

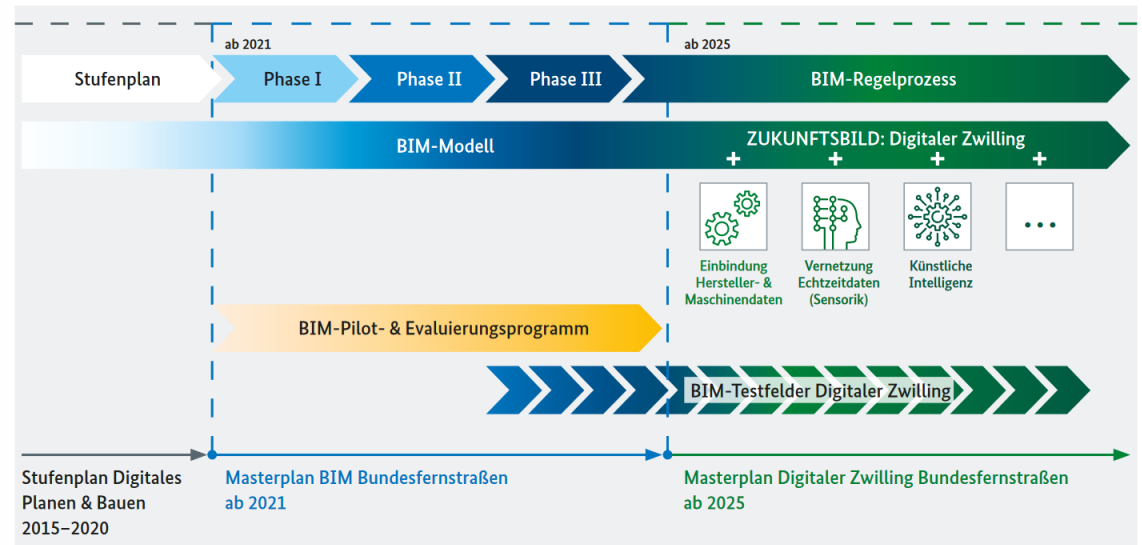
# Open BIM, Digitale Zwillinge und künstliche Intelligenz

Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

Technische Universität München

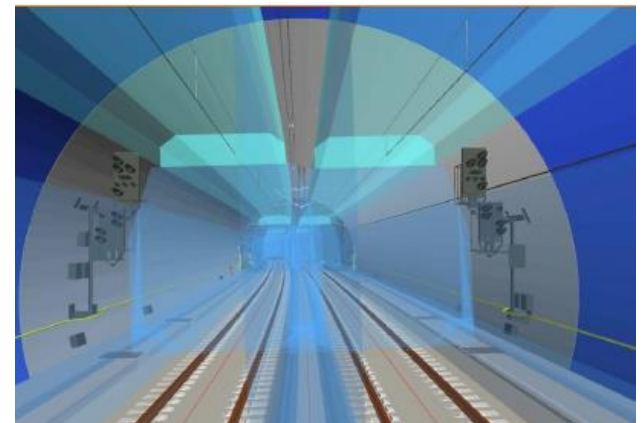
# Masterplan BIM Bundesfernstraßen



# BIM und Künstliche Intelligenz

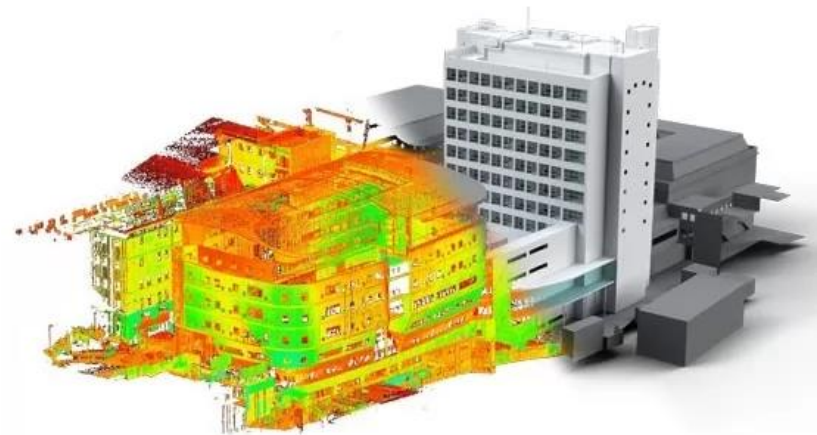
## Zwei Technologien mit unterschiedlichen Ansätzen

- Building Information Modeling
  - hochstrukturierte Informationen
  - hochwertige digitale Modelle
- Künstliche Intelligenz
  - Erkennen von Mustern
  - Schaffen von Informationen aus Daten
- BIM und KI ergänzen sich hervorragend
- Digitale Zwillinge bringen beide Felder zusammen



