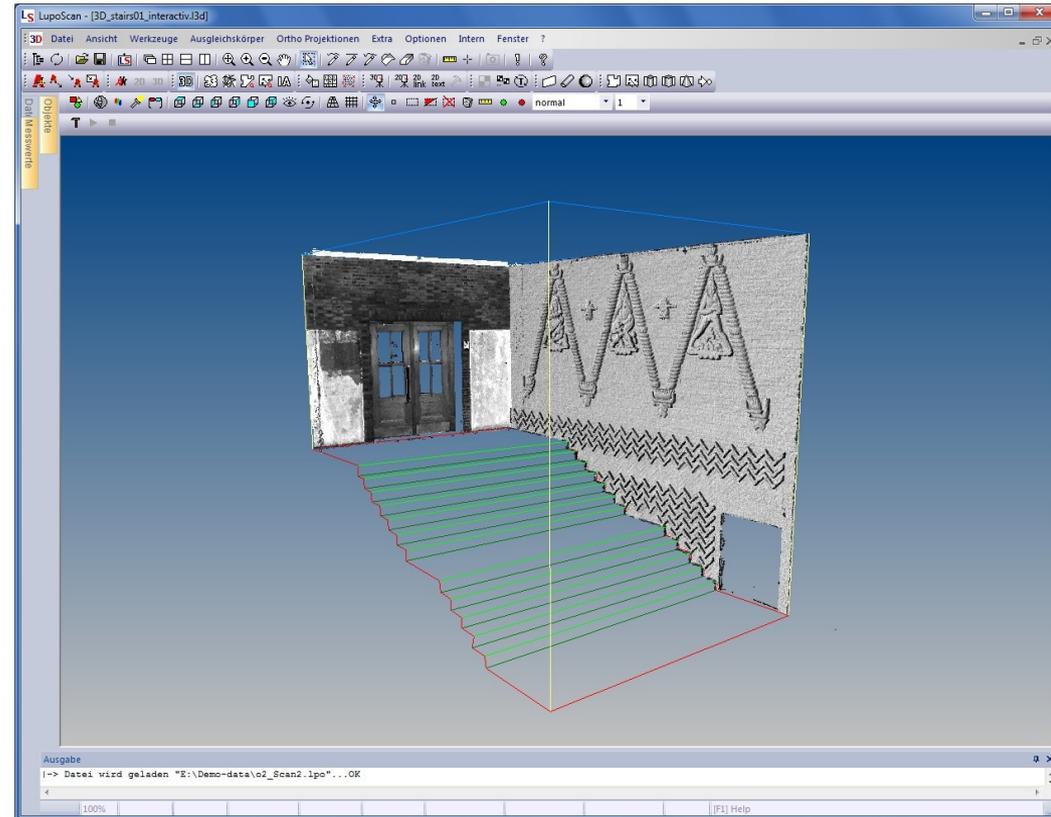


## Interactive

Bestimmen von geometrischen Objekten, wie

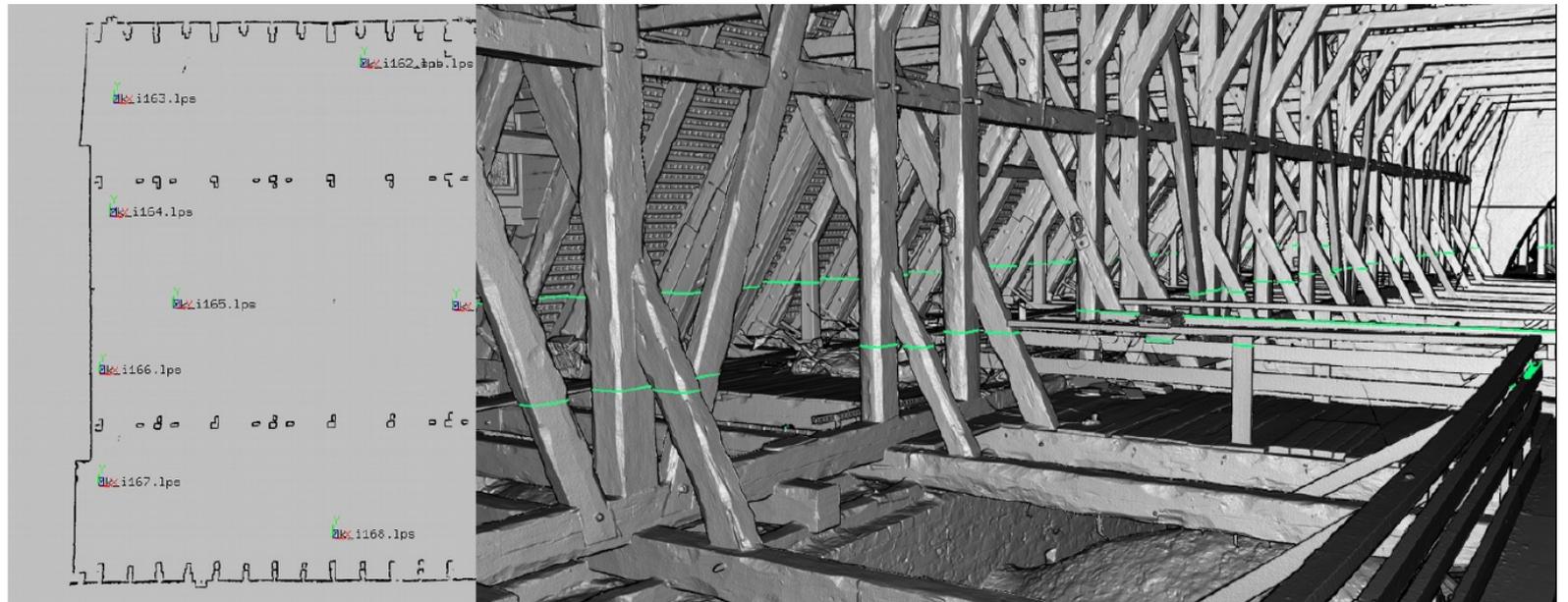
- Höhenpunkten
- Linien
- Polygonen
- Dreiecken
- Vierecken
- Zylinder
- Quader u.a.

direkt in den Ansichten der Laserscans, in den berechneten Orthophotos oder in der Punktwolke. Senden der CAD-Objekte über eine Direktschnittstelle an verschiedene CAD-Programme.



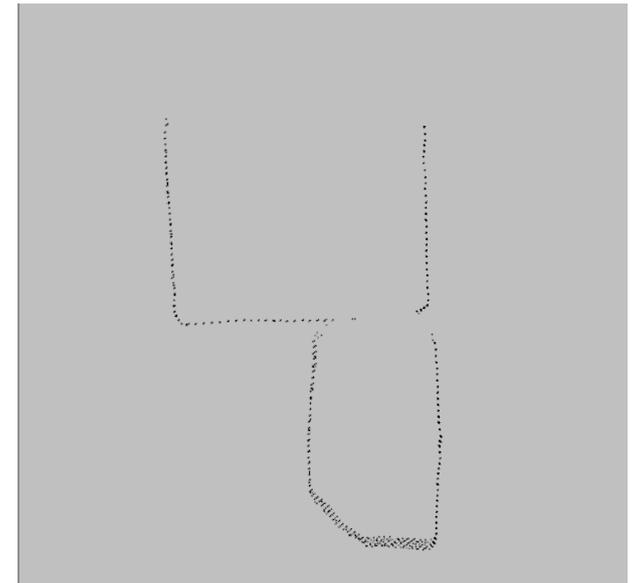
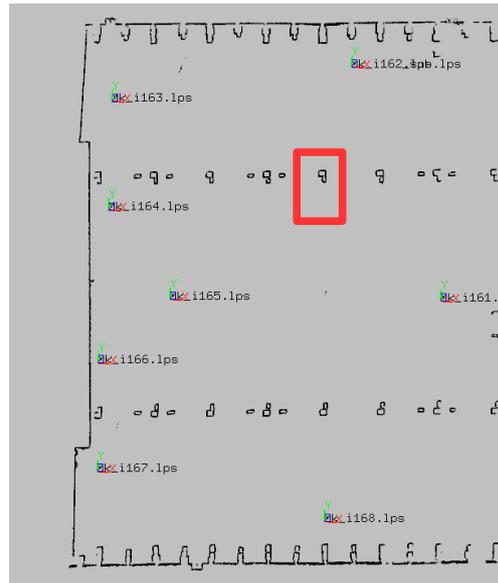
## Schnitte

**LupoScan** ermöglicht das einfache Erstellen von beliebigen Schnitten. Dabei können gleich mehrere Schnitte mit gleichem Abstand erzeugt werden. Die erzeugten Schnitte lassen sich in den 2D Ansichten/Panoramen anzeigen.



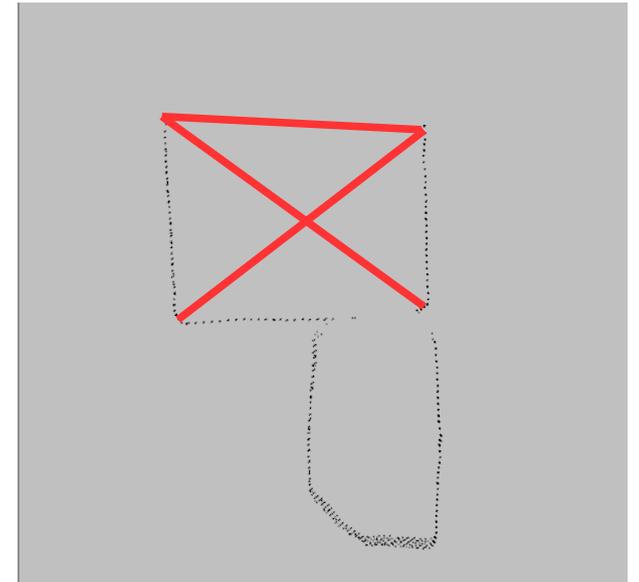
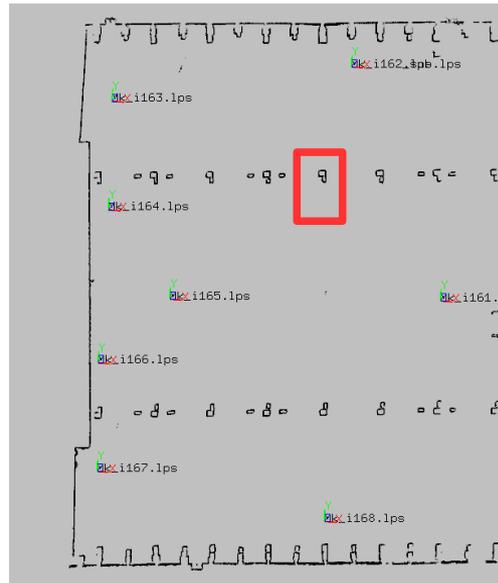
## Schnitte

Die extrahierten Punkte repräsentieren nur die gescannte Oberfläche. Nicht erfasste Bereiche können zu Fehlinterpretationen führen.



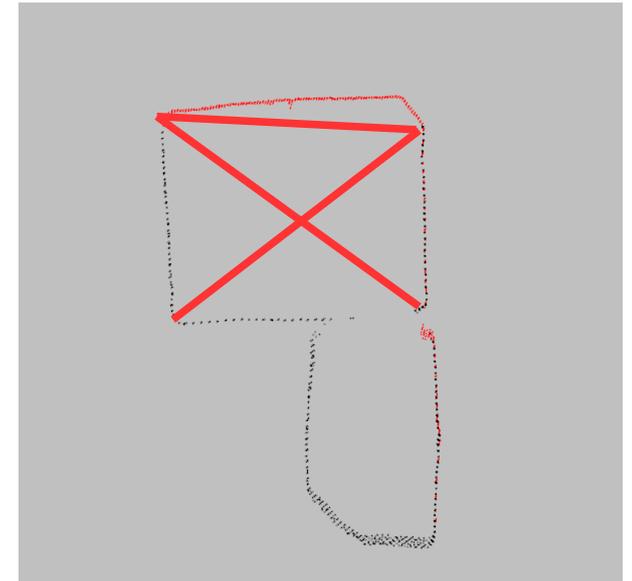
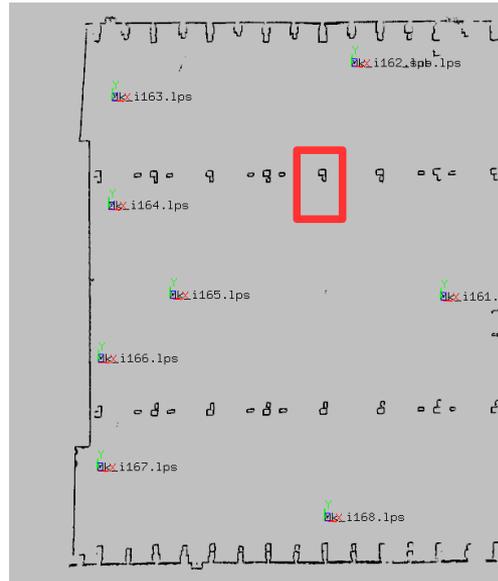
## Schnitte

Die extrahierten Punkte repräsentieren nur die gescannte Oberfläche. Nicht erfasste Bereiche können zu Fehlinterpretationen führen.



