

Modellierung von Freiformflächen in Punktwolken zur Verbesserung der Qualität in BIM

Freeform4BIM - Entwicklung von Algorithmen für die Modellierung und Qualitätsanalyse von Freiformflächen in Punktwolken zur Erzeugung von BIM-konformen Modellen

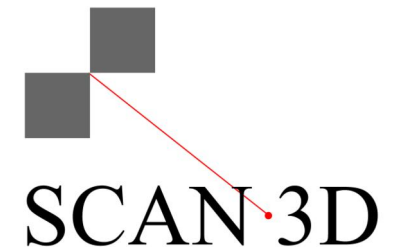
- Cyrill Milkau, HTW Dresden ZAFT e.V.
- Lars Sörensen, Scan3D GmbH



Oldenburger 3D Tage 2024

Modellierung von Freiformflächen in Punktwolken zur Verbesserung der Qualität in BIM

Freeform4BIM - Entwicklung von Algorithmen für die Modellierung und Qualitätsanalyse von Freiformflächen in Punktwolken zur Erzeugung von BIM-konformen Modellen



Organisation

Projektbeteiligte

fokus
GmbH Leipzig

Dienstleistungen u.a. in den Bereichen
Bauvermessung, Photogrammetrie und
Laserscanning

Anwendungsfelder u.a. Denkmalpflege und
Restaurierung

Softwareentwicklung zur Bild- und
Scandatenauswertung

Arbeitsgruppe im Labor Photogrammetrie an der
Fak. Geoinformation der HTWD

Anwendung proprietärer Software in Forschung und
Lehre

Algorithmische Umsetzung photogrammetrischer
Problemstellungen

FF4B

Dienstleistungen u.a.
in den Bereichen Architektur, Industrie, Schiffbau,
Wasserkraft
Photogrammetrie und Laserscanning

Freiformflächenaufbereitung für Schiffbau,
Wasserkraft und Industrieanwendungen


Interdisziplinäre Gruppe von Wissenschaftlern aus
den Gebieten Mathematik, Bauingenieurwesen und
Architektur an der TU Dresden

Expertise in geometrischen Modellierungstechniken
sowie bauwerksorientierter Umsetzung

HTWD

Hochschule für Technik und
Wirtschaft Dresden
University of Applied Sciences

ZAFT ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE
FORSCHUNG & TECHNOLOGIE
AN DER HTW DRESDEN


SCAN 3D

 **TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



HTWD

 **TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

fokus
GmbH Leipzig

 **SCAN 3D**

Freeform4BIM

Problemstellung und Lösungsansatz

- **Bestandsgebäude**
 - Historische Bautoleranzen, Verformungen, Schäden und Sonderkonstruktionen (Gewölbe, Bauschmuck, etc.)
- **Problemstellung**
 - Aufbau generalisierter Modelle führt zu höheren Abweichungen der Modellgeometrie gegenüber dem Gebäude → Repräsentationsgenauigkeit unzureichend
 - verformungstreue Modellierung nur eingeschränkt möglich
- **Lösungsansatz**
 - Nutzung offener Schnittstellen zwischen Datenstrukturen für BIM
 - Teilautomatisierung einer bauteilorientierten Modellierung mit Freiformflächen
 - Datenaustausch durch IFC Schnittstelle

Software

Allgemeines

- Trennung der Prozessierung in PW-Verarbeitung und Modellierung
 - **metigo 3D** (*fokus GmbH*) – u.a. für digitale Oberflächenmodelle und Verarbeitung von Punktwolken
 - **metigo IPF** (*fokus GmbH + TU Dresden*) - Entwicklungsumgebung
 - **Rhinoceros** – CAD-Software für 2D + 3D, Schwerpunkt Freiformflächen-Modellierung (offene Schnittstelle, viele Plugins)
 - **grasshopper** – grafischer Algorithmen-Editor in Rhinoceros
- geeignete Softwarelösungen vorhanden → Austauschmöglichkeit begrenzt
- Schnittstellen-basierter Datenaustausch
 - IFC-Schnittstelle – Exportmöglichkeit aus metigo
 - Rhino-IFC-Schnittstelle – Export mit Visual Arq oder Gometry GYM
- Implementierung quelloffener Bibliotheken → **metigo + Rhino**
 - Point Cloud Library
 - Open3D

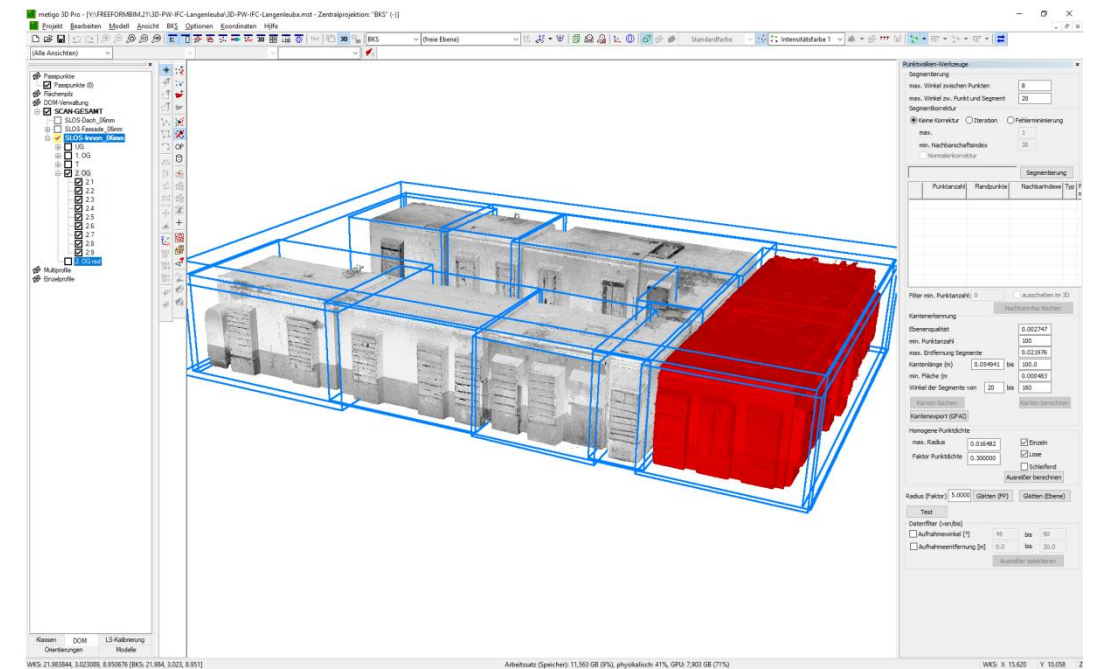
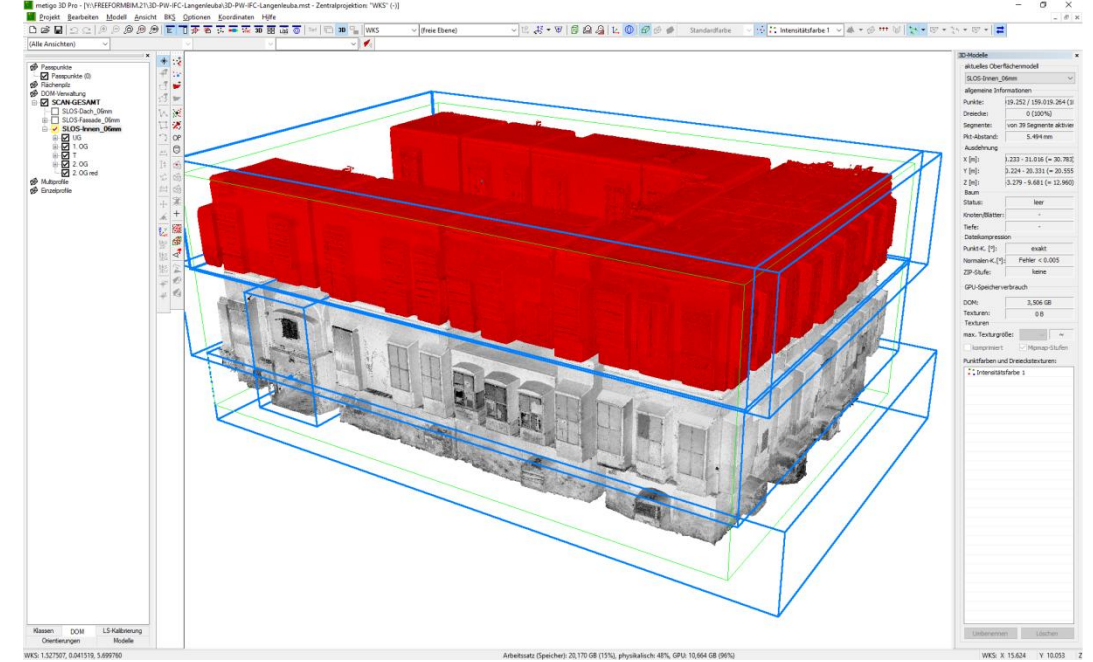


Software

metigo3D

- Funktionalität zur Punktwolkenverarbeitung
 - Import/Export
 - Orthogonalprojektionen
 - Schnittprofile
 - Deformationsanalyse
- Strukturierung der Punktwolken
 - 3D-Projekthierarchie
 - Anzeigeeigenschaften für Segmente
 - IFC-Export BIM-Modellierung

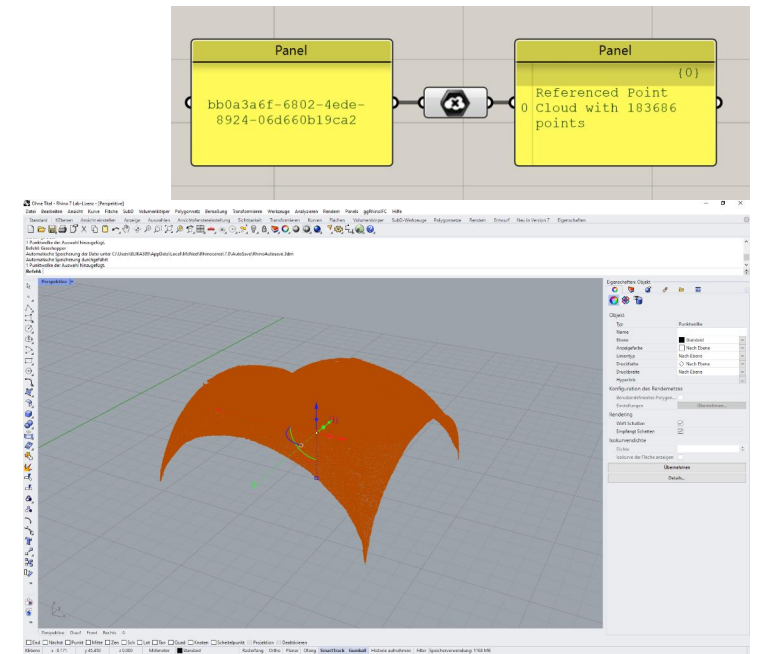
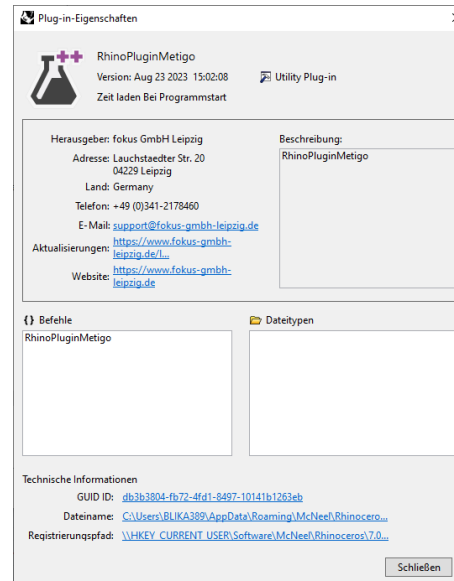
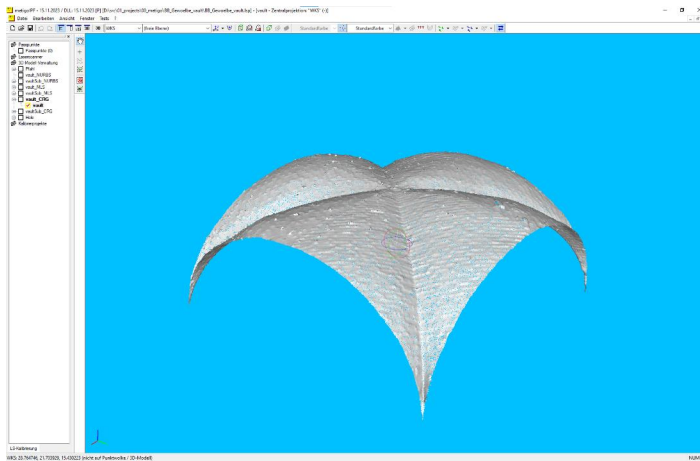
Langenleuba, „Halbes“ Schloss, 2020 (fokus GmbH Leipzig)



