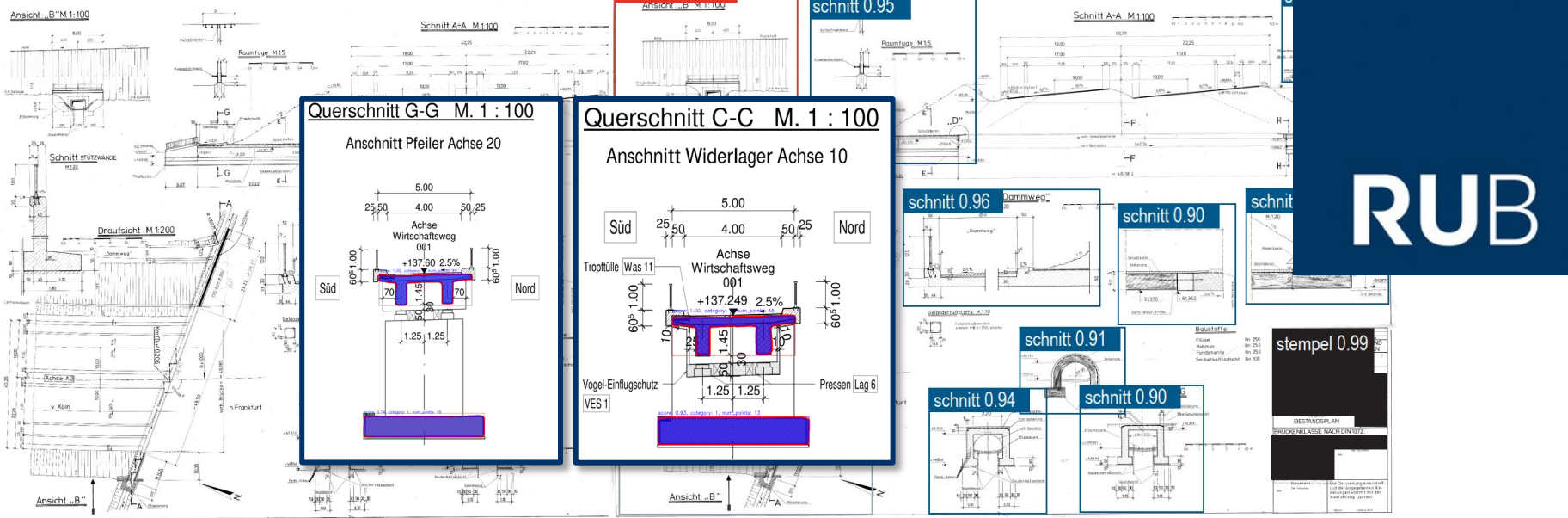




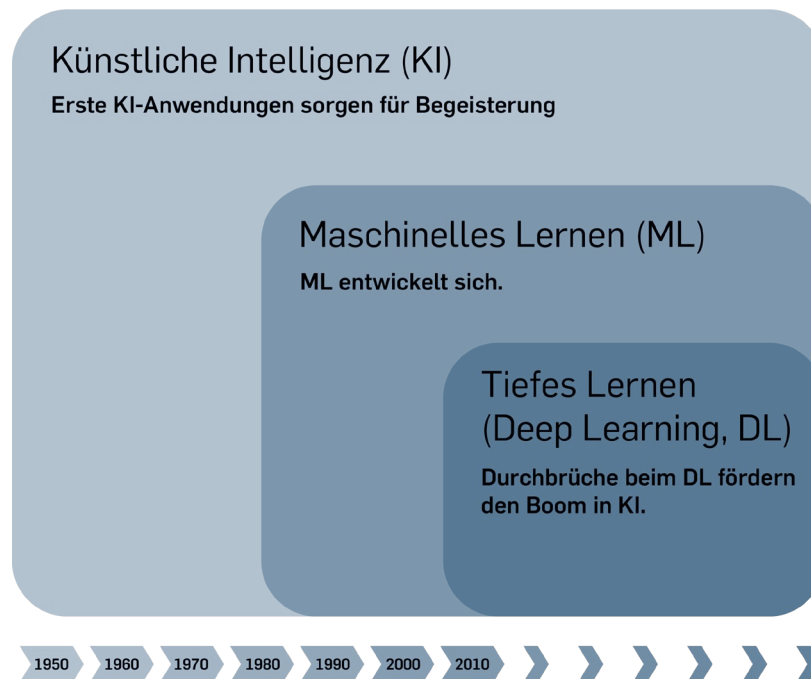
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

ZUKUNFT DES BAUENS: WIRD KI DEN INGENIEUR ERSETZEN?

Prof. Dr.-Ing. Markus König

Künstliche Intelligenz

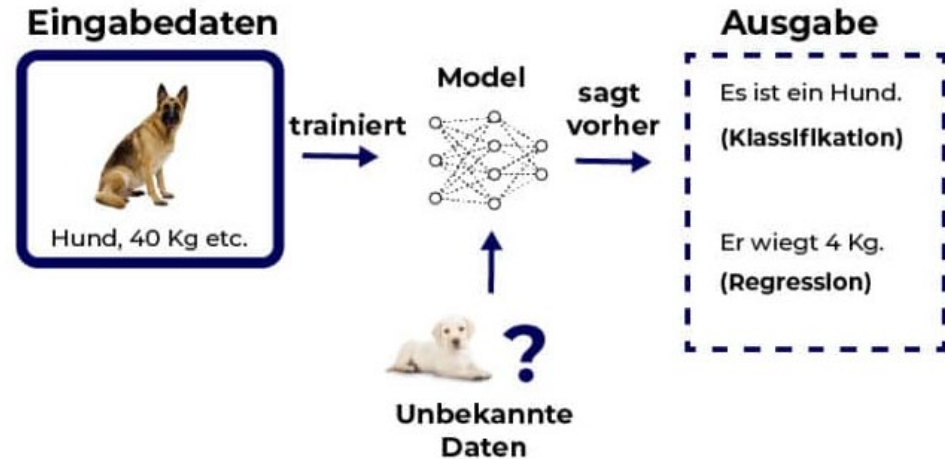
- Künstliche Intelligenz (KI)
 - Programme, die lernen und denken wie Menschen oder Entscheidungen auf der Grundlage von Wahrscheinlichkeiten treffen
- Maschinelles Lernen (ML)
 - Algorithmen mit der Fähigkeit zu lernen, ohne ausdrücklich programmiert zu werden
- Tiefes Lernen (DL)
 - Lernen mit künstlichen neuronalen Netzen, die umfangreiche Trainingsdaten benötigen