# BIM und der Digitale Zwilling

- „Digitaler Zwilling“ ist eine logische Fortentwicklung des „Building Information Model“
- digitale Zwillinge brauchen Datenstrukturen zur Beschreibung von Geometrie und Semantik  
→ BIM liefert die Basis
- wichtige Aspekte aus BIM-Sicht
  - das Abgleichen von Änderungen (real → digital)
  - das Einspeisen von Sensordaten
  - Erstellen von digitalen Modellen für Bestandsbauwerke „Scan2BIM“

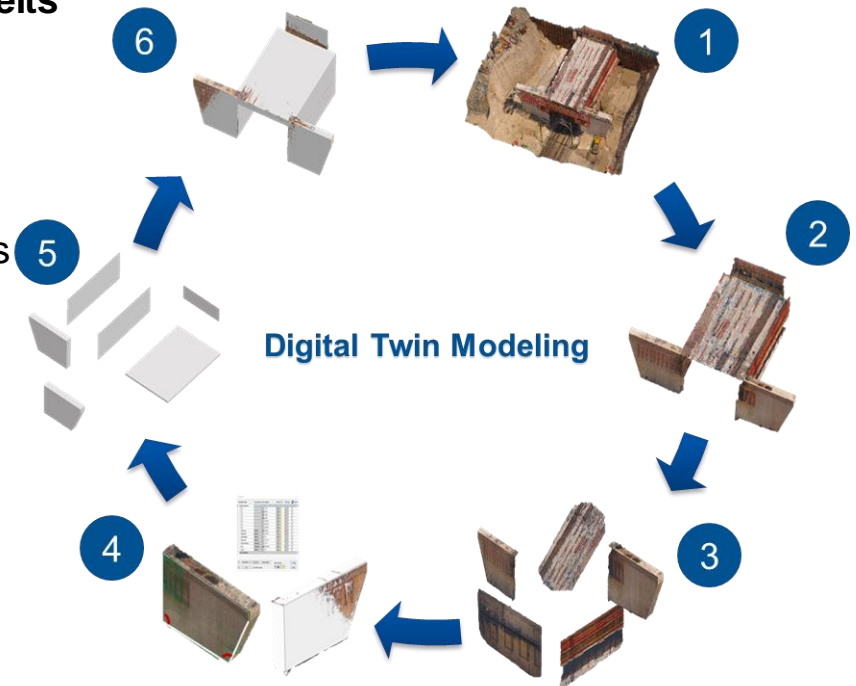


TESLA CAD solution