Workflow

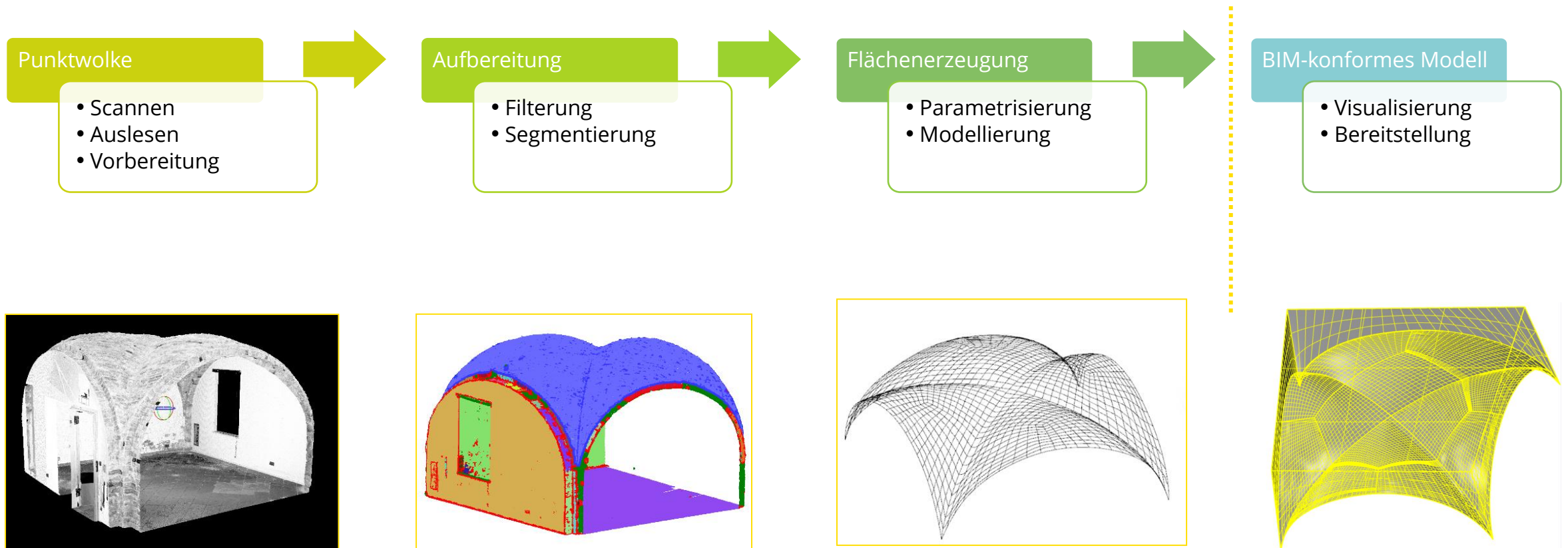
Softwareschnittstelle

- Softwareschnittstelle als Rhinoceros.NET Plugin (RhinoCommon Plugin for C#)
- Punktwolken / -segmente übertragbar (Zuordnung via UUID)
- parallel flexiblere Lösung mittels JSON-Schnittstelle



