



Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Definition, Herausforderungen und Beispiele

David Crampen, Jörg Blankenbach

Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme

RWTH Aachen University

GeolT Round Table

27. August 2025 | online

Einleitung

- Digitale Zwillinge sind in aller Munde...
- ...auch für Anwendungen in der bebauten Umwelt, z.B. digitale Bauwerkszwillinge
- Sich daraus ergebende Fragen:
 - Was sind **digitale Bauwerkszwillinge**? Neues Konzept oder nur neue Verpackung?
 - Welche **Daten und Modelle** werden zum Aufbau benötigt und welche Rolle spielen Bauwerksinformations- (BIM) und Geoinformationsmodelle (GIM)?
 - Was sind die **Herausforderungen** beim Aufbau?

COMPUTERWOCHE

Home • Digitale Transformation • Digitale Zwillinge werden unverzichtbar



von Jürgen Hill
Chefreporter Future Technologies

Digitale Zwillinge werden unverzichtbar

News

25. Apr. 2025 • 2 Minuten

Digitale Transformation

Laut einer aktuellen Bitkom-Umfrage halten knapp zwei Drittel der deutschen Unternehmen Digital Twins mittlerweile für unverzichtbar, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Agenda

- Motivation
- Was ist ein Digitaler Zwilling?
- Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt
 - Definition & Beispiele
 - Herausforderungen
- SFB/TRR 339 „Digitaler Zwilling Straße“
- Fazit

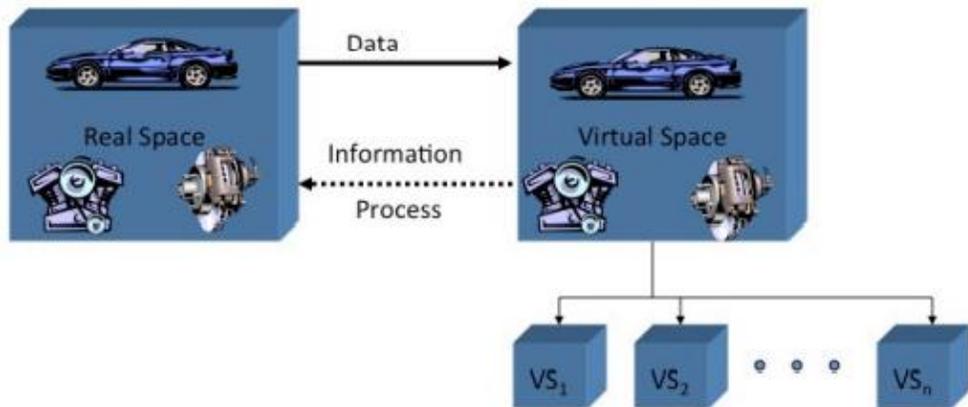


Was ist ein Digitaler Zwilling?

Was ist ein Digitaler Zwilling?

Definition – der Ursprung

Conceptual Ideal for PLM



(Grieves, M., University of Michigan, Dec 3, 2001)

(PLM = Product Lifecycle Management)

“The Digital Twin concept model [...] It contains three main parts: a) **physical products in Real Space**, b) **virtual products in Virtual Space**, and c) the **connections** of data and information that ties the virtual and real products together.”

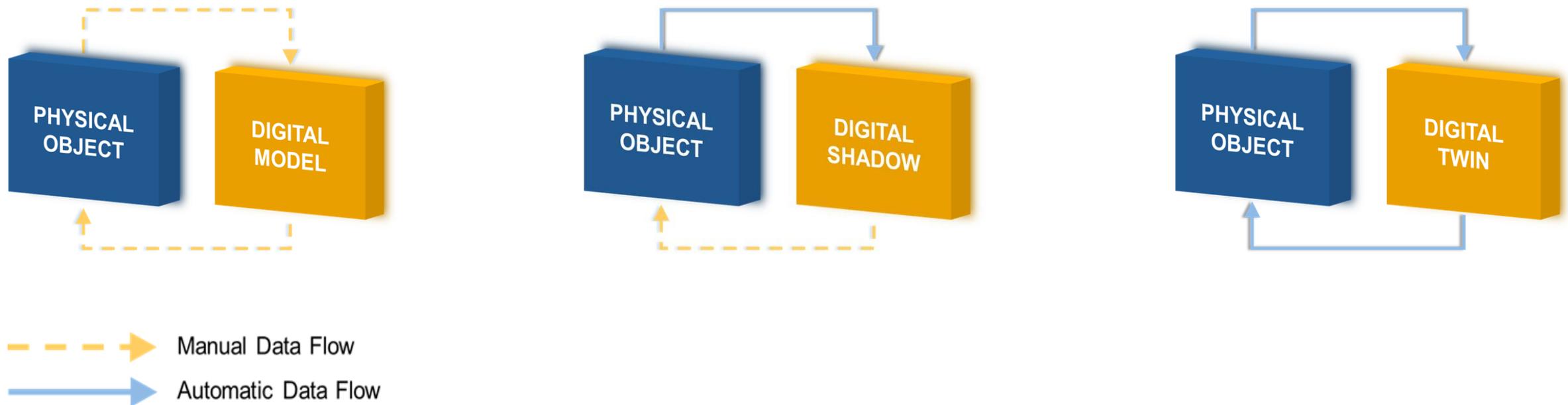
(Grieves, M., 2014)

(Quellen:

- Grieves, M. (2014): *Digital Twin – Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication (Whitepaper)*. LLC, 2014
- Grieves, M.; Vickers, J. (2016): *Digital Twin – Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems*, 2016, DOI: 10.13140/RG.2.2.26367.61609)

Was ist ein Digitaler Zwilling?

Reifegrade – Vom Modell über den Schatten zum Zwilling



(Quelle: in Anlehnung an: Tchana et al. (2019): Designing a unique Digital Twin for linear infrastructures lifecycle management, Procedia CIRP, vol. 84, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.176>)

Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt

Definition & Beispiele

Übertragung des Konzeptes – ein Versuch...

„Ein digitaler Zwilling der bebauten Umwelt ist eine **integrierte** digitale Abbildung eines **Phänomens** der **(physischen) Realität** mithilfe **verknüpfter** Modelle, Daten, Algorithmen und Werkzeuge.

Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt sind **anwendungsspezifisch** und ermöglichen eine (für die jeweilige Anwendung) **umfassende digitale Abbildung** des realen Phänomens.

Wesentliches Merkmal eines digitalen Zwillings ist die **systematische, enge Kopplung** von realer und virtueller Repräsentation zum (Echtzeit-) Datenaustausch und zur Erkenntnisübertragung.

Digitale Zwillinge der bebauten und unbebauten Umwelt können mehrere Teilstufen bzw. **Reifegrade** aufweisen.“