# Digitalisierung bestehender Infrastruktur

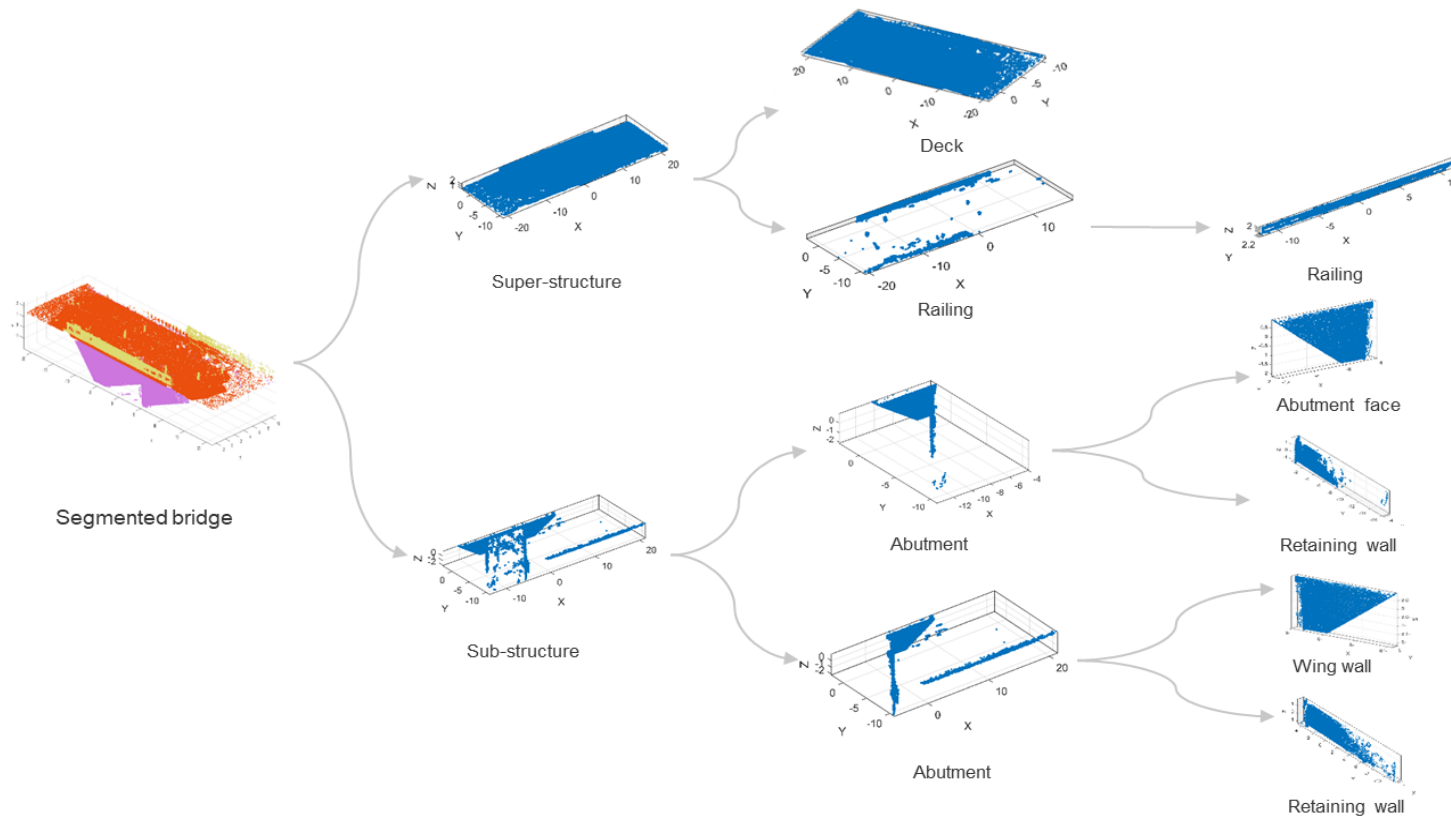
## Forschungsprojekt TwinGen

- große Teile der gebauten Infrastruktur **existiert bereits**
- **Herausforderung:** Erzeugung digitaler Zwillinge
- Erfassungsmethoden
- intelligente Methoden der Modellerstellung auf Basis von KI und vorkonfigurierten Modellen



# Modellgenerierung mittels KI-Methoden

## Semantische Segmentierung von Punktwolke mittels neuronaler Netze

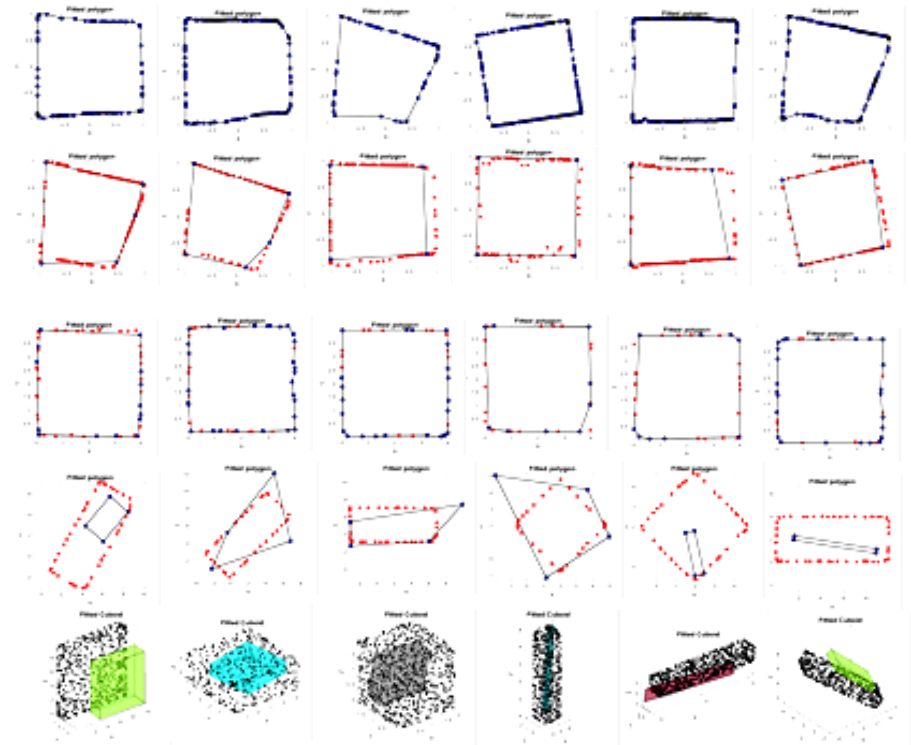
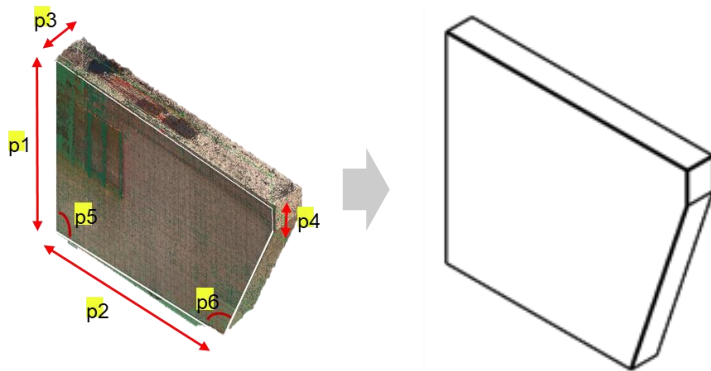