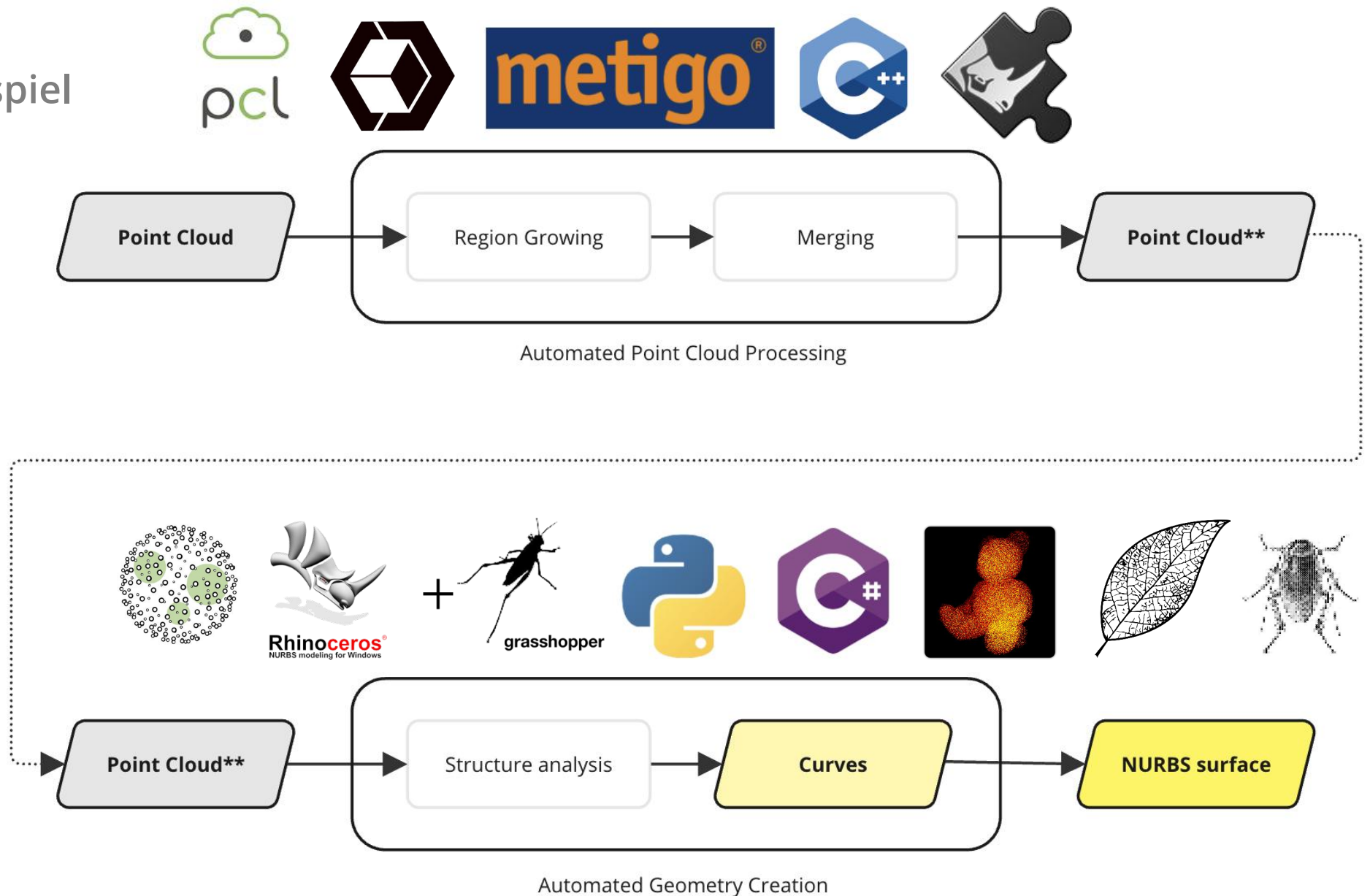
Workflow

Überblick



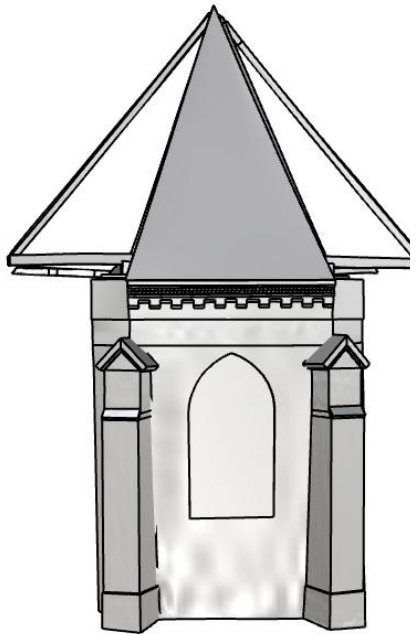
Workflow

Anwendungsbeispiel



Anwendungsbeispiel

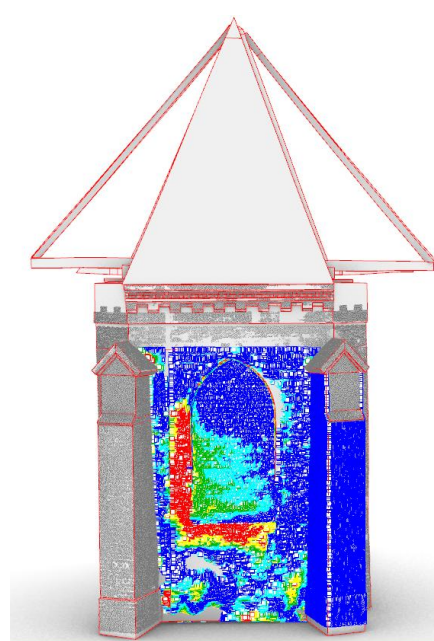
Masterarbeit Theo Haschke



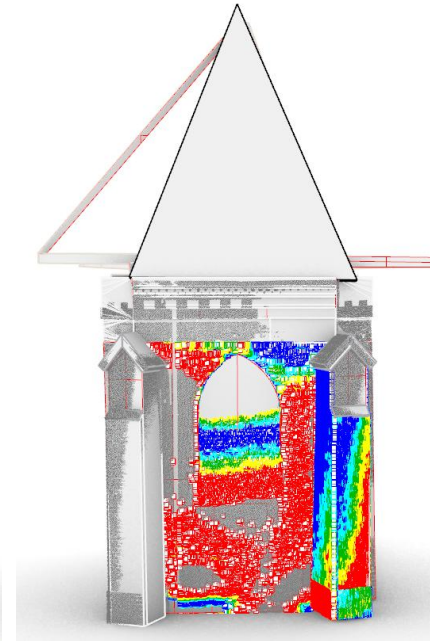
verformungsgetreu



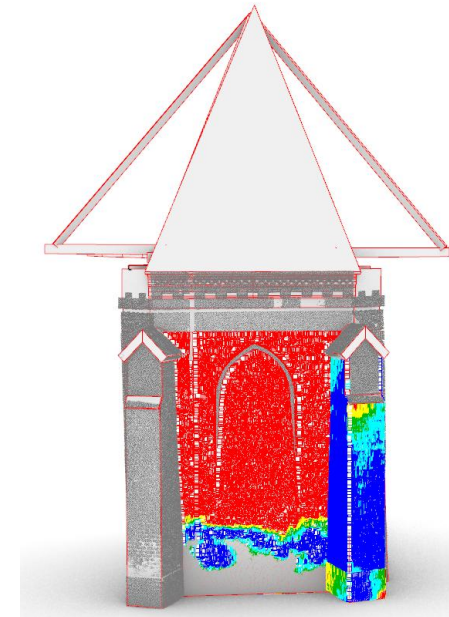
generalisiert



VisualArq



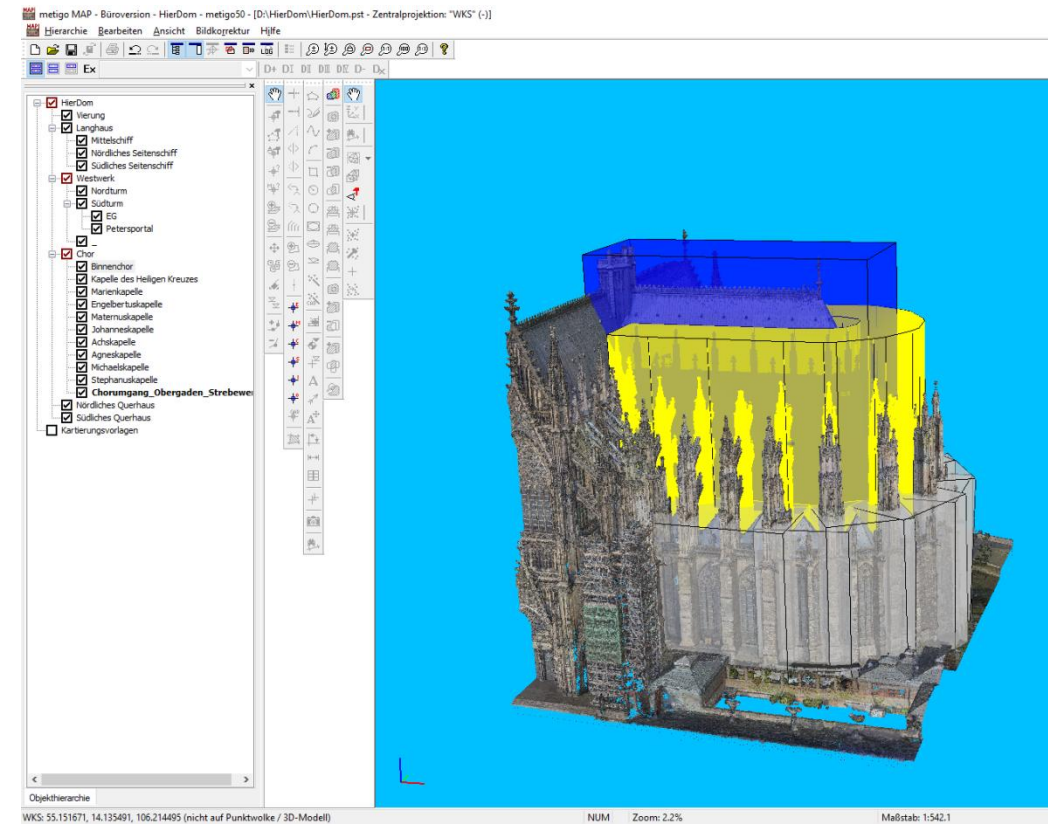
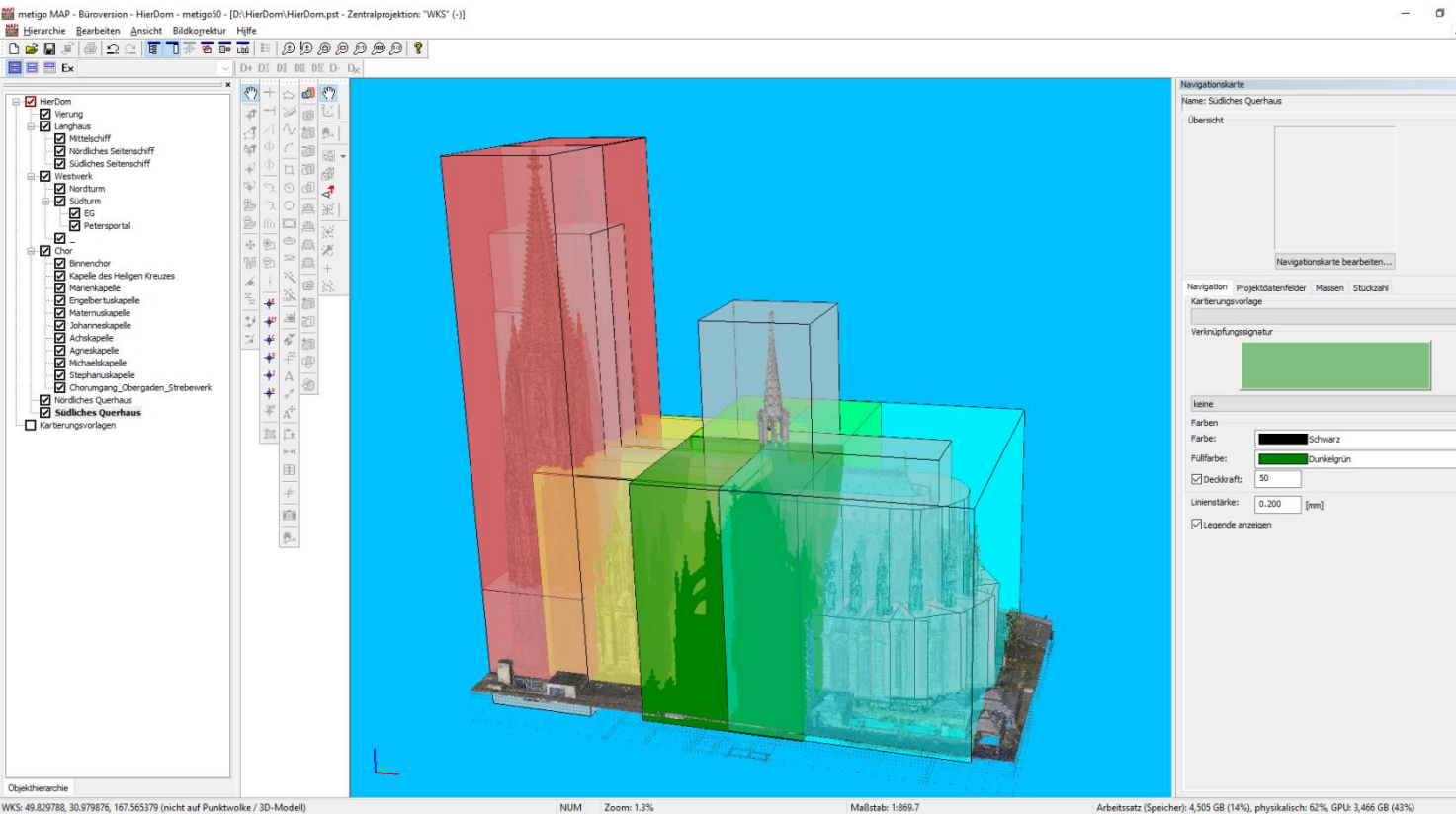
ArchiCAD Morph



generalisiert

Anwendungsbeispiel

Segmentierung

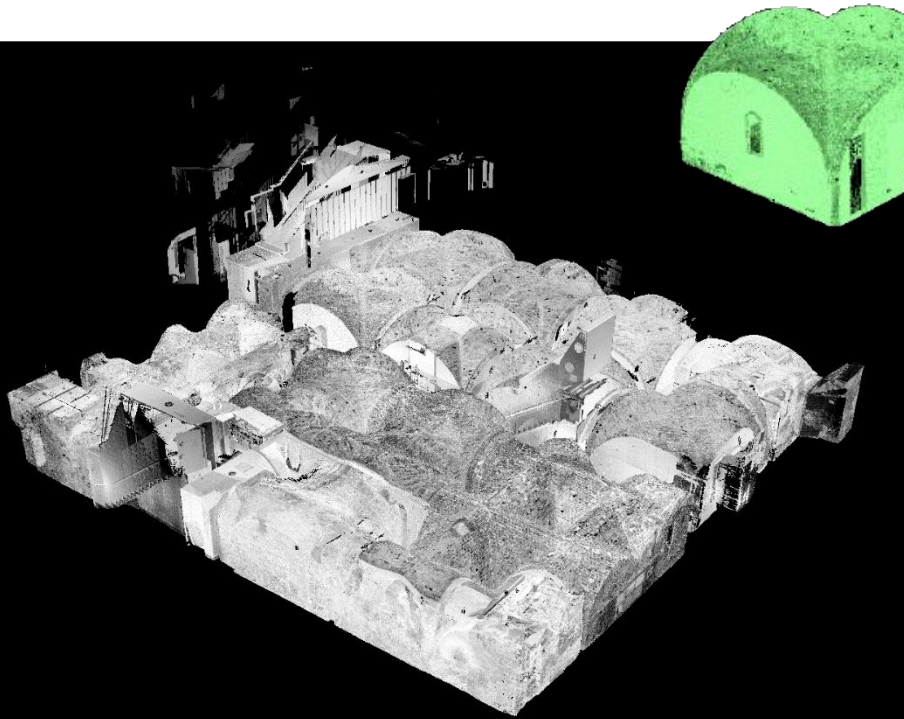


Kölner Dom, 2023 (Dombauhütte Köln)

Anwendungsbeispiel

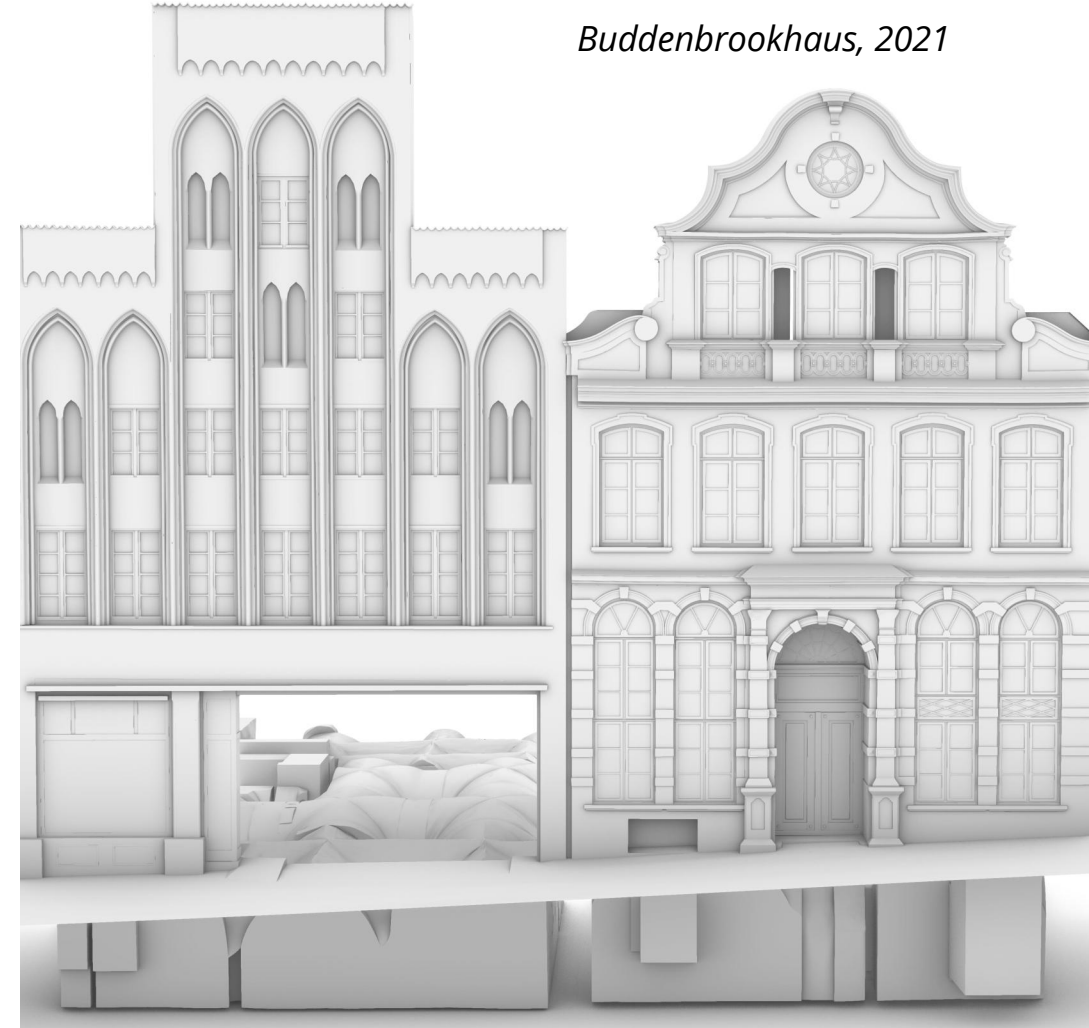
Modellierung

- Bestandsaufnahme der bauzeitlichen Teilbereiche
- Segmentierung Gesamtpunktwolke mit ca. 12 mm Punktabstand (3 mm für Bauschmuck)