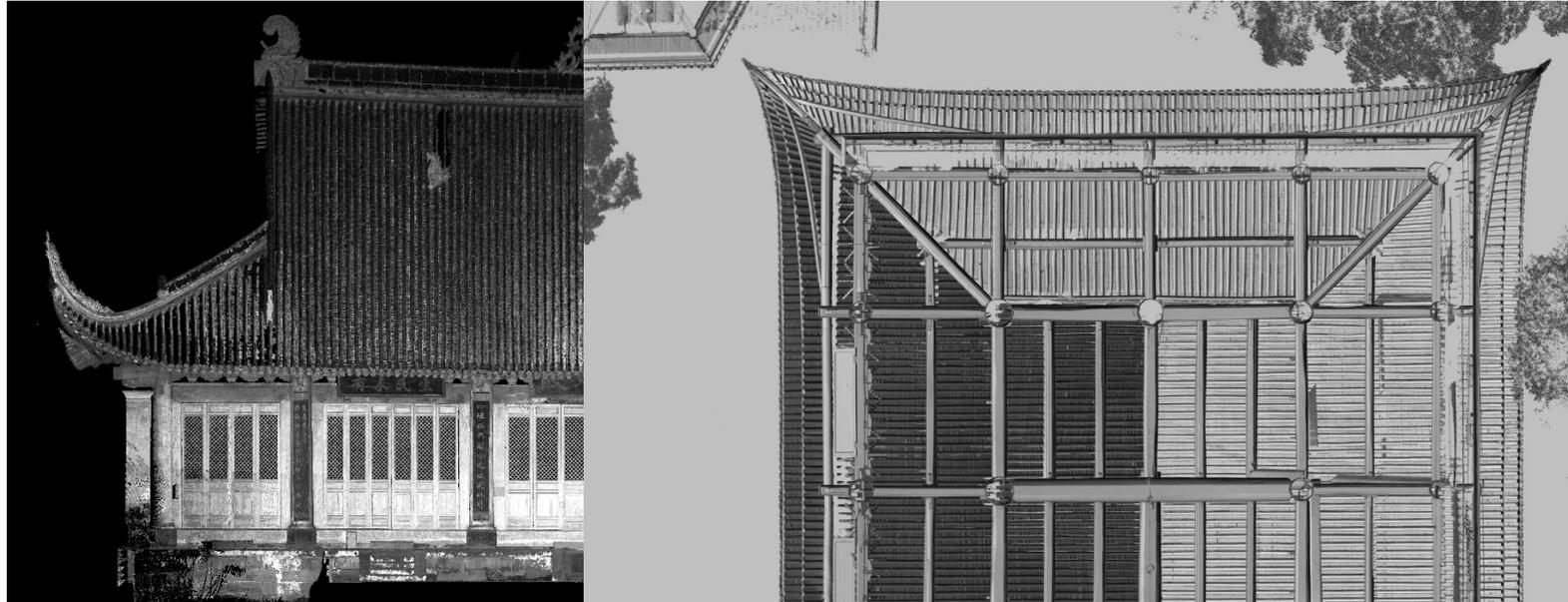
## Schnitte

Die extrahierten Punkte repräsentieren nur die gescannte Oberfläche. Nicht erfasste Bereiche können zu Fehlinterpretationen führen.



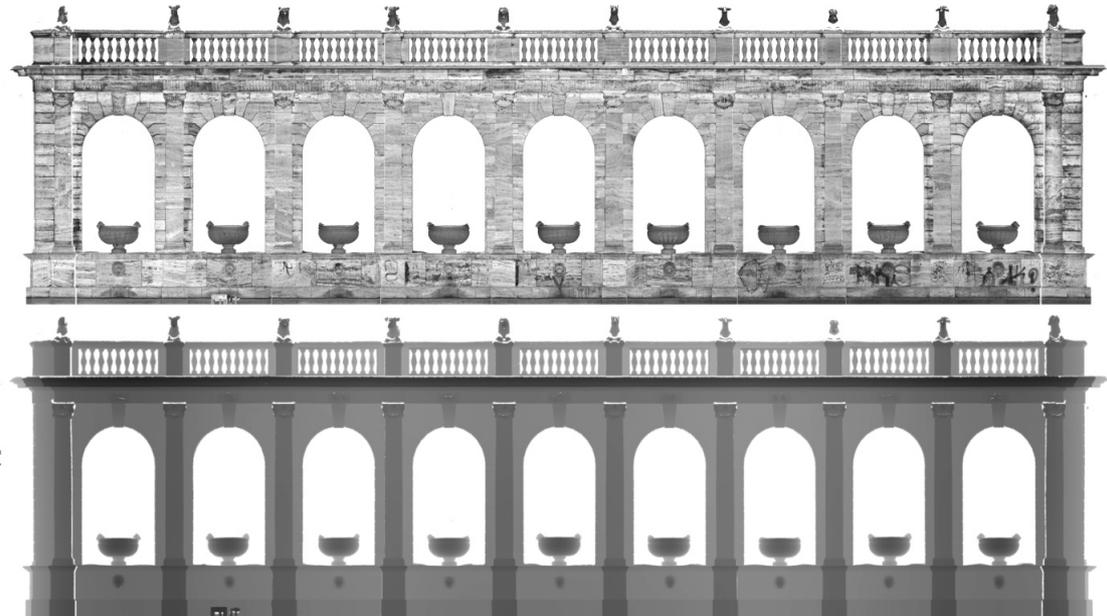
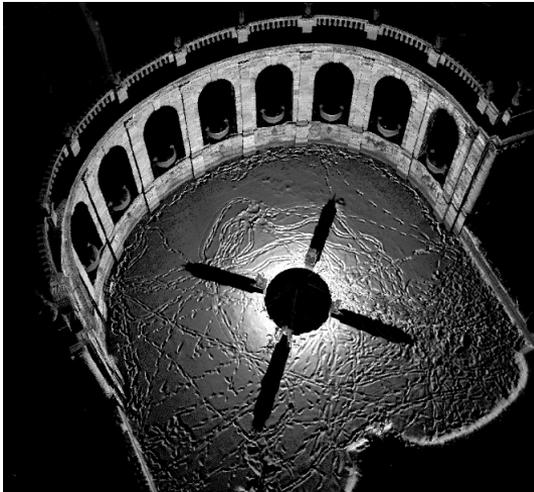
## Orthophotos

Aus den Intensitäten/Farbwerten von Punktwolken lassen sich Orthophotos bezüglich beliebiger Ebenen berechnen. Das Ergebnis wird in einem eigenen Datenformat abgelegt, das weiterhin die 3D-Informationen der Daten enthält.



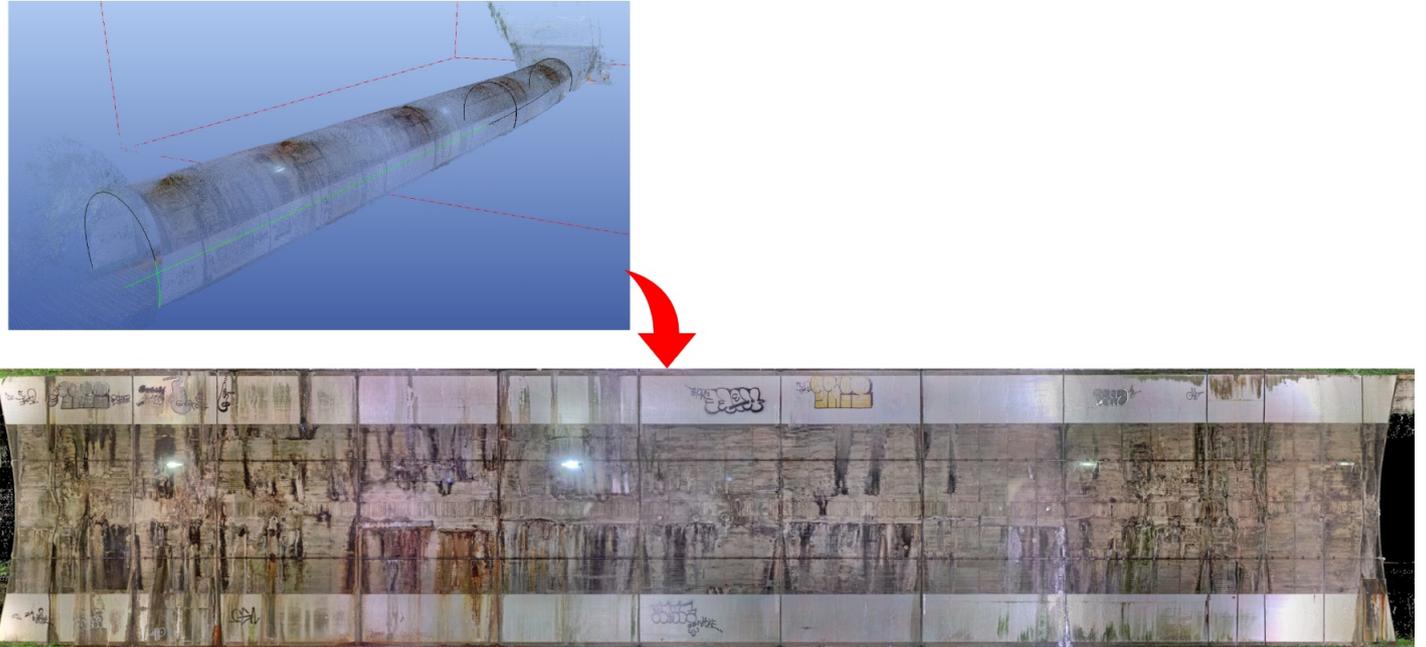
## Abwicklungen

Erstellt durch Orthogonalprojektion von Punktwolken auf einen beliebigen Zylinder- oder Kegelmantel und anschließender Abwicklung in die Ebene. Der Vorteil besteht in der Maßhaltigkeit von Plänen runder Bauwerke wie z.B. Tunnelröhren, Säulen oder Rundtürme.



## Tunnelabwicklung

**LupoScan** die Möglichkeit zur Abwicklung von Tunnelröhren mit unterschiedlich Krümmungen im Profil und Achse.



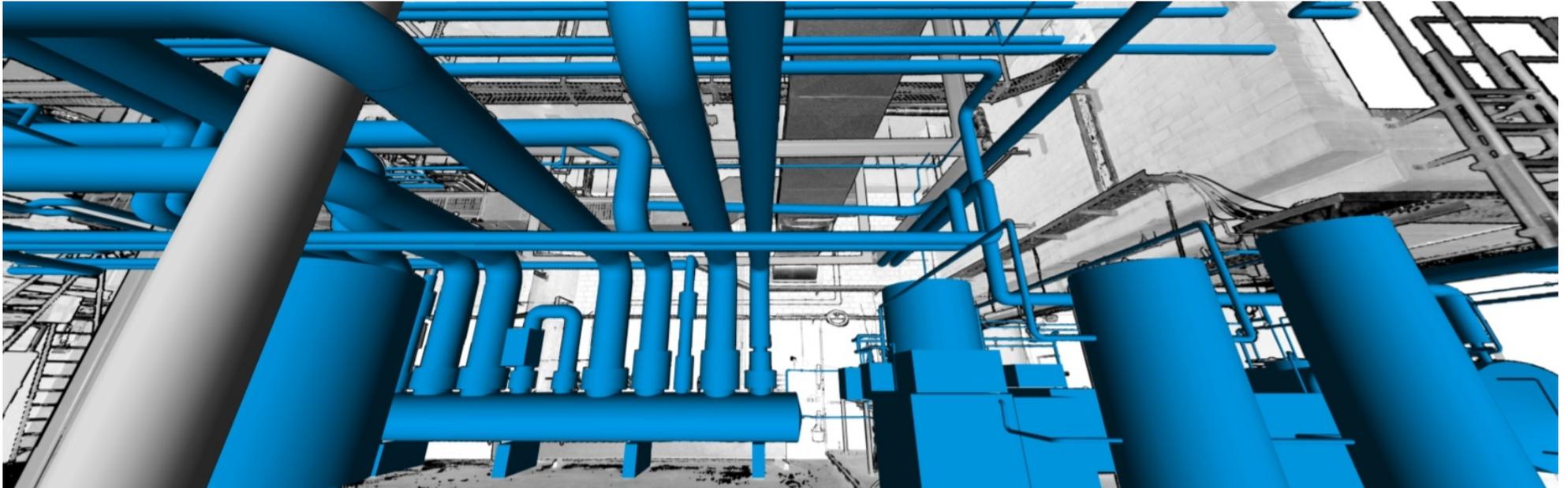
## Farbige Laserscans

Alle Laserscandaten können auch mit den entsprechenden RGB-Werten aus internen Kameras importiert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, Aufnahmen kalibrierter Kameras in die Laserscans oder Orthophotos zu rechnen.