Mafipour, M. S.; Vilgertshofer, S.; Borrmann, A.: *Deriving Digital Twin Models of Bridges from Point Cloud Data Using Parametric Models and Metaheuristic Algorithms*, 28th EG-ICE International Workshop on Intelligent Computing in Engineering 2021, Berlin, Germany

# Modellgenerierung mittels KI-Methoden

## Fitting von parametrischen Modellen

- KI-basierte Optimierungsmethoden zum Fitting hochparametrisierter Modelle und Modellteile in die Punktwolke

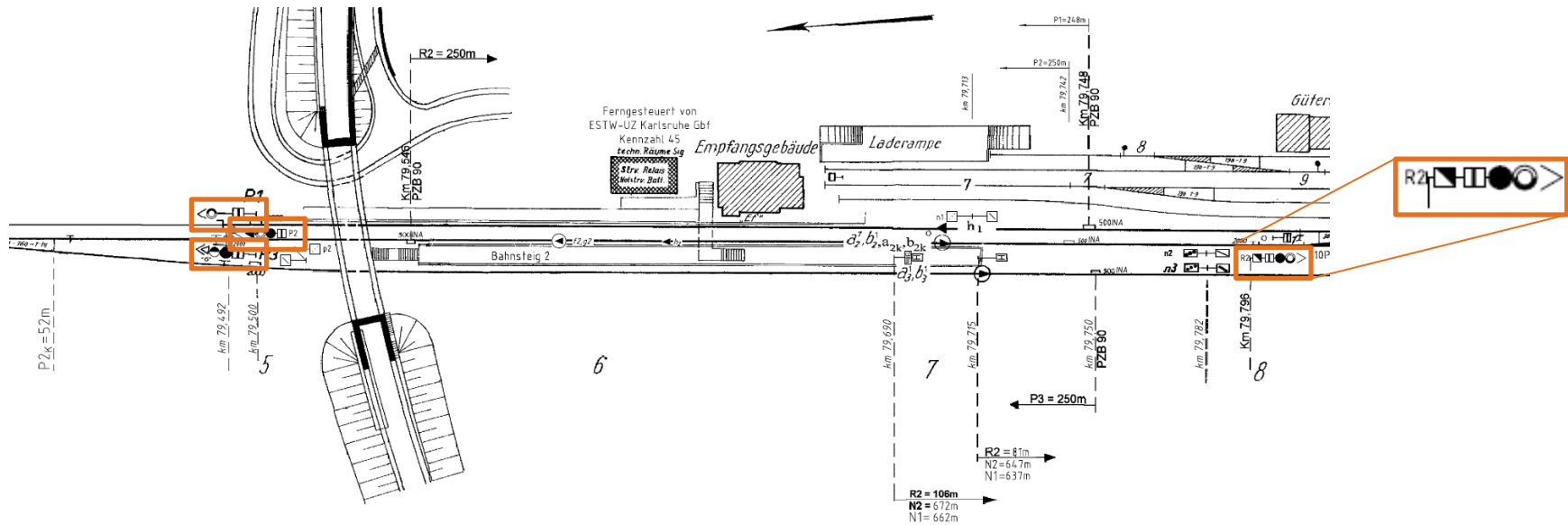


Model fitting into Point Cloud

Maipour, M. S.; Vilgertshofer, S.; Borrmann, A.: *Deriving Digital Twin Models of Bridges from Point Cloud Data Using Parametric Models and Metaheuristic Algorithms*, 28th EG-ICE International Workshop on Intelligent Computing in Engineering 2021, Berlin, Germany