3D-Modelle	
aktuelles Oberflächenmodell	
S18098-S21117-PW-KG-2cm	
allgemeine Informationen	
Punkte:	15.454.059 (100%)
Dreiecke:	0 (100%)
Segmente:	vollständig geladen und aktiviert
Pkt-Abstand:	11.919 mm
Ausdehnung	
X [m]:	10.924 - 41.532 (= 30.608)
Y [m]:	-3.557 - 37.393 (= 40.950)
Z [m]:	9.934 - 30.100 (= 20.166)
Baum	
Status:	ausgeglichen
Knoten/Blätter:	1.048.575 / 524.288
Tiefe:	20
Detailkompression	

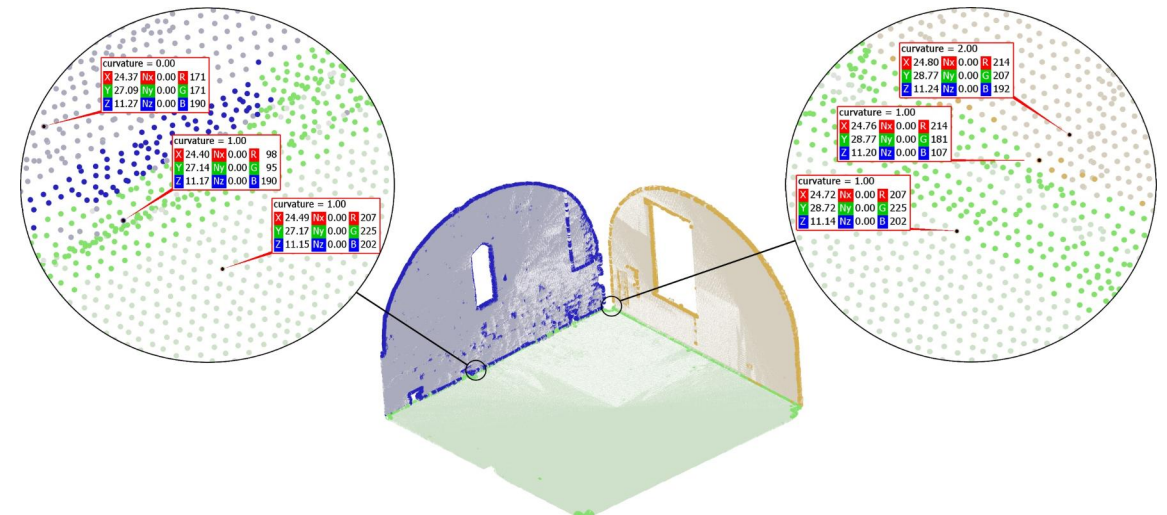
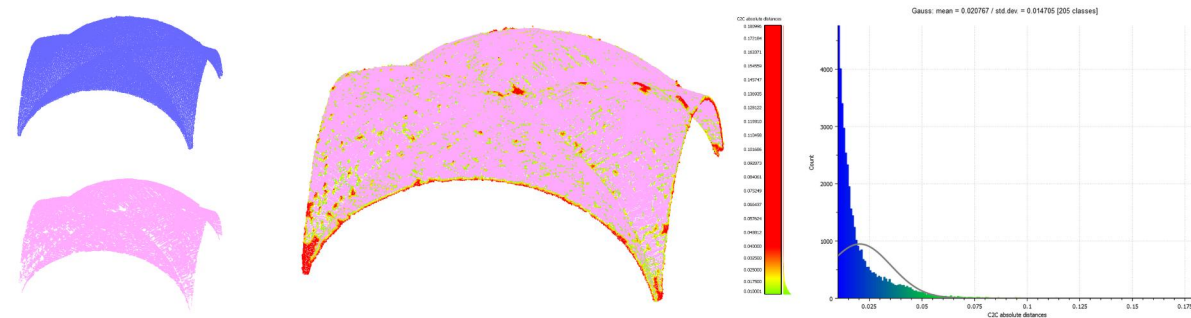
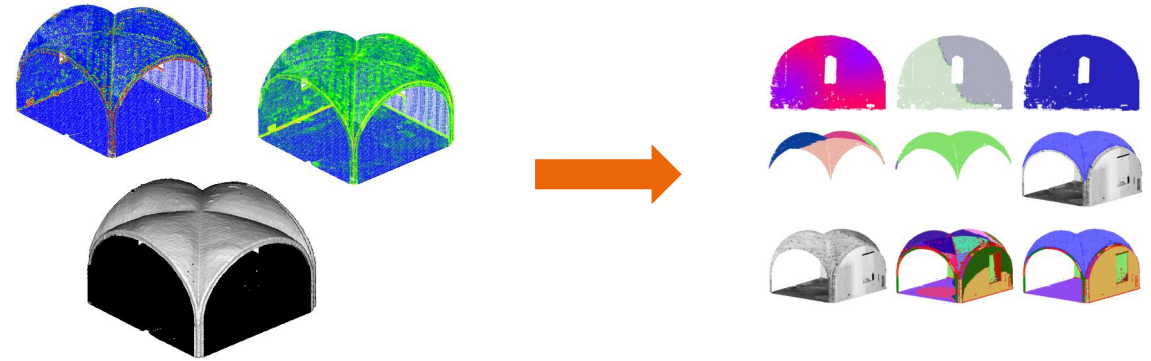
Buddenbrookhaus, 2021



Anwendungsbeispiel

Segmentierung

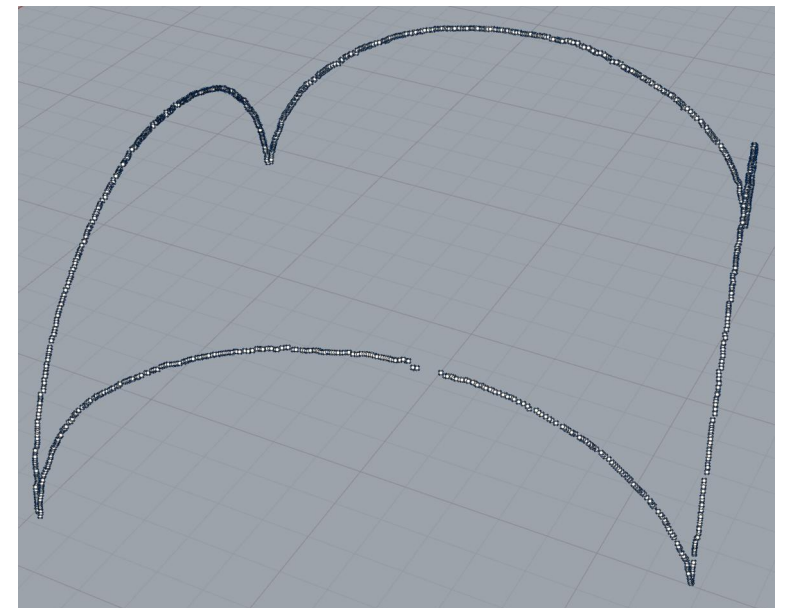
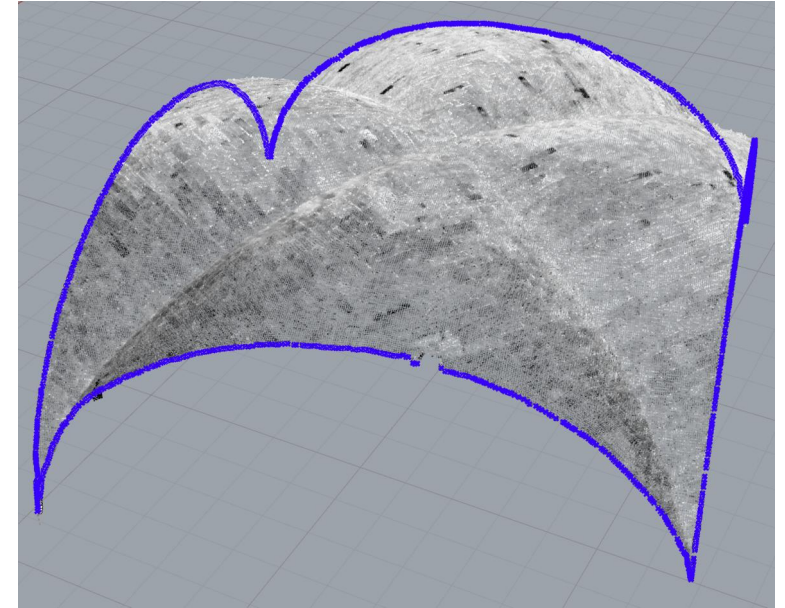
- Ansatz: geometrisch-basierte Gruppierung von Nachbarpunkten
- Erweiterter Region Growing Algorithmus zur Detektion von
 - Punktkategorie (Randpunkt, Flächenpunkte, ...)
 - Abbruchkriterien
 - Segmentnachbarschaft



Anwendungsbeispiel

Gewölbemodellierung

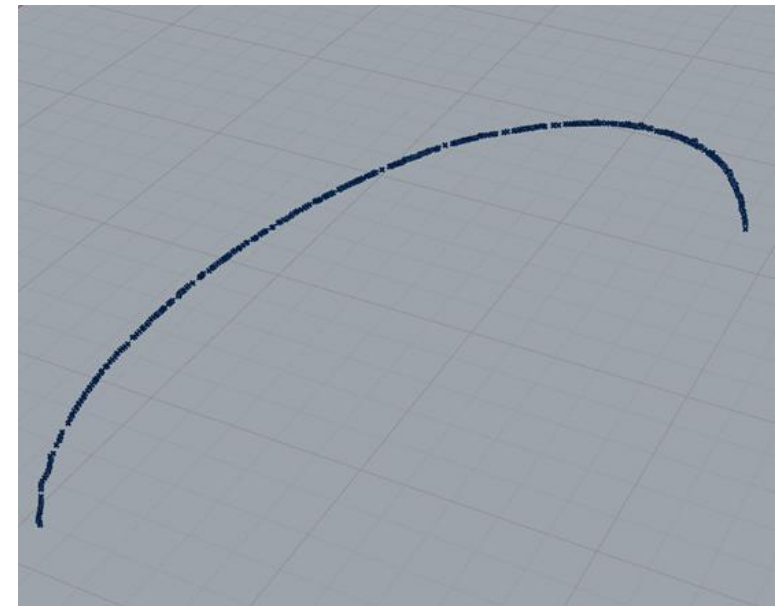
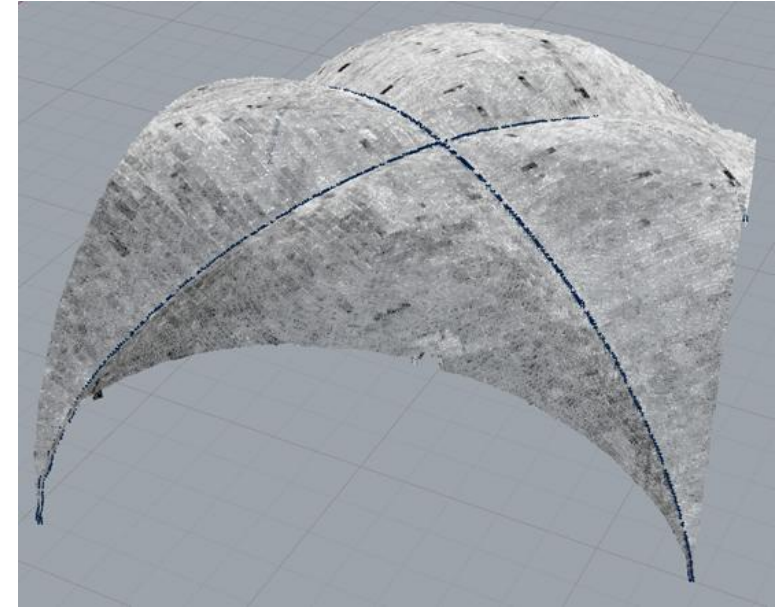
- Grasshopper
 - Flächenaufbau durch automatisierte Bestimmung von Randkurven
- Segmentierung von vier äußeren Randkurven
 - Region Growing + Convex-Hull-Clustering



