



Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt

Hintergrund, Grundlagen und Beispiele

Jörg Blankenbach, David Crampen

Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme

RWTH Aachen University

20. GeoForum MV

02. & 03. September 2024, Rostock-Warnemünde

Digitaler Zwilling – Modebegriff oder disruptive Innovation?

- Digitale Zwillinge in aller Munde
- werden derzeit in vielen Domänen als wesentliches Werkzeug für die **Digitale Transformation** gesehen:
 - Produktion
 - Luft- und Raumfahrt
 - Bauwesen
 - Landwirtschaft
 - ...
- Nur Marketinghype bzw. „neue Verpackung“ für bereits Existierendes oder signifikanter Fortschritt?
- Was sind **Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt**?
- Welche Rolle spielt **Geoinformation**?



(Quelle: Qi, Qinglin, et al. (2021): Enabling technologies and tools for digital twin. Journal of Manufacturing Systems 58 (2021), 3-21.)

Digitaler Zwilling – Thema für das amtliche Geoinformationswesen?

Agenda

- Motivation
- Definition – Was ist ein Digitaler Zwilling?
- Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt
 - Beispielanwendungen
 - Rolle von Vermessung & Geoinformation
- SFB/TRR 339 „Digitaler Zwilling Straße“
- Fazit



Definition – Was ist ein Digitaler Zwilling?

Was ist ein Digitaler Zwilling?

Definition – der Ursprung

Conceptual Ideal for PLM

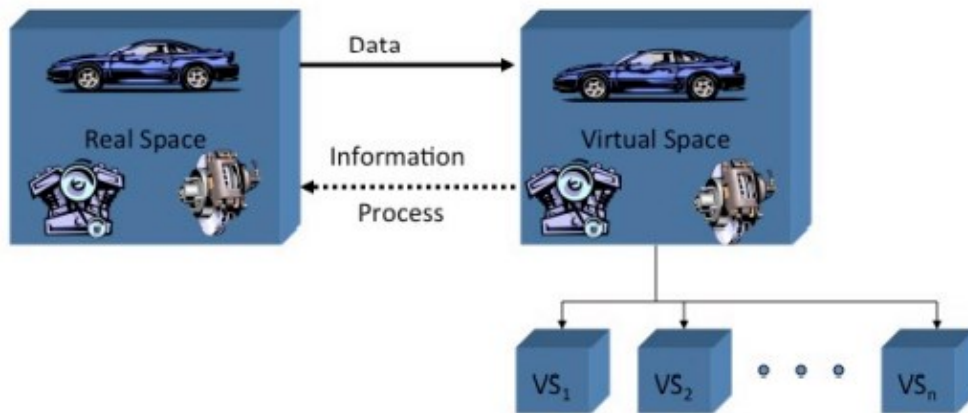


Figure 3

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

“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)

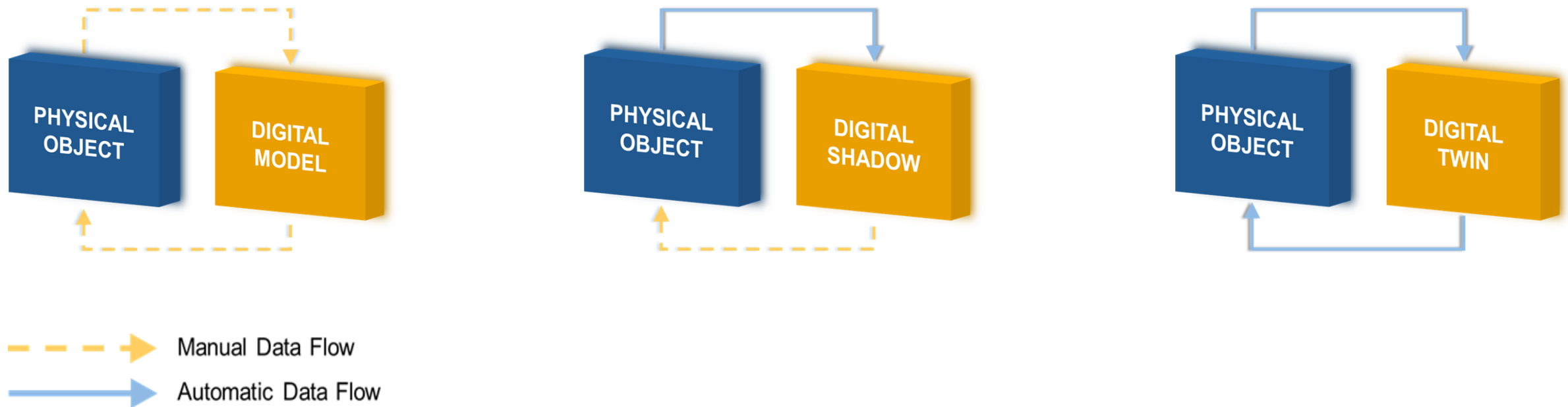
(PLM = Product Lifecycle Management)

(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?