# KI-basierte Verarbeitung von Bauplänen

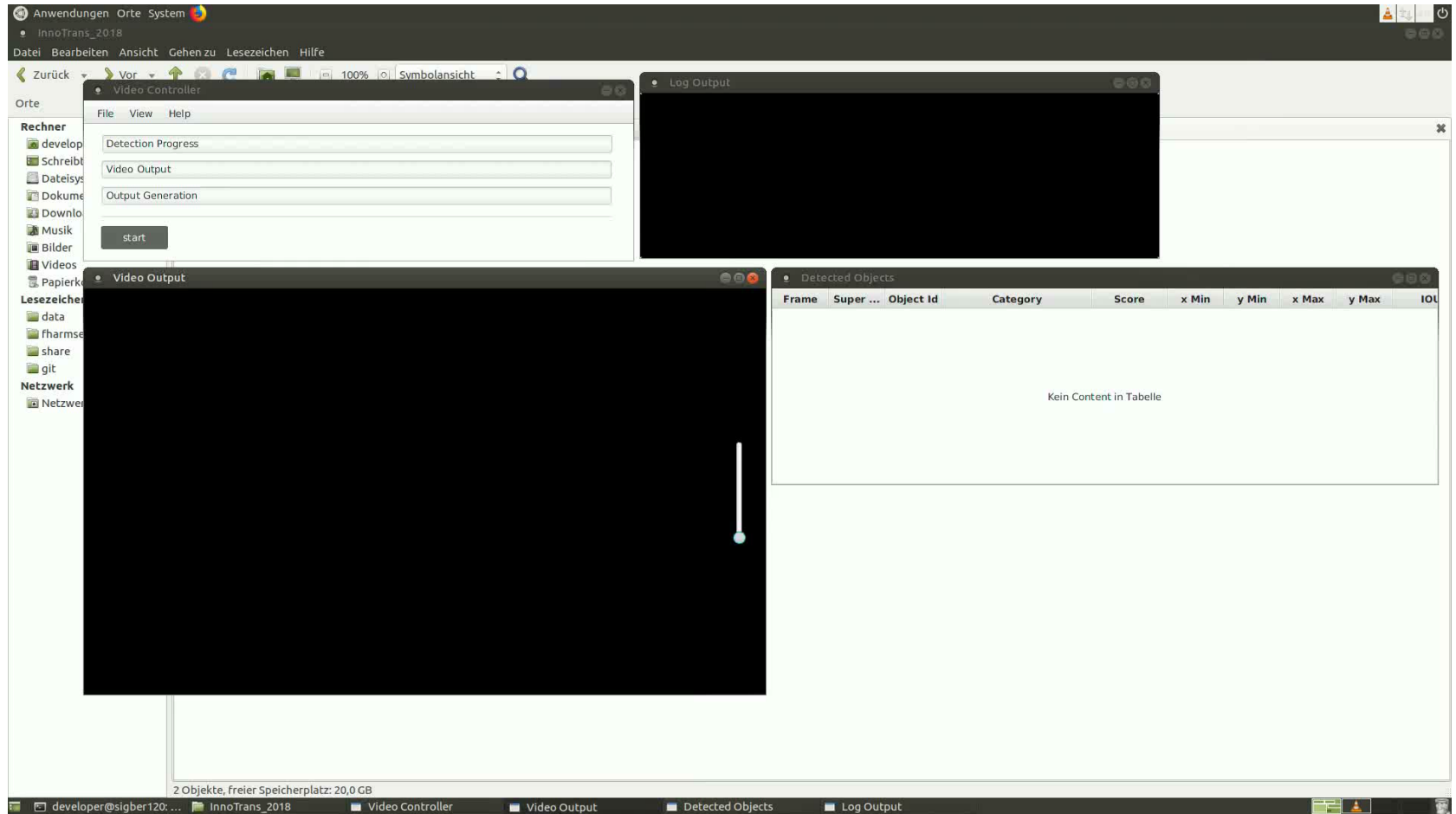
## Symbolerkennung in Plänen des Eisenbahnbaus



Vilgertshofer, S.; Stoitchkov, D.; Borrmann, A.; Menter, A.; Genc, C.: *Recognising Railway Infrastructure Elements in Videos and Drawings Using Neural Networks*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Smart Infrastructure and Construction 172 (1), pp. 19-33, 2020



# Bildererkennung aus Videos

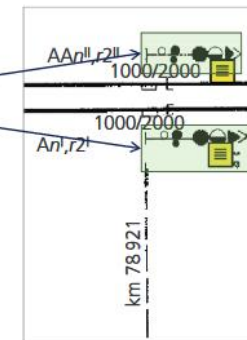
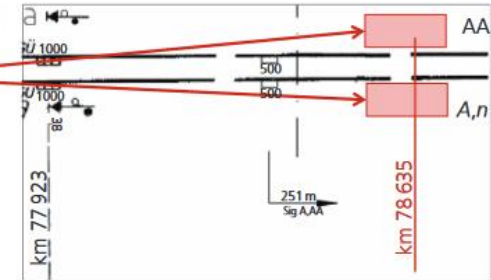


# Bestandsmodellierung

## Kombination unterschiedlicher Informationsquellen



- Kombination von extrahierten Informationen aus Plänen und Videos
- Abgleich
- Erzeugen und Update des digitalen Zwillings

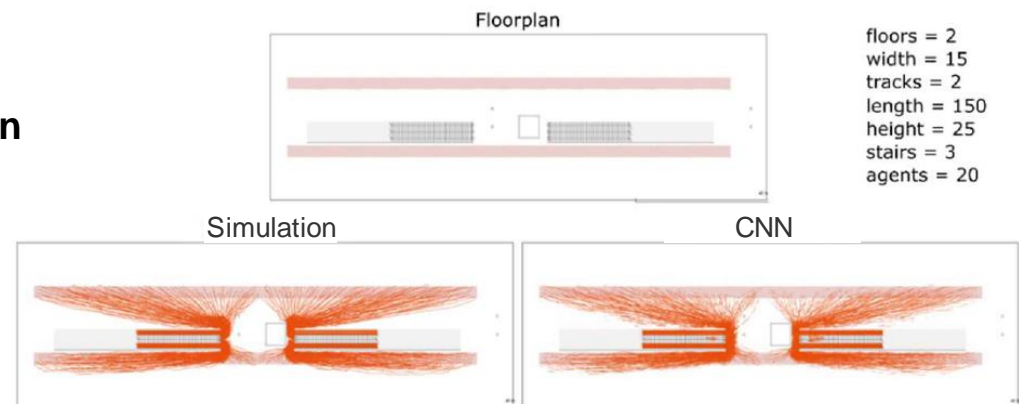
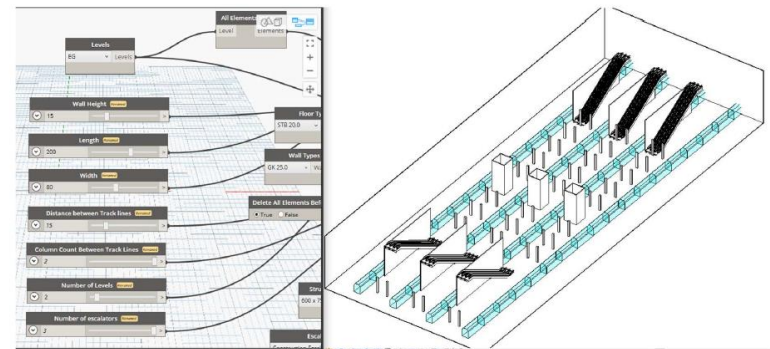