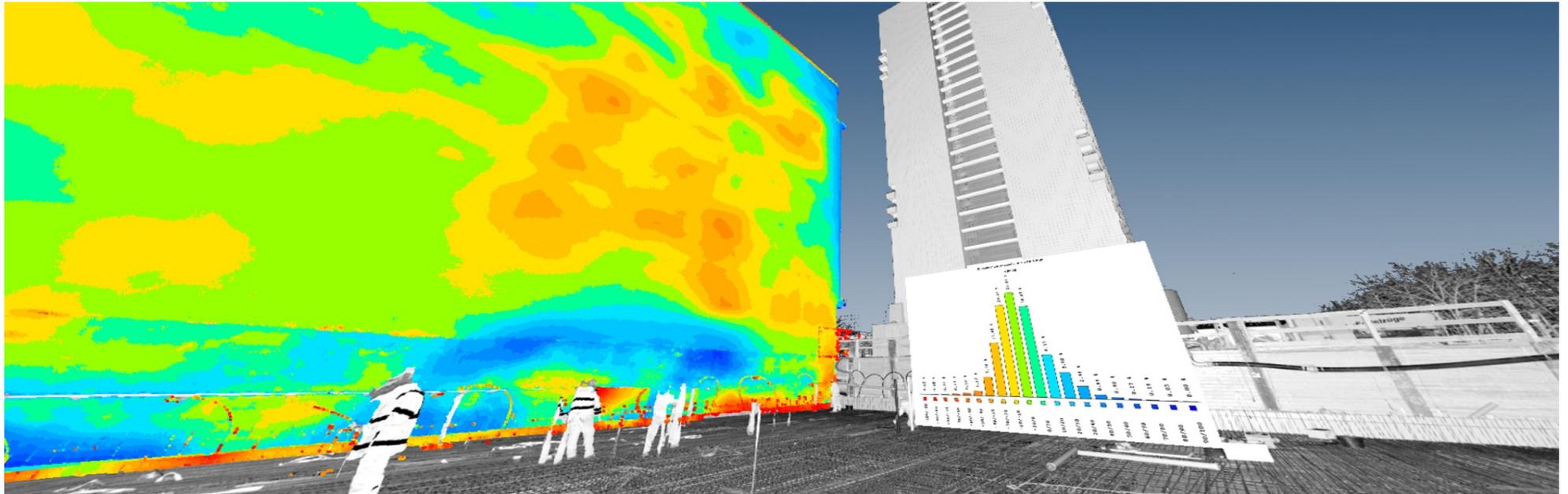
## Modellierung

Aus den Punktwolken lassen sich schnell hoch genaue Ausgleichskörper erstellen. Die Berechnung von ausgeglichenen Ebenen, Kugeln oder Zylindern erfolgt wahlweise durch die manuelle Vorgabe von klar definierten Punkten oder mittels automatischer Suche nach Angabe eines Startpunktes.



## Deformations-, Abstandsanalyse

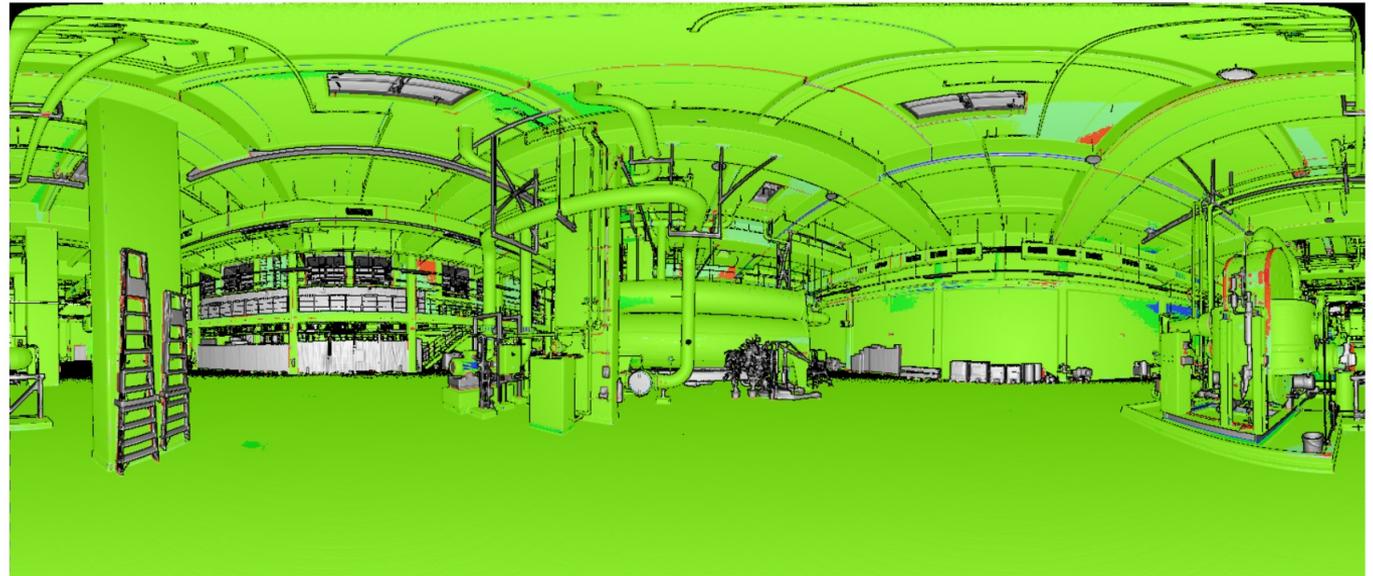
Aufgrund der hohen Punktdichten, ist es möglich, Verformungen einfach und in kurzer Zeit zu bestimmen. So können Verformungen bezüglich einer Sollform (*BIM/Vermaschung, Ebene, Zylinder, Kegel, Kugel*) bzw. Verformungen zwischen Punktwolken verschiedener Epochen bestimmt werden.



## Abstandsanalyse von As-Built Modellen

Überprüfung des Modells nach Vollständigkeit und geometrischer Korrektheit

[4\) MB\\_A\\_103.lps](#)

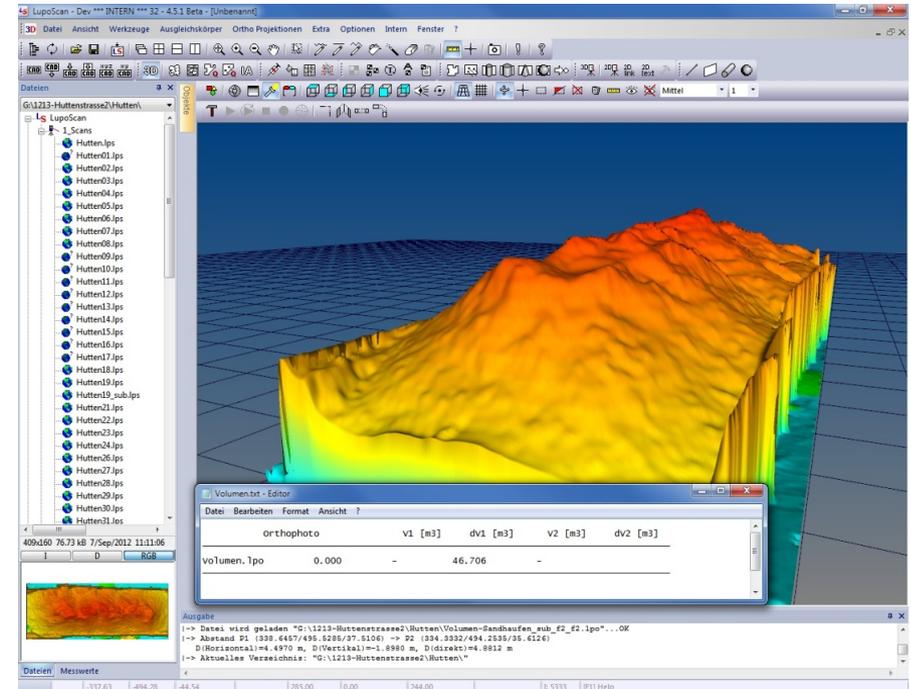
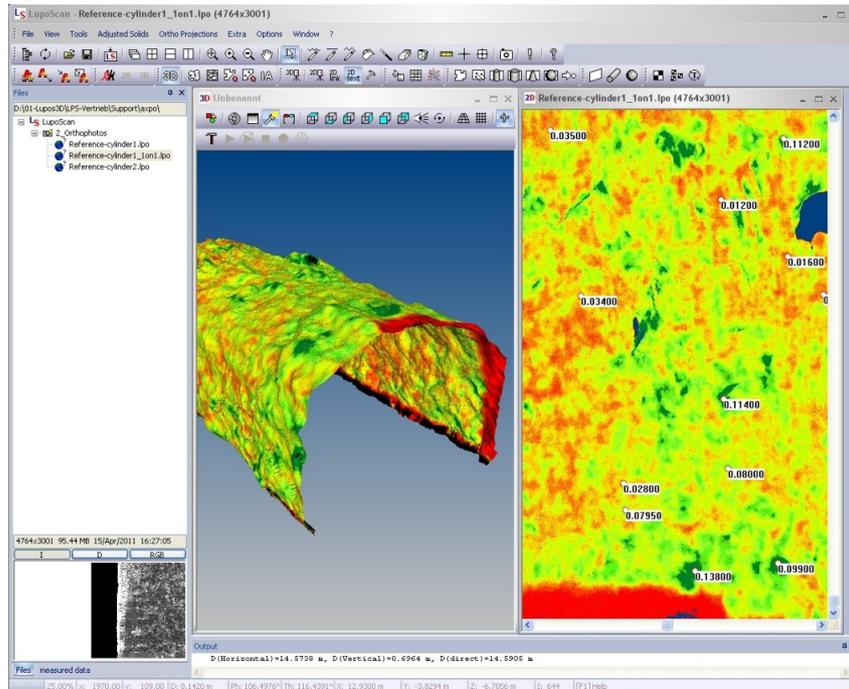


MB\_A\_103.lps\_View\_defo EG - Alle.png

-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 [mm]

## Volumenermittlung

Einfache Berechnung von Volumen und Differenzvolumen.





## Architektur – Deutsche Oper Berlin

Die Deutsche Oper Berlin hat eine Ausdehnung von 170 m in Nord-Süd-Richtung und 130 m in Ost-West-Richtung. Sie besteht aus dem Zuschauerraum, der Bühne, Prohebühnen, Magazinen, Werkstätten und dem Verwaltungsgebäude.

Insgesamt haben wir mehr als 7500 Scans aufgenommen. Die absolute Registriergenauigkeit aller Scanpositionen mit Scantra lag unter +/-1 cm.

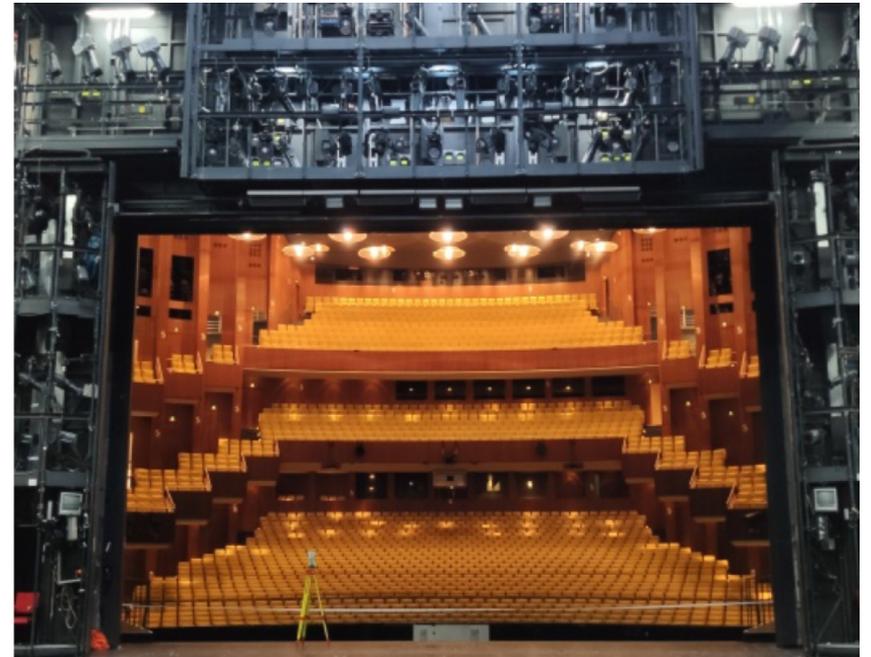


Screenshot: Google Earth

## Architektur – Deutsche Oper Berlin

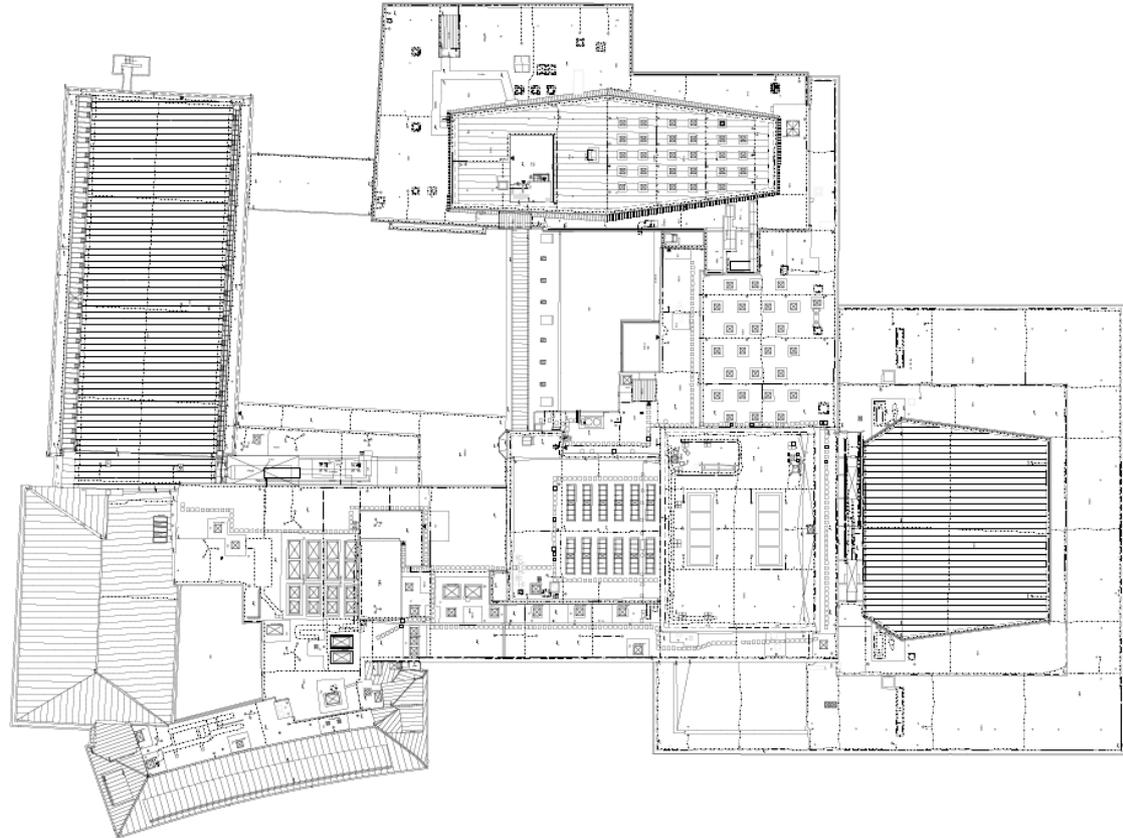
Die Gebäude, die in verschiedenen Jahren errichtet wurden, sind zu einem großen Komplex miteinander verbunden.