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

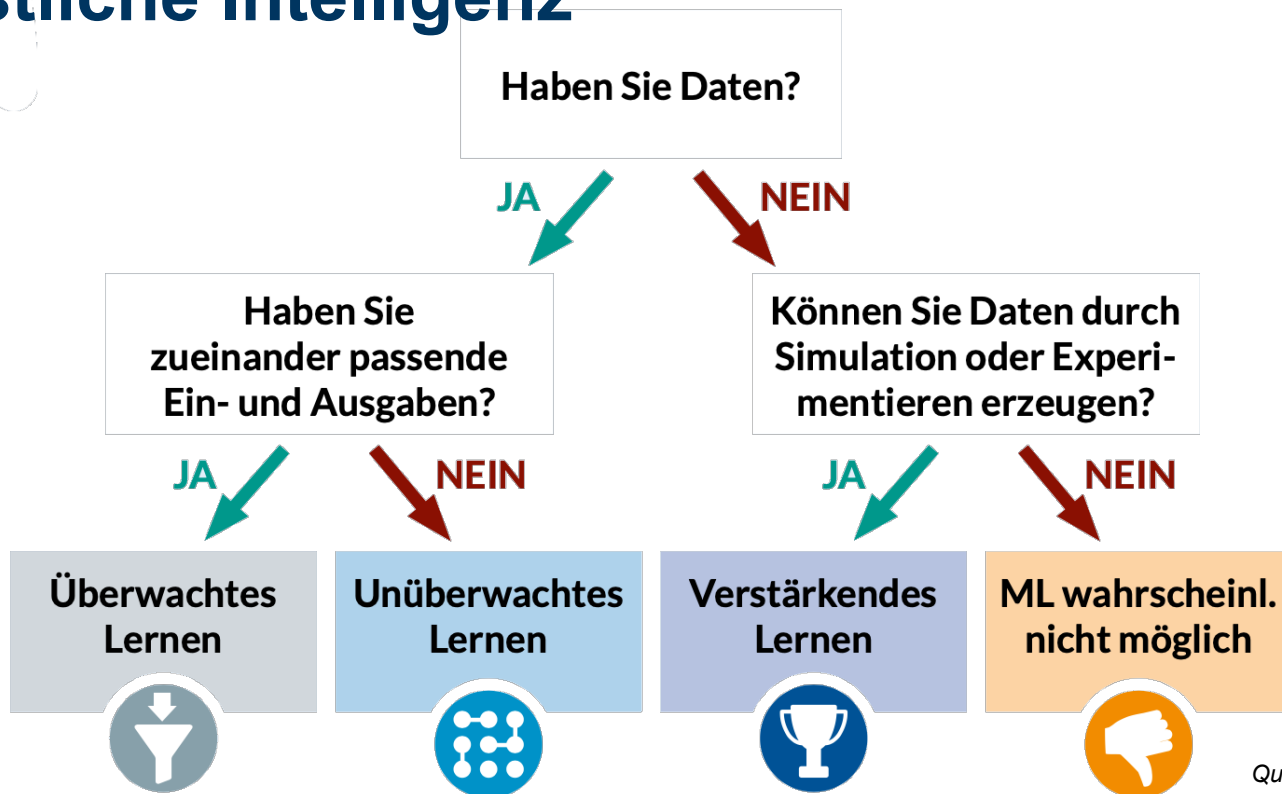
Überwachtes Lernen

- Trainieren eines Modells auf einem Datensatz, der Eingabe-Ausgabe-Paare enthält
- Das Modell soll lernen, eine Ausgabe (Zielvariable) basierend auf einer oder mehreren Eingaben (Merkmalen) vorherzusagen



Quelle: <https://datasolut.com/wiki/supervised-learning/>

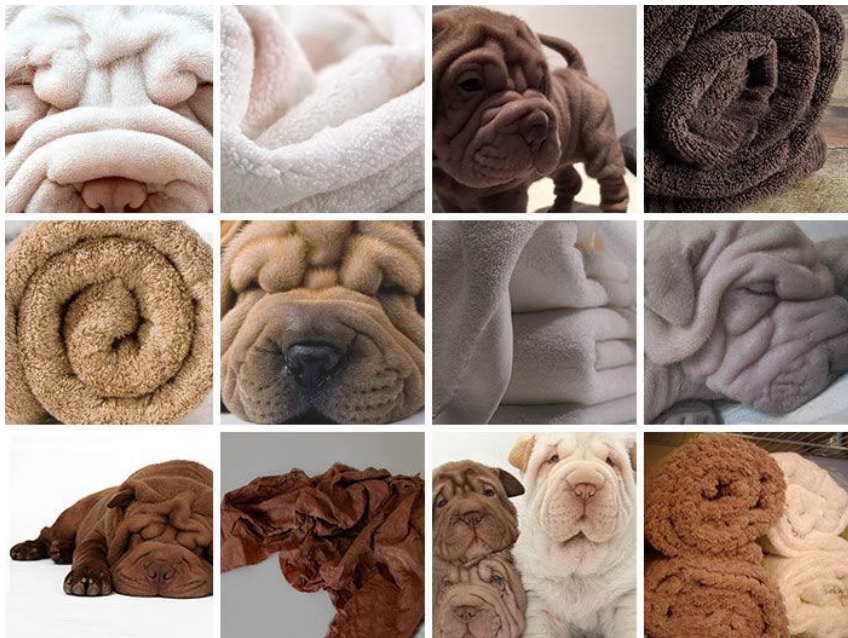
Künstliche Intelligenz



Quelle: <https://www.embarc.de/>

Künstliche Intelligenz

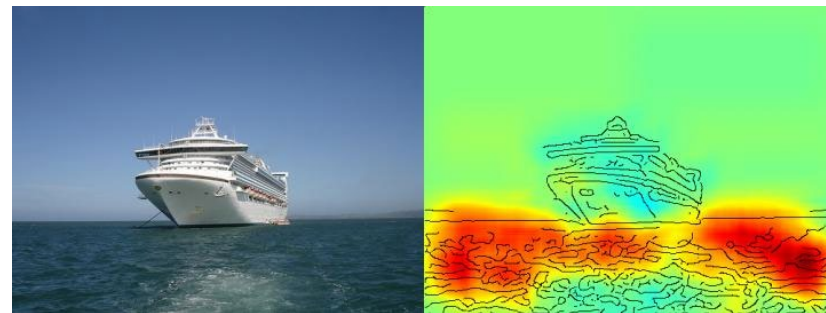
■ Was lernt der Computer?



Quelle: Academy of Technology and Engineering, Australia



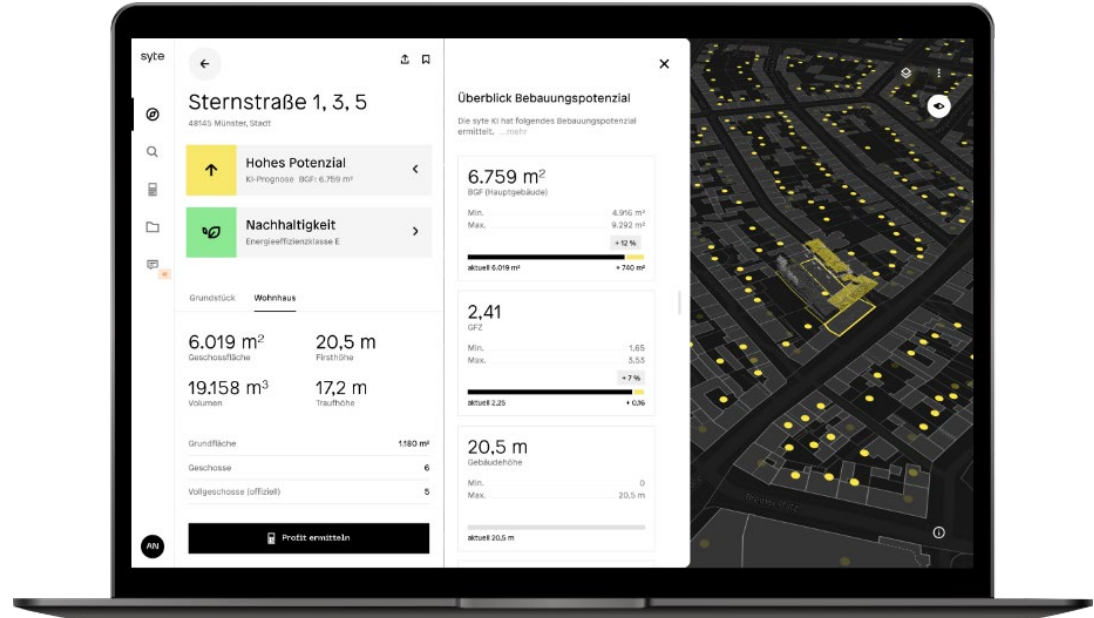
Quelle: Marc Toussaint, University of Stuttgart



Quelle: Nature Communications, CC BY Lizenz

Entwurf und Konstruktion

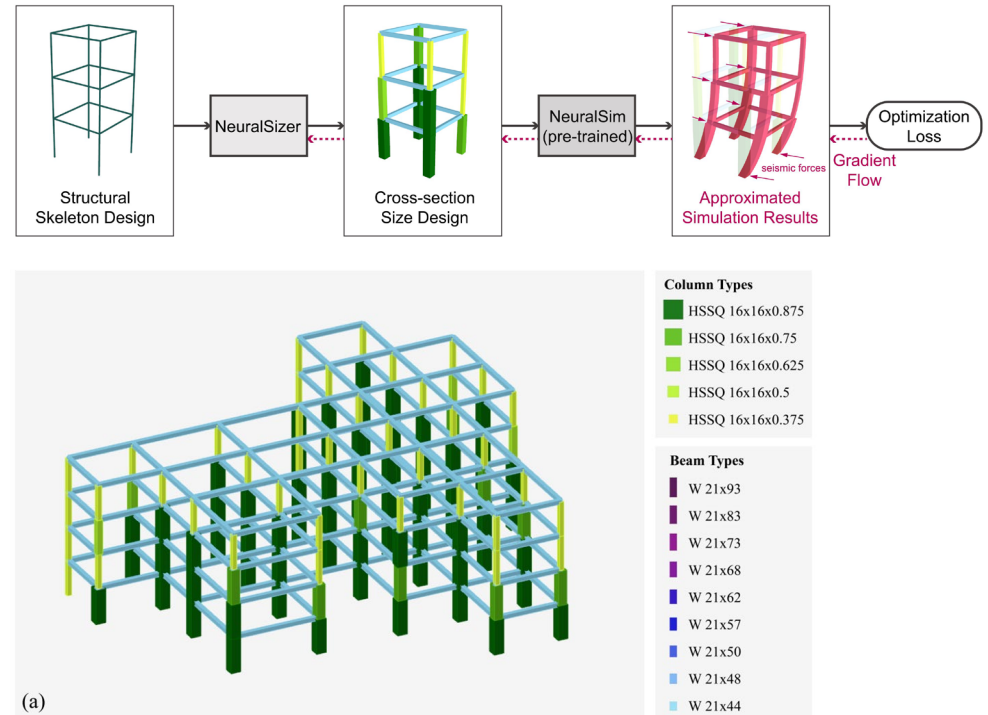
- Auswertung von vorhandenen Informationen (Grundstücks- und Gebäudedaten) für KI-basierte Prognosen
- Möglichkeiten zur Nachverdichtung
- PV-Potenziale auf Dach- und Freiflächen
- Fördermittel suchen und berücksichtigen



Quelle: <https://www.syte.ms>, Syte GmbH

Entwurf und Konstruktion

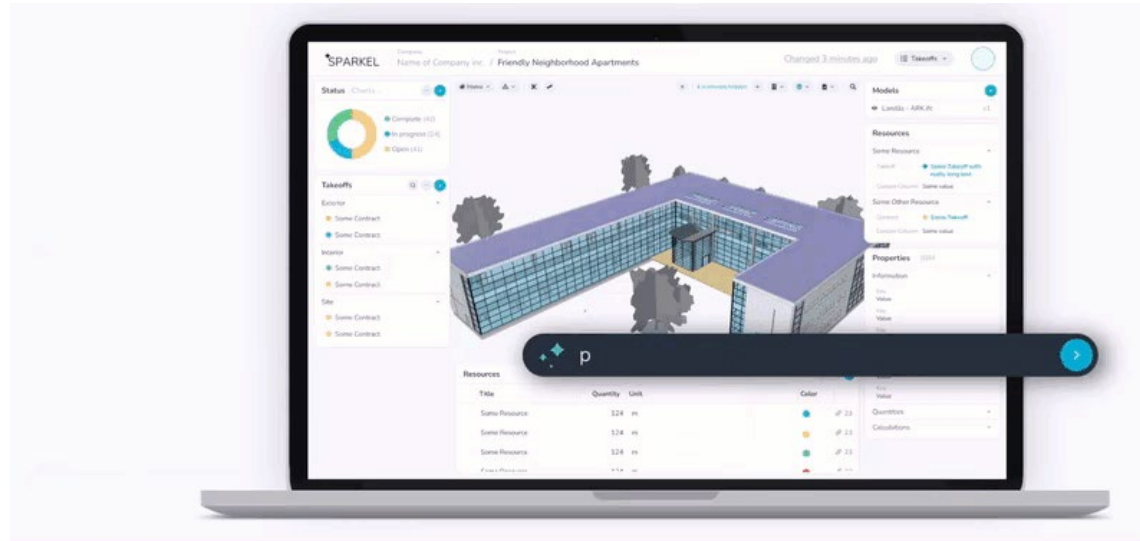
- Maschinelle Lernverfahren können eingesetzt werden, um die Auswahl optimaler Querschnitte für Säulen und Balken vorzuschlagen
- Zur Optimierung werden vortrainierte Ersatzmodelle auf Basis vorhandener Berechnungsmodelle verwendet



Quelle: Chang, Kai-Hung, and Chin-Yi Cheng.
"Learning to simulate and design for structural
engineering." In *International Conference on
Machine Learning*, pp. 1426-1436. PMLR, 2020.

Auswertung von digitalen Modellen

- Mit Hilfe von Sprachmodellen können auch andere (Text-basierte) Inhalte abgefragt werden



Quelle: <https://sparkel.io/>

Auswertung von Richtlinien

BauGPT

KI für Antworten auf alle Fragen zu Bau-
Technik, Bau-Recht und Bau-Normen

Wie hoch muss das Lichtraumprofil einer Brücke über eine Bundesautobahn sein?

BauGPT

Das Lichtraumprofil einer Brücke über eine Bundesautobahn in Deutschland muss bestimmte Mindestmaße erfüllen. Gemäß der Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA) liegt die geforderte lichte Höhe bei 4,50 m. Diese Maßnahme dient dazu, sicherzustellen, dass alle Fahrzeuge, einschließlich LKWs und Busse, sicher unter der Brücke hindurchfahren können.

Es ist wichtig, zu beachten, dass diese Mindesthöhe von 4,50 m den Abstand vom Fahrbelag bis zur Unterseite der Brücke darstellt. Eventuelle Aufbauten auf Fahrzeugen, wie zum Beispiel bei Spezialtransporten, müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Außerdem können besondere Umstände, wie z.B. die Notwendigkeit einer zusätzlichen Lärmschutzwand auf der Brücke oder besondere Anforderungen an die Gestaltung, dazu führen, dass die tatsächliche Höhe der Brücke über dem Lichtraumprofil liegt. In solchen Fällen muss eine individuelle Lösung gefunden werden.

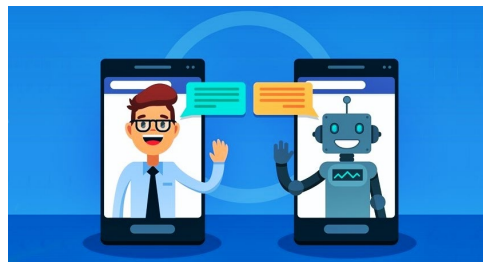
Ansonsten kann es sein, dass die Mindesthöhe von 4,50 m nicht ausreicht und die Brücke höher gebaut werden muss. Es ist immer ratsam, einen Ingenieur zu konsultieren, um sicherzustellen, dass alle relevanten Faktoren berücksichtigt werden und die Brücke den gesetzlichen Anforderungen entspricht.



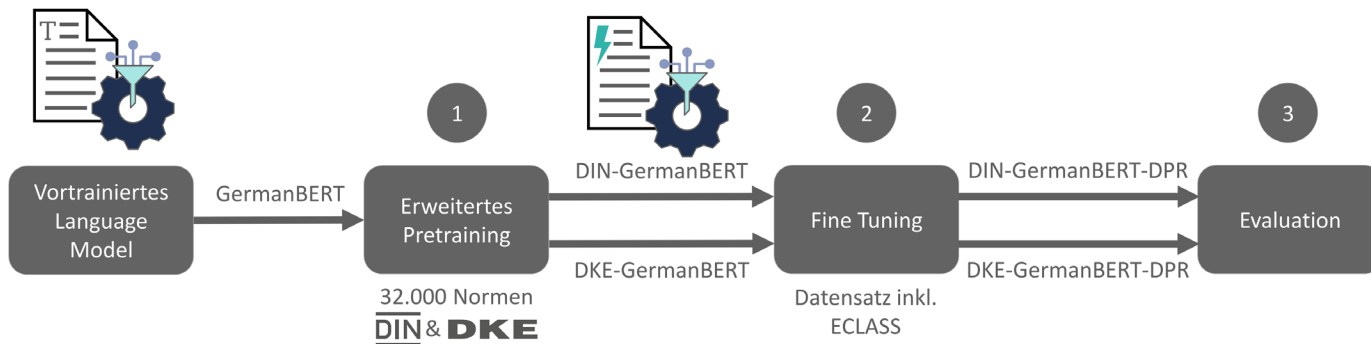
Quelle: <https://crafthunt.app/baugpt>

Auswertung von Richtlinien

- Nutzung von KI-Verfahren zur Abfrage von Normen, Regelwerken und Vorschriften
 - Beziehungsanalysen eines Satzes (allgemeines Sprachmodell)
 - Abgleich mit vorgegebenen Texten und Generierung einer Antwort



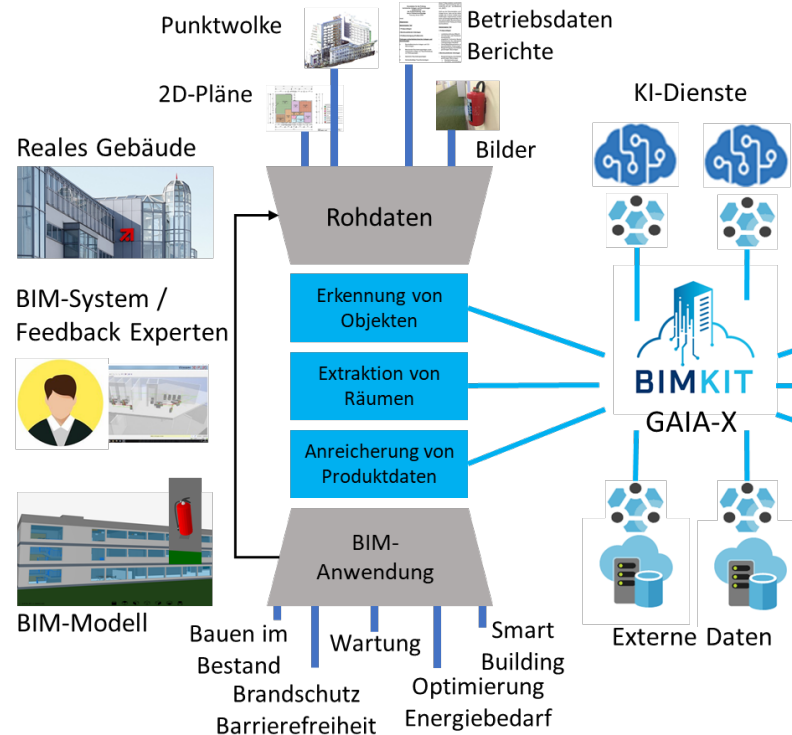
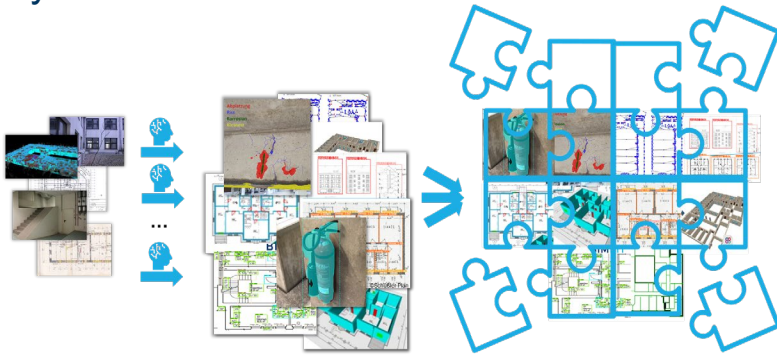
Quelle; Kelsey Taylor



Quelle: <https://www.dke.de/idis/pilotprojekte/optimierung-von-rechercheprozessen-durch-nlp>

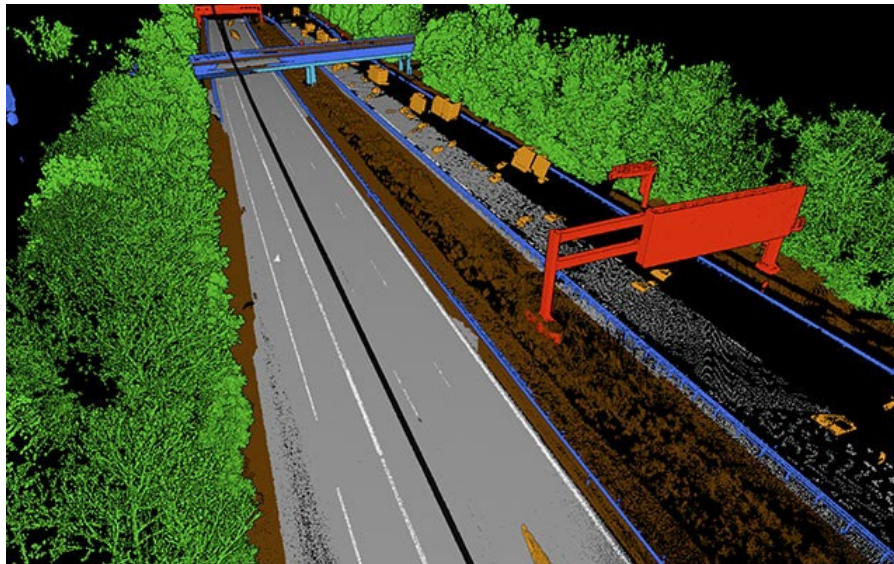
Bestandsmodellierung

- Anwendung von KI-Verfahren zur Auswertung von Bestandsinformationen und Generierung von Bestandsmodellen
- Integration von Expertenwissen und Nutzung von bestehenden BIM-Systemen



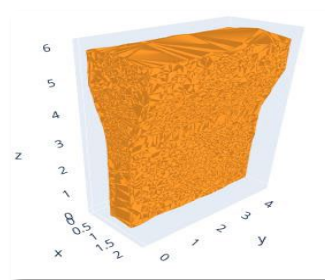
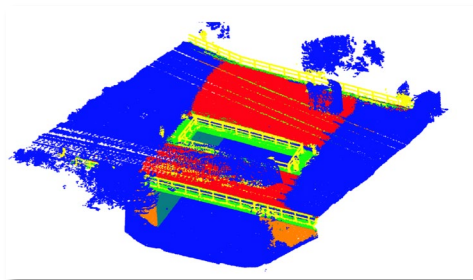
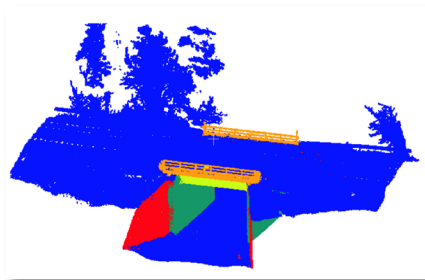
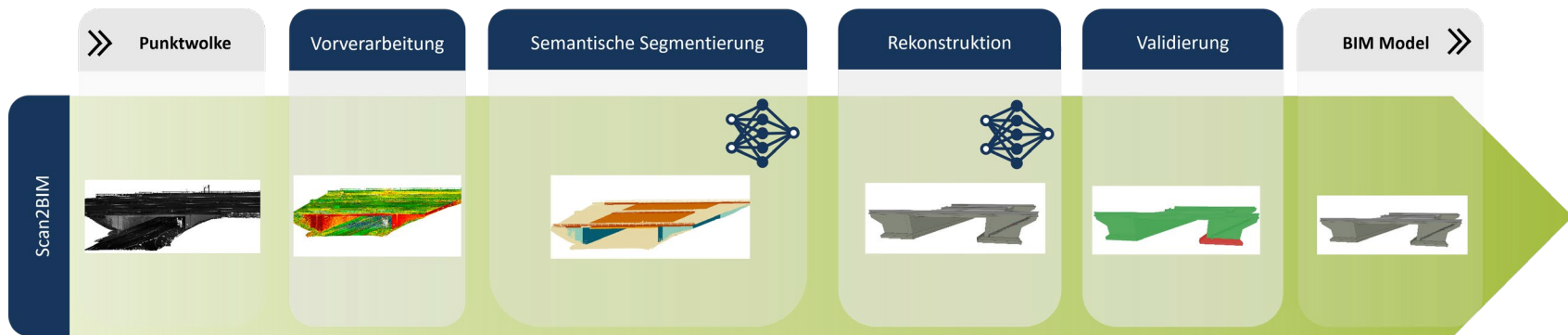
Bestandsmodellierung

- Punktwolken bilden eine gute Basis für die Modellierung von sichtbaren Bauteilen
- Einzelne Punkte werden analysiert und mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit einer Klasse zugeordnet
- Es müssen Trainingsdaten für alle Klassen angegeben werden



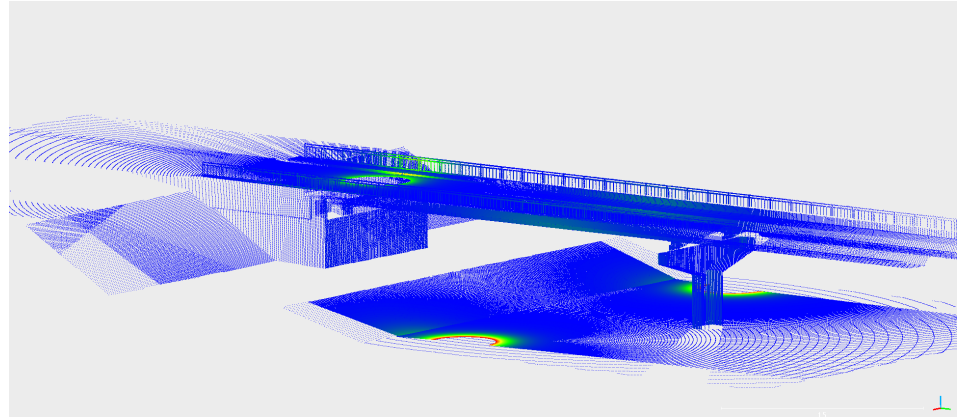
Source: Pointly GmbH

Bestandsmodellierung



Bestandsmodellierung

- Eine große Herausforderung ist die Verfügbarkeit von Punktwolken
- Punktwolken können synthetisch auf Basis von vorhandenen BIM-Modellen erstellt werden
- Punkte können automatisch einer Klasse (z.B. Brückenpfeiler) zugeordnet werden
- Die trainierten maschinellen Lernverfahren werden anschließend für reale Punktwolken (Scans) genutzt



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Bestandsmodellierung



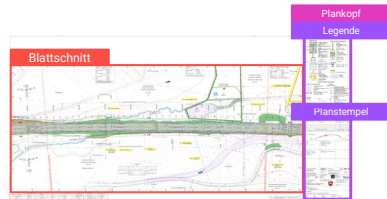
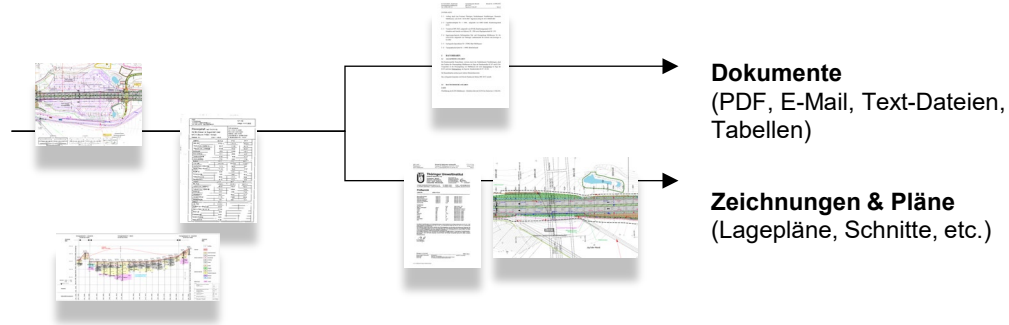
CDE



Cloud



weitere Datenquellen

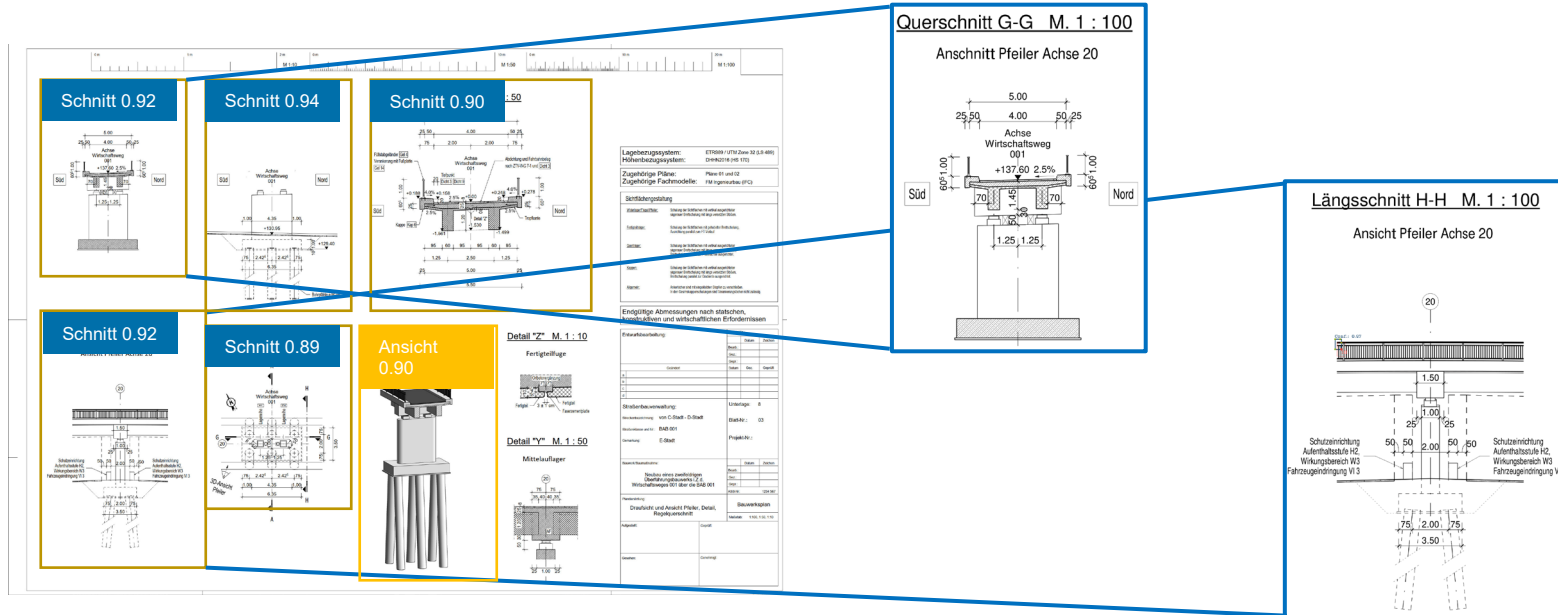


DEGES Deutsche Eisenbahngesellschaft und das Gebiet Eisenbahnen in der DDR Berlin 1000 Telefon 030 20 20 20 Telefax 030 20 20 20		Baujahr Bauart Projekt Nr.
Als der Entwurf Datum Name		
REFERENZPLANUNG Stand 11/2019		
Freistaat Thüringen B 247 - VKE 5653 OU Mühlhausen im Zuge der Bundesstraße B 247 und B 249		
Nach dem Deutsche Eisenbahngesellschaft und das Gebiet		

Auftraggeber	DEGES
Planungsart	REFERENZPLANUNG
Stand	11/2019
Bauherr	Freistaat Thüringen
Projekt-ID	B 247 - VKE 5653
Projektname	OU Mühlhausen im Zuge der Bundesstraße B 247 und B 249
Maßstab	1 : 1000

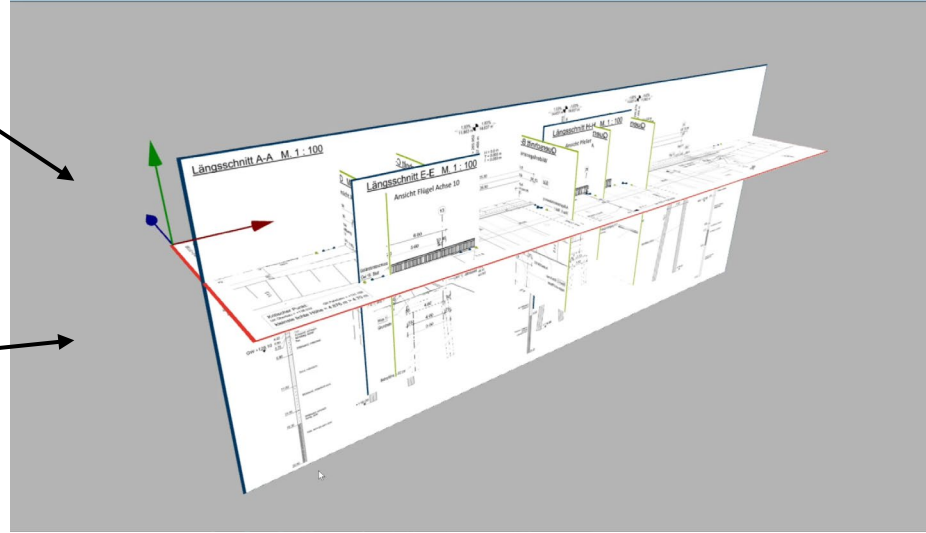
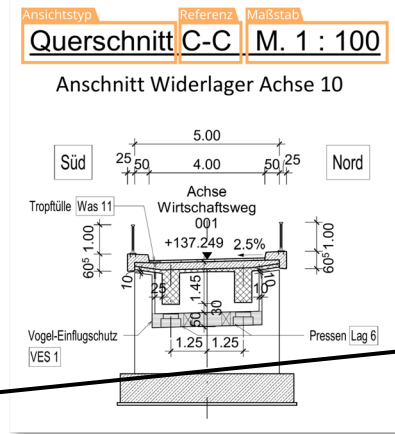
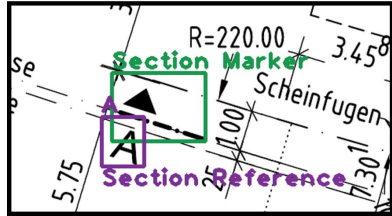
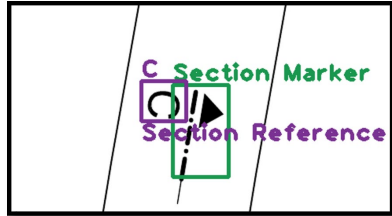
Quelle: elevait

Bestandsmodellierung



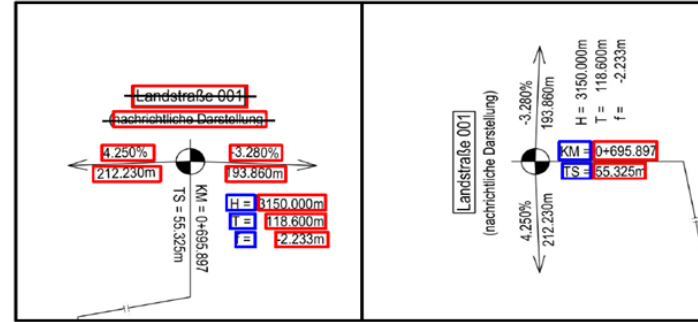
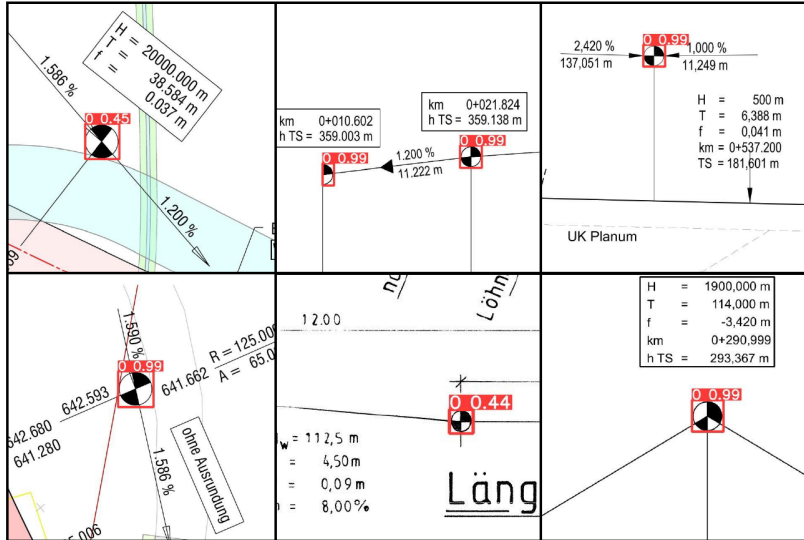
Quelle: Schüßler-Plan / Ruhr-Universität Bochum

Bestandsmodellierung



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Bestandsmodellierung



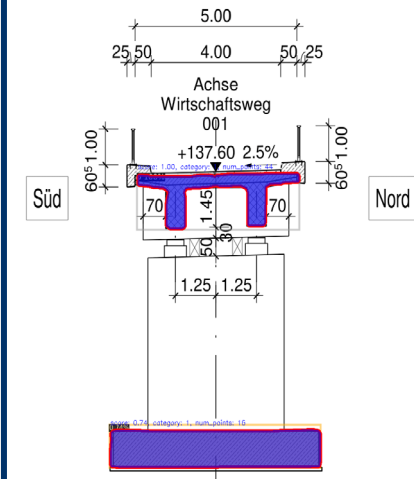
{"plan_1.png":
 ["H": 3150.0, "T": 118.60,
 "f": -2.233, "TS": 55.325,
 "S": 695.897, "s1": 4.25,
 "s2": -3.28, "L1": 212.23,
 "L2": 193.860]
 }

Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Bestandsmodellierung

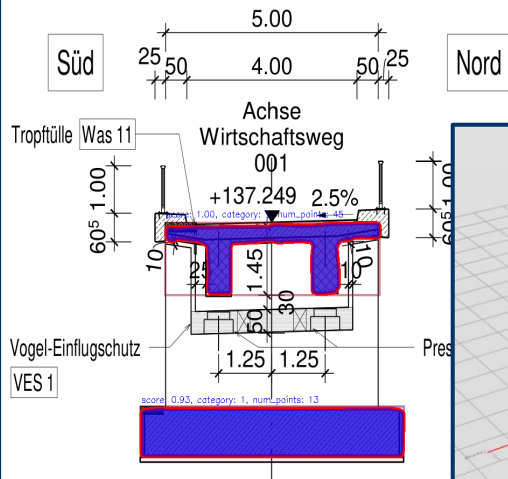
Querschnitt G-G M. 1 : 100

Anschnitt Pfeiler Achse 20

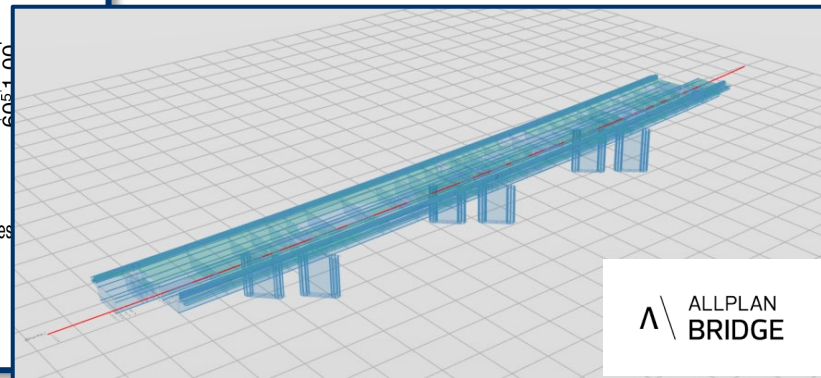


Querschnitt C-C M. 1 : 100

Anschnitt Widerlager Achse 10



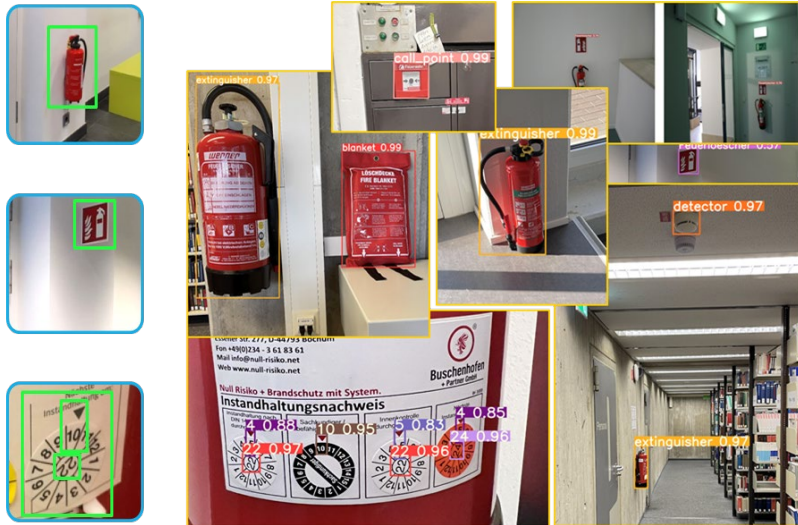
Axis definition				
AXES BEGIN				
AXIS "Achse 2" BEGIN				
BIMPLUS	"" ""			
SSLOPE	ASC			
SBEGIN		0		
PLAN BEGIN				
POINT	ABS	-2082.906	-281.603	344.855665
LINE	DS	47.003257		
CIRCLE	DSR	149.648478	-350	
LINE	DS	160.578802		
CIRCLE	DSR	576.653568	550	
LINE	DS	13.406045		
PLAN END				



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Bestandsmodellierung

- Neben Punktwolken (Scans) können auch Bilder für die Erkennung und Übertragung von Objekten in BIM-Modelle genutzt werden



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

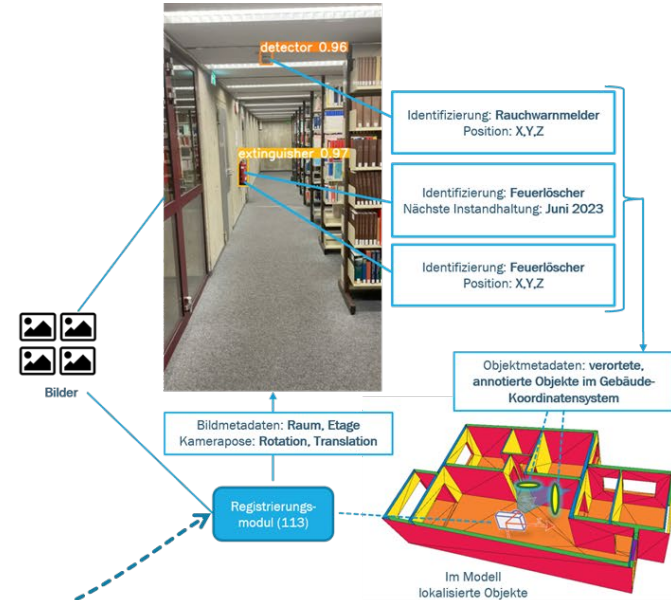
Bestandsmodellierung

- Neben Punktwolken (Scans) können auch Bilder für die Erkennung und Übertragung von Objekten in BIM-Modelle genutzt werden



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Lokalisierung der Kamera
am Modell



Schadens Erfassung

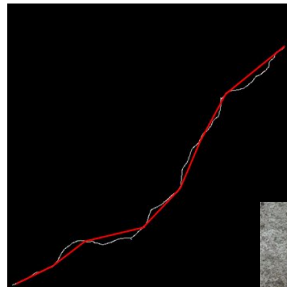
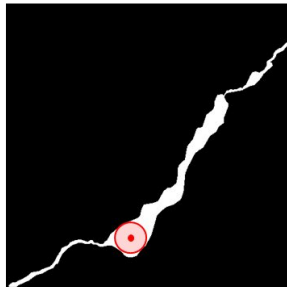
- Die Erkennung und Klassifizierung von Oberflächenschäden sind bereits im praktischen Einsatz



Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Schadens erfassung

Risswerte



Rissbreite

Risslänge



Rissabstände

Rissrichtung



Längsriss



Querriss



Schrägriss

Schadens Erfassung

Abplatzung



Abplatzung + Korrosion



Abplatzung mit freiliegender Bewehrung



Kiesnest



Kiesnest + Korrosion



Kiesnest mit freiliegender Bewehrung



```
20221014_130545.jpg:
  abplatzung:
    0:
      contoured_img_name: "20221014_130545_ab_00.jpg"
      mask_center_coordinates:
        0: 98
        1: 273
  riss:
    0:
      contoured_img_name: "20221014_130545_r_i_00.jpg"
      mask_center_coordinates:
        0: 923
        1: 284
  1:
    contoured_img_name: "20221014_130545_r_i_01.jpg"
    mask_center_coordinates:
      0: 784
      1: 261
  2:
    contoured_img_name: "20221014_130545_r_i_02.jpg"
    mask_center_coordinates:
      0: 766
      1: 266
  3:
    contoured_img_name: "20221014_130545_r_i_03.jpg"
    mask_center_coordinates:
      0: 673
      1: 264
```

**JSON-Datei mit
Schadensinformationen**

Schadens Erfassung

Kamerabild

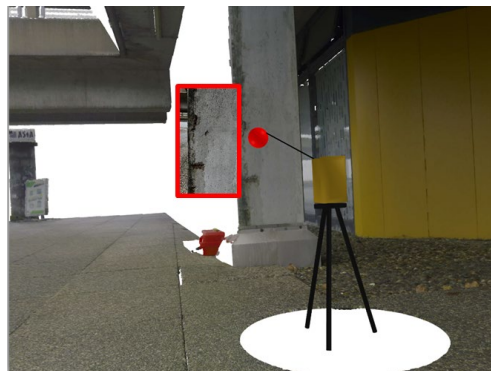
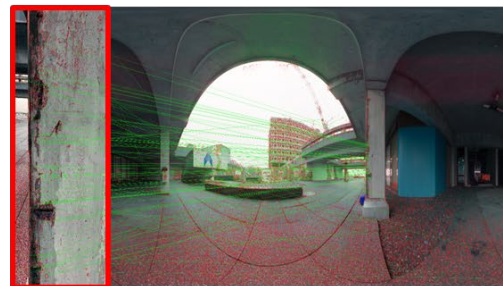


+

Panoramabild



Similarity-Matching



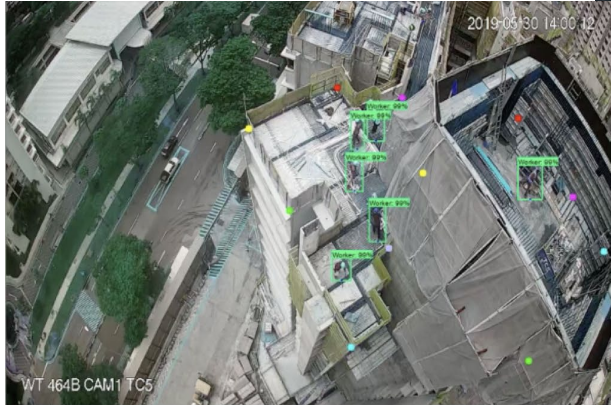
Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Bauausführung

- Maschinelle Lernverfahren können bei der Planung der Bauausführung helfen, die Aktualisierung von Bauabläufen vornehmen, Qualitätssicherungen durchführen oder auch zur Baudokumentation beitragen

Bauausführung

- Erkennung und Verfolgung von Arbeitnehmern, um potenziell gefährliche Situationen zu identifizieren

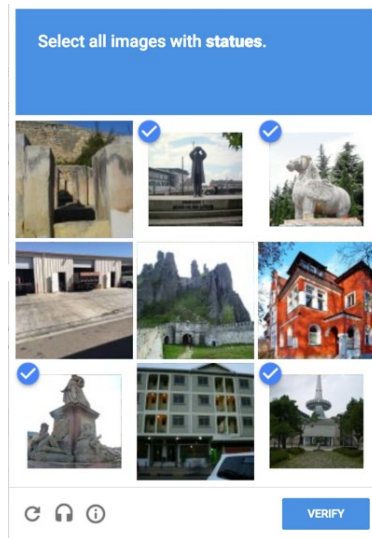


Quelle: Ruhr-Universität Bochum

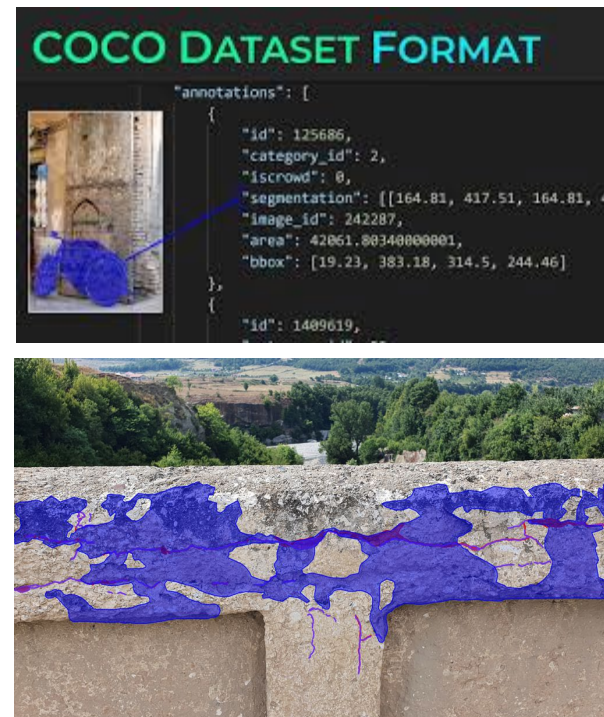
Quelle: www.sde.nus.edu.sg/bdg/cpfm/sarru/

Datenverfügbarkeit

- KI-Verfahren erfordern eine große Menge von variierenden Trainingsdaten
 - Wetter und Licht
 - Auflösungen
 - Blickwinkel
 - Verschmutzung
 - Messfehler
 - ...

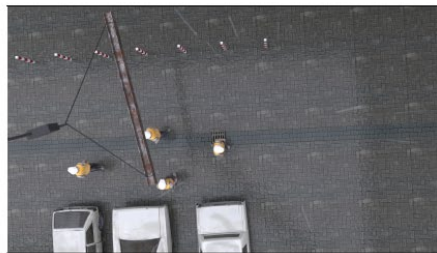


Quelle: Ruhr-Universität Bochum

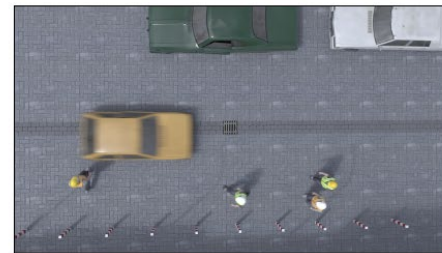


Datenverfügbarkeit

- Nutzung von virtuellen Szenen und synthetischen Daten für das Training von KI-Verfahren
- Schwierige Lichtverhältnisse und verschiedene Schutzausrüstung kann erzeugt werden
- Bewegliche Objekte wie Baumaschinen und Baumaterial können integriert werden



(a) Scene 3



(b) Scene 4



(c) Scene 5

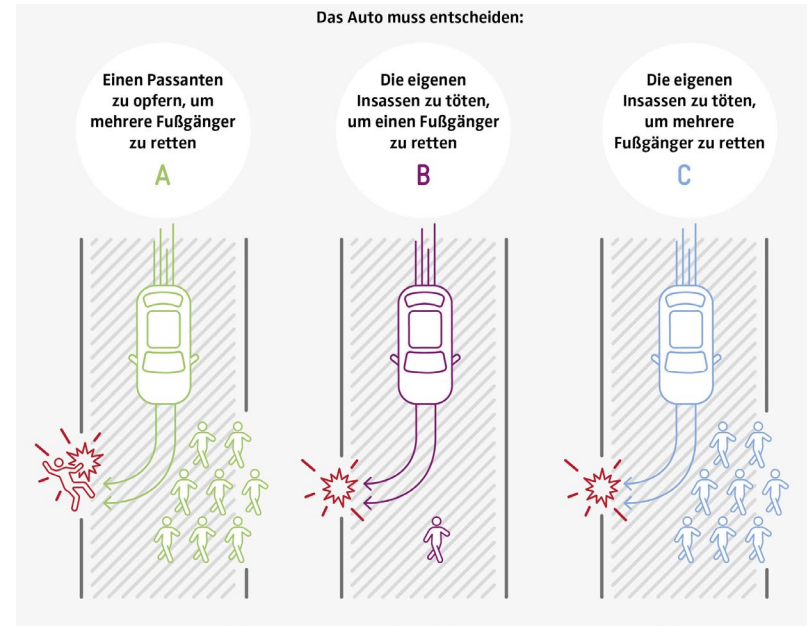


(d) Scene 6

Quelle: Ruhr-Universität Bochum

Ethik und Moral

- KI-Verfahren realisieren genau das, was Menschen ihnen beigebracht haben – selbst wenn es nicht unbedingt das eigentliche Ziel war
- Produktivität vor Sicherheit?
- Diversität in den Datensätzen?
- Erklärbarkeit der Entscheidungen?

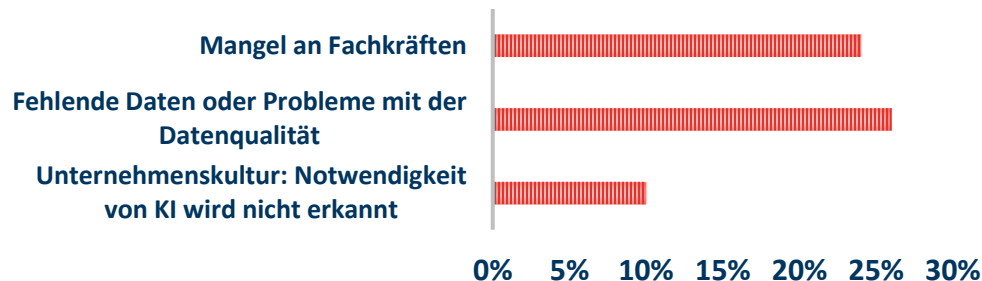


Quelle: Awad, E., Bonnefon, J., Shariff, A., & Rahwan, I. (2019). The Thorny Challenge of Making Moral Machines: Ethical Dilemmas with Self-Driving Cars, *NIM Marketing Intelligence Review*, 11(2), 42-47

Fazit

- Ausgewählte KI-Verfahren sind prinzipiell einsetzbar, müssen jedoch noch weiter trainiert werden
- Die Verfügbarkeit von hochwertigen Trainingsdaten ist noch nicht gegeben
- Austausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft erforderlich
- KI ist aktuell nur ein beschränktes Hilfsmittel und kann die Fach- und Entscheidungskompetenzen nicht ersetzen

Was sind die Herausforderungen, die eine Einführung von KI behindert?



Quelle: <https://www.oreilly.com/radar/ai-adoption-in-the-enterprise-2021>

Kontakt

Ruhr-Universität Bochum
Informatik im Bauwesen
Universitätsstr. 150
44801 Bochum, Germany

phone : + 49 (234) 32-23047
fax : + 49 (234) 32-14292
e-mail : office@inf.bi.rub.de
www : <http://www.inf.bi.rub.de>