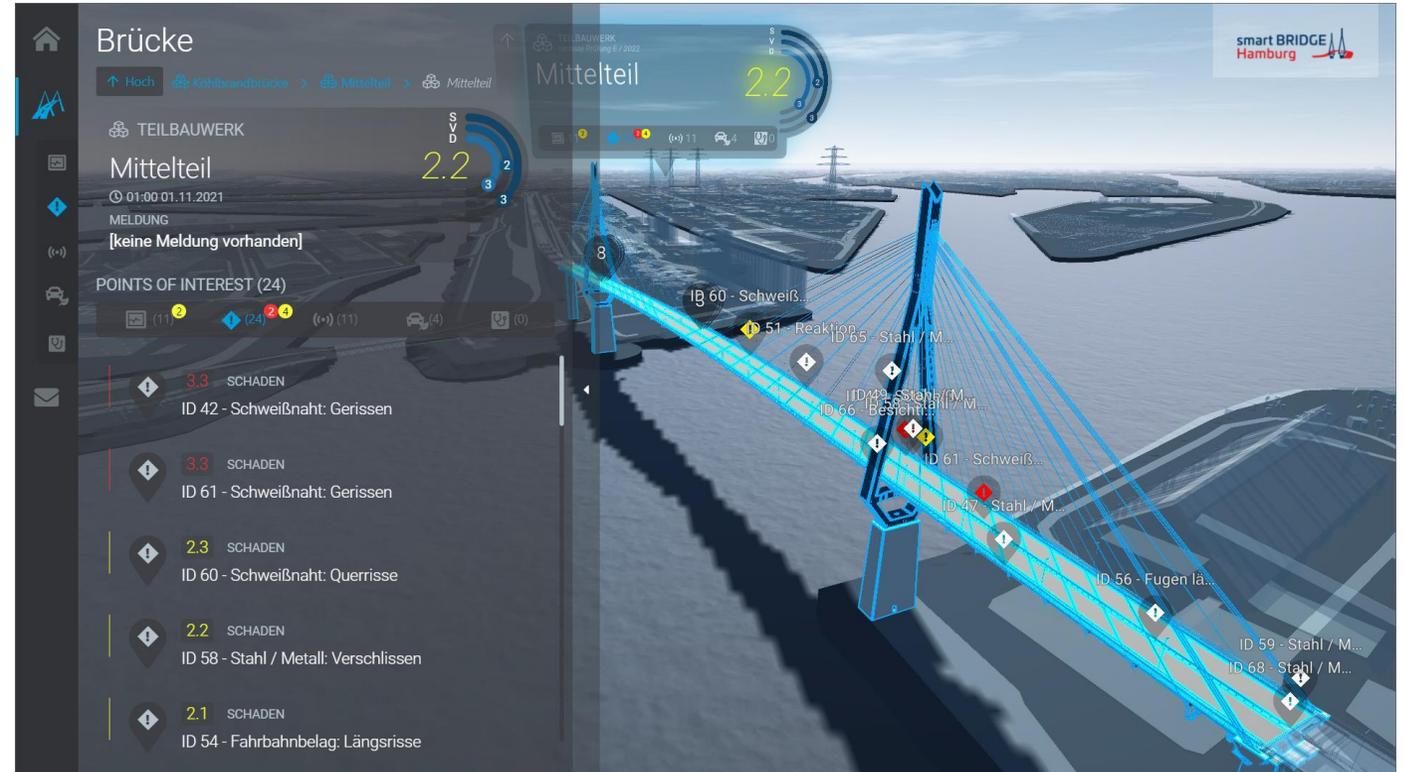


Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Beispiele

Einzelbauwerke – smartBridge Hamburg



(Quelle: <https://www.buildingsmartusa.org/resources/bsi-awards-2021/>)

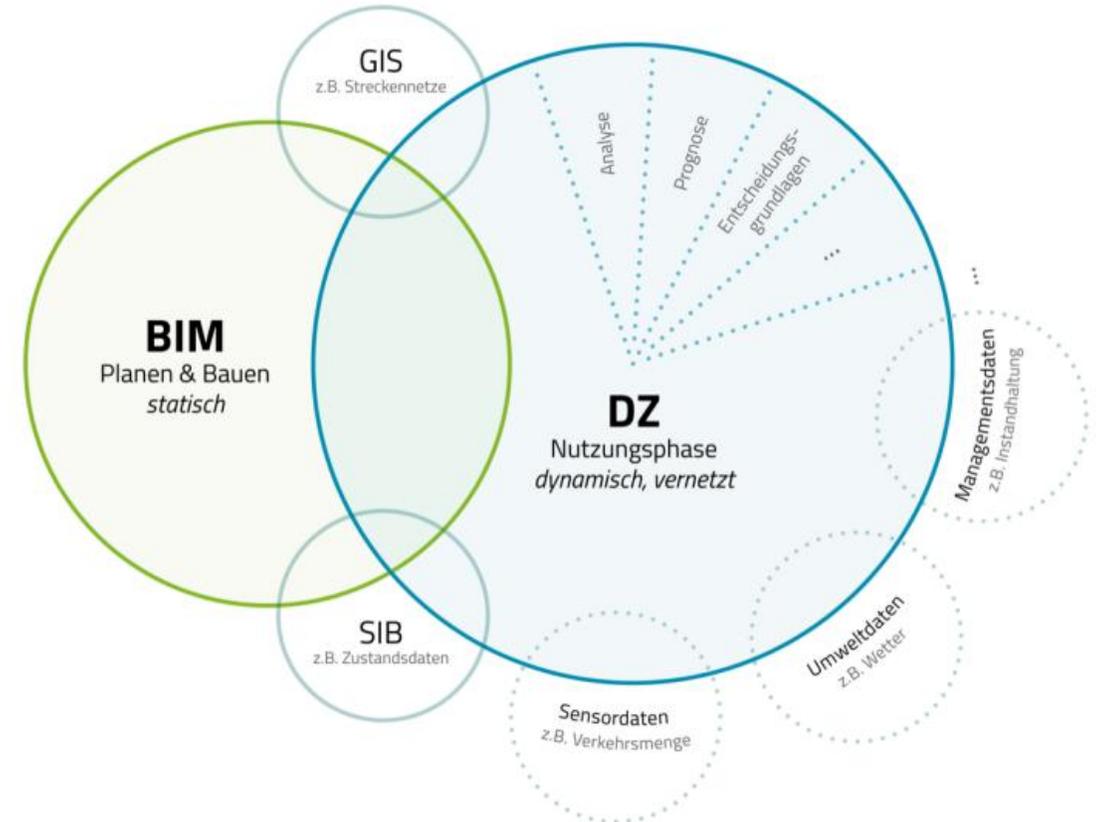


(Quelle: <https://www.homeport.hamburg/portfolio/smartbridge>)

Infrastruktur – Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen

„Ein Digitaler Zwilling Bundesfernstraßen ist eine virtuelle dynamische Repräsentation des realen Systems und seiner Wirkzusammenhänge. Es unterstützt über einen (teil-)automatisierten bidirektionalen Daten- und Informationsaustausch optimierte Entscheidungsgrundlagen für ein nachhaltiges Management im Lebenszyklus der Infrastruktur.“

(Quelle: Definitionspapier „Definition und Konzeption des Digitalen Zwillings Bundesfernstraßen“, BMDV)



Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt

Herausforderungen

Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

Digitalisierung



Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

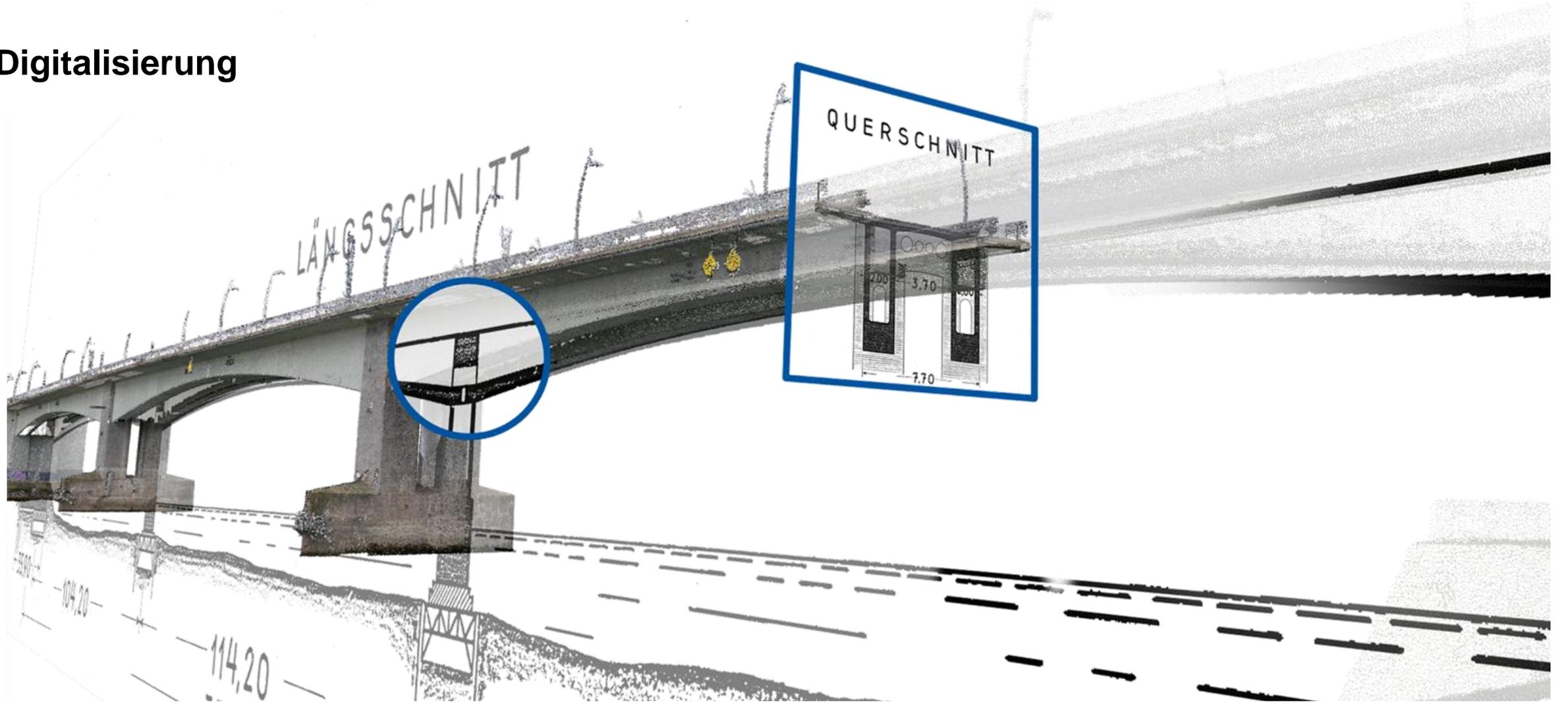
Digitalisierung



Hochaufgelöste 3D-Vermessung (Reality Capture)
→ Von der Punktwolke zum Modell (**Scan-to-BIM**)

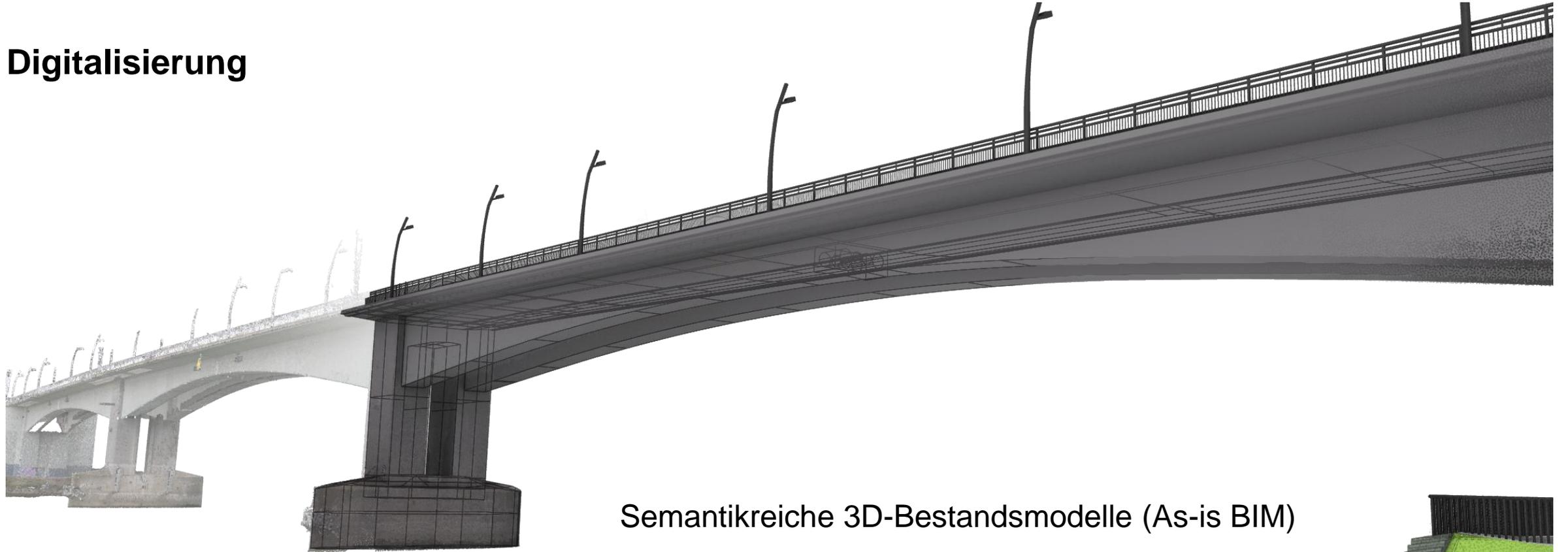
Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

Digitalisierung

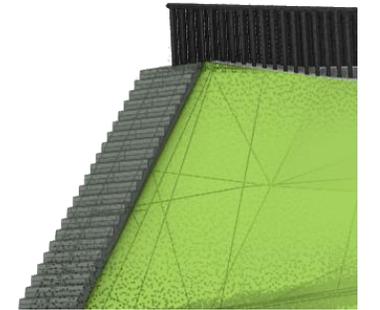


Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

Digitalisierung

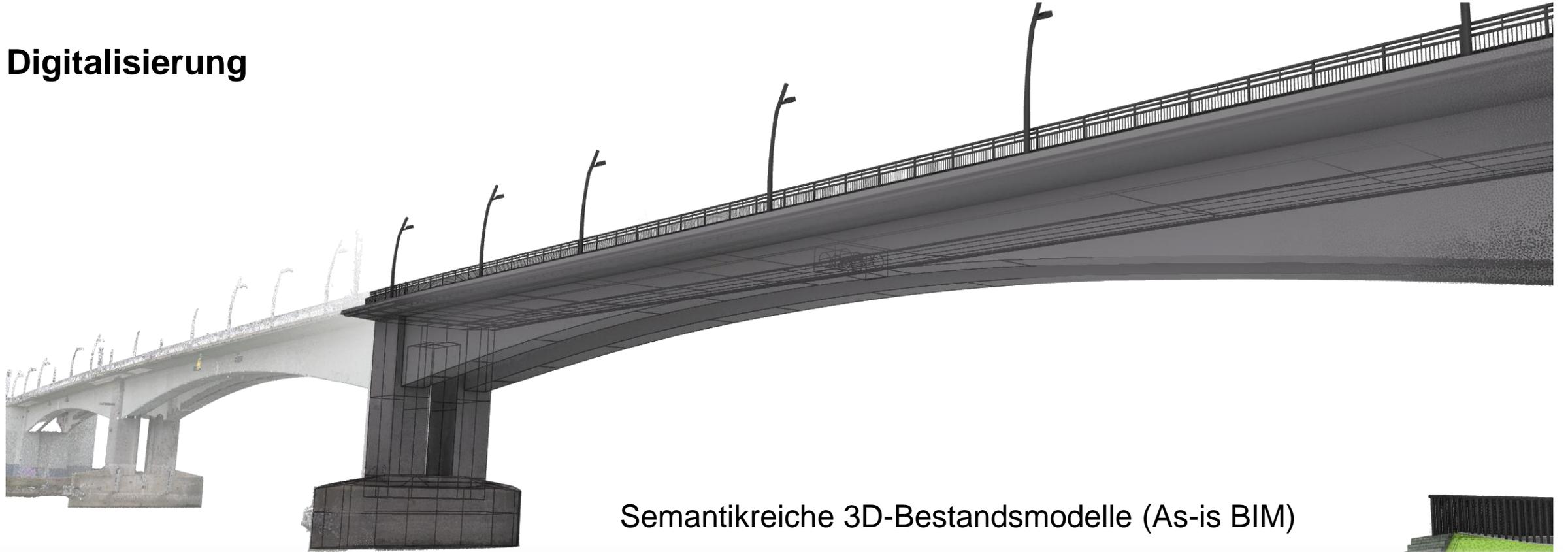


Semantikreiche 3D-Bestandsmodelle (As-is BIM)



Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

Digitalisierung

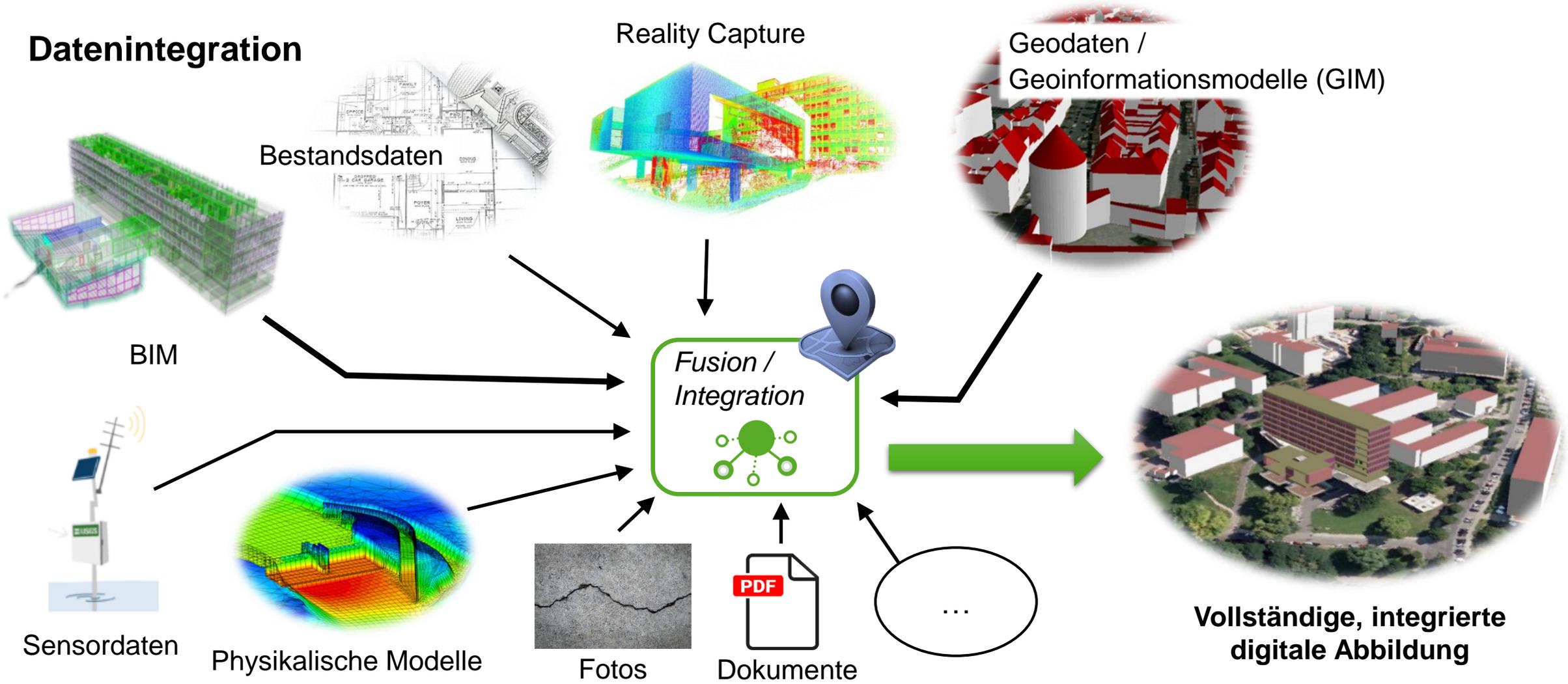


Semantikreiche 3D-Bestandsmodelle (As-is BIM)

→ Herausforderung: Höhere Automatisierung!

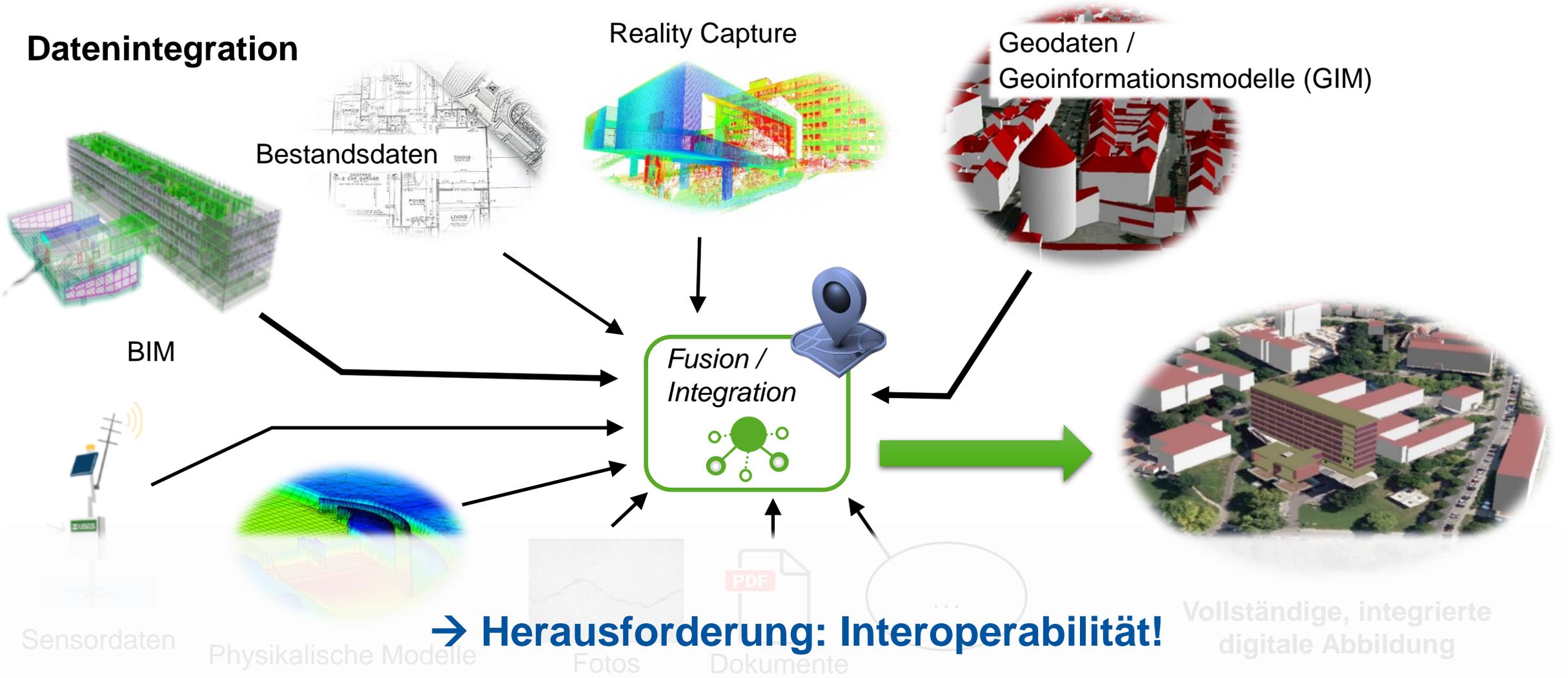
Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