Aufgrund der unterschiedlichen Nutzung und der verschiedenen Baujahre sind die Durchgänge zwischen den Gebäuden außergewöhnlich komplex. Dies gilt insbesondere für die Treppenhäuser und Aufzüge.



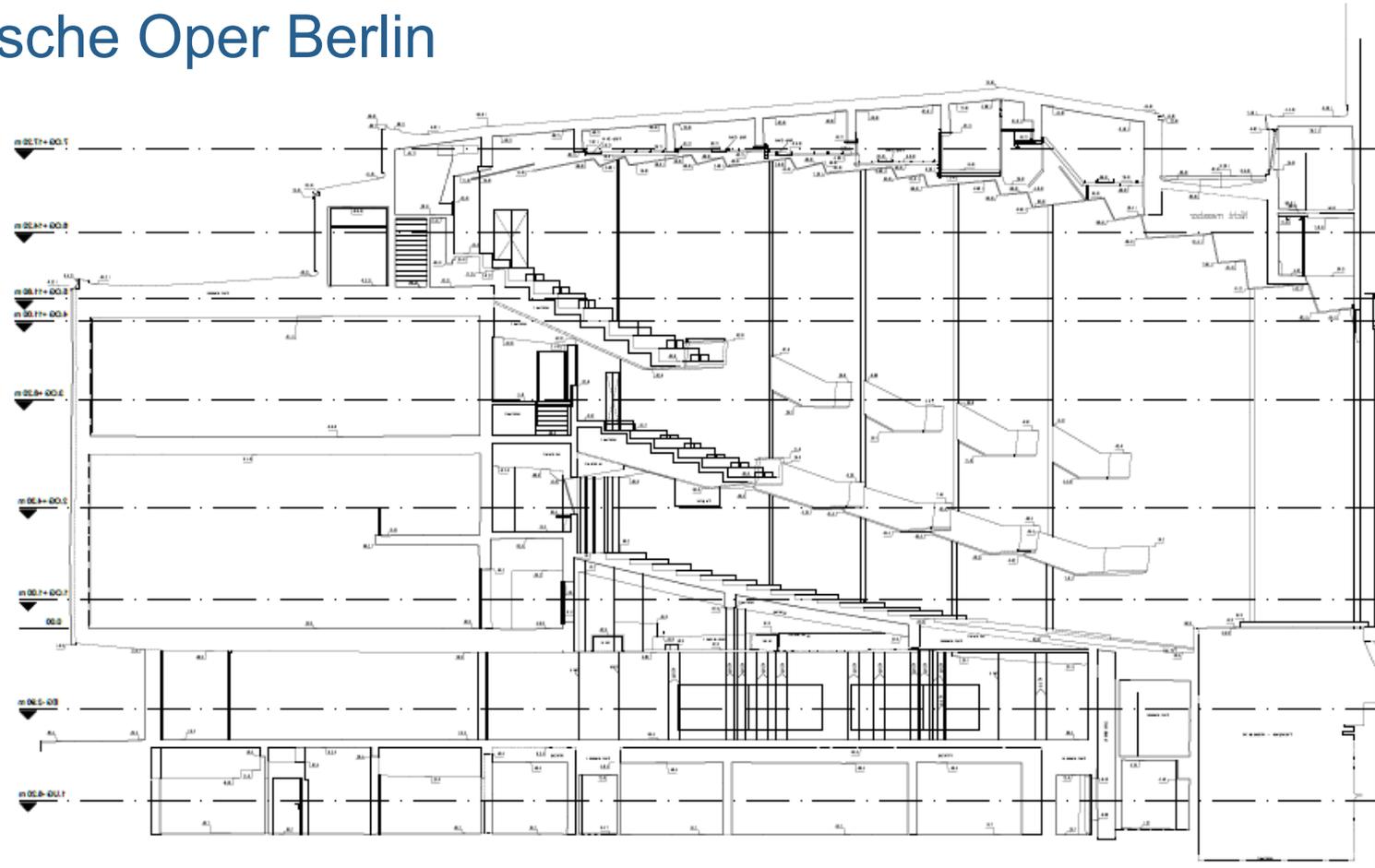
# Architektur – Deutsche Oper Berlin

## Grundrisse



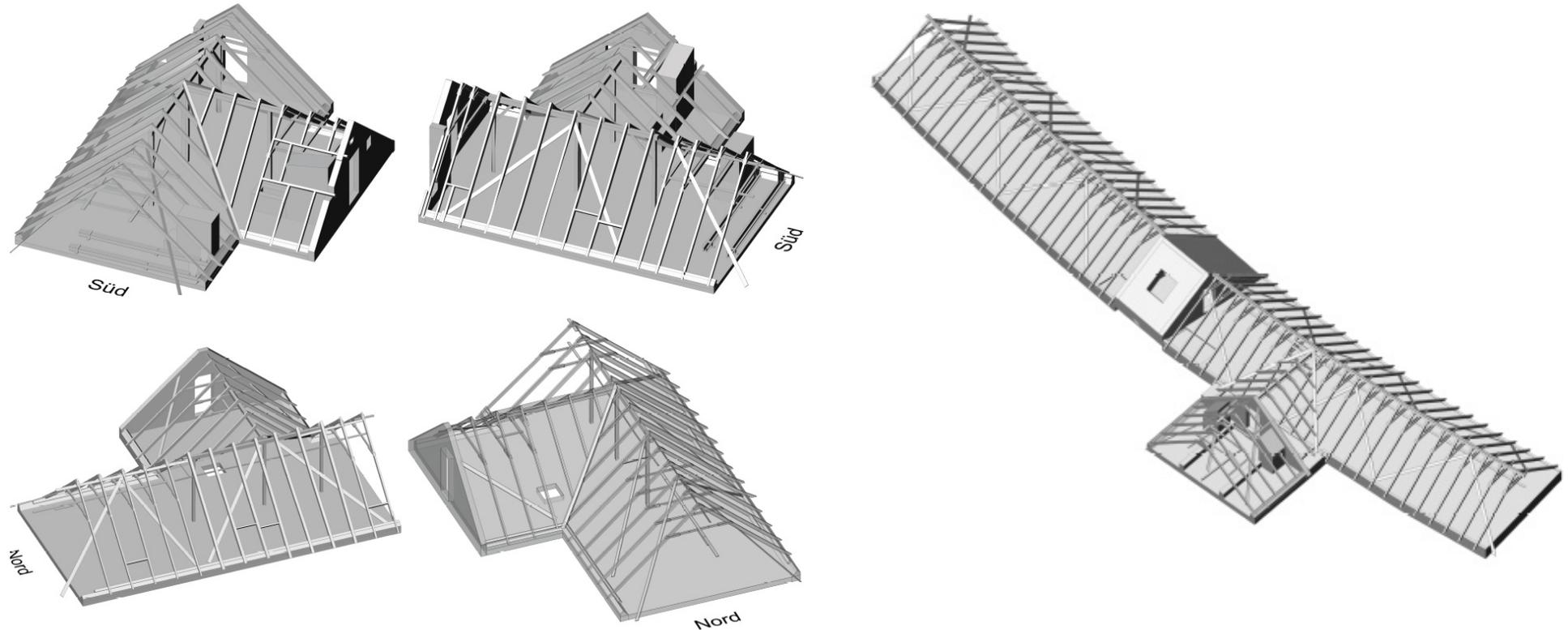
# Architektur – Deutsche Oper Berlin

## Schnitte



## Bundesumweltamt

3D Modellierung auf Grundlage von orientierten Laserscandaten

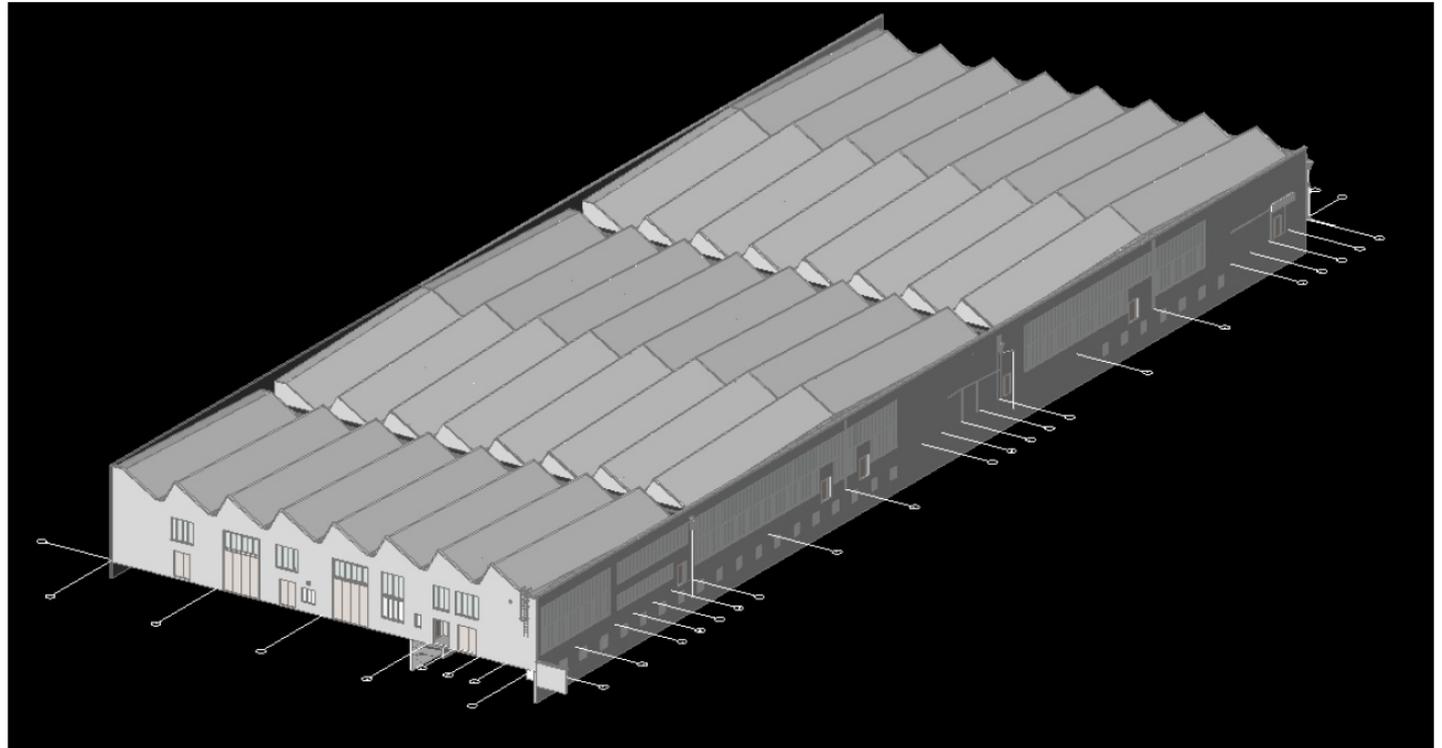


## Architektur BIM – Industriehalle Spandau

LOD 200-300

6800 m<sup>2</sup>

Genauigkeit +/-2 cm

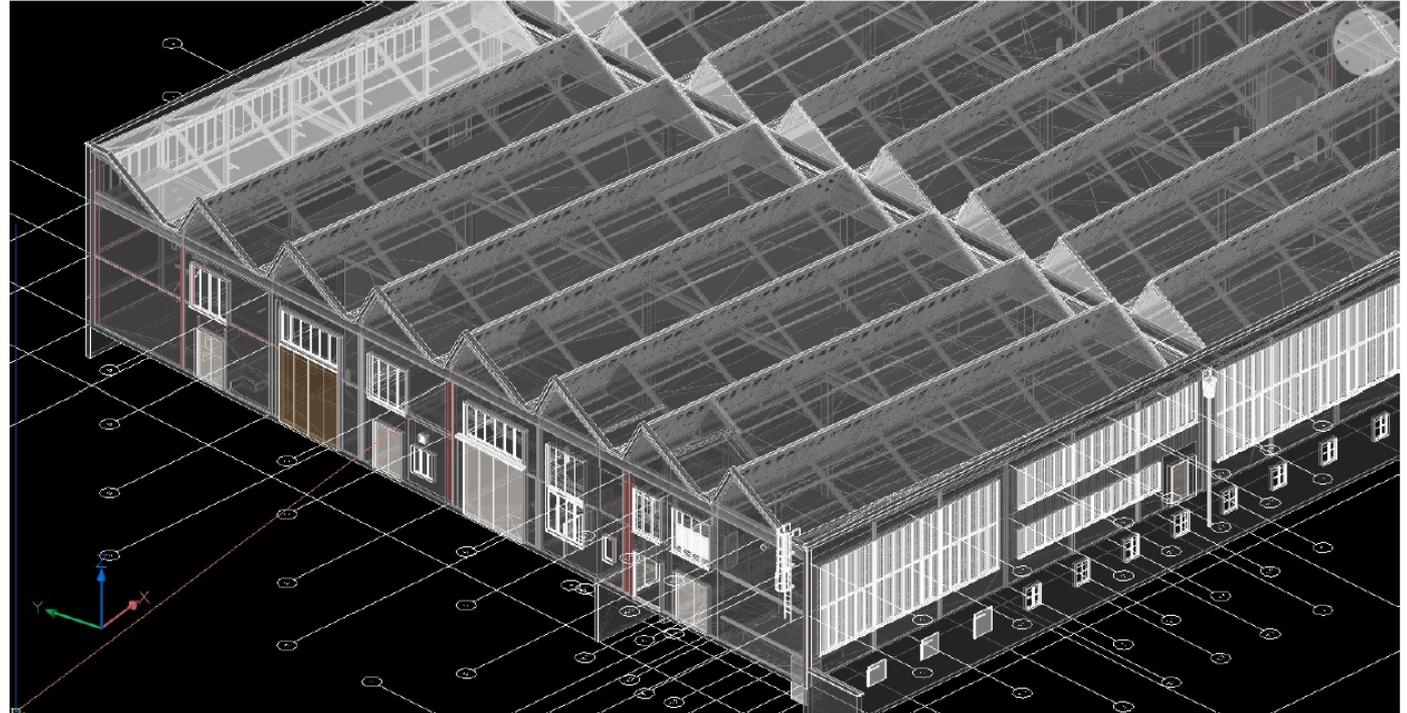


## Architektur BIM – Industriehalle Spandau

LOD 200-300