Anwendungsbeispiel

Gewölbemodellierung

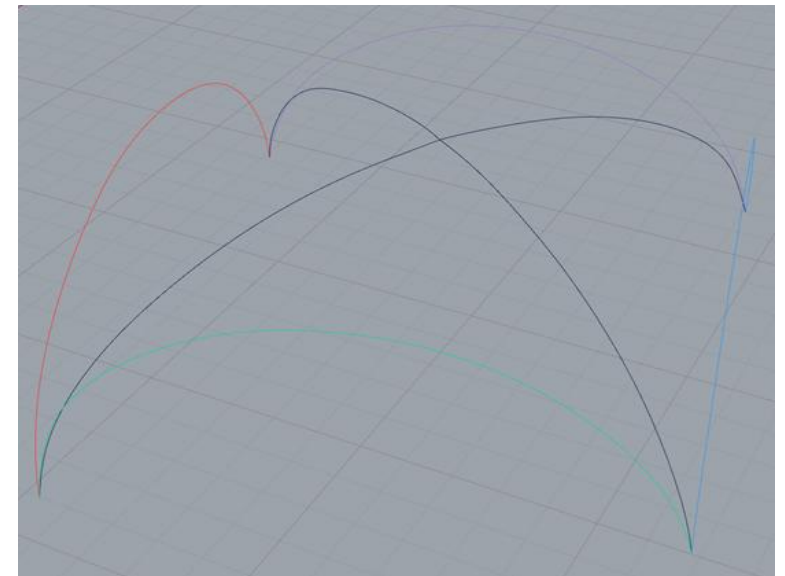
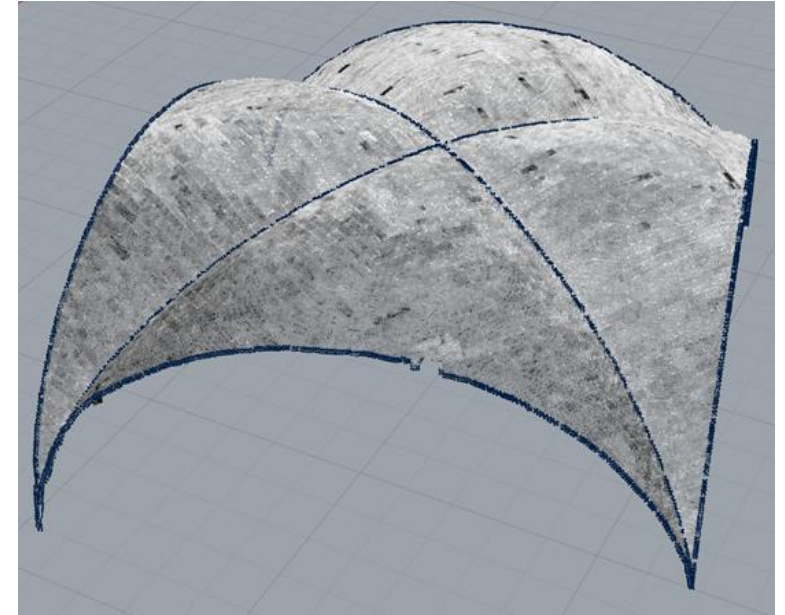
- Grasshopper
 - Flächenaufbau durch automatisierte Bestimmung von Randkurven
- Segmentierung von vier äußeren Randkurven
 - Region Growing + Convex-Hull-Clustering
- Segmentierung von zwei inneren Randkurven
 - Walker-Algorithmus (basierend auf lokalen Extrema)



Anwendungsbeispiel

Gewölbemodellierung

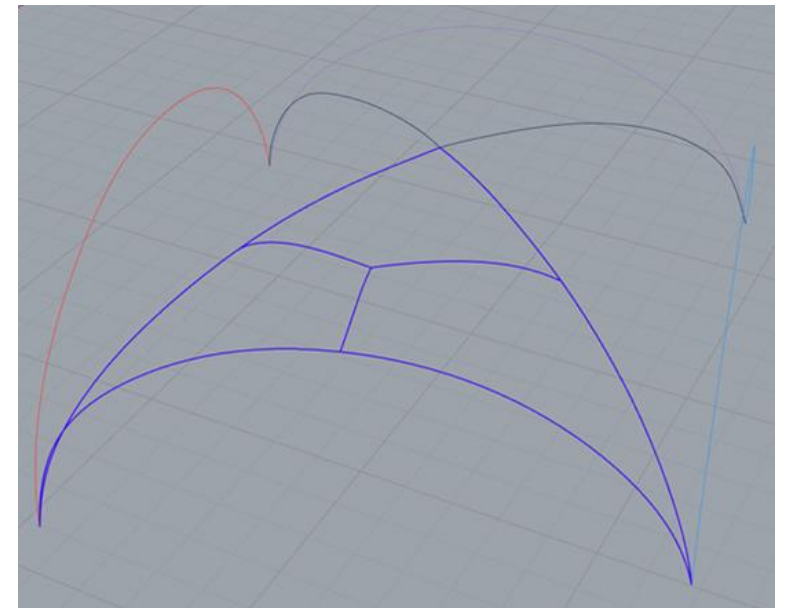
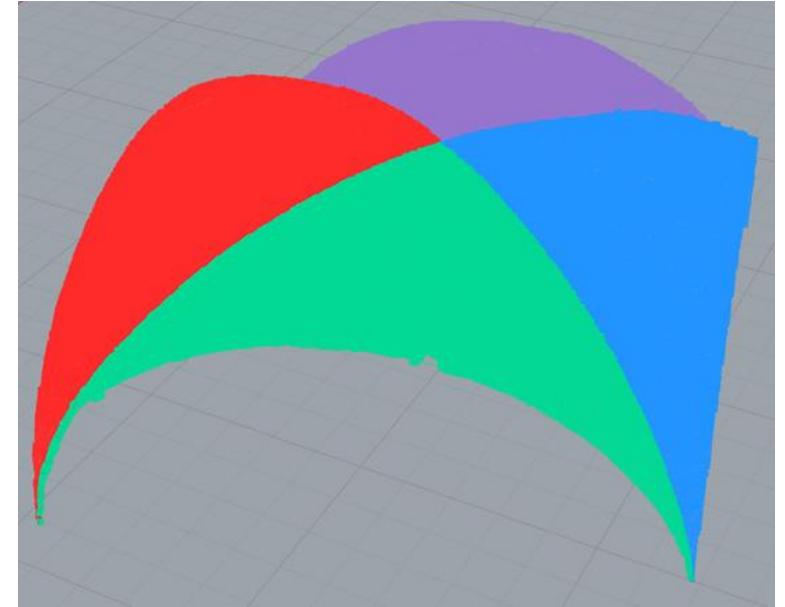
- Grasshopper
 - Flächenaufbau durch automatisierte Bestimmung von Randkurven
- Segmentierung von vier äußeren Randkurven
 - Region Growing + Convex-Hull-Clustering
- Segmentierung von zwei inneren Randkurven
 - Walker-Algorithmus (basierend auf lokalen Extrema)
- Vektorisierung der Randkurven durch Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS)
 - Interpolation durch Randpunkte
 - Finaler Kurvenaufbau durch Kontrollpunkte



Anwendungsbeispiel

Gewölbemodellierung

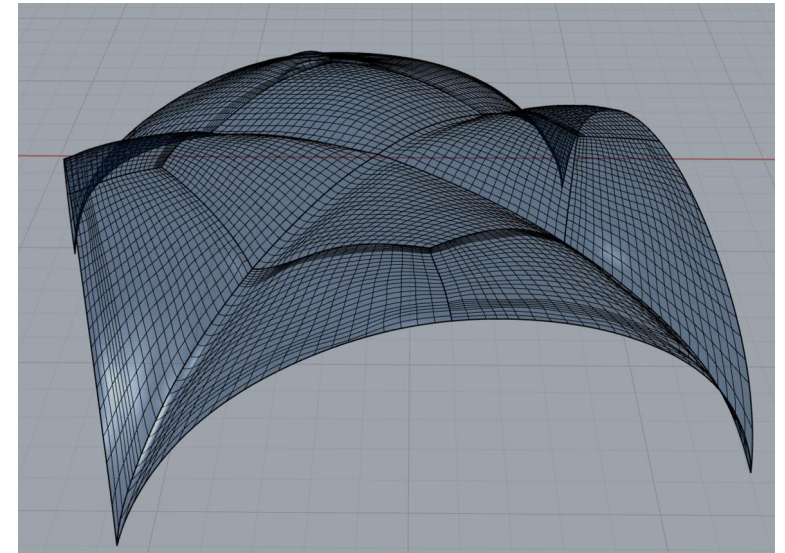
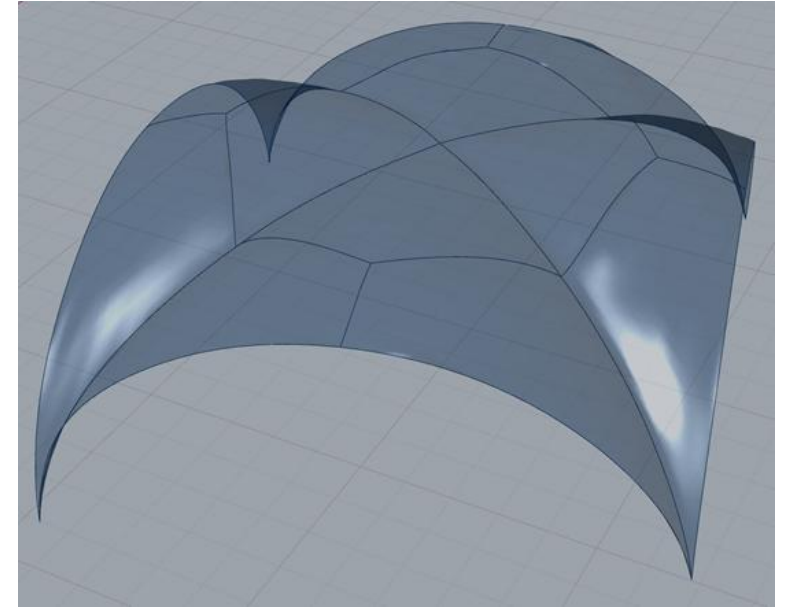
- Grasshopper
 - Flächenaufbau durch automatisierte Bestimmung von Randkurven
- Segmentierung von vier äußeren Randkurven
 - Region Growing + Convex-Hull-Clustering
- Segmentierung von zwei inneren Randkurven
 - Walker-Algorithmus (basierend auf lokalen Extrema)
- Vektorisierung der Randkurven durch Non-Uniform Rational B-Spline (NURBS)
 - Interpolation durch Randpunkte
 - Finaler Kurvenaufbau durch Kontrollpunkte
- Zerlegung der vier Segmente in je drei Vierecke zur Generierung von Surface-Patches