# KI-gestützte Entwurfsassistenz



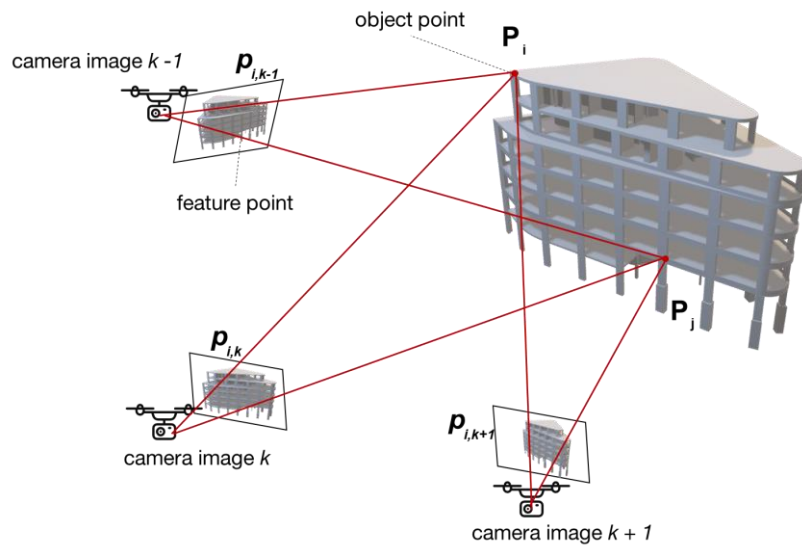
## BEYOND: "Simulieren" von Personenströmen mit Neuronalen Netzen

- Beim Entwurf großer Verkehrsknoten müssen Personenströme berücksichtigt werden
- Konventionelle Simulatoren sind **sehr rechenaufwändig** → lange Rechenzeiten
- **Neuronales Netz** liefert vergleichbare Resultate in Millisekunden
- erlaubt **Echtzeitauswertung einer großen Zahl von Entwurfsvarianten** → interaktiver Entwurf



# Baufortschrittsverfolgung

## Detektion von Bauteilen





# Baufortschrittserkennung

## Detektion von Bauteilen

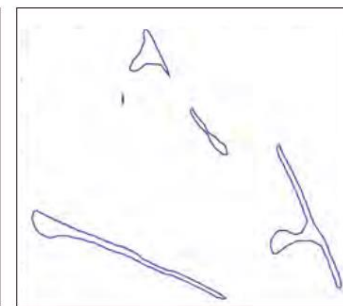
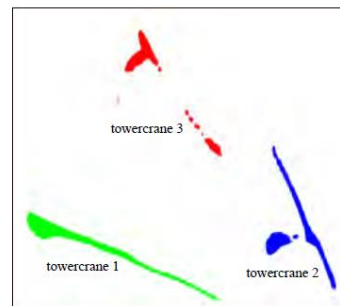
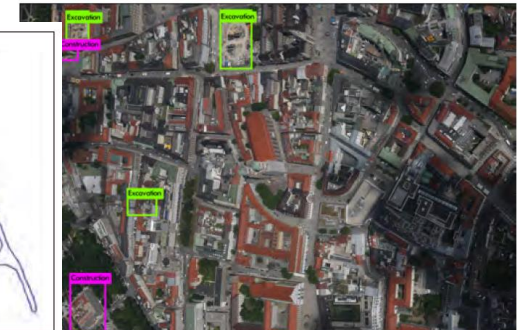


Braun, A.; Bormann, A.: Combining inverse photogrammetry and BIM for automated labeling of construction site images for machine learning, Automation in Construction 106, pp. 1-13, 2019

# Luftgestützte Baustellenanalyse

## Detektion / Segmentierung

- Analyse von Luftbildern (Befliegung)
- Detektion von Baustellen
- Baustellen-Layout (Kran, Bauwerk, Lager)
- Deep Learning → Mustererkennung