6800 m<sup>2</sup>

Genauigkeit +/-2 cm



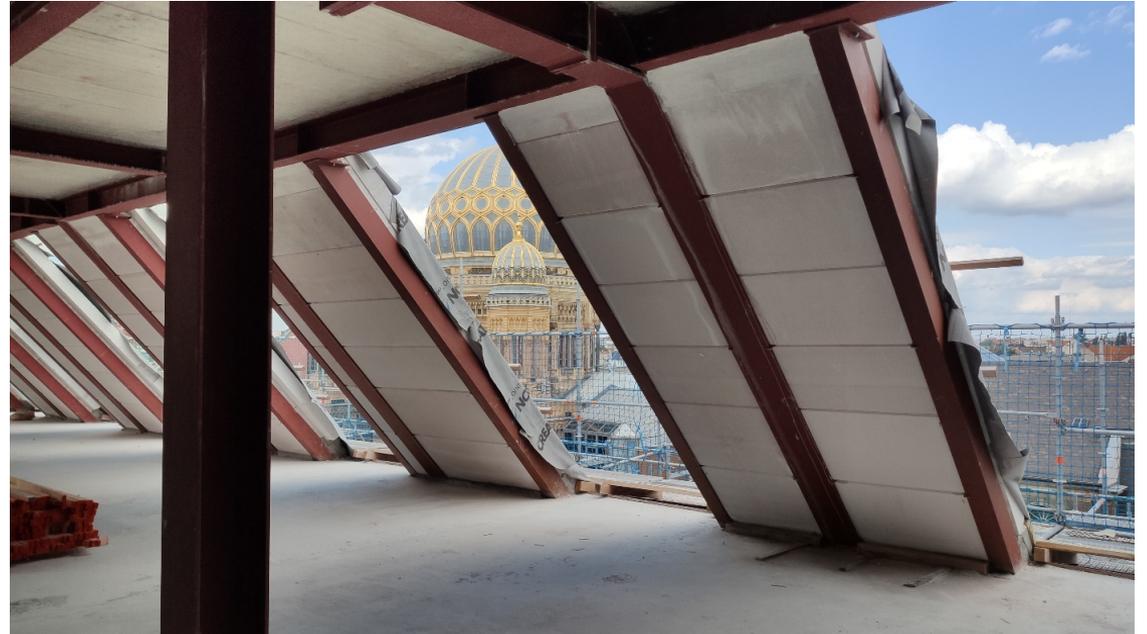
## Architektur – HTA

Es wurde eine detaillierte, formgerechte Bestandserfassung in kürzester Zeit benötigt.



## Architektur – HTA

- Fläche ca. 35.000 m<sup>2</sup>
- Erstellung der Ergebnisse innerhalb von 4 Wochen



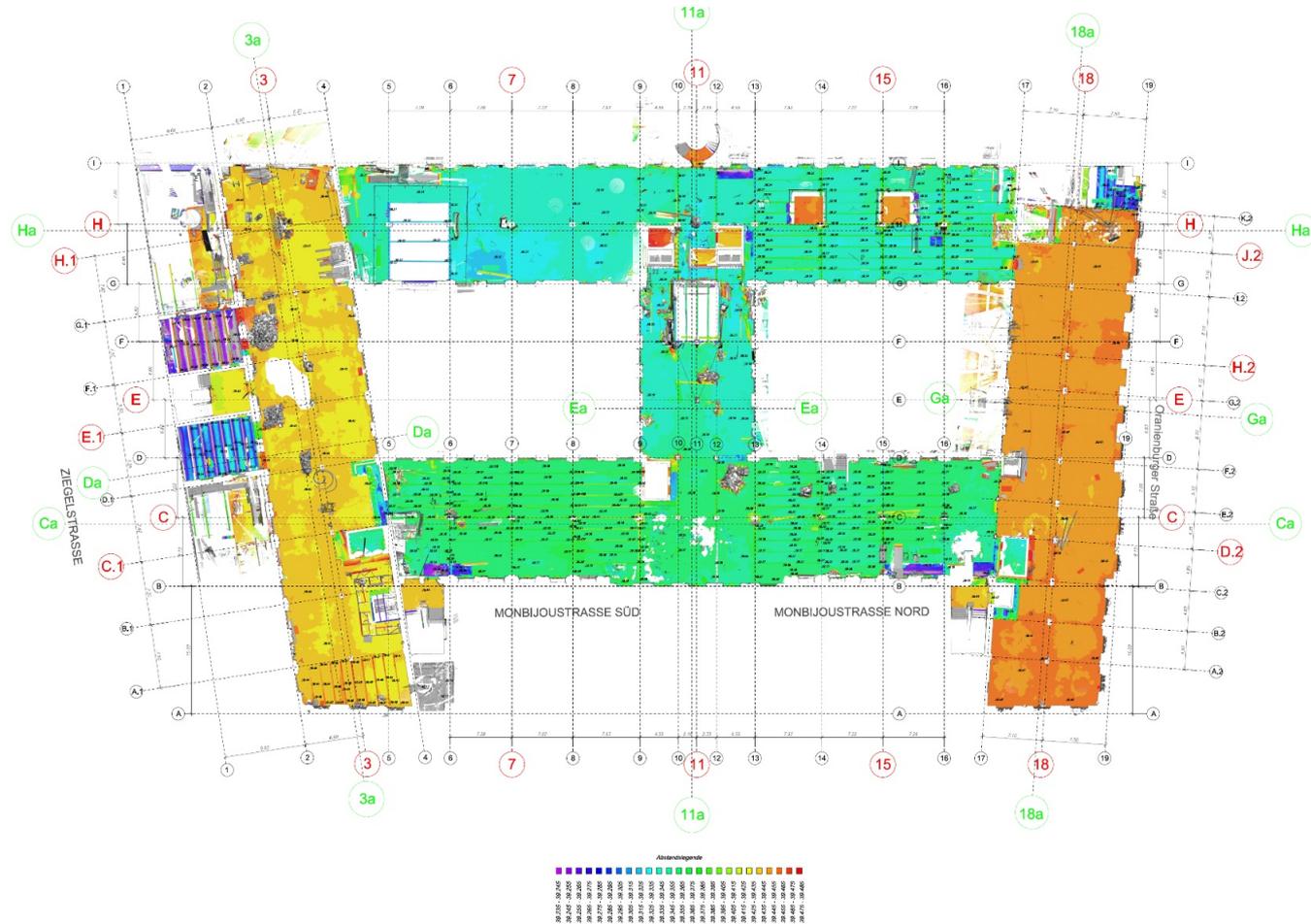
## Architektur – HTA

Anstelle von “klassischen“ Ergebnissen, wie

- CAD Pläne, 3D Modelle, die in der Erstellung viel zu zeitaufwendig gewesen wären
- einfache Punktwolken, die in der Gesamtheit sehr groß und von den Planern schwer zu bearbeiten gewesen wären

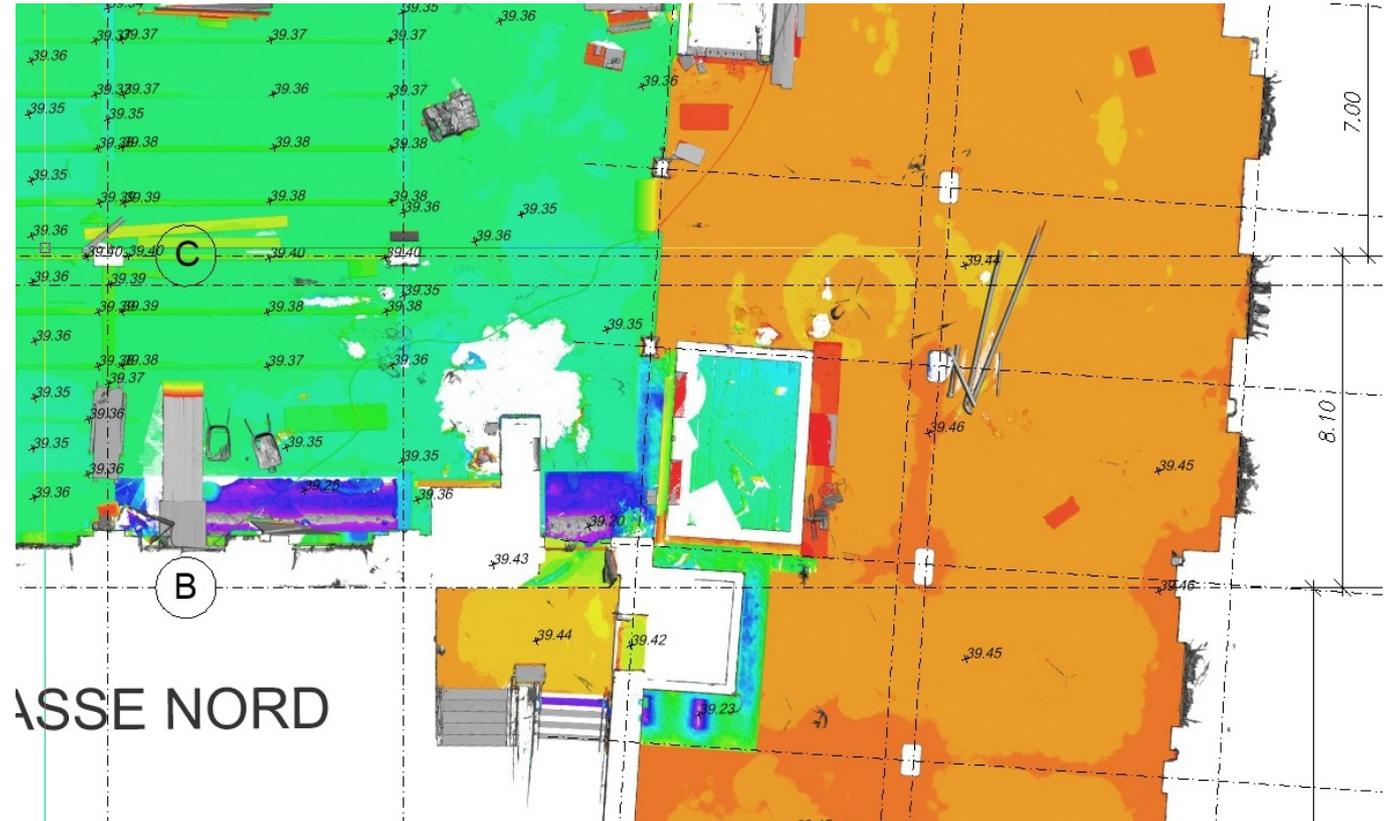
erstellten wir Schnitte sowie Spot- und Abstandsbilder.