Anwendungsbeispiel

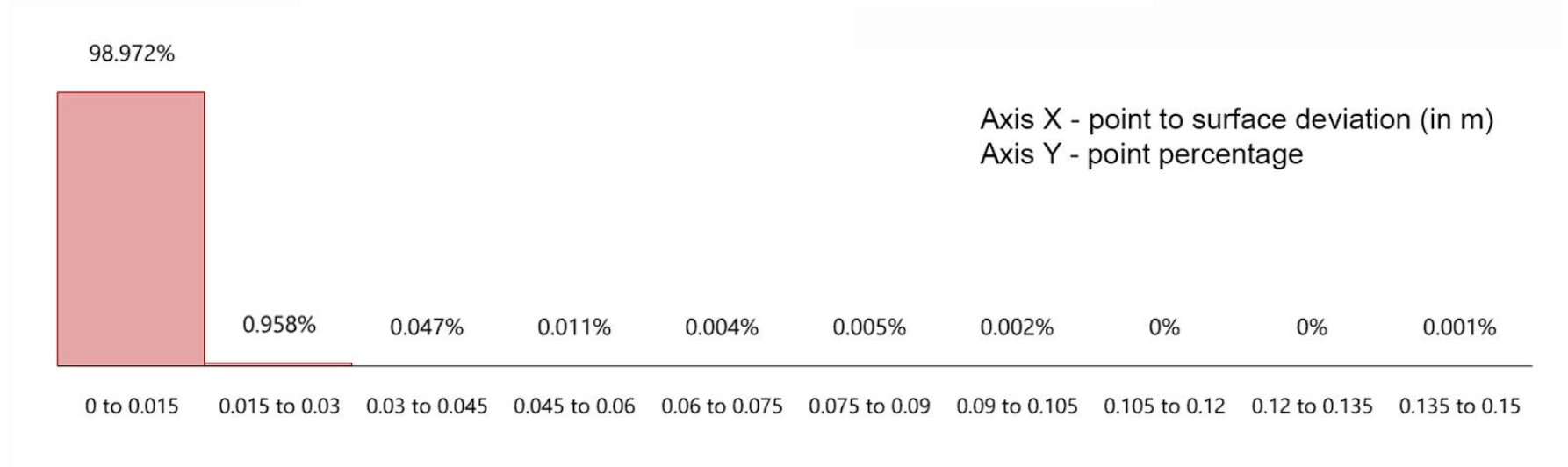
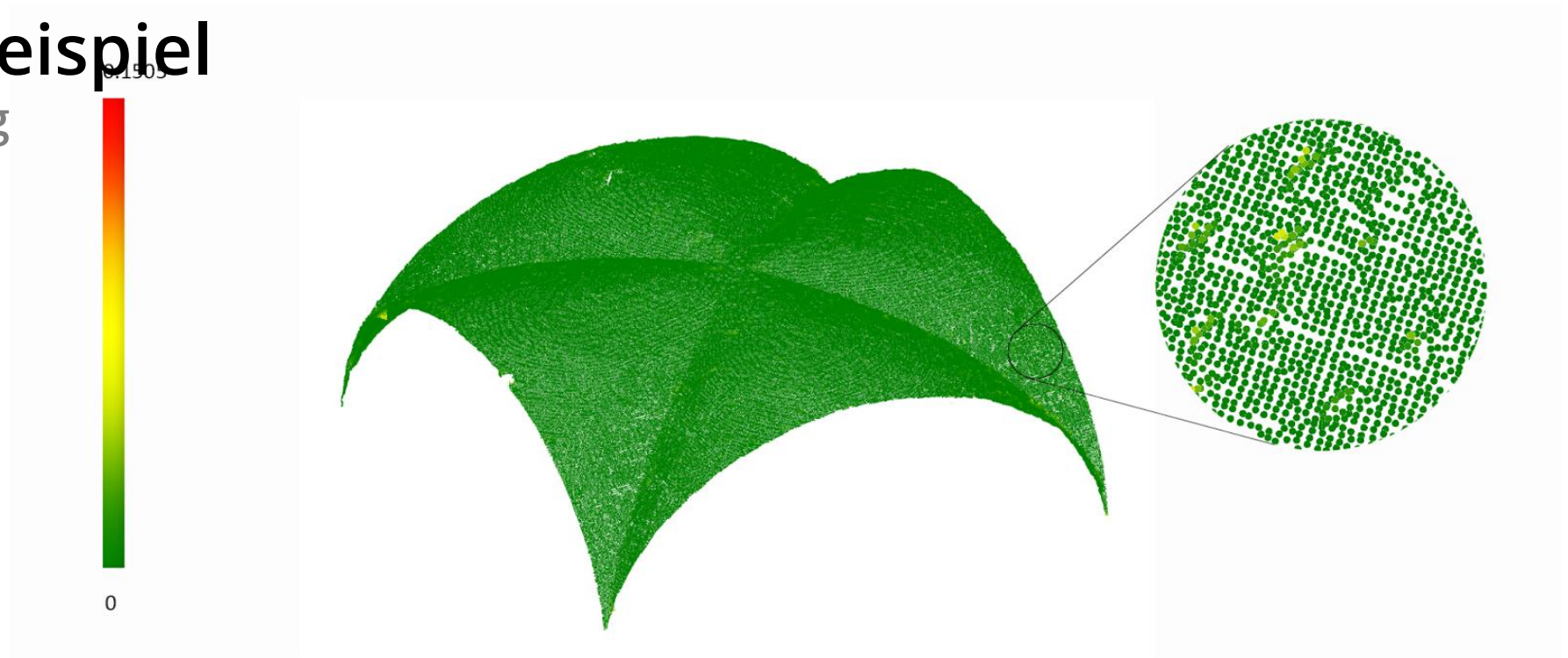
Gewölbemodellierung

- Grasshopper
 - Flächenaufbau durch automatisierte Bestimmung von Randkurven
- Segmentierung von vier äußeren Randkurven
 - Region Growing + Convex-Hull-Clustering
- Segmentierung von zwei inneren Randkurven
 - Walker-Algorithmus (basierend auf lokalen Extrema)
- Vektorisierung Randkurve durch Non-Uniform Rational B-Spline (NURBS)
 - Interpolation durch Randpunkte
 - Finaler Kurvenaufbau durch Kontrollpunkte
- Zerlegung der vier Dreiecke in je drei Vierecke zur Generierung von Surface-Patches
- Zusammenfassen der Patches zur Boundary-Representation



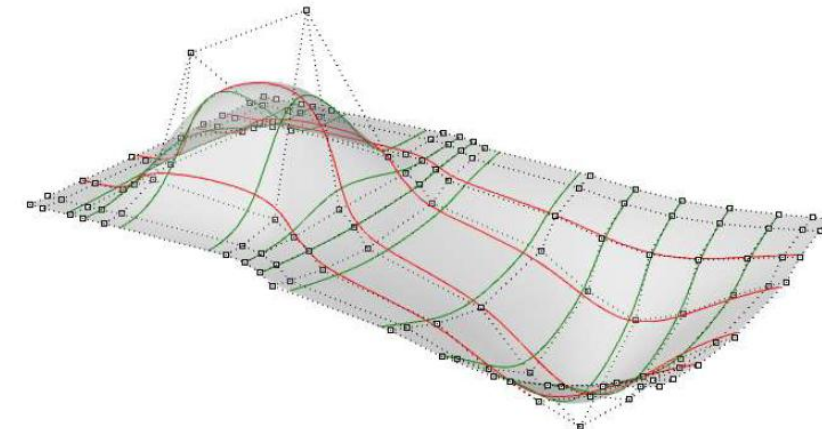
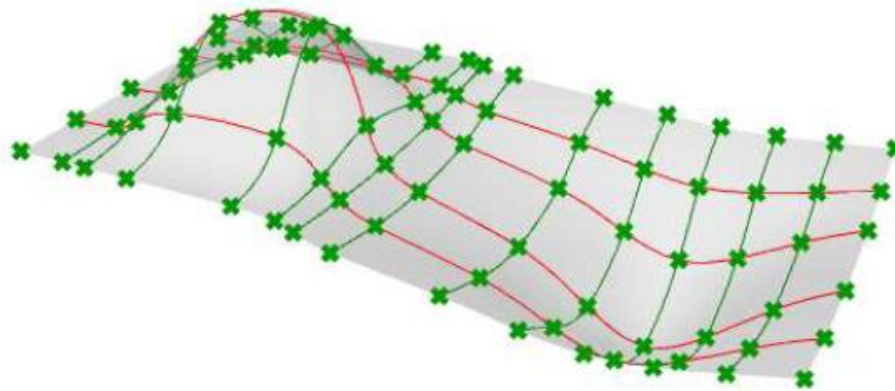
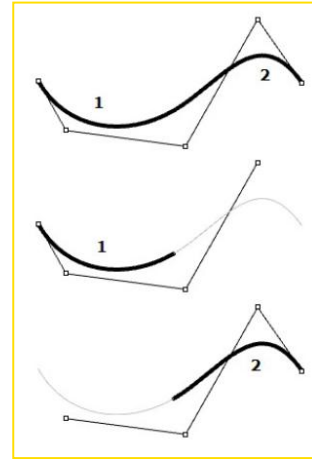
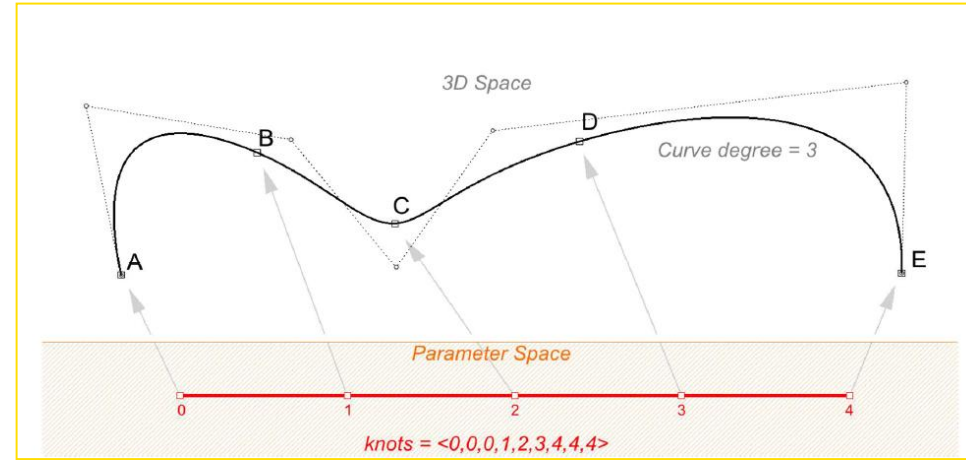
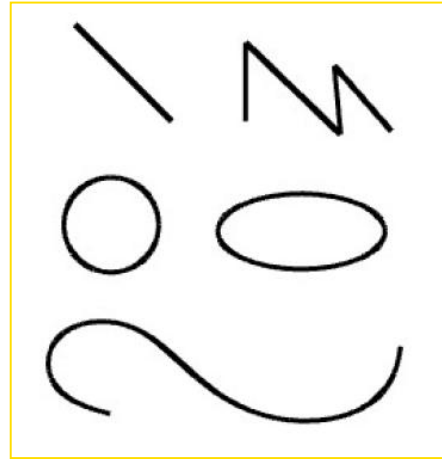
Anwendungsbeispiel