Datenintegration



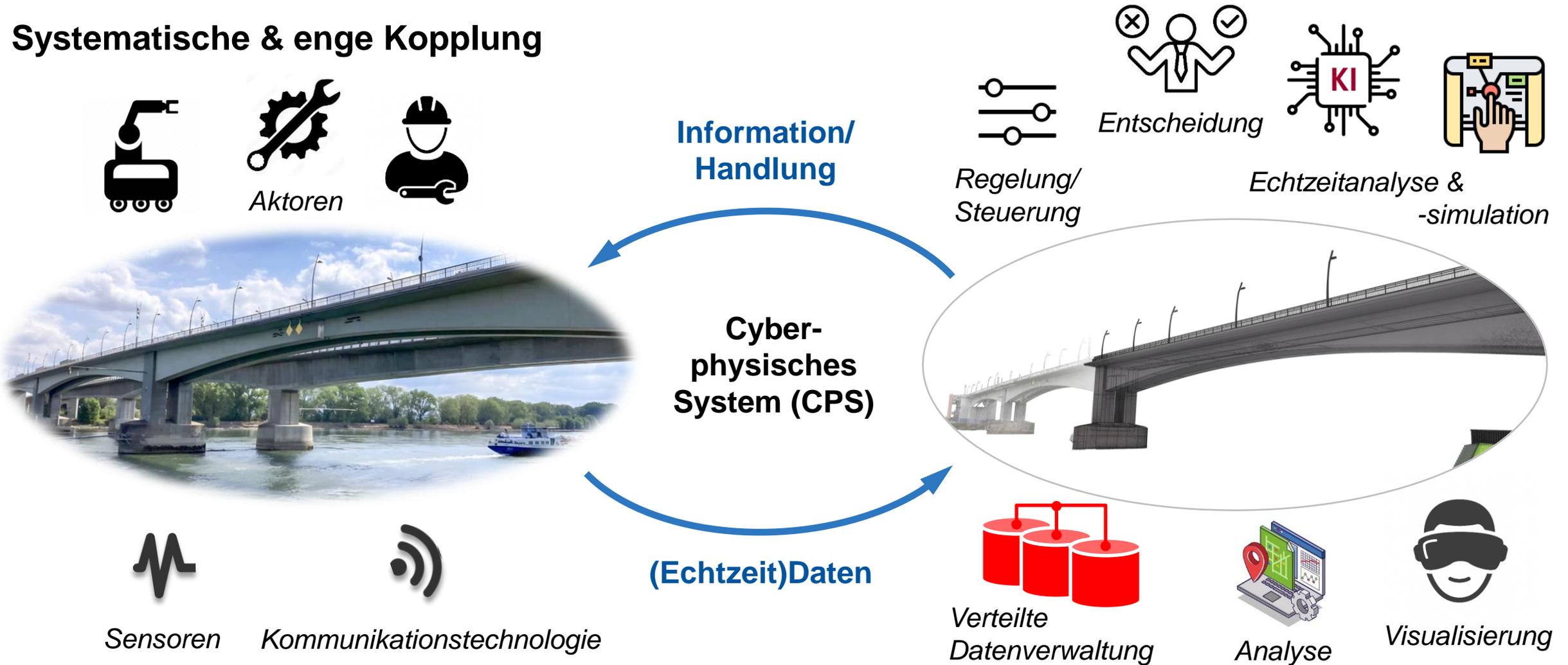
Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Herausforderungen

Datenintegration



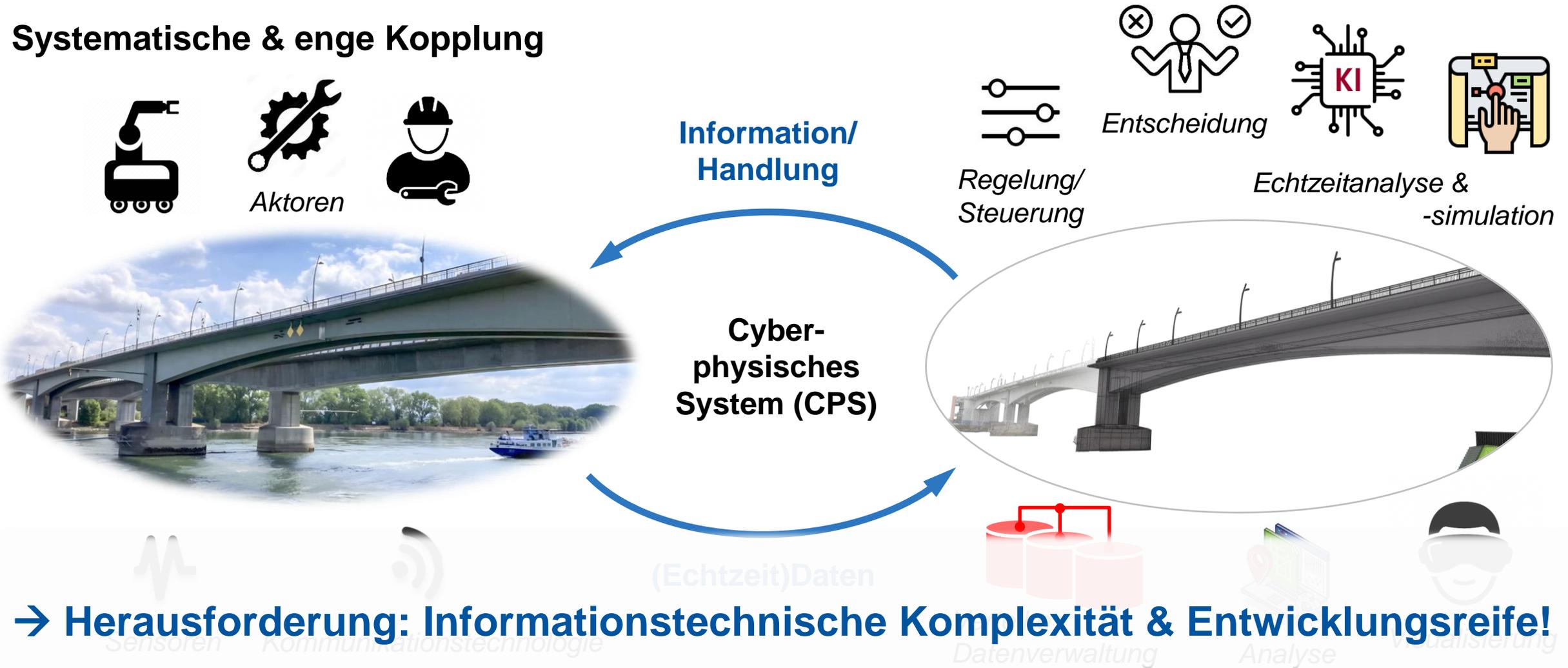
Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Twinning

Systematische & enge Kopplung



Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Twinning

Systematische & enge Kopplung



Vermessung & Geoinformation

- Vermessung dokumentiert den **IST-Zustand** der bebauten (und unbebauten) Umwelt in Form von **Geodaten**
- Bedeutung von Geodaten für digitale Zwillinge:
 - Tatsächliche Form und Größe (Geometrie) von Objekten → **as-is Modelle**
 - Grundlage für alle **geometriebezogenen Fragestellungen** von Visualisierung über grundlegende Analysen bis zur Ableitung von geometrisch-semantischen Modellen oder Modelle mit geometrischen Randbedingungen (z.B. FE-Modelle)
 - Geodaten sind eindeutig räumlich referenziert
 - Flächendeckende **Grundlage** mit **verbindlichem (geodätischen) Raumbezug** für die (eindeutige) Georeferenzierung von anderen Daten (z.B. Sensordaten) und Modellen (z.B. FE-Modelle)
 - (Viele) Geodatenmodelle sind objektorientiert und semantikreich
 - **Semantik** und **nicht-geometrische Attribute** („Sachdaten“) notwendig für die Interpretation und Verknüpfung mit Daten anderer Domänen, z.B. mit BIM
 - **as-is Informationsmodelle**

SFB/TRR 339 „Digitaler Zwilling Straße“

Digitaler Zwilling Straße

www.sfbtrr339.de
visit us!