## Architektur – HTA Grundriss mit Höhen

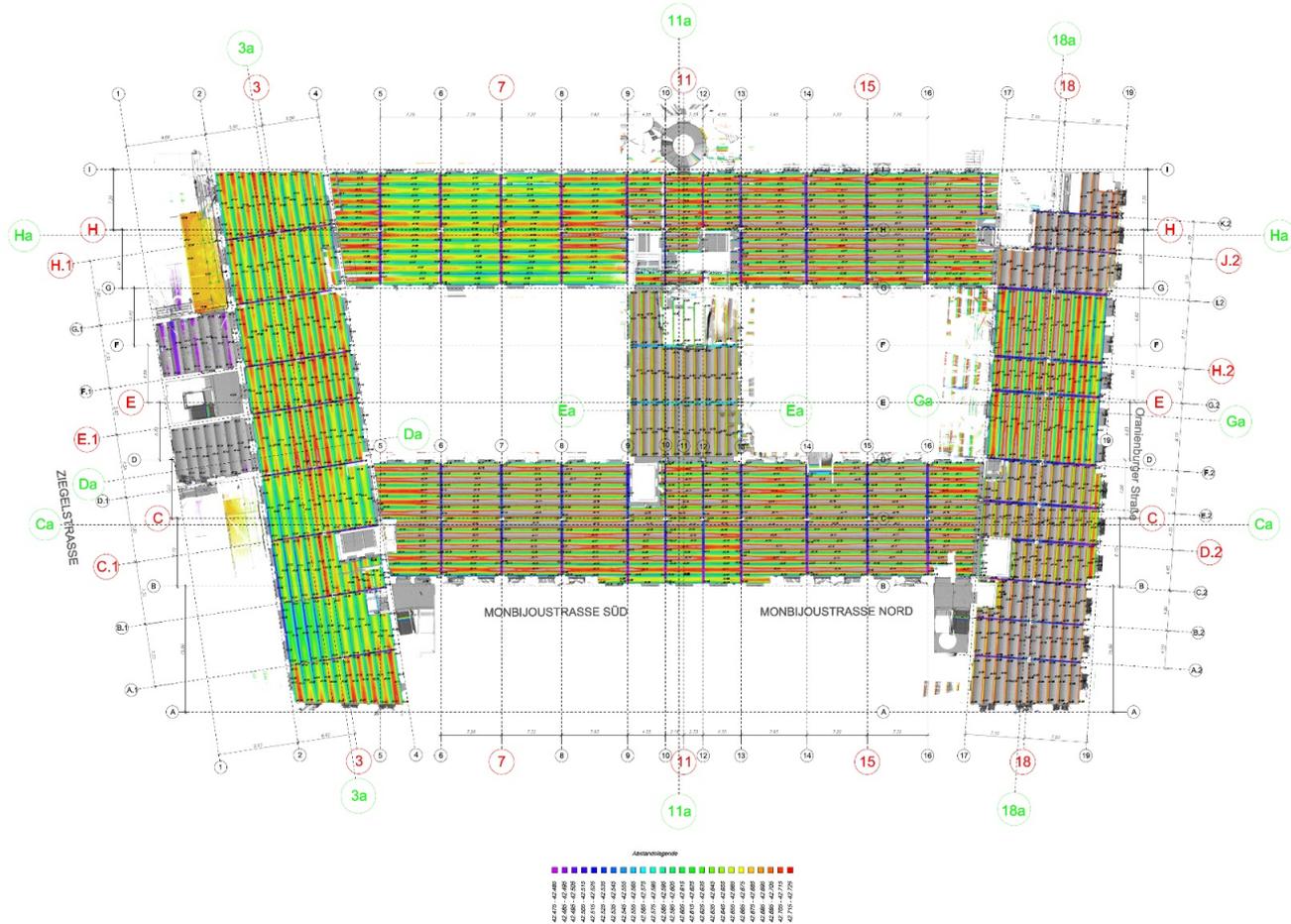


## Architektur – HTA

## Grundriss mit Höhen

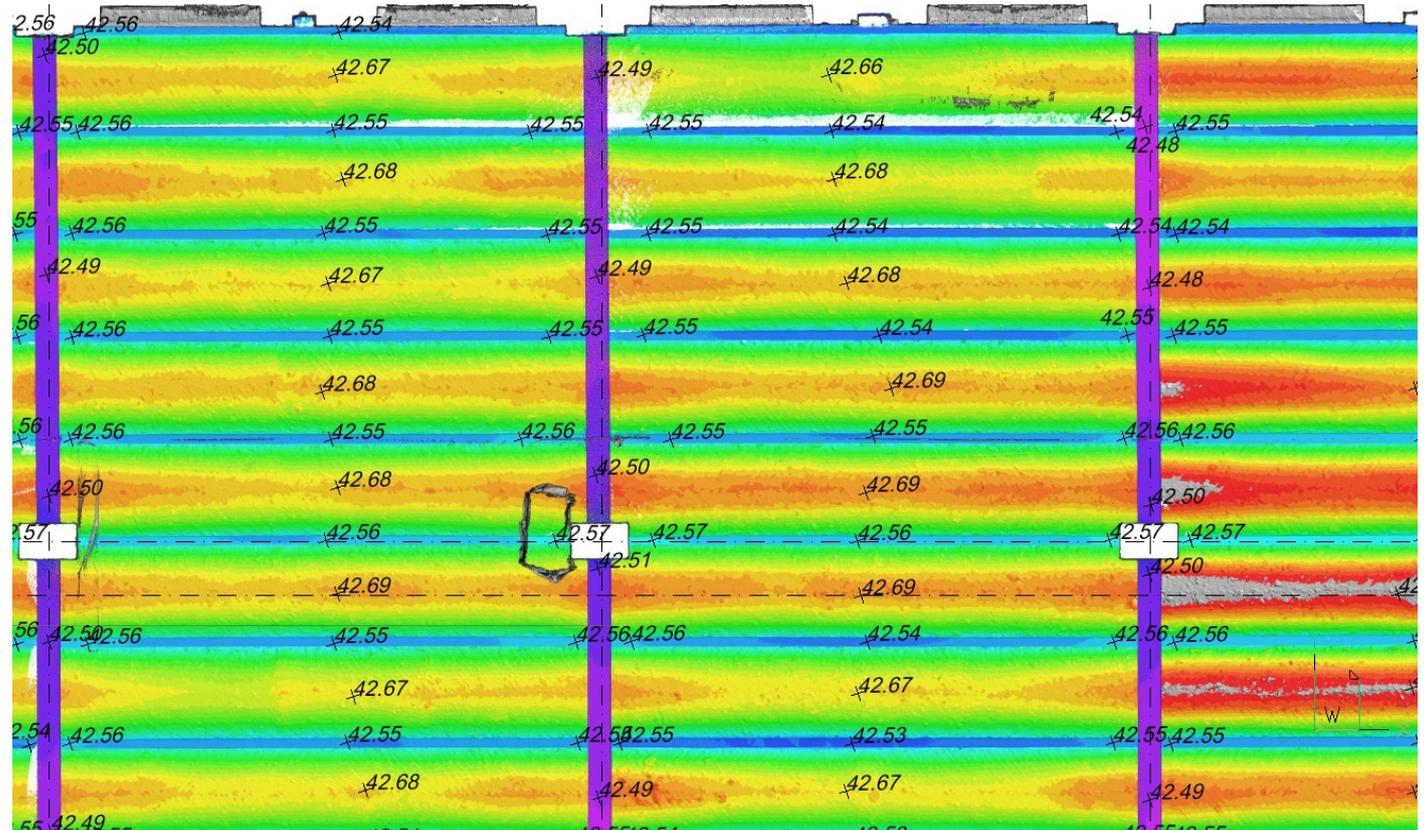


## Architektur – HTA Deckenspiegel mit Höhen



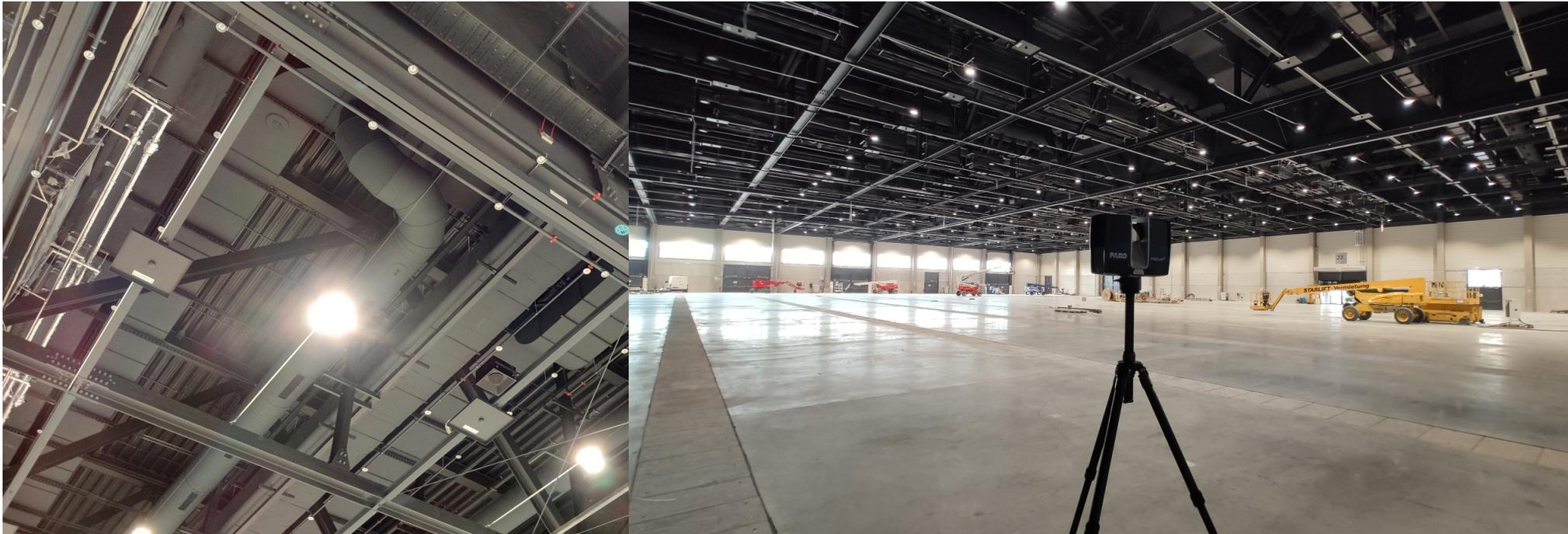
## Architektur – HTA

### Deckenspiegel mit Höhen



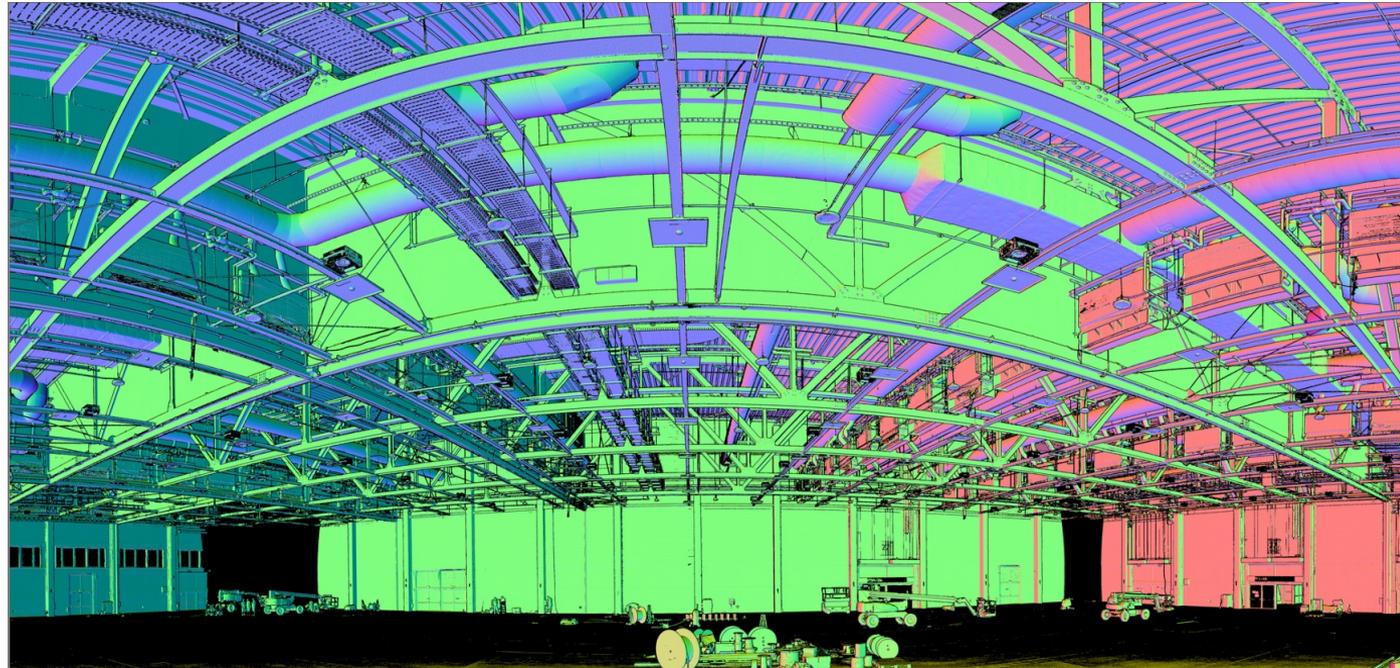
## Messehalle

Bestandsaufnahme für den Vergleich des Gebauten zur Planung. Grundlage zur Neuberechnung der Statik.



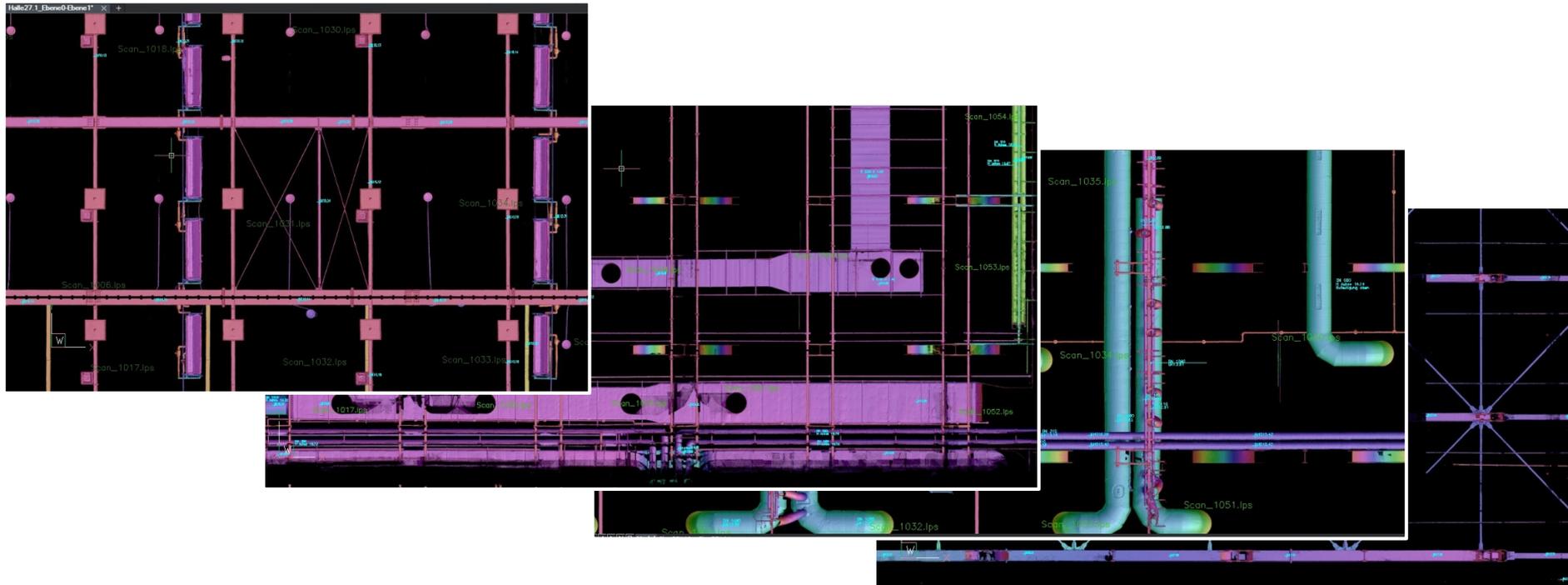
## Messehalle

Bestandsaufnahme für den Vergleich des Gebauten zur Planung. Grundlage zur Neuberechnung der Statik.



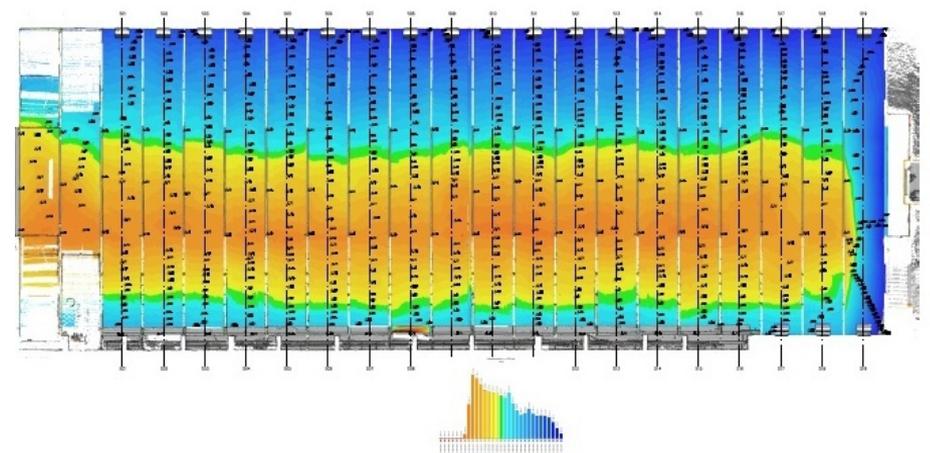
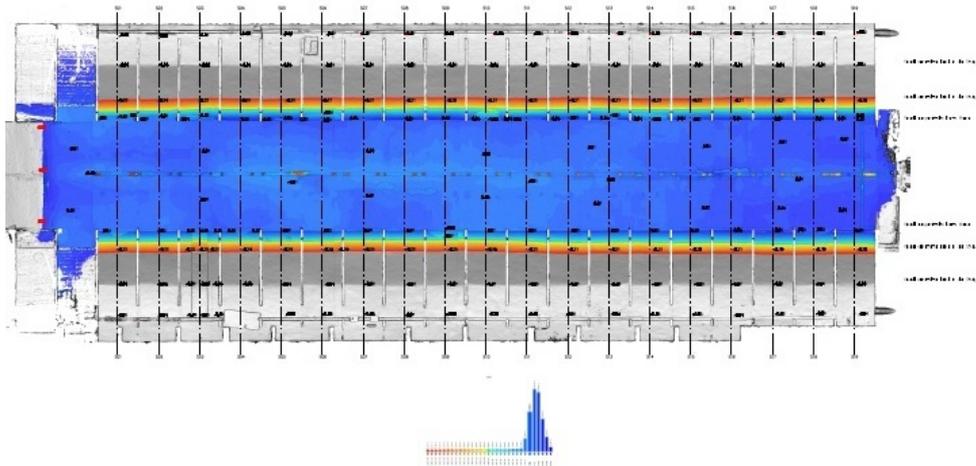
## Messehalle

Erstellung von Orthophotos mit Höheninformation in 4 Ebenen. Berechnung von Schnitten. Überlagerung der Daten mit der Planung.



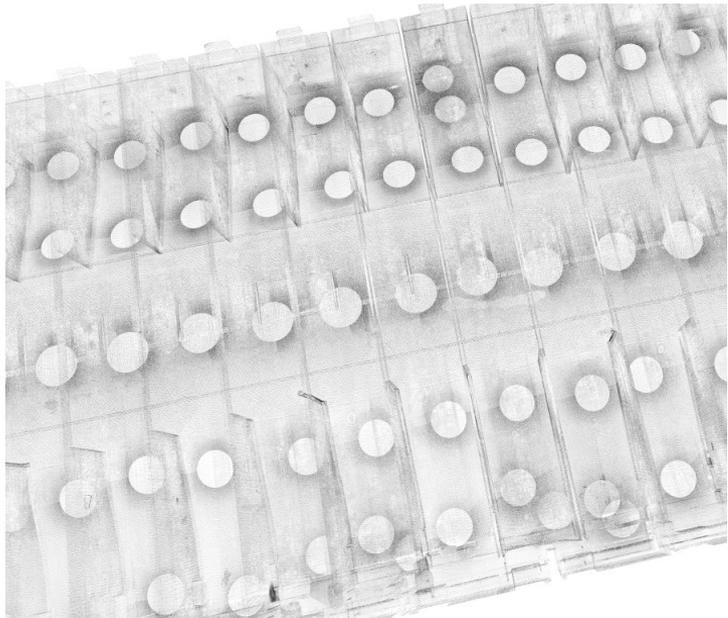
## Planning of double parking spaces in an underground car park

→ Registration → Filter → Sections → Orthophotos and Distance maps



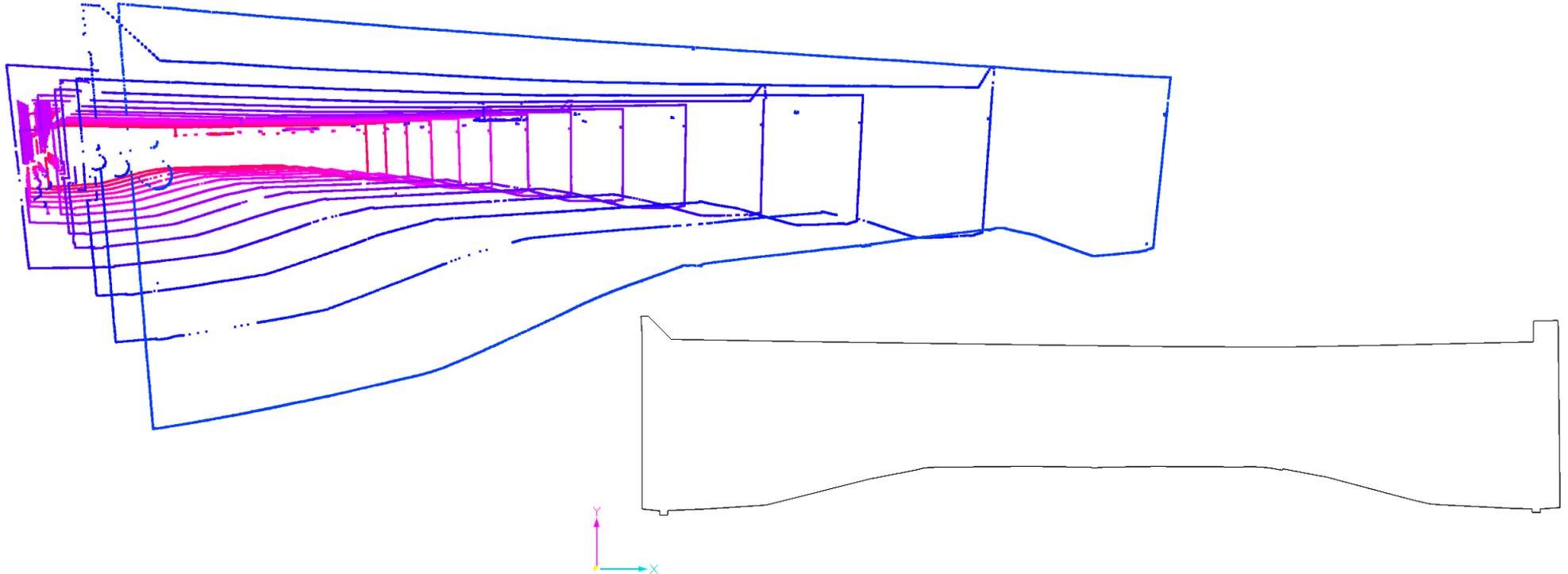
## Planning of double parking spaces in an underground car park

- After the demolition of the old double parker installations, the underground car park was recorded with 115 scans in a regular grid.
- The scan data provided the basis for planning the new facilities.



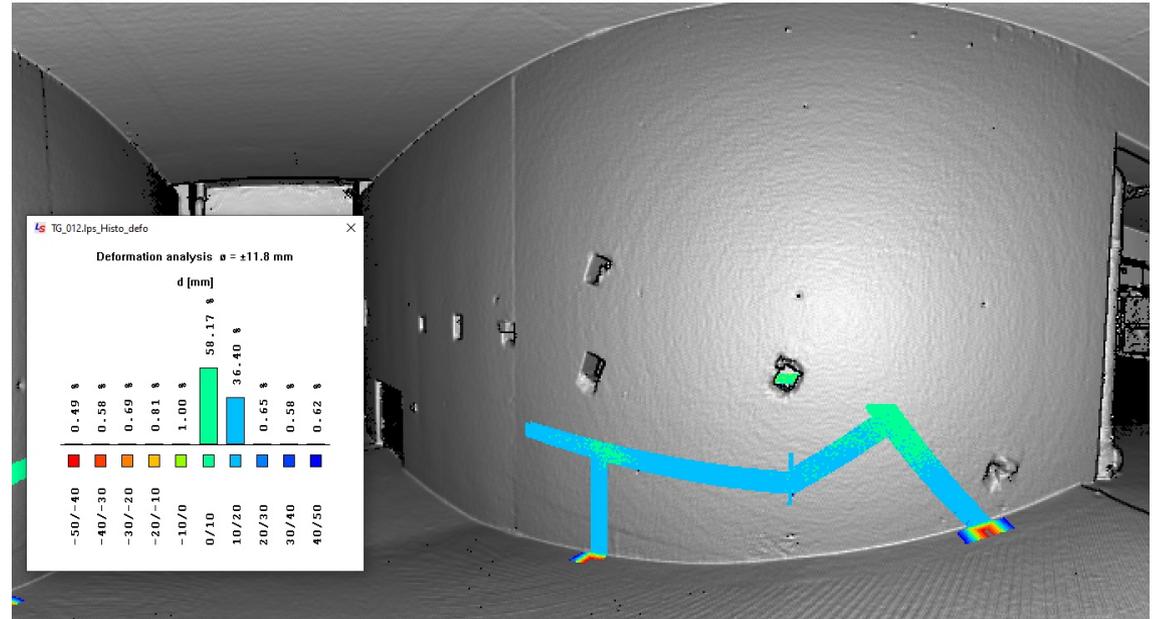
## Planning of double parking spaces in an underground car park

→ Registrierung → Filterung → Schnitte → Orthophotos und Abstandsbilder



## Planning of double parking spaces in an underground car park

- Placement (shifting and rotation) of the designed model in the individual garage spaces
- Clash detection of the placed models with distance visualisation





Luxlakes LuHu Eco-City

Chengdu WanHua New City Development Ltd.