Gewölbmodellierung



Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS)

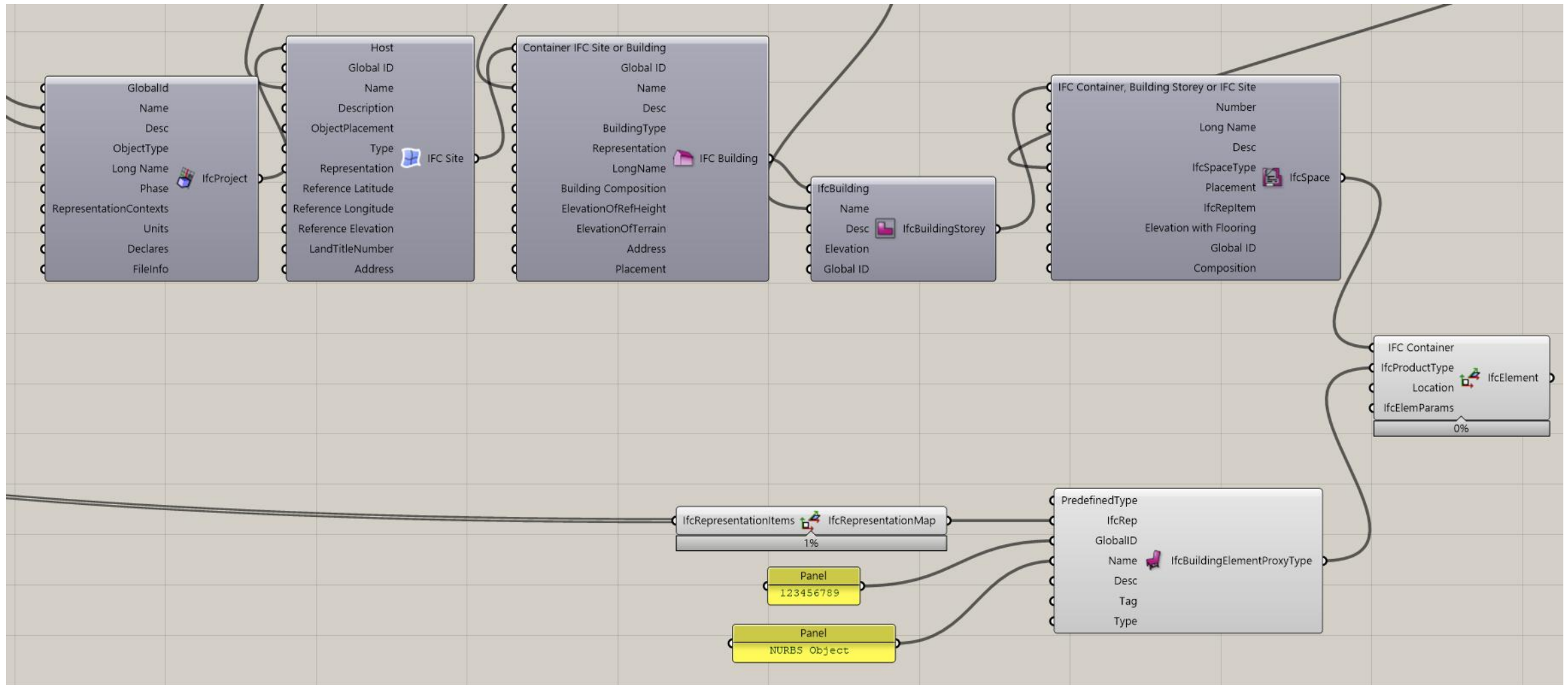
- Mathematische Beschreibung von Kurven / Flächen durch Splines
- Hauptattribute:
 - Grad [G]
 - Gewichtete Kontrollpunkt [K]
 - Knoten [Kn] -> $|Kn| = |K| + G - 1$
- Abgreifen von Punkten auf Kurve mittels numerisch stabilem De-Boor-Algorithmus



Essential Mathematics for Computational Design – Fourth Edition

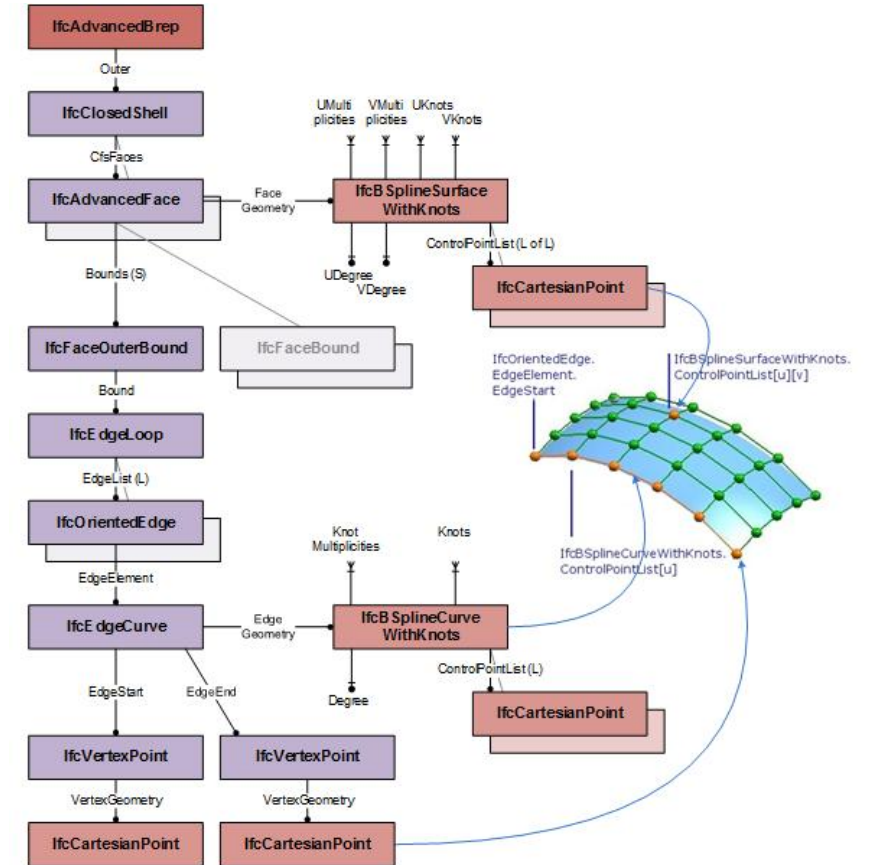
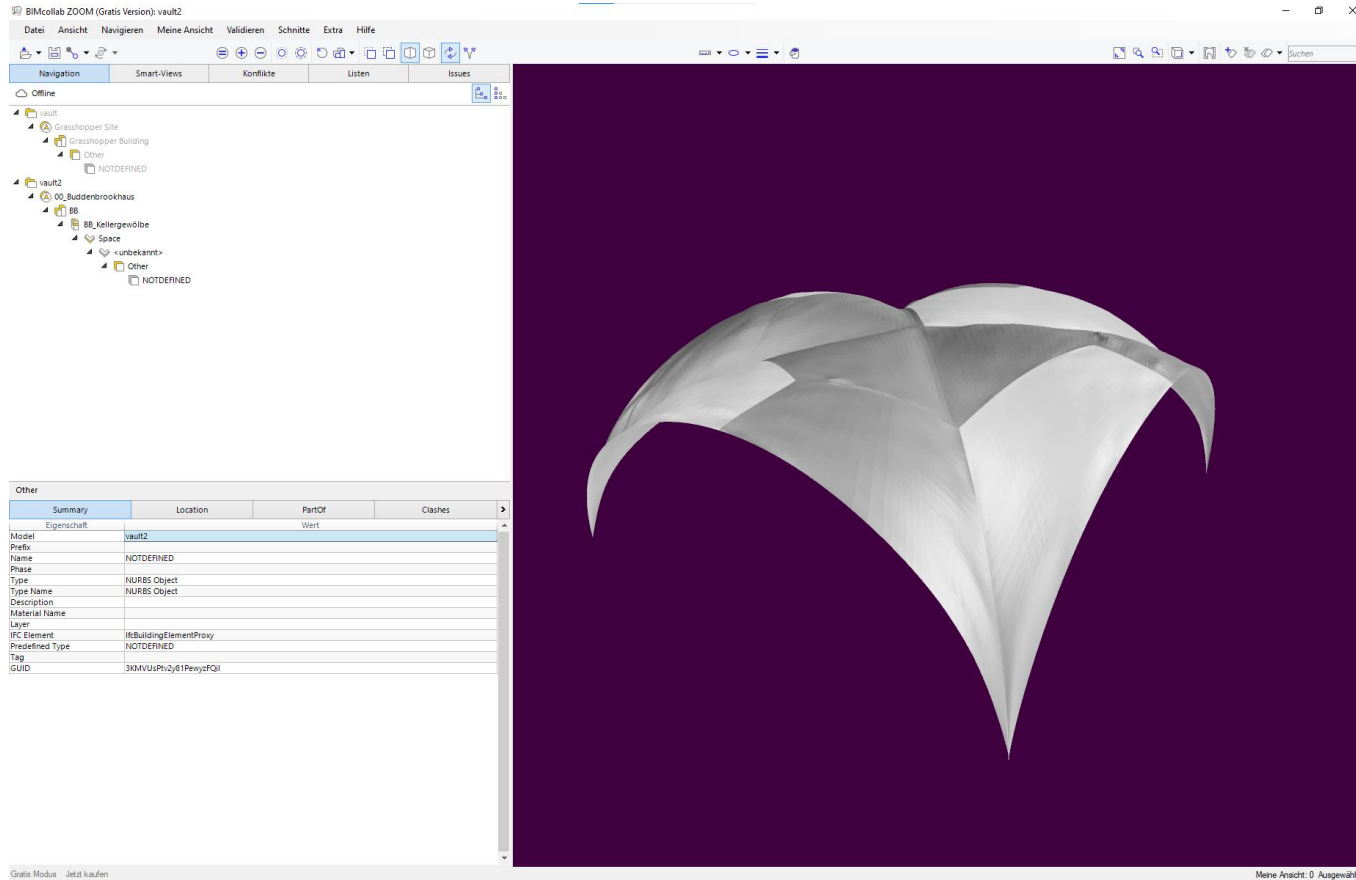
Anwendungsbeispiel