20
Teilprojekte

14
Institute

seit
01.01.2022



TU Dresden

Sprecher

Michael Kaliske
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.

RWTH Aachen

Stellvertretende Sprecher

Markus Oeser
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Jörg Blankenbach
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.

Grundidee

System „Straße der Zukunft“



Physisches System

Datenerfassung im Fahrzeug und der Fahrbahn

sensitive und nachhaltige Materialien

Digitaler Zwilling Straße



Daten-
exploration

Virtuelles System

Daten-getriebene Modelle des Fahrzeug-Reifen-Straßen-Systems

physikalische Modelle des Fahrzeug-Reifen-Straßen-Systems

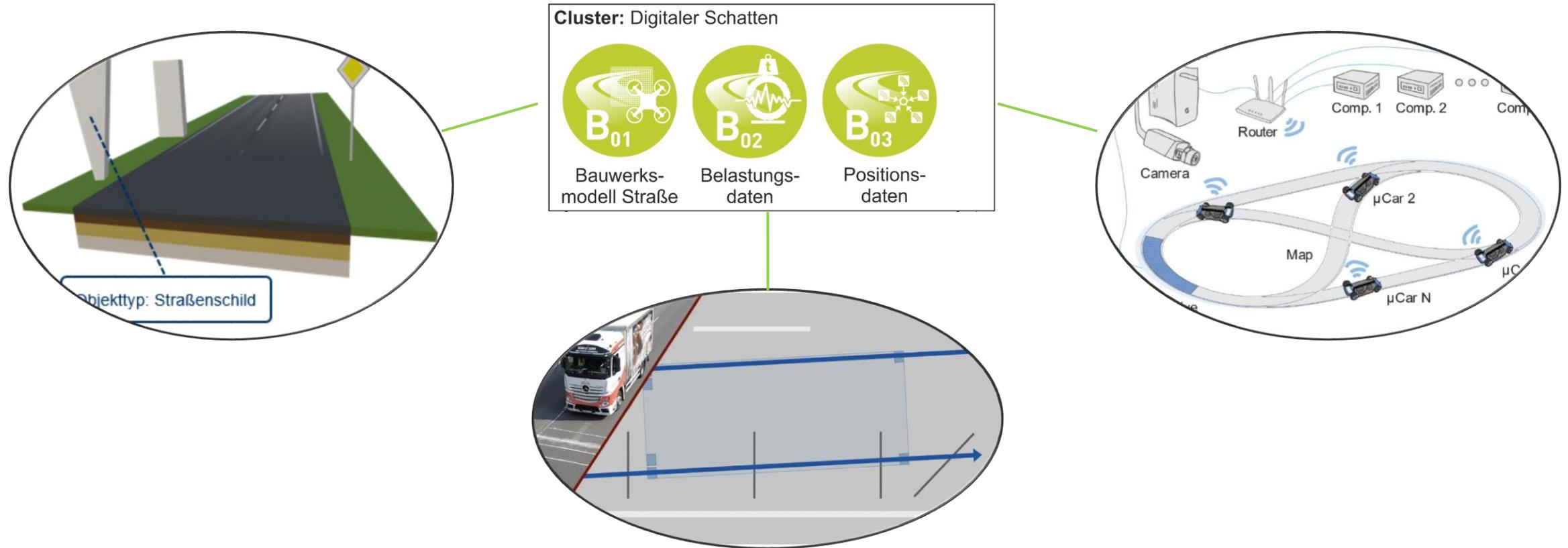
optimierter Betrieb der Infrastruktur



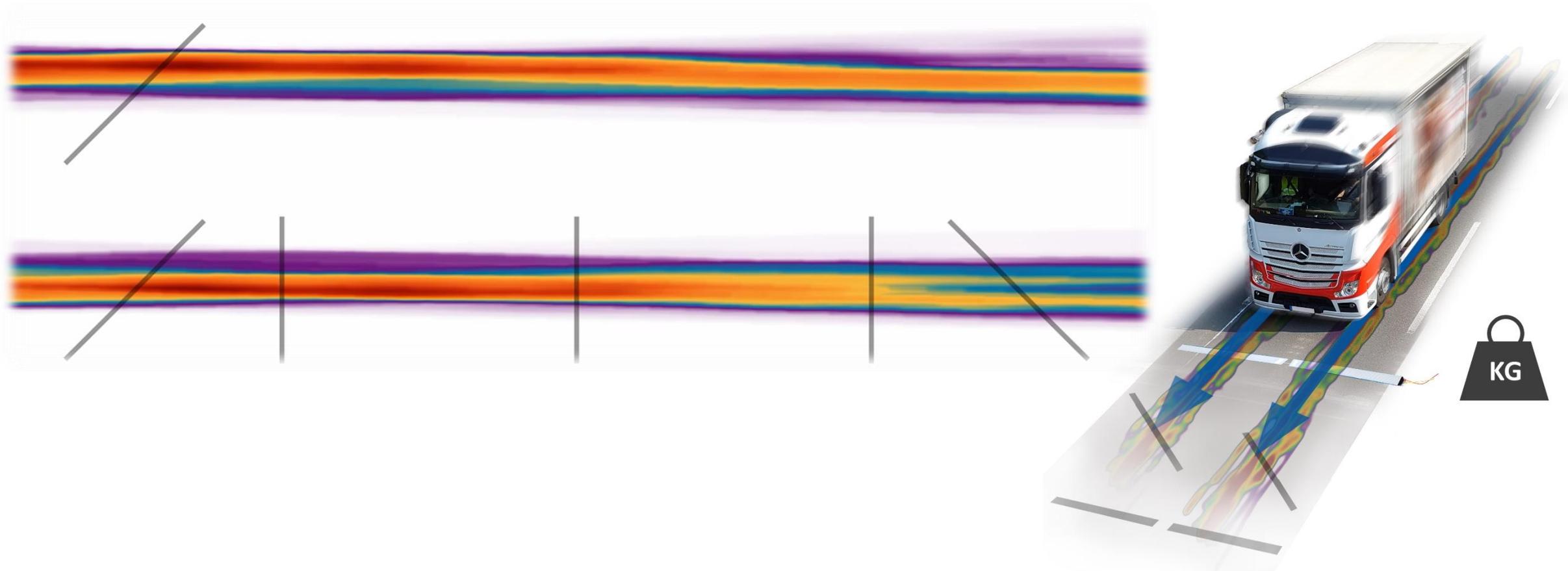
Daten / Sensorik

(Quelle: <https://www.sfbtrr339.de/de/>)

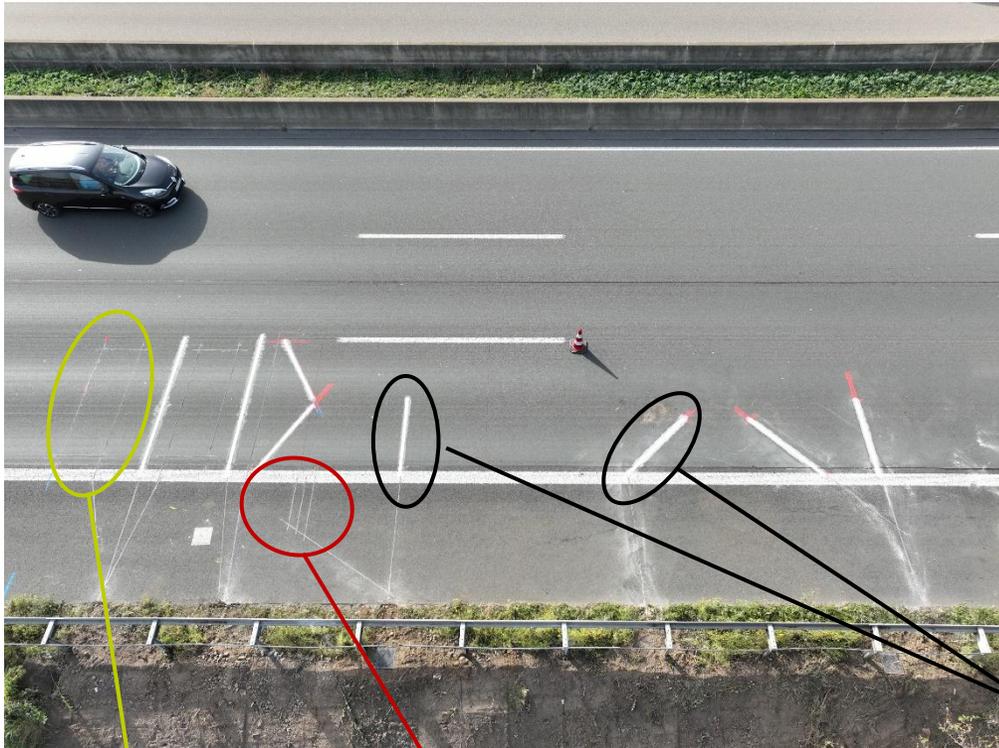
Showcase „Digitaler Schatten“ – BIM, GIM und IoT