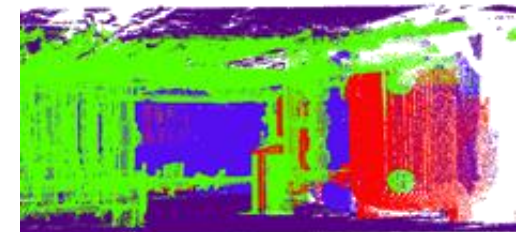
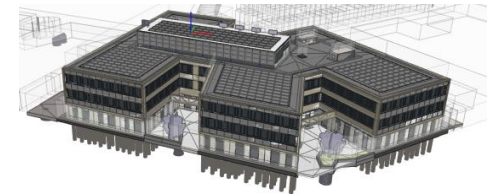


Jahr, K.; Eickeler, F., Bormann, A.: Adopting computer vision for extracting data from aerial images of development areas, A dvanced Engineering Informatics, submitted

# BIM model update für die Betriebsphase

## Semantische Segmentierung der Punktwolke

- Problem: Planungsmodelle entsprechen häufig nicht der gebauten Realität
- Erfassungsmethoden → Punktwolken
- Detektion von Abweichungen
- Semantische Segmentierung der Punktwolken mittels Neuronaler Netze
- Erzeugen eines Wie-gebaut-Modells



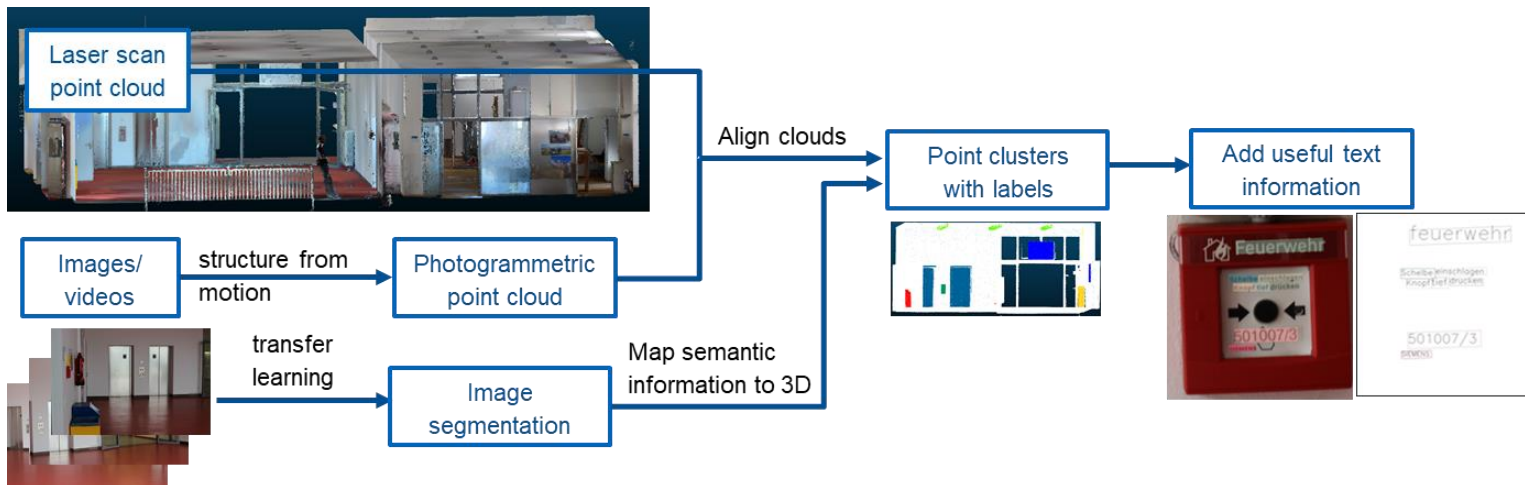
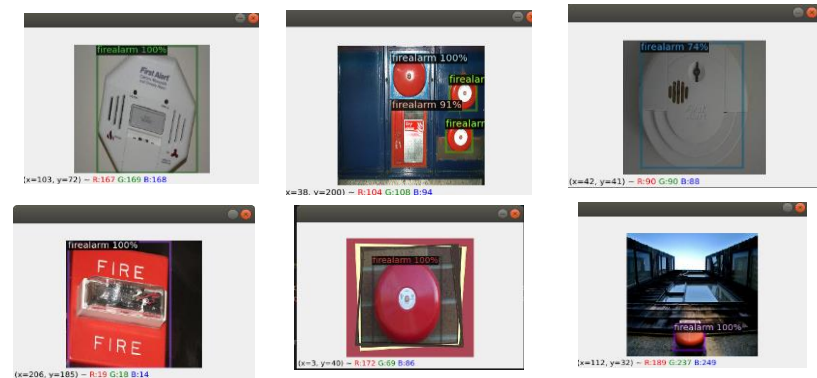
■ Walls ■ Piping system ■ Slabs ■ Stairs