Construction area: ~ 550 ha

Started 2009; planned completion 2028

Base area Living space: ~300.000 m<sup>2</sup>

Base area business space: ~150.000 m<sup>2</sup>

Space for 150.000 inhabitants

## Scan to BIM Comparison

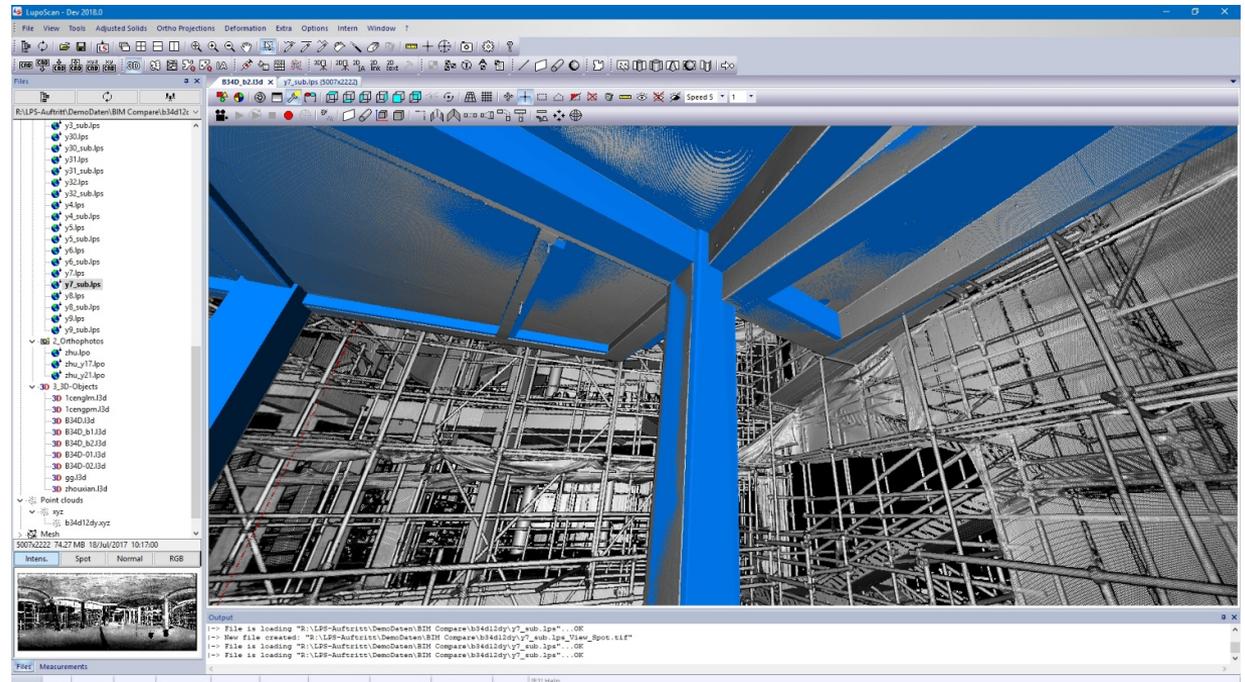
Export the surfaces of the BIM-Models as STL- or OBJ-File

Import the STL- or OBJ-File into **LupoScan**



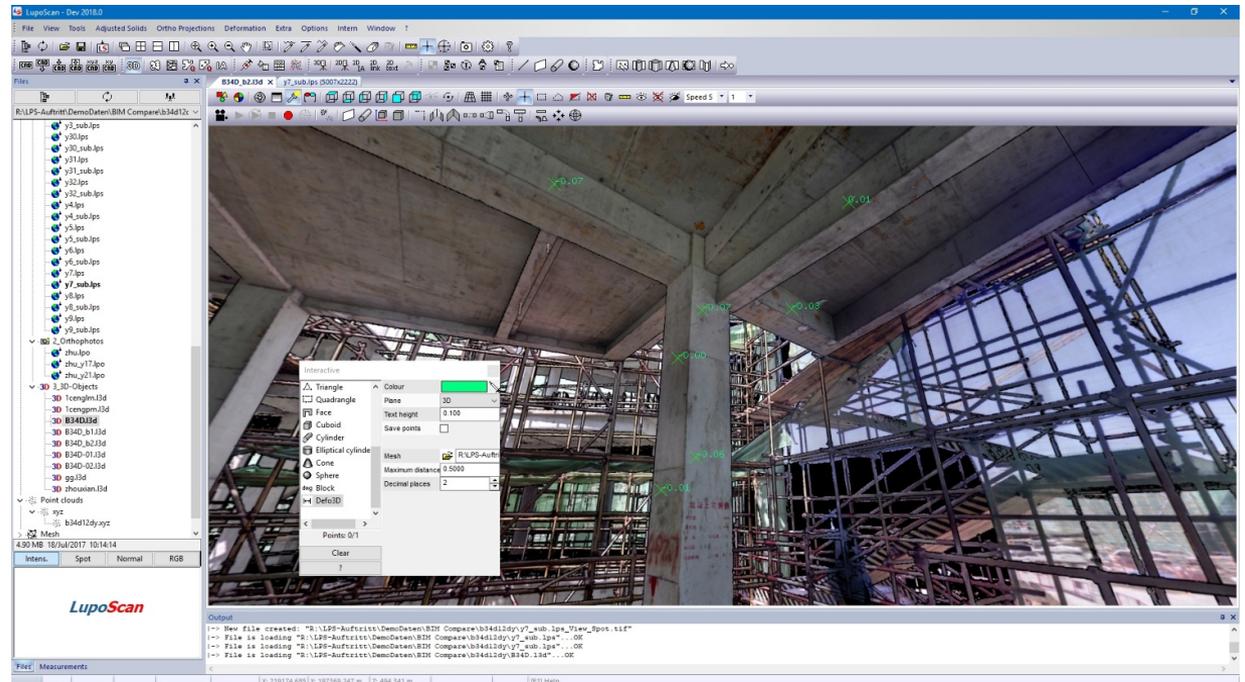
## Scan to BIM Comparison

Visual check of the model together with the scan data



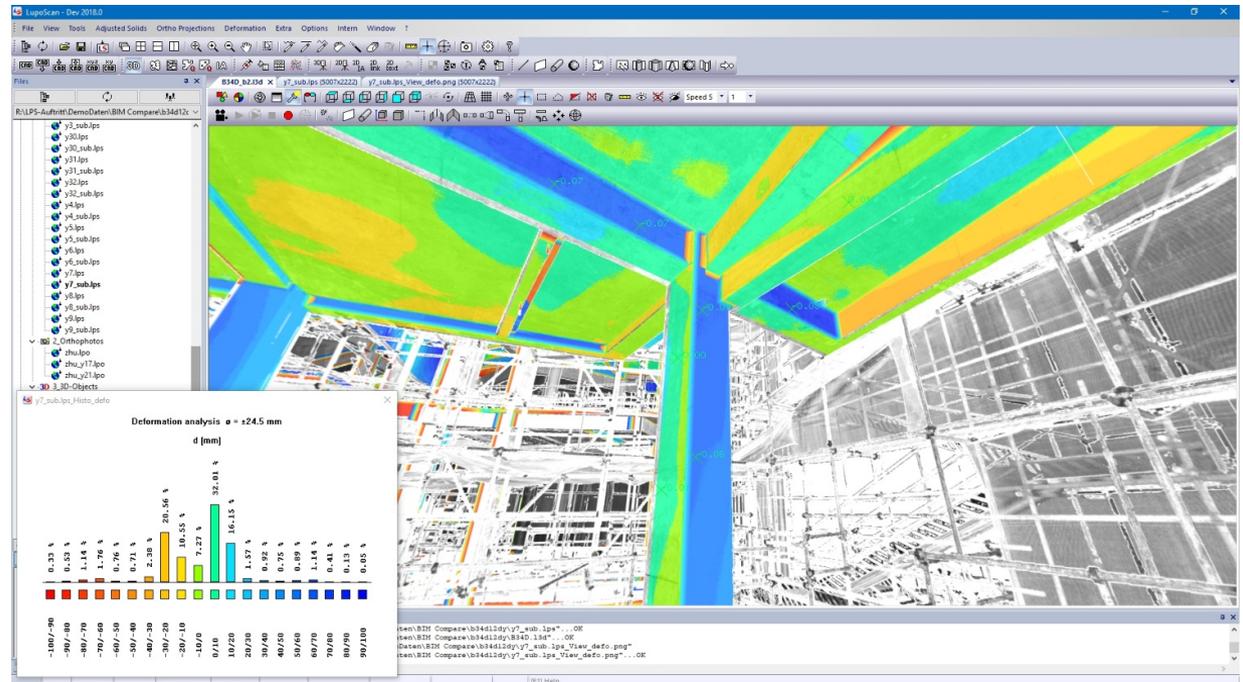
## Scan to BIM Comparison

Interactive measurement of the distances to the model. Transfer the measurement via direct interface to the CAD



## Scan to BIM Comparison

Representing the distances by free definable colours



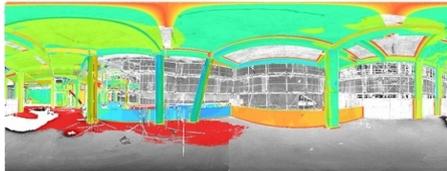
## Scan to BIM Comparison

### Overview of the results from all the 3D Laserscanning as HTML-Protokoll

#### LupoScan - Deformation analysis

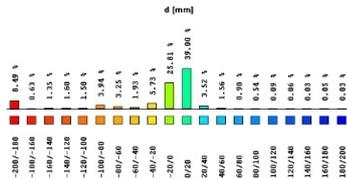
Project: R:\LPS-Auftritt\DemoDaten\BIM Compare\134d12d\subsubj  
 2018 Jan 29 15:55:33

1) y6\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



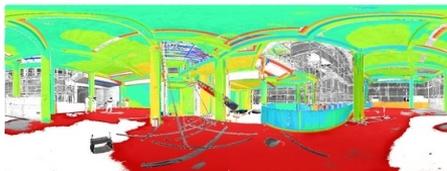
y6\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

Deformation analysis  $\sigma = \pm 70.0$  mm



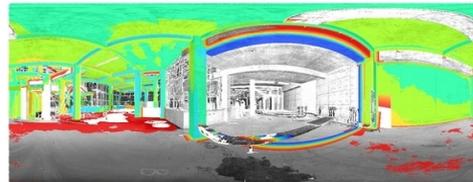
y6\_sub\_sub\_lps\_Histo\_defo.png

2) y5\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



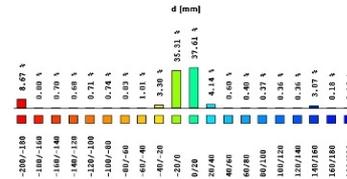
y5\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

3) y4\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



y4\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

Deformation analysis  $\sigma = \pm 71.7$  mm



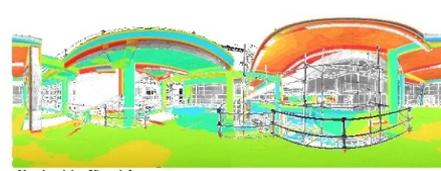
y4\_sub\_sub\_lps\_Histo\_defo.png

4) y32\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



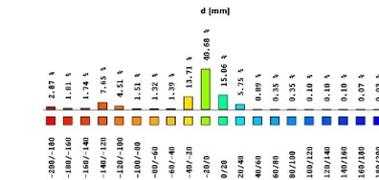
y32\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

5) y31\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



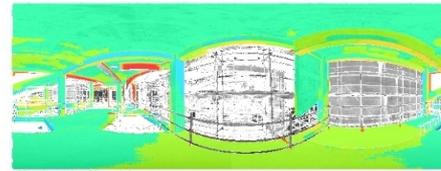
y31\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

Deformation analysis  $\sigma = \pm 66.1$  mm



y31\_sub\_sub\_lps\_Histo\_defo.png

6) y30\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



y30\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

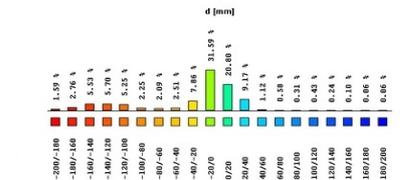
Deformation analysis  $\sigma = \pm 23.5$  mm

14) y17\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



y17\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

Deformation analysis  $\sigma = \pm 70.5$  mm



y17\_sub\_sub\_lps\_Histo\_defo.png

15) y16\_sub\_sub\_lps\_View\_defo



y16\_sub\_sub\_lps\_View\_defo.png

Deformation analysis  $\sigma = \pm 38.6$  mm

d [mm]

**LupoScan** ist kompatibel zu verschiedenen Laserscanformaten und Punktwolken von anderen Sensoren.

Die verschiedenen Funktionen von **LupoScan** ermöglichen eine schnelle und einfache Extraktion der benötigten Informationen. Die extrahierten Daten können in Standardformaten gespeichert oder direkt an verschiedene CAD-Programme gesendet werden.

Durch die hohe Flexibilität wird **LupoScan** in vielen verschiedenen Anwendungsbereichen erfolgreich eingesetzt.