Virtueller räumlicher Lasteintrag in die Straßeninfrastruktur



Lasteintrag am realen Bauwerk – Weigh-in-Motion



2 Induktionsschleifen

3 Temperatursensoren
• 4cm, 8cm, 12cm Einbautiefe

Wind

- Richtung
- Geschwindigkeit

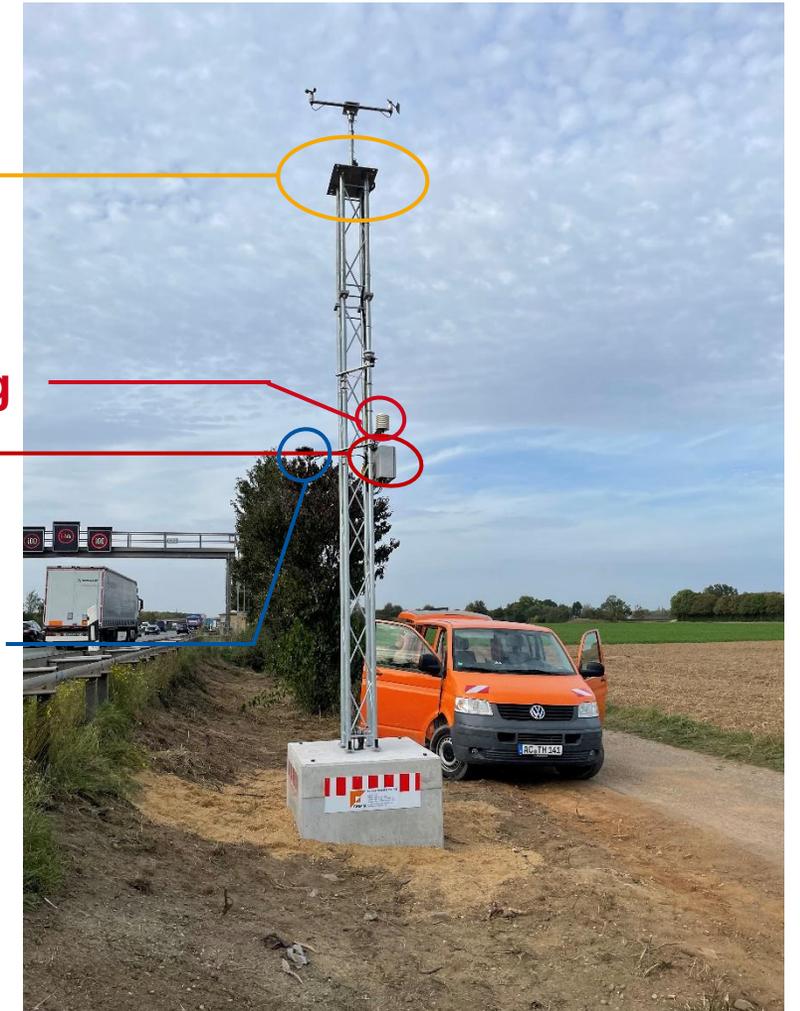
Sonneneinstrahlung

(Luft) Temperatur & Feuchtigkeit

Regen
(ja/nein)