**ETH** zürich  
**SIEMENS**

# Erstellung detaillierter digitaler Zwillinge für den Betrieb

## Kombination von Bildern und Punktwolken

- Kleine aber wichtige Objekte können nicht in der Punktwolke detektiert werden
  - Elektroinstallation
  - Brandschutzelemente
- Semantische Segmentierung von Bildern  
 → Projektion auf die Punktwolke
- Vervollständigung des digitalen Zwilling für das Facility Management





# Open BIM

## Warum?

- fairer Wettbewerb zwischen Herstellern
- öffentliche Auftraggeber sollten keine Produkte einzelner Hersteller festschreiben
- Wettbewerb führt zu besseren Produkten & Preisen
- viele Erfolgsgeschichten:  
HTML, XML, SQL, USB, Steckdosen, Schrauben, ...
- Kommunikation basiert auf offenen Protokollen
- wichtig Basis für den Digitalen Zwilling



Neuer Studiengang

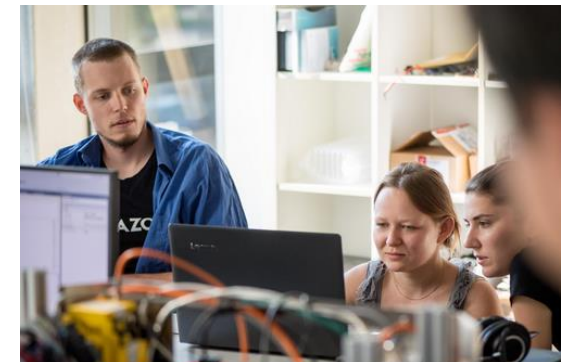
# MSc Information Technologies for the Built Environment

# MSc Information Technologies for the Built Environment

## Motivation

- Bauwesen hat hohen Bedarf an Experten mit Fähigkeiten im Bereich digitaler Methoden
- Ausbildung über die Grenzen der traditionellen Fächer hinweg erforderlich
- Studiengang wurde vom TUM Senat genehmigt
- Start: Herbst 2022

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
Professional Software Engineering 6 ECTS	Software Practical 6 ECTS	Fusion Lab 12 ECTS	Master Thesis 30 ECTS
Geospatial Information Science 6 ECTS	BIM Fundamentals 6 ECTS (WiSe/SoSe)		
Semantic Modelling of the Built World 6 ECTS	Platform Oriented Construction Management 6 ECTS (WiSe/SoSe)	Elective 6 ECTS	
Computational Design in Architecture, 3 ECTS	Ethics and the Human Factor 6 ECTS	Elective 6 ECTS	
Photogrammetry and Remote Sensing, 3 ECTS		Elective 6 ECTS	
Elective 6 ECTS	Elective 6 ECTS	Elective 6 ECTS	

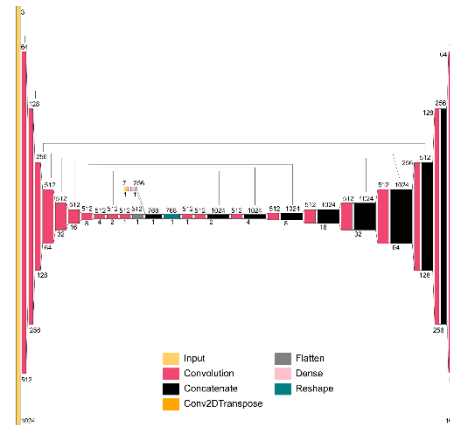
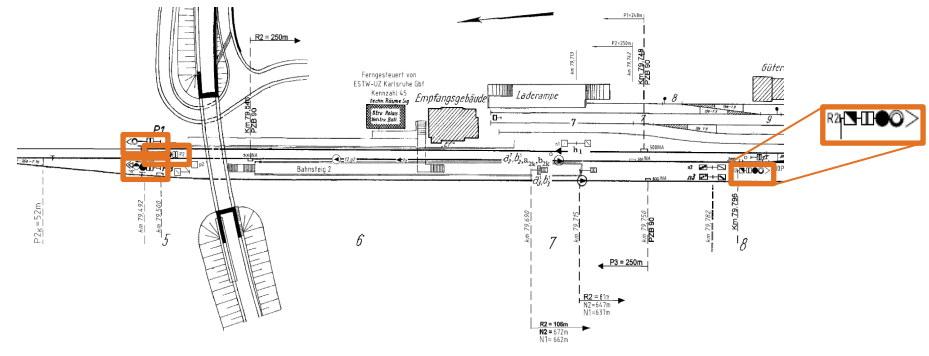


# MSc Information Technologies for the Built Environment



# Fazit

- die Digitalisierung im Bauwesen hat deutliche Fortschritte gemacht
- riesiges Potential für Effizienz- und Qualitätssteigerung
- BIM, Digitale Zwillinge und KI gehen Hand in Hand und ergänzen sich hervorragend
- viel Potential für Forschung und Entwicklung
- Ausbildung muss ausgebaut werden



[www.cms.ed.tum.de](http://www.cms.ed.tum.de)

Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

TUM Center of Digital Methods for the Built Environment

Technische Universität München