IFC – Geometry Gym - Export



Anwendungsbeispiel

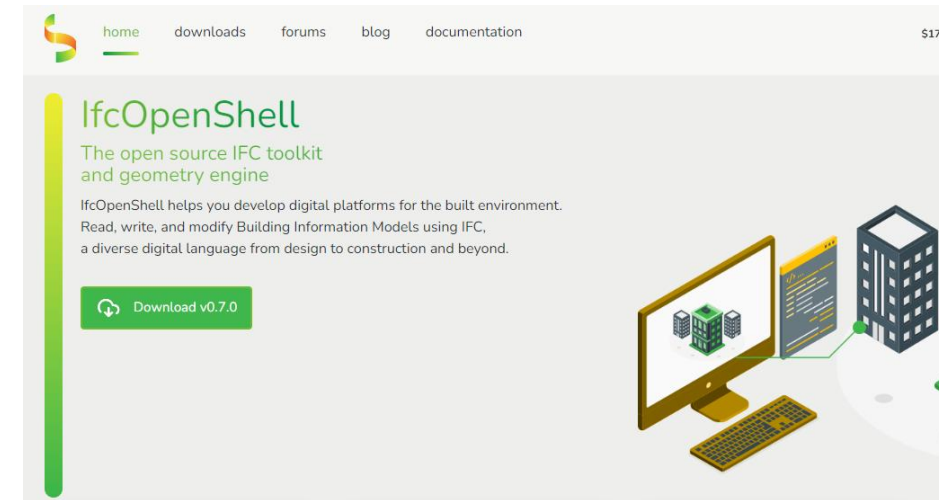
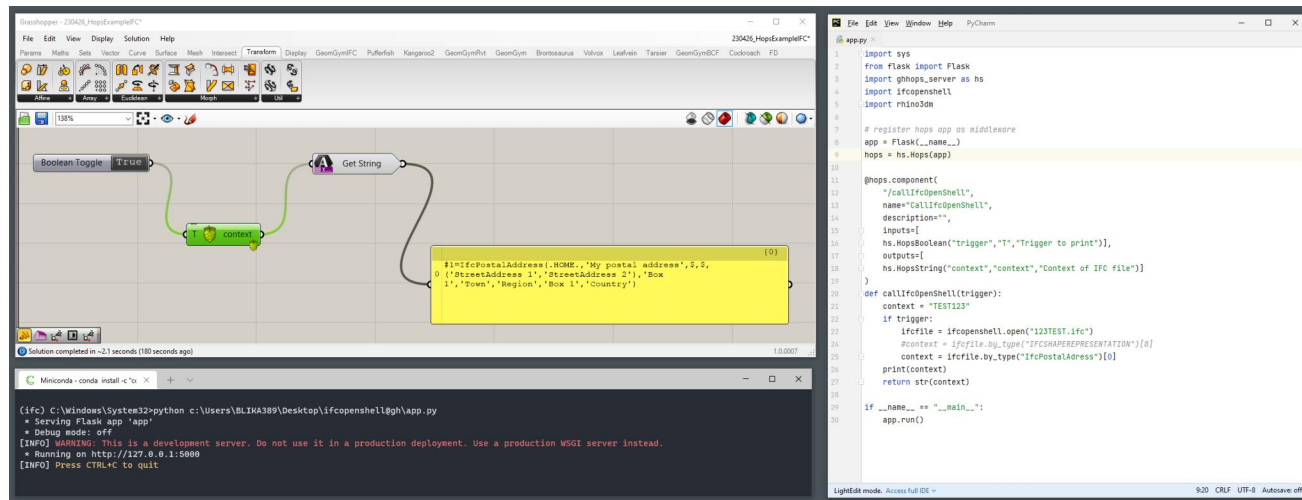
IFC - BIMcollab Zoom - Prüfung



Anwendungsbeispiel

IFC – IfcOpenShell (alternativ)

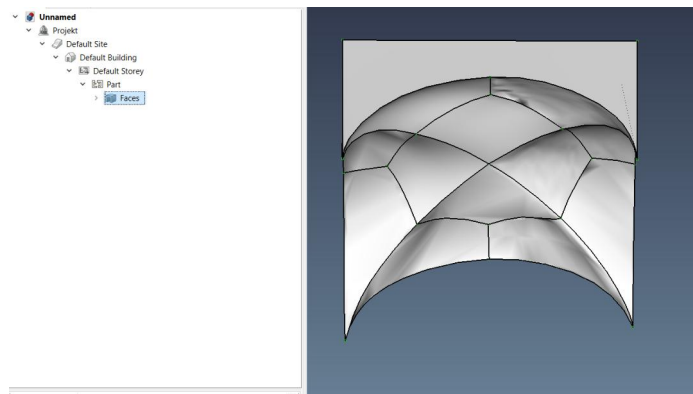
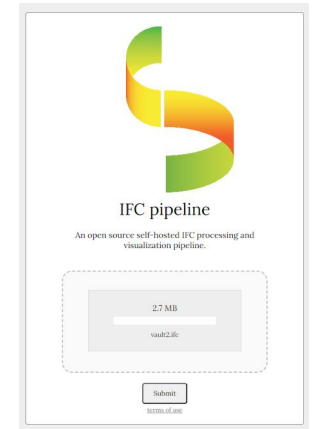
- Alternativ: IfcOpenShell – Quelloffenes IFC Toolkit (IFC2x3, IFC4, IFC4.3) und Geometrie Engine mit Python / C++ API
- Implementierung in Grasshopper via Hops Client / Server oder CPython



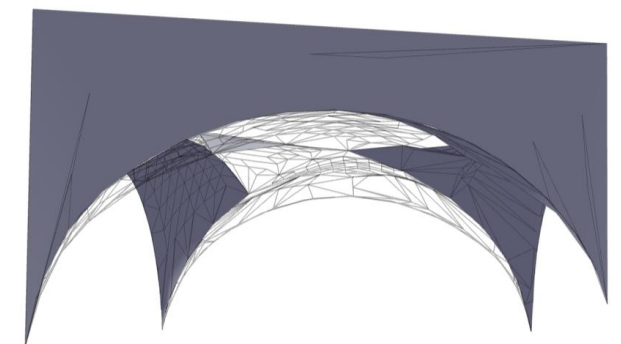
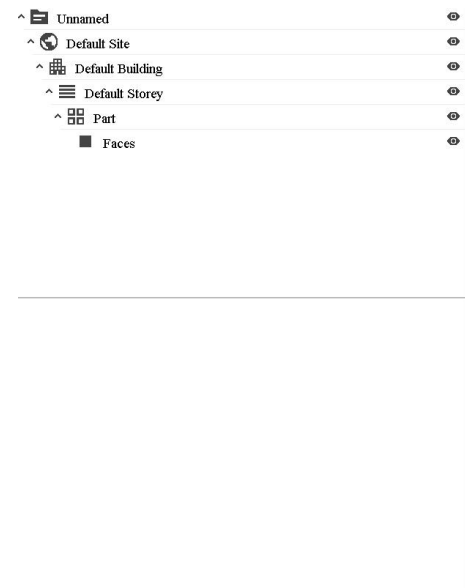
Anwendungsbeispiel

IFC- IfcOpenShell - Prüfung

- Visualisierung und Prüfung in quelloffenem IfcOpenShell Web Viewer
- Implementierung in quelloffenes FreeCAD



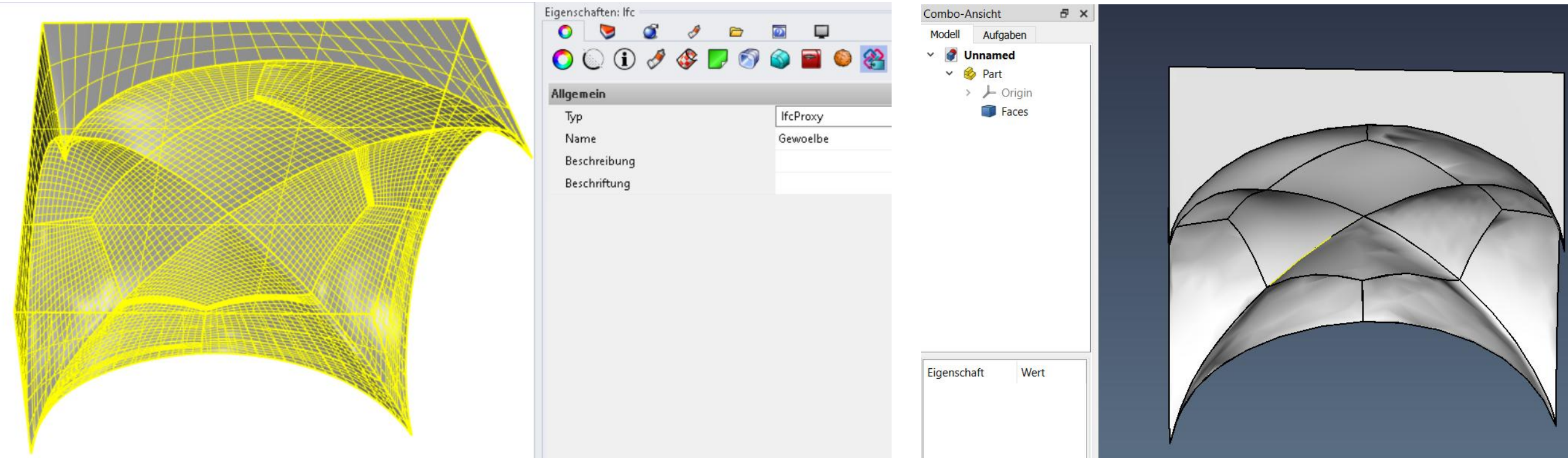
```
9235 #9229=IFCBSPLINESURFACEWITHKNOTS(3,3,((#9193,#9194,#9195,
9236 #9230=IFCADVANCEDFACE((#9192),#9229,.T.);
9237 #9231=IFCOPENSHELL((#751,#1429,#2107,#3087,#3921,#4574,#5
9238 #9232=IFCShapeRepresentation(#22,'Body','Brep',(#9231));
9239 #9233=IFCProductDefinitionShape($,$,(#9232));
9240 #9234=IFCLOCALPLACEMENT($,#9);
9241 #9235=IFCBUILDINGELEMENTPROXY('0hqGQxFVv1_utIgGxxSpBu',#5
```



Schnittstellen

IFC Datenaustausch

CAD	Plugin	Export IFC	Import	Status	Export IFC 4
Rhinceros	Visual Arq	IFC 2x3	FreeCAD	keine Freiform-Objekte	-
	Geometry Gym	IFC 4.3		funktioniert	inkl. Freiform
	Grasshopper	lfcOpenShell	ArchiCAD	„Morph“ in ArchiCAD	ohne Morph
		Rhino Inside Revit	Revit	„Familien“ in Revit	ohne „Familien“



Voraussetzungen

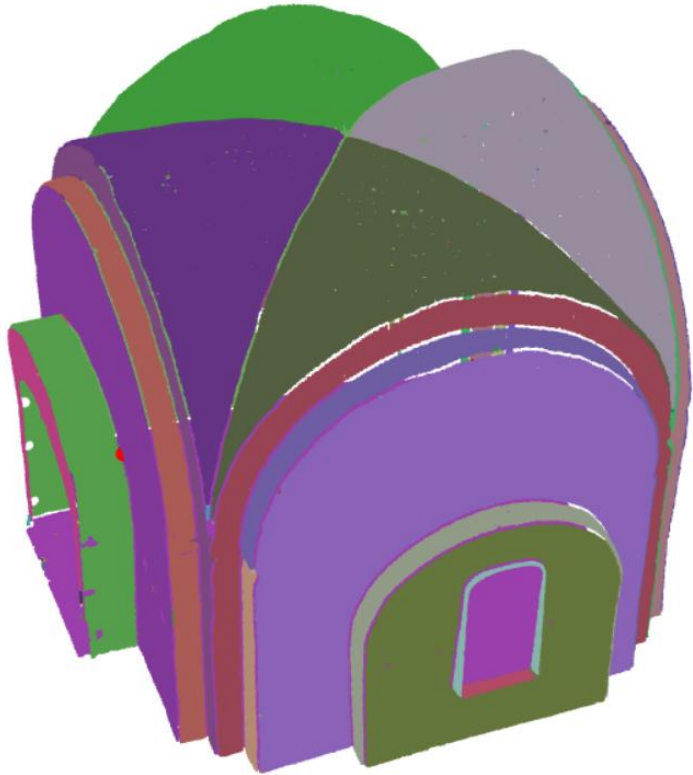
“Saubere“ Punktwolken

Nutzung der geometrischen Überbestimmung aus den Punktwolken

- Hochgenaue Orientierung der Scandaten
 - Scantra
- Qualifizierte Filterung der Punktwolken
 - Metigo3D / LupoScan
- Subvoxelgenaue Messung in den Punktwolken
 - LupoScan
- Ausgleichung der Geometrien im CAD
 - Rhinoceros (+ Plugins für BIM)



Vielen Dank



oben: Dom zu Lübeck (Deformationsuntersuchungen)

rechts: Kaiser Wilhelm Kirche in Bad Ems (Erstellung mit Visual Arq in Rhino, Nutzung in ArchiCAD)