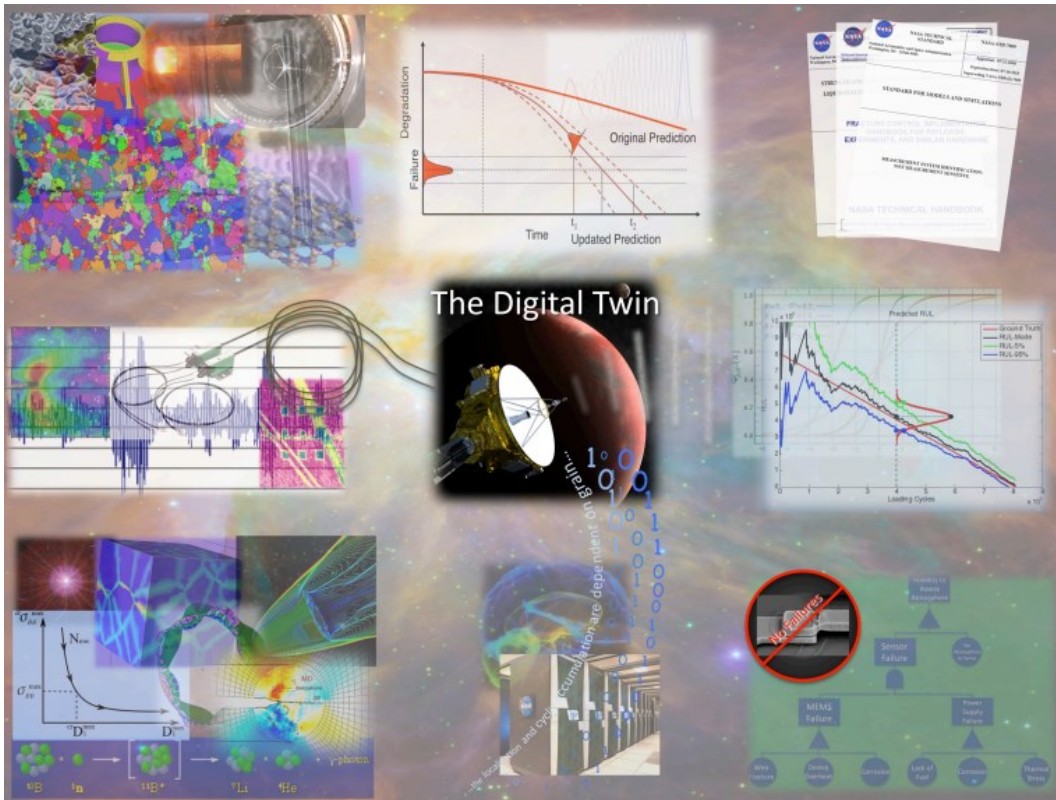
Vom Modell über den Schatten zum Zwilling



(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>)

Was ist ein Digitaler Zwilling?

Definition – NASA / U.S. Air Force



“A Digital Twin is an **integrated multiphysics, multiscale, probabilistic simulation of an as-built vehicle** or system that uses the best available **physical models, sensor updates, fleet history**, etc., to mirror the life of its corresponding flying twin. The Digital Twin is ultra-realistic and may consider one or more important and interdependent vehicle systems, including airframe, propulsion and energy storage, life support, avionics, thermal protection, etc. [...]”

(Quelle: Glaessgen, E.; Stargel, D. (2012): *The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles*. 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference Honolulu, Hawaii, 2012, <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20120008178/downloads/20120008178.pdf>)

Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt

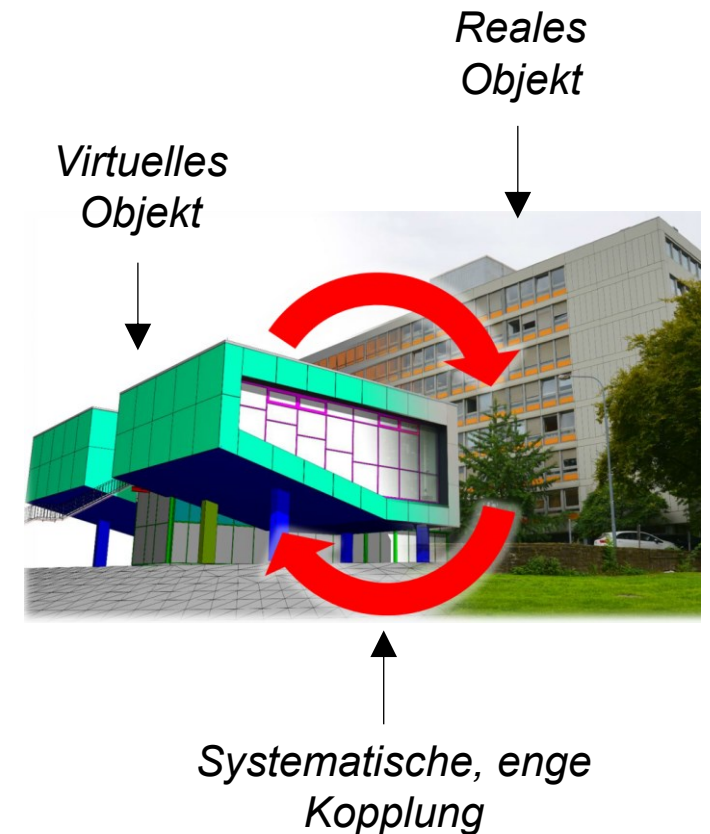
Übertragung des Konzeptes – ein Versuch...

„Ein digitaler Zwilling der bebauten Umwelt ist eine **integrierte** digitale Abbildung eines **Ausschnitts** der **gebauten (physischen) Realität (=Ist)** 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 Bauwerkszwillinge können mehrere Teilstufen bzw. **Reifegrade** aufweisen.“

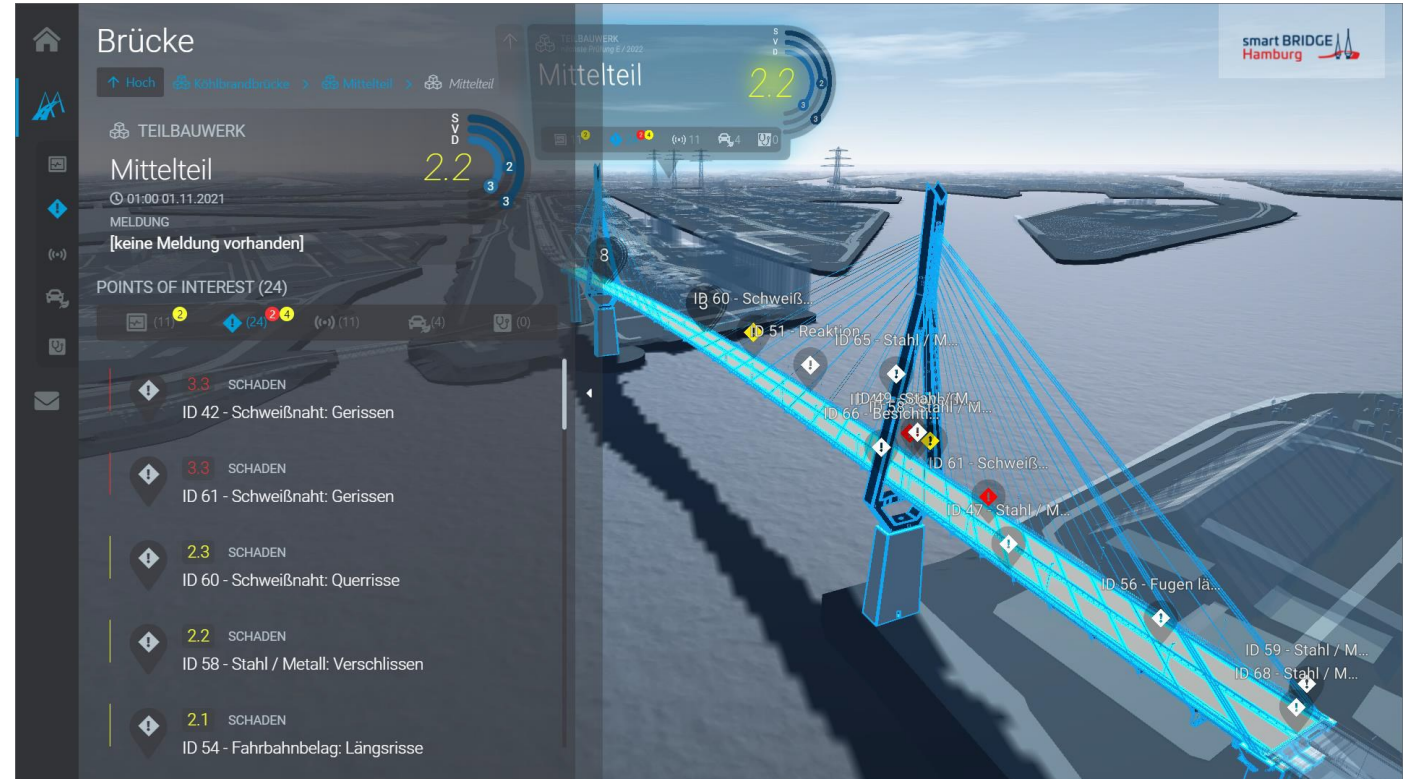


Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt – Beispiele

Einzelbauwerke – smartBridge Hamburg



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

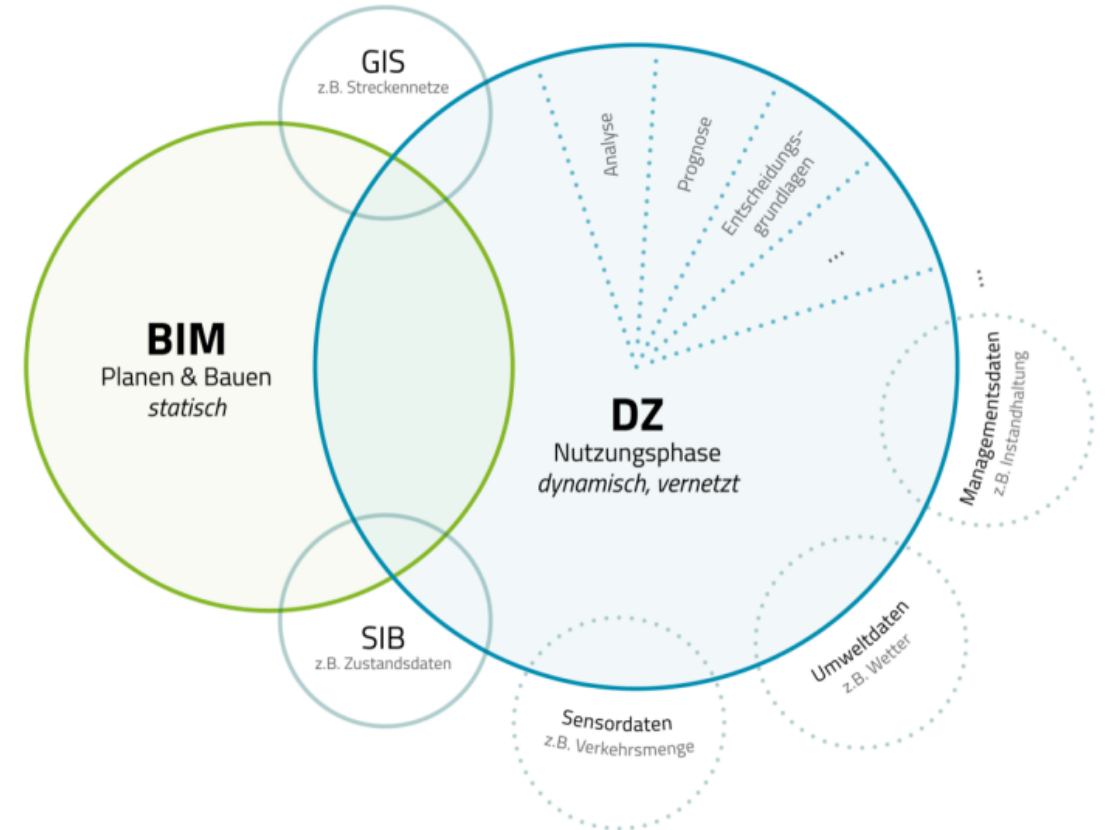


(Quelle: <https://www.homeport.hamburg/portfolio/smartbridge>)

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 – Beispiele

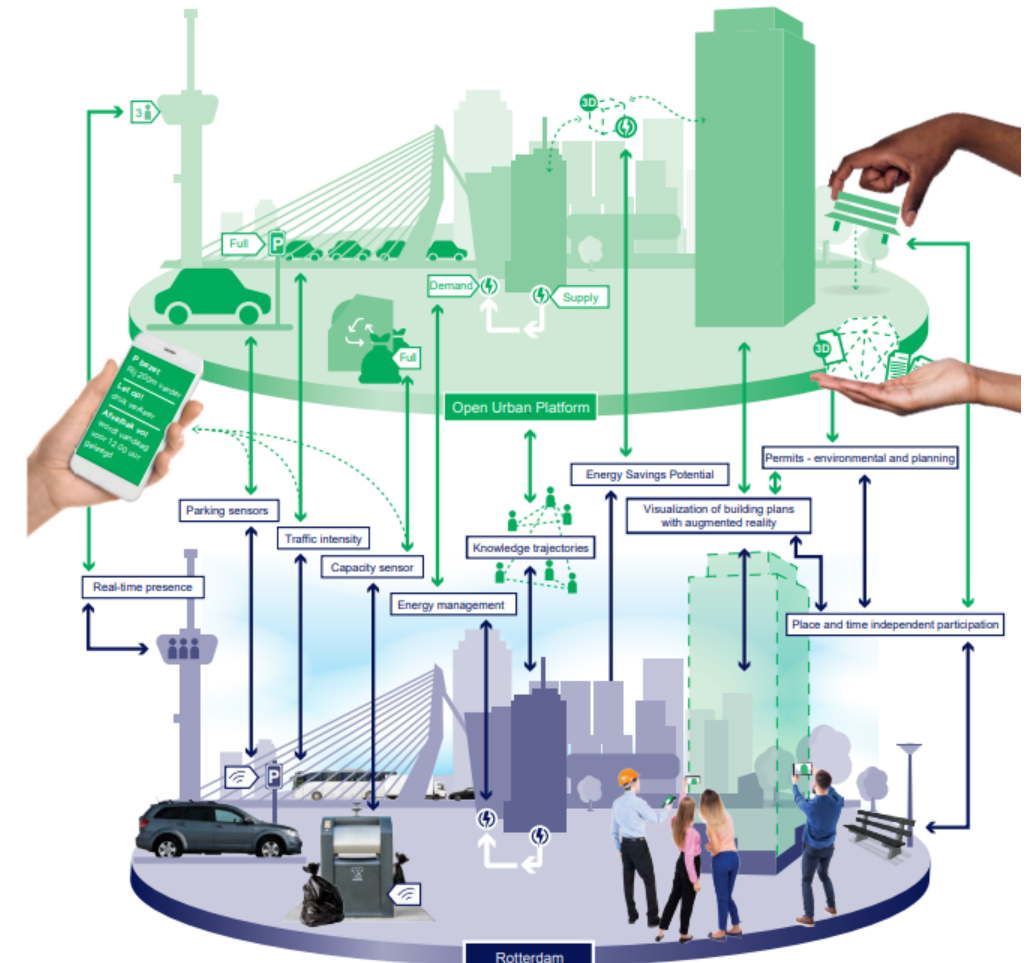
Städte & Kommunen – Urbane Digitale Zwillinge



(Quelle: <https://www.staedtetag.de/files/dst/docs/Publikationen/Weitere-Publikationen/2023/expertenpapier-urbane-digitale-zwillinge-2023.pdf>)



(Quelle: <https://www.din.de/resource/blob/889892/2b3d1f5aca39b48f4b2b67a1d1d3c887/din-spec-91607-dreiseiter-data.pdf>)



(Quelle: Rotterdam's Digital City Vision, 2021)

Rolle von Vermessung & Geoinformation

- Geodaten dokumentieren den **IST-Zustand** der bebauten (und unbebauten) Umwelt

Rolle von Vermessung & Geoinformation

- Geodaten dokumentieren den **IST-Zustand** der bebauten (und unbebauten) Umwelt
 - Form und Größe (Geometrie) von Objekten
 - 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)

Rolle von Vermessung & Geoinformation

- Geodaten dokumentieren den **IST-Zustand** der bebauten (und unbebauten) Umwelt
 - Form und Größe (Geometrie) von Objekten
 - 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 räumlich referenziert
 - Flächendeckende **Grundlage** mit **verbindlichem (geodätischen) Raumbezug** für die (eindeutige) Georeferenzierung von anderen Daten (z.B. Sensordaten) und Modellen (z.B. FE-Modelle)

Rolle von Vermessung & Geoinformation

- Geodaten dokumentieren den **IST-Zustand** der bebauten (und unbebauten) Umwelt
 - Form und Größe (Geometrie) von Objekten
 - 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 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
 - **Semantik** und **nicht-geometrische Attribute** („Sachdaten“) notwendig für die Interpretation und Verknüpfung mit Daten anderer Domänen

Rolle von Vermessung & Geoinformation

- Geodaten dokumentieren den **IST-Zustand** der bebauten (und unbebauten) Umwelt
 - Form und Größe (Geometrie) von Objekten
 - 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 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
 - **Semantik** und **nicht-geometrische Attribute** („Sachdaten“) notwendig für die Interpretation und Verknüpfung mit Daten anderer Domänen
- Dienste-basierte Geodateninfrastrukturen für die Bereitstellung von Geodaten
- GIS-basierte Werkzeuge zur Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation der Geodaten

SFB/TRR 339 „Digitale 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.

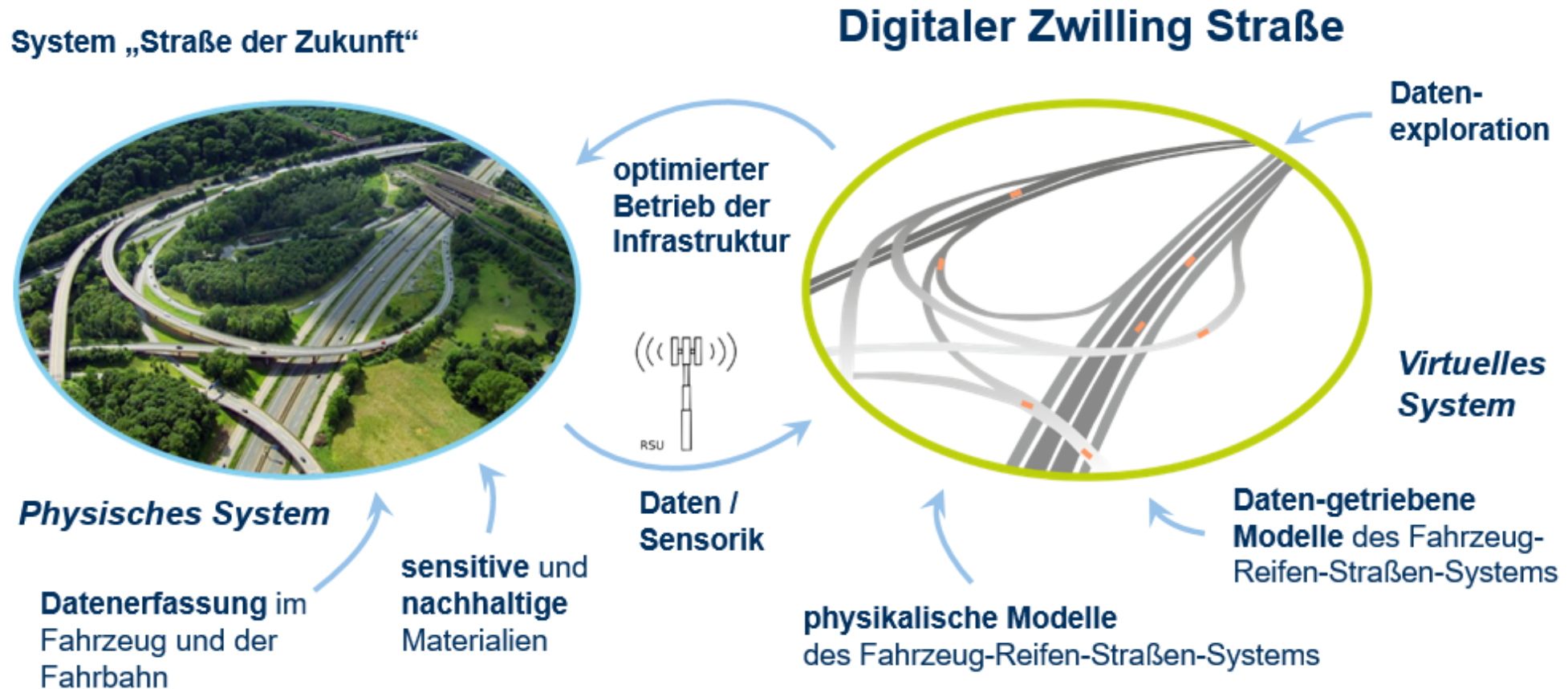
RWTH Aachen

Ko-Sprecher

Jörg Blankenbach
Univ.-Prof. Dr.-Ing.

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

Idee



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

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

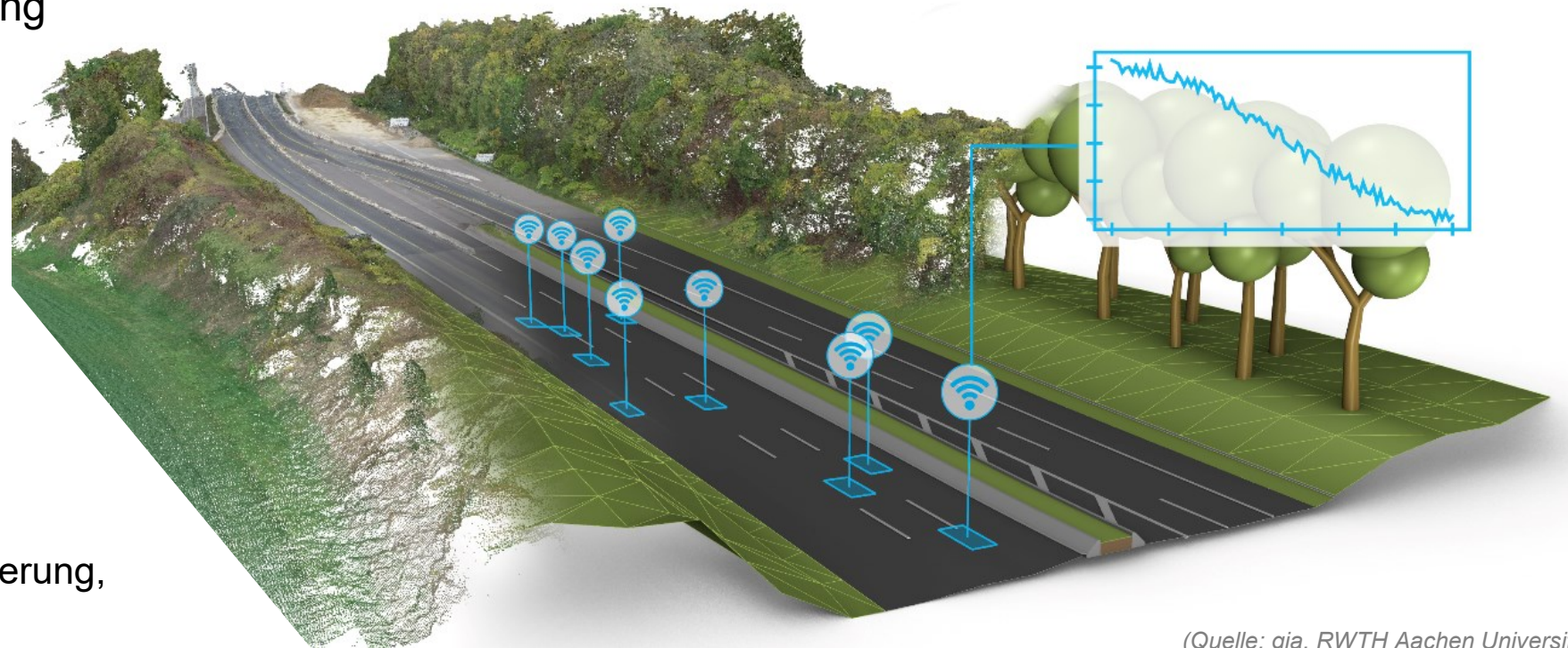
Ko-Sprecher

Jörg Blankenbach
Univ.-Prof. Dr.-Ing.

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

Teilprojekt „Automatische Ableitung eines geometrisch-semanticen multi-LOD as-is Modells“ aus Geodaten (B01)

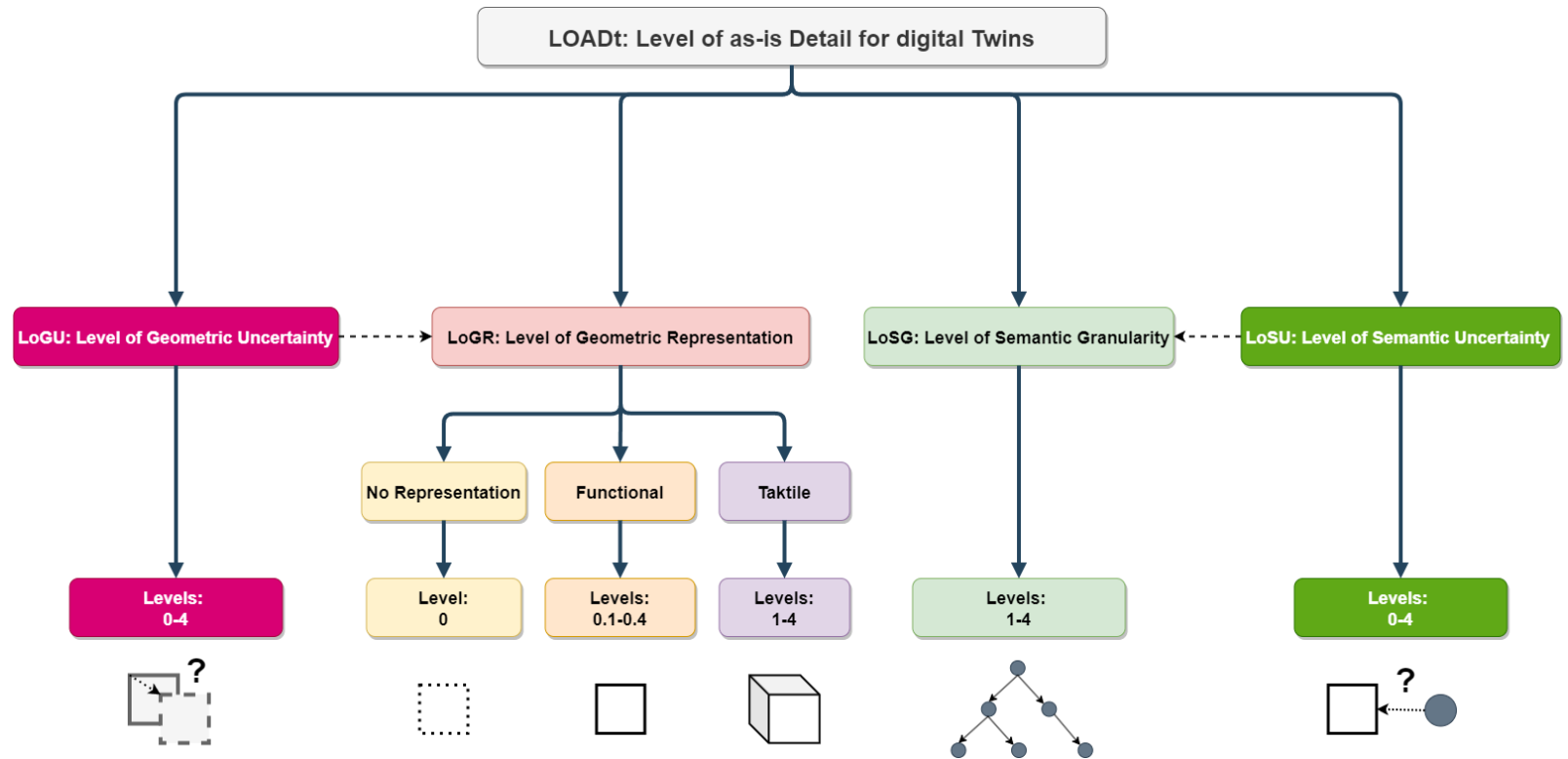
- Nutzung von ALS, MLS, UAV-LiDAR, Geobasisdaten, OSM
- KI-basierte Modellerstellung
- Zentrales Modell zur...
 - Abbildung der Ist-Geometrie
 - Herstellung des Bauteilbezugs (→ Semantik)
 - Einheitliche Georeferenzierung (z.B. Sensordaten)
 - Basis für verschied. Anwendungsfälle (Visualisierung, FE-Modelle etc.)



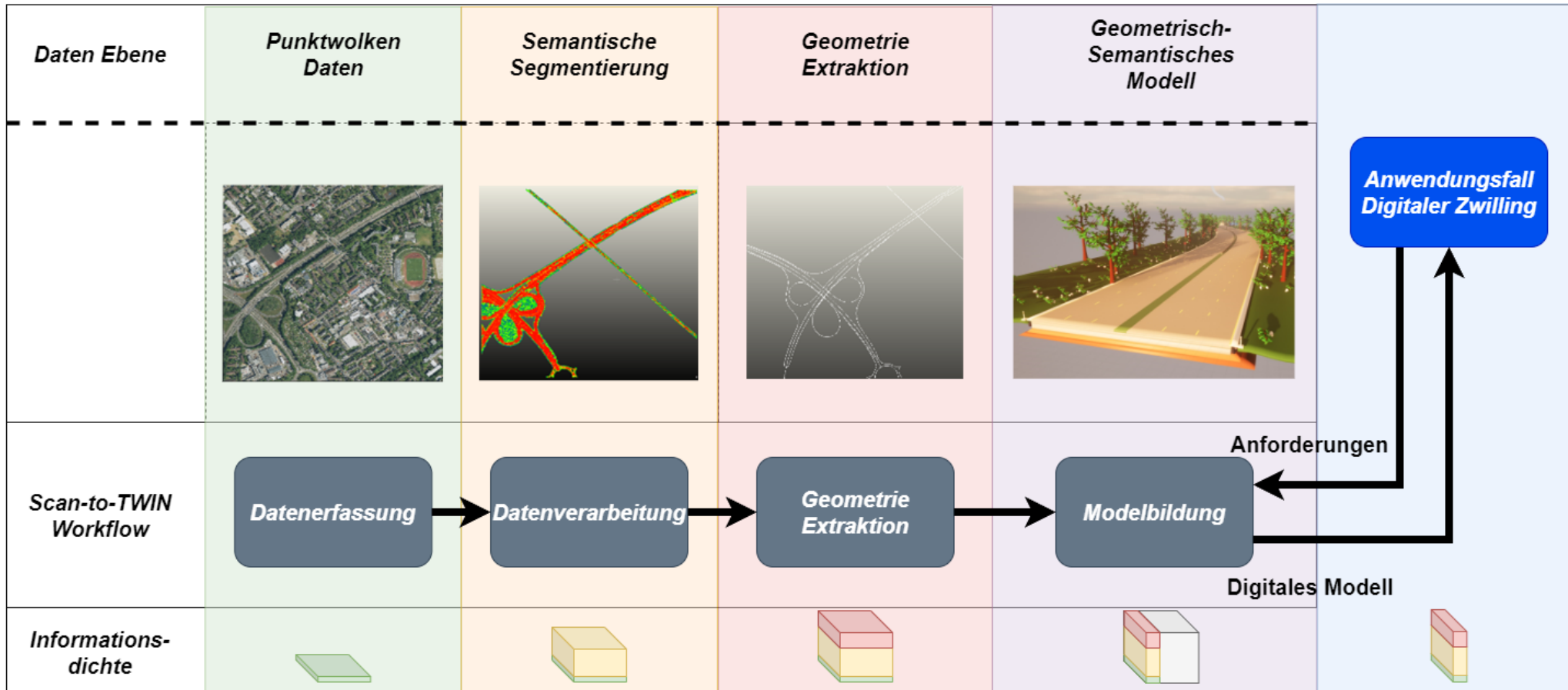
(Quelle: gia, RWTH Aachen University)

Multi-LOD-Datenmodell

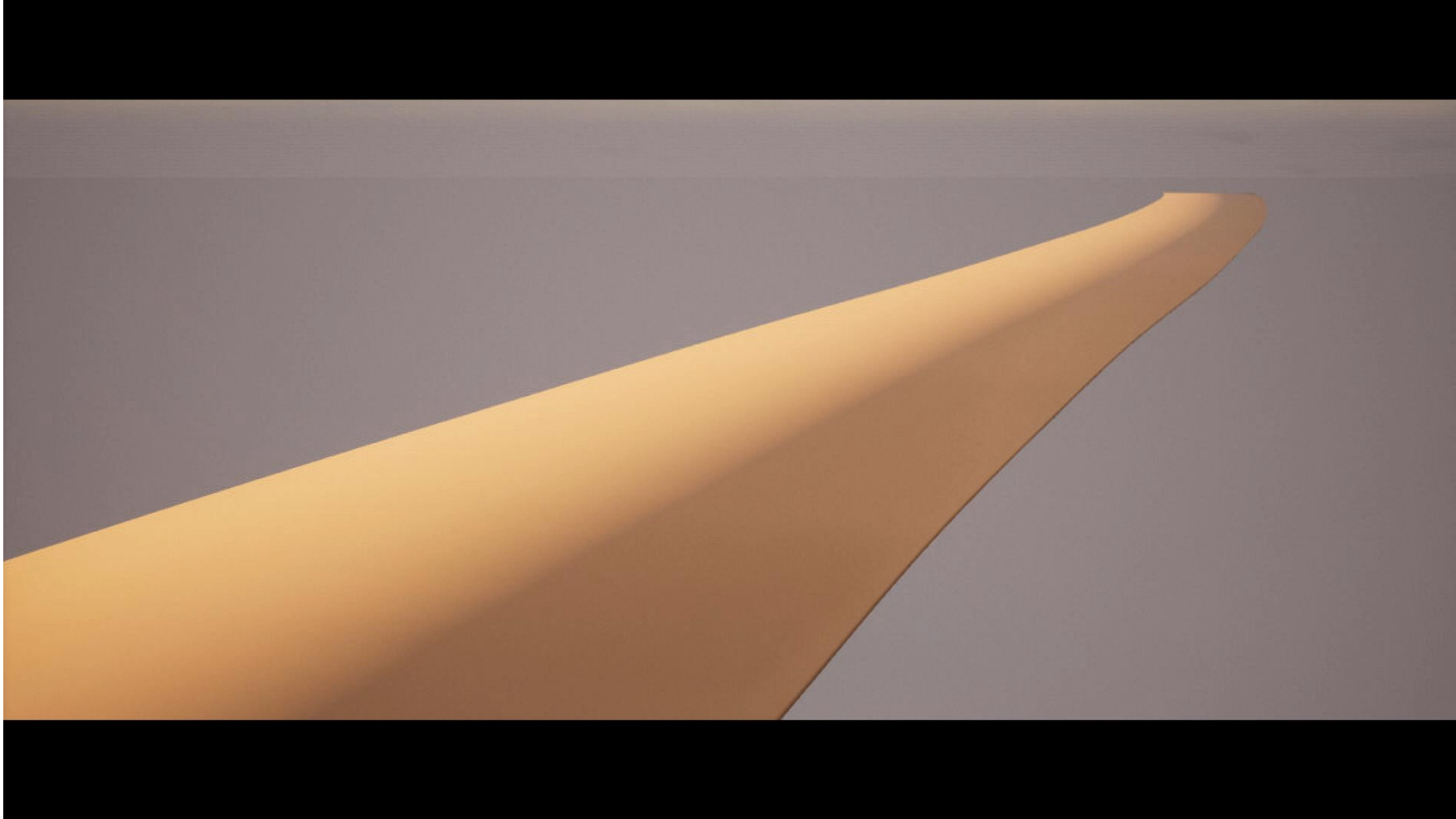
- Anwendungsfallspezifische Anforderungen an die **Modellgranularität** (Geometrie und Semantik)
 - Trennung von Semantik und Geometrie
 - Quantifizierung der Unsicherheiten innerhalb beider Aspekte
 - Repräsentation muss auf den Anwendungsfall angepasst werden
- Modellbildung mittels Teilmenge der verfügbaren Informationen



Automatische Modellableitung



Video



Fazit

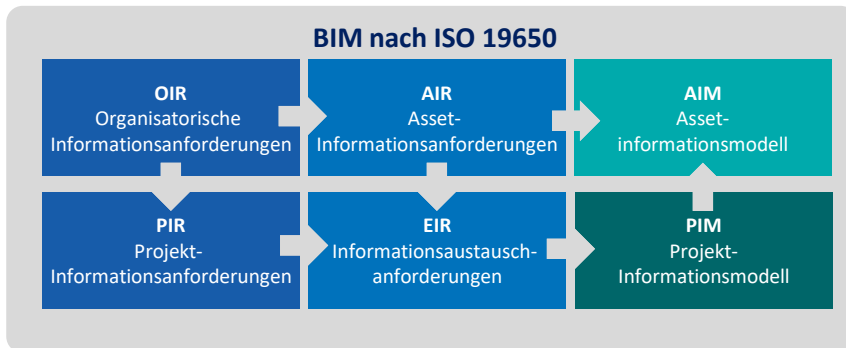
- Digitale Zwillinge können...
 - ... mehr als nur eine „neue attraktive Verpackung“ sein,
 - ... den Digitalisierungsgrad in vielen Anwendungsbereichen signifikant steigern und Prozesse nachhaltig verändern.
- Geodaten und GI-Komponenten sind für viele anwendungs- und fachspezifische Digitale Zwillinge der bebauten und unbebauten Umwelt essentiell

→ Anforderungen an die Daten/Modelle, Bereitstellung, Werkzeuge und die Prozesse sind zu diskutieren!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Digitale Zwillinge der bebauten Umwelt

Von BIM zum TWIN



Menschen

Prozesse

Technologien

Anwendungen