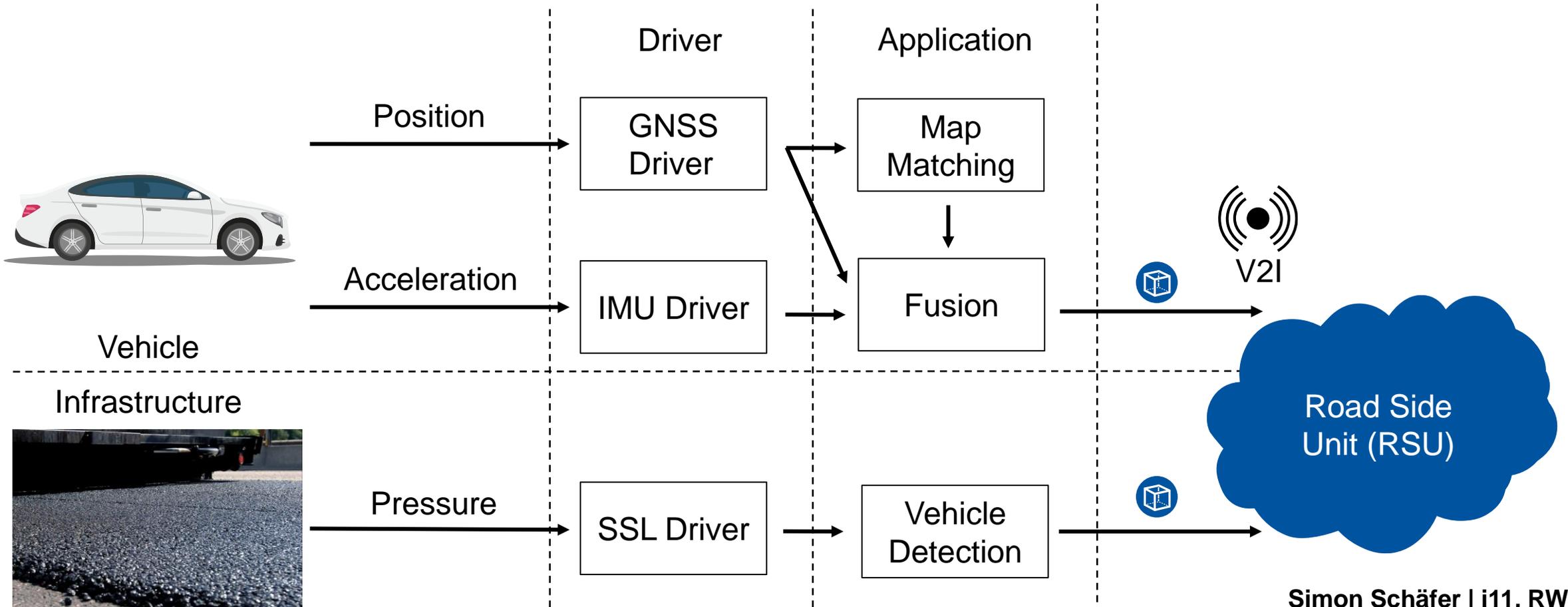
10 digitale WIM-Sensoren

- 4 schräg verbaut



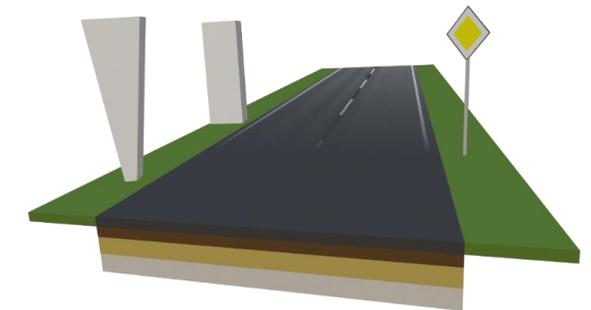
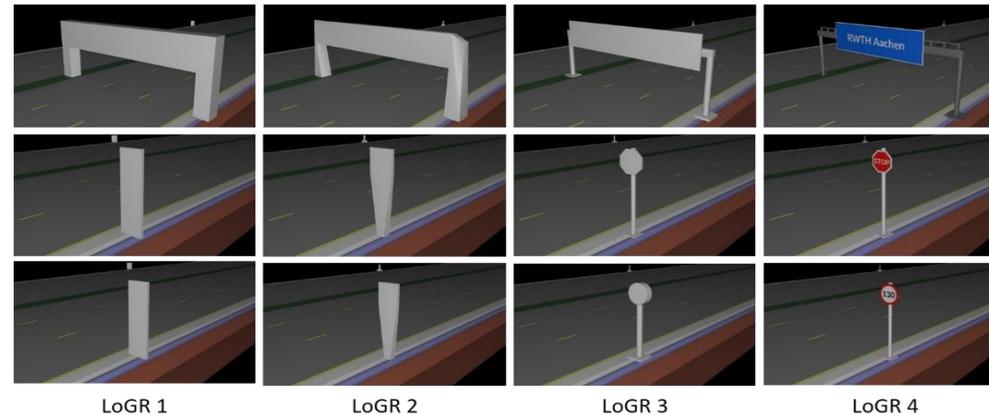
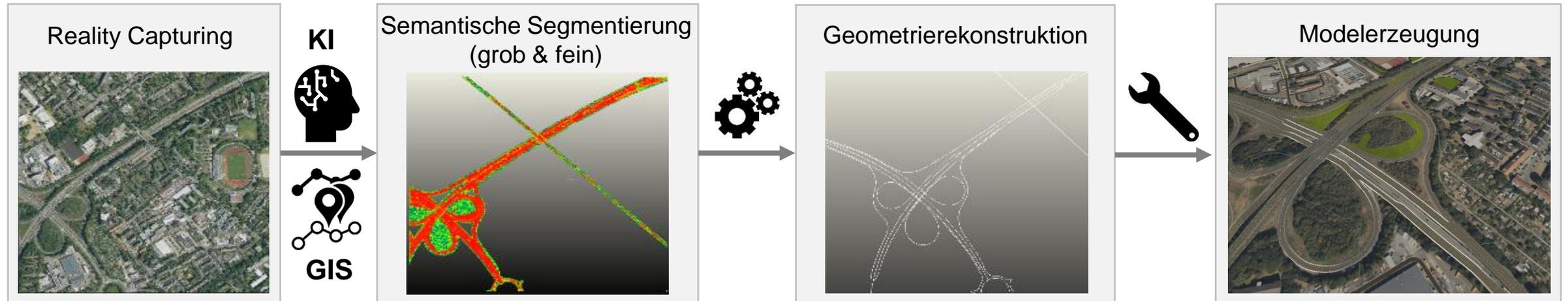
Moritz Hagmanns| isac, RWTH

Präzise Ermittlung und Vorhersage der Reifenposition



Simon Schäfer | i11, RWTH

Georeferenzierung & Visualisierung in multi-LOD geometrisch-semantischem Bauwerksmodell



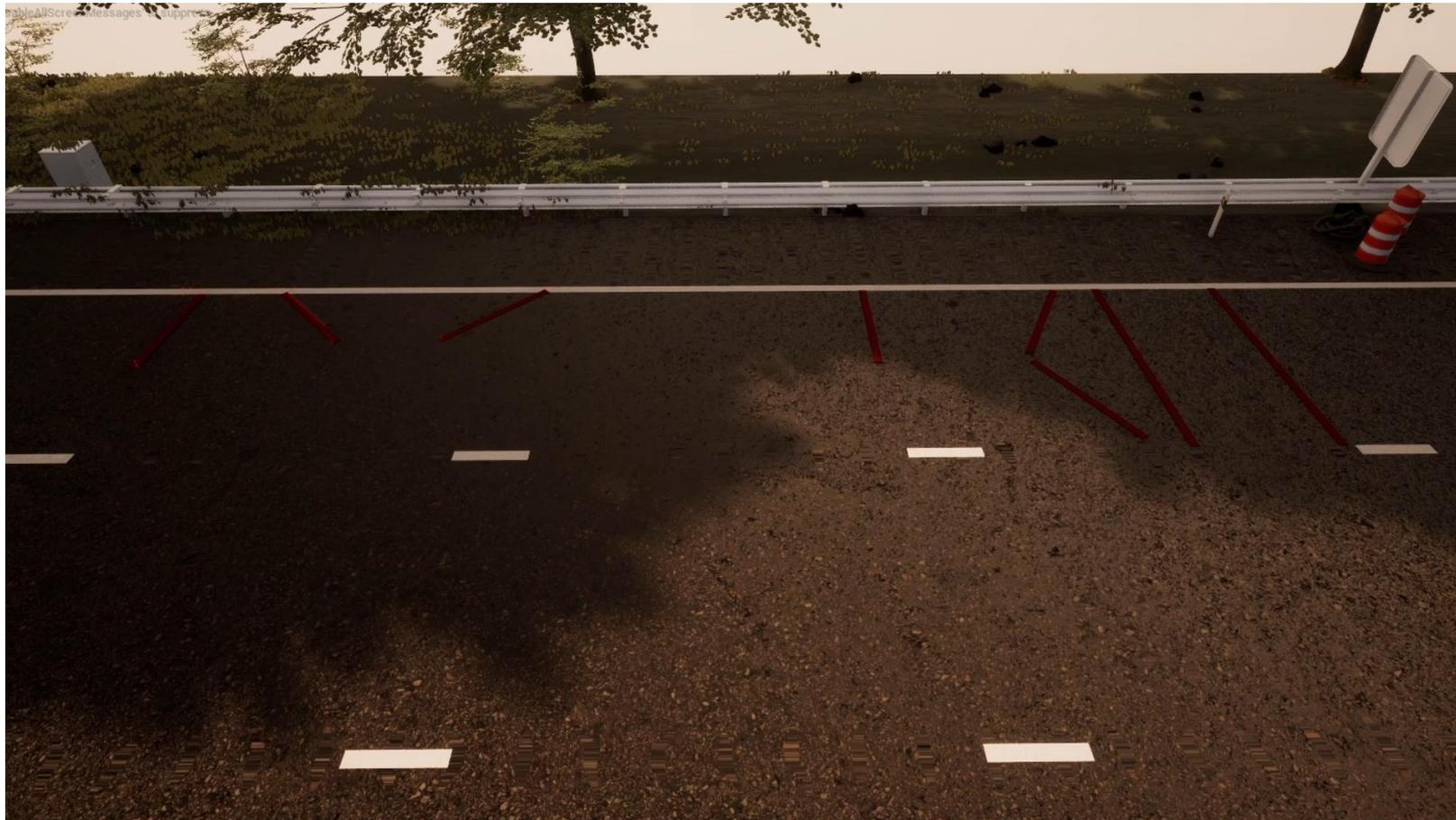
David Crampen | gia, RWTH

Showcase „Digitaler Schatten“



David Crampen | gia, RWTH

Showcase „Digitaler Schatten“



Zusammenfassung / Fazit

- Digitale Zwillinge bieten grundsätzlich mehr als nur eine „neue Verpackung“
- Digitale Bauwerkszwillinge können den Digitalisierungsgrad in vielen potenziellen Anwendungsbereichen – insbesondere für die Nutzungsphase – signifikant steigern und Prozesse verbessern
- BIM und Vermessung/GIM liefern wesentliche Basisdaten für digitale Zwillinge der bebauten Umwelt
- Junges Thema mit einigen Herausforderungen:
 - Digitalisierung (des Bestands)
 - Datenintegration
 - Twinning

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit