Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand: Erfassung, Beschreibung und Optimierung gebäudetechnischer Anlagen

Nicolas Réhault

Dialogforum: Digitale Zwillinge im Betrieb und in der Erhaltung von Bauwerken

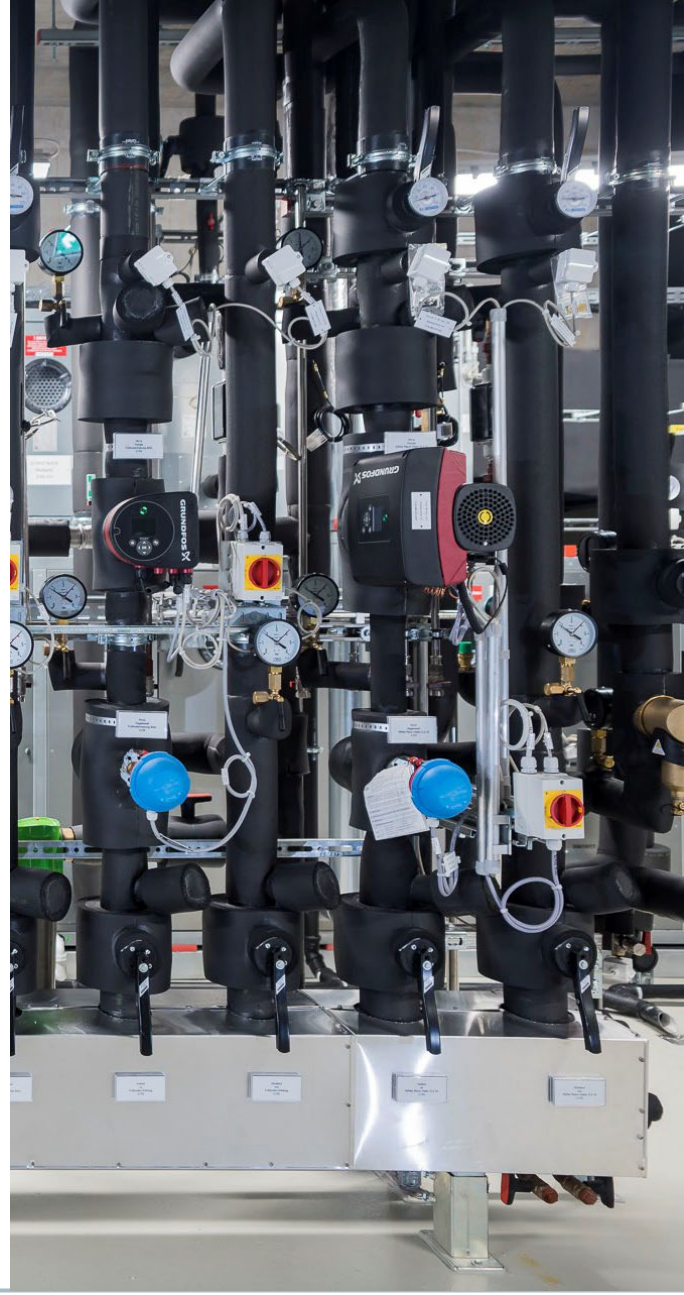
22.01.2026
www.ise.fraunhofer.de

Digitale Zwillinge im Bestand

Bedeutung des Gebäudebestands für die Wärmewende

- Bestandsgebäude spielen **eine zentrale Rolle** bei der Erreichung der Klimaziele
  - Die Bedeutung der **Sanierung** nimmt zu
  - Die **Dekarbonisierung** der **Wärmeversorgung** ist notwendig
  - Die Güte **des Anlagenbetriebs** muss gesteigert werden

➢ Umstellung der Baubranche auf **neue**, **kleinteiligere** und **aufwändigere Prozesse** in Planung, Bau und Betrieb



©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Datentypen in Bestandsgebäuden

Geometriedaten

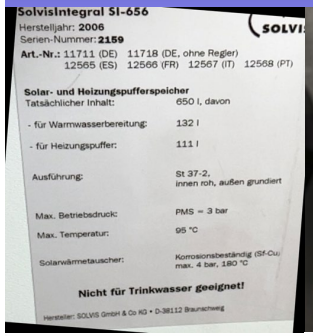
- CAD- und BIM-Daten in 2D/3D (DWG, IFC, Revit, …)
- 3D-Inventur von Anlagen mittels Bildaufnahmen

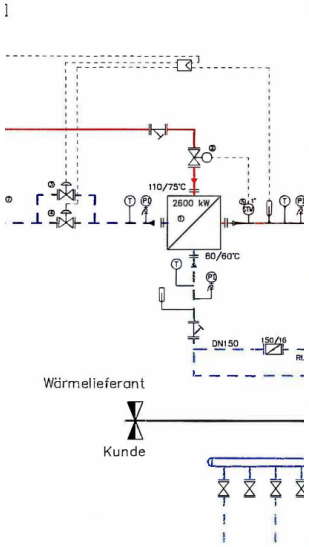
Semantische Daten

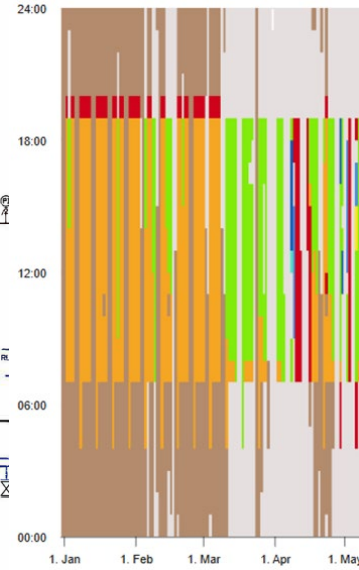
- Typenschilder, Anlagen- und Funktionsbeschreibungen
- Produktinformationen (z.B. aus BIM, ETIM, VDI 3805)
- Wartungs- und Instandhaltungsinformationen

Zeitreihendaten

- Gebäudeautomation und IoT-Systeme
- Wettervorhersagen, Netzsignale
- Temporäre Messungen (z.B. Raumluftqualität, Temperatur, Feuchte,…)







©Fraunhofer ISE

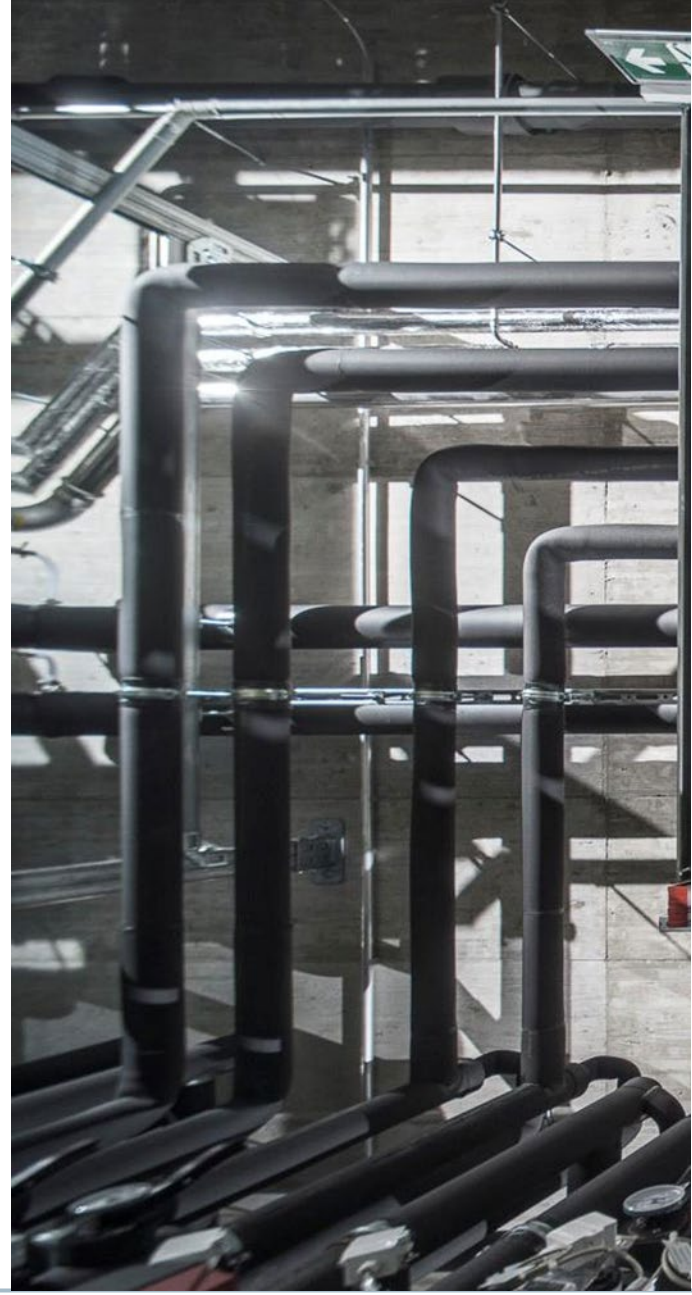
Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Herausforderungen

- Die **Erfassung** von Bestandsgebäuden ist aber ein **zeit- und arbeitsintensiver** Prozess
  - Fehlende, heterogene und verteilte Daten
  - Zahlreiche Datentypen und Kommunikationsprotokolle
  - Kosten- und Zeitdruck
  - Fachkräftemangel

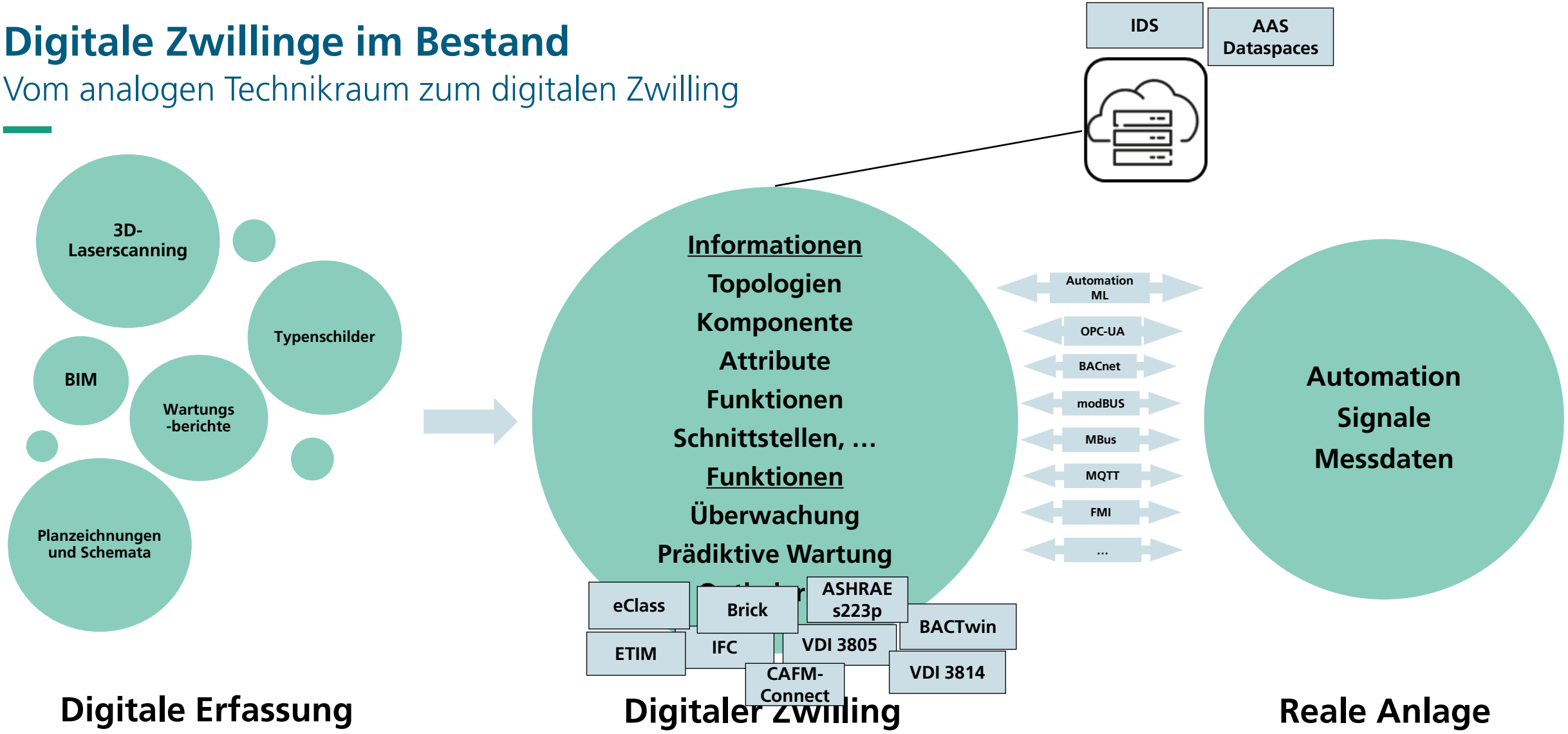
➢ **Entwicklung von Methoden und Tools, um digitale Zwillinge Bestand zu erstellen**



©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Vom analogen Technikraum zum digitalen Zwilling



©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Was ist ein digitaler Zwilling?

- **Ziel: herstellerübergreifender Informationsaustausch** auf Basis branchenneutraler Standards für Kommunikation, Dienste, Semantik ⇨ vereinfachtes Datenmanagement, höhere Effizienz

- Ursprung aus Industrie 4.0. Derzeit **keine einheitlich anerkannte, weltweit gültige Standard-definition** speziell für den **Gebäudebereich**

- Heute viele verschiedene Aufprägungen „digitaler Zwillinge“ in der **Forschung** und am **Markt**

- Eigene Definition in Anlehnung an ISO 23247:2021-10 Digital Twin Framework

Strukturierte digitale Repräsentation eines Assets in einem Gebäude, deren Daten laufend über geeignete Schnittstellen mit dem physischen Objekt synchronisiert werden, sodass Planung, Errichtung, Betrieb, Umnutzung und Rückbau datenbasiert unterstützt werden.

- Assets in Gebäuden: Zone, Anlage, Komponente, Material, Produkt, Software, Dokumente,…

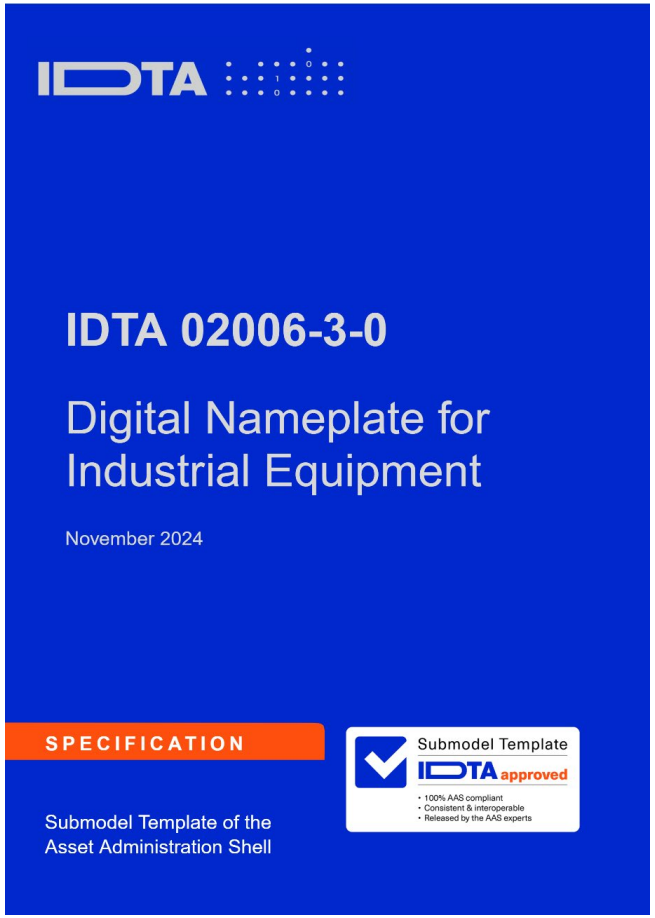
©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Was ist ein digitaler Zwilling?

- **Verwaltungsschale** (Asset Administration Shell, **AAS**):
  - beschreibt **alle relevanten Daten und Funktionen** eines Assets
  - begleitet Assets **über den gesamten Lebenszyklus**
  - sichert den **herstellerübergreifenden** Informationsaustausch
- AAS-Submodels können auf **semantische Datenmodelle** wie ETIM, ECLASS, VDI 3805,… oder eine **eigene Ontologie** verweisen

➢ Kooperationen und Forschungsprojekte:
- Integration von BIM/IFC mit AAS – IDTA e.V., buildingSMART Deutschland
- Siemens, Fraunhofer IESE, Hochschule der Bundeswehr



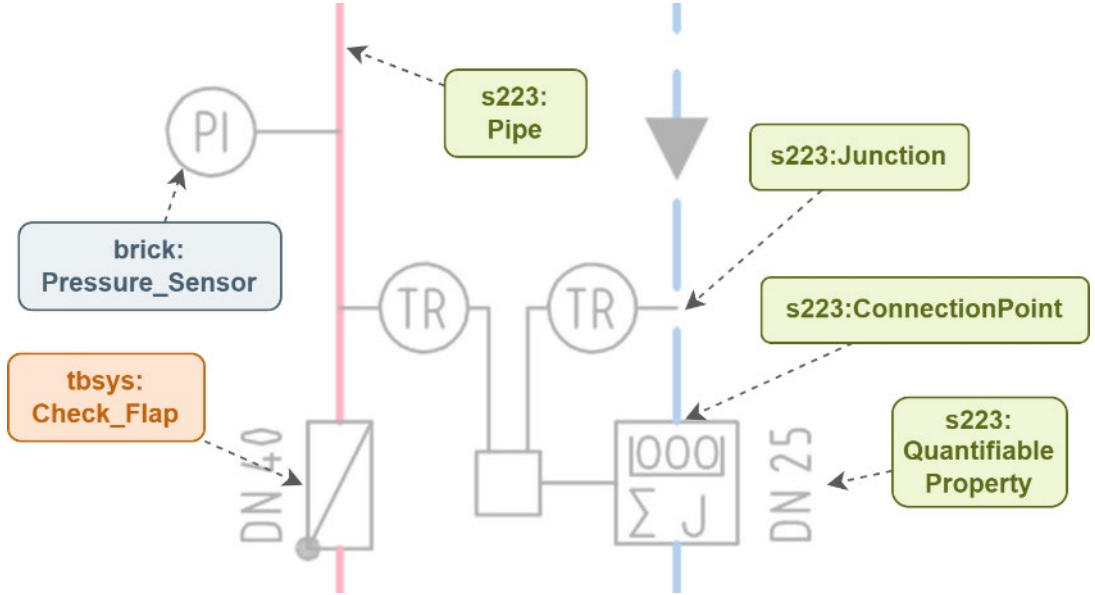
Bildquelle: IDTA e.V.

©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Semantisches Datenmodell für die digitale Abbildung von Anlagen und Komponenten

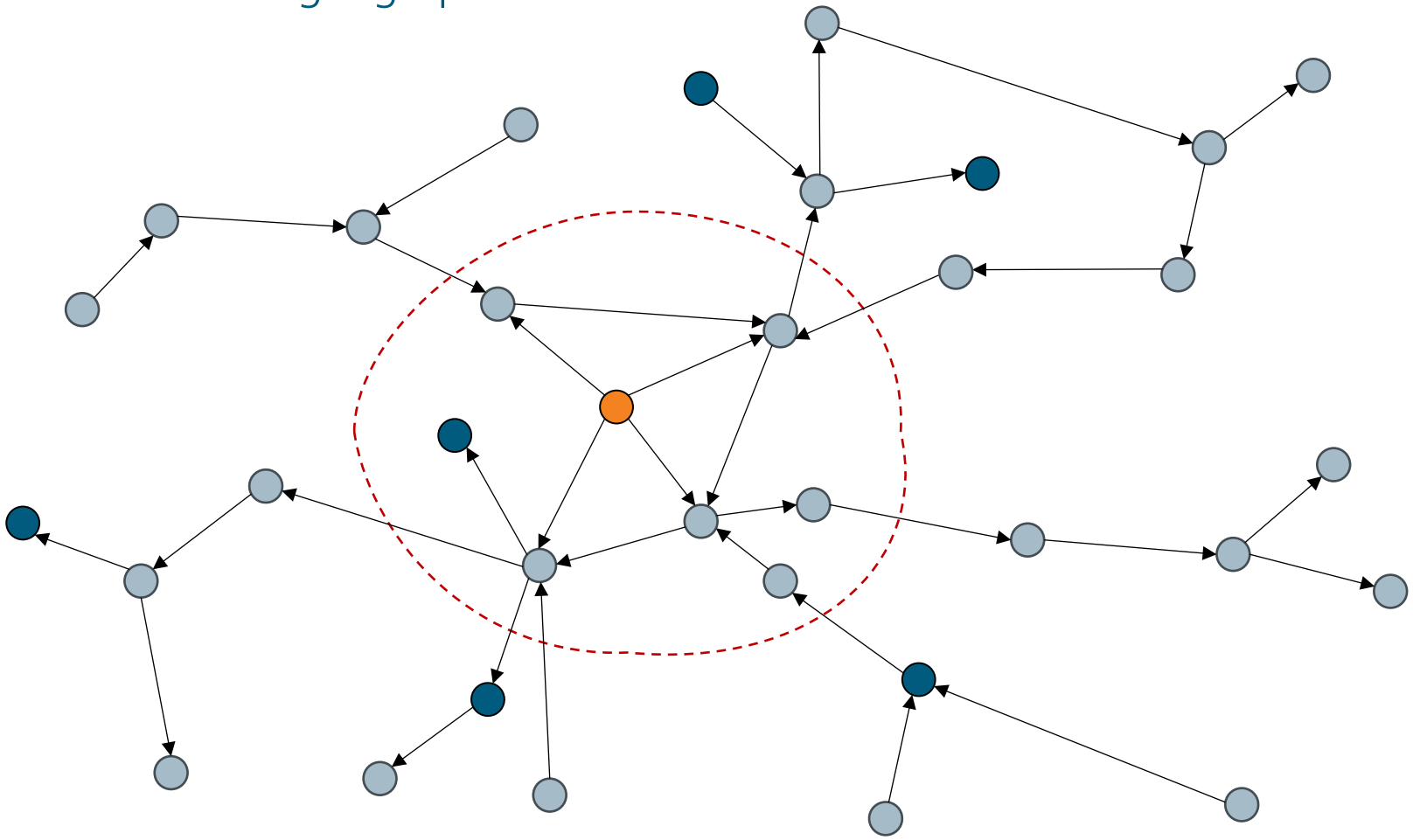
- **Knowledge Graph** zur digitalen Abbildung der erfassten Informationen
- **TBSys** (Technical Building Systems) als zugrunde liegende **Ontologie**, basierend auf den Semantic Web Ontologien Standard 223P, Brick Schema und QUDT
- **Einheitliches** und **eindeutig** definiertes **Vokabular**, für alle zugänglich und verwendbar
- **Grundlage** für einen **digitalen Zwilling** der Anlage



©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Was ist ein semantischer Anlagengraph?

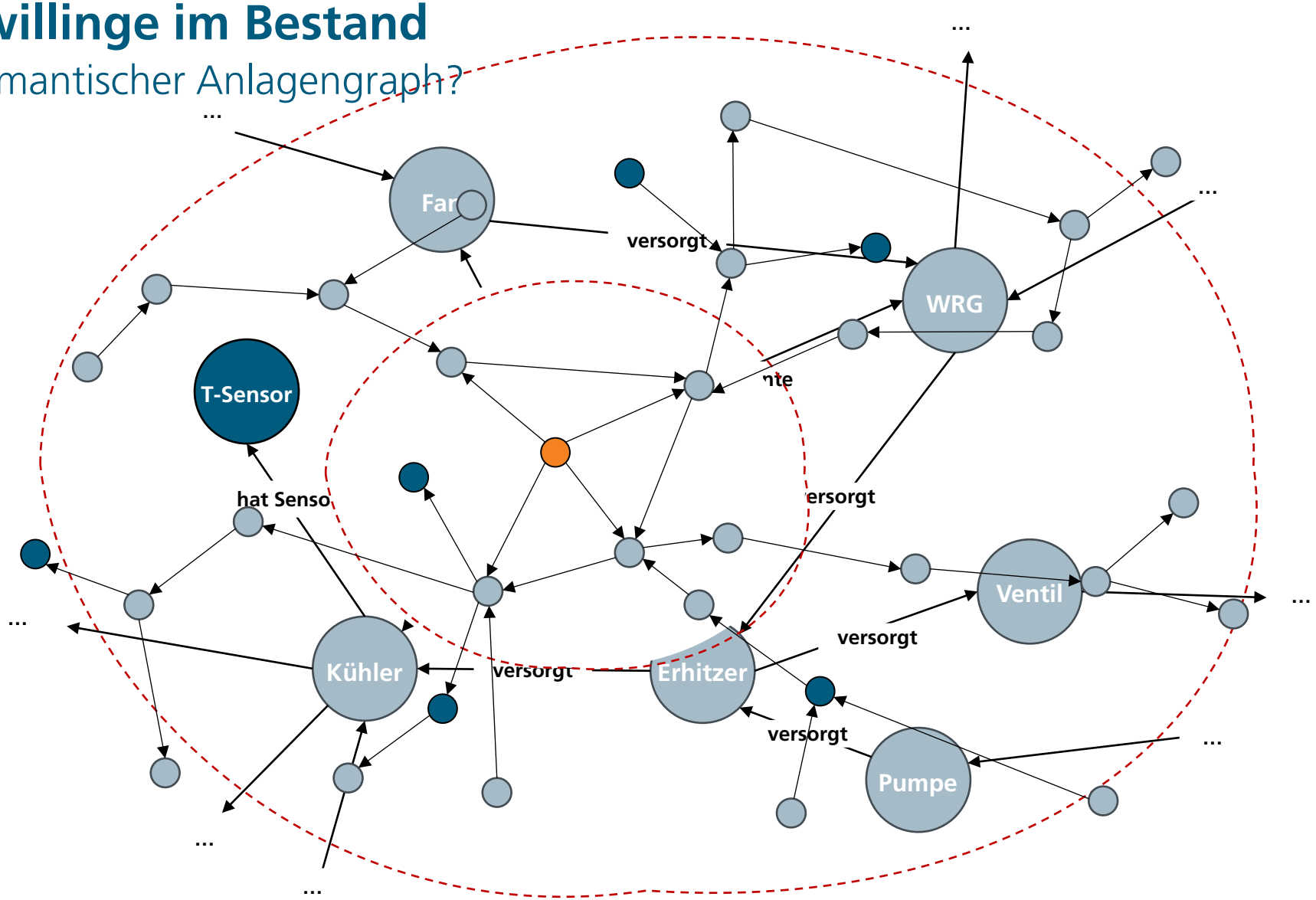


©Fraunhofer ISE

Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

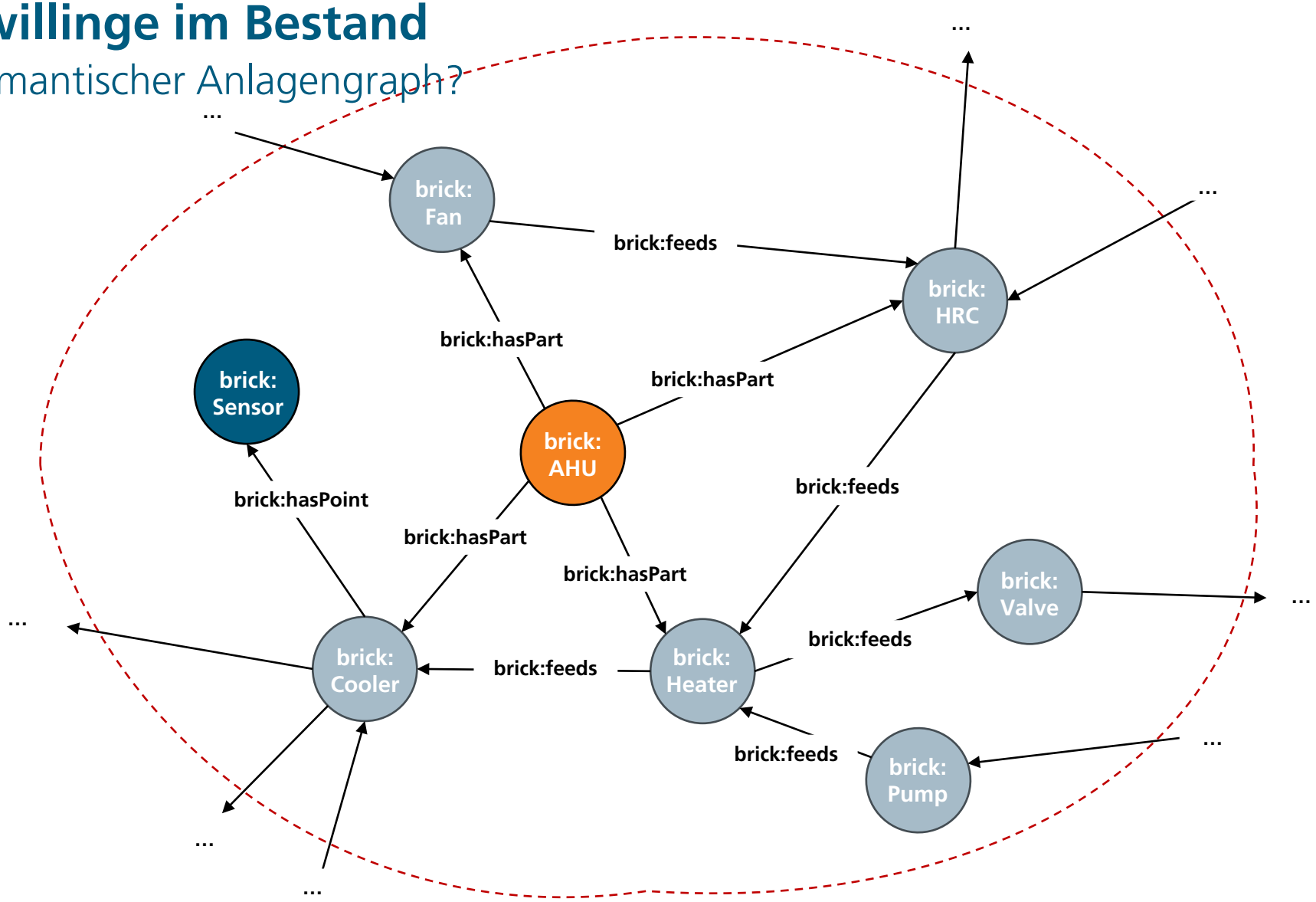
Was ist ein semantischer Anlagengraph?



©Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Was ist ein semantischer Anlagengraph?



©Fraunhofer ISE

Semantischer Anlagengraph

Warum nutzen wir semantische Graphen?

Mehrwerte

- **Anlagentopologien** entsprechen **strukturell** Graphen
- Daten bekommen **eindeutige Bedeutungen**
  - Maschineninterpretierbarkeit
  - Interoperabilität zwischen Systemen
- Standardisierte **Abfragen / Prüfungen** möglich
- **Wiederverwendbarkeit von Ontologien**
- **Flexibilität** und **Erweiterbarkeit**

Herausforderungen

- Mehraufwand (Initial und bei Erweiterungen)
  - **Vielzahl** an Ontologien (z.B. Brick, BOT, TUBES, …)
  - **Komplexität** bei der Modellierung
- Erstellung ohne Tools **zeitintensiv**

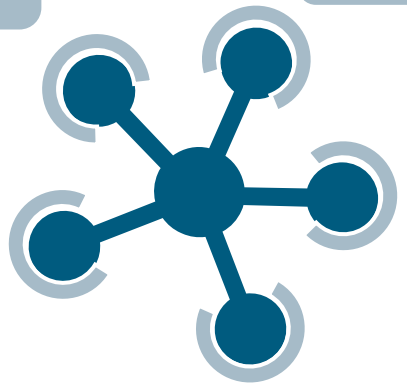
©Fraunhofer ISE

Anwendungsfälle

DiBeSAN-SHK – Digitalisierung der Bestandsaufnahme und Angebotserstellung im SHK-Handwerk

Digitalisierung von Anlagenschemata

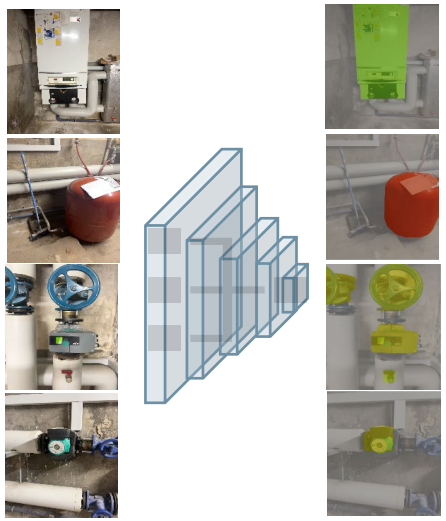
Technisches Monitoring



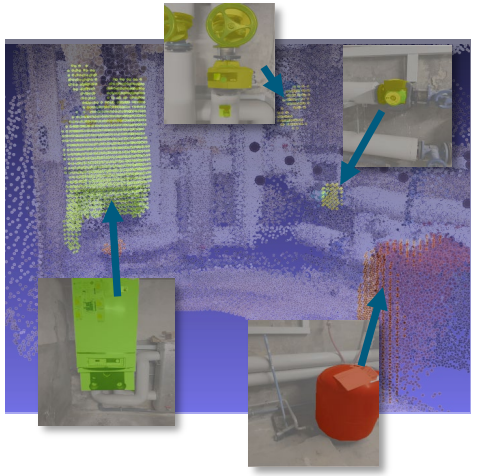
Erfassung von Heizungskellern

Heat Pump PlanAR App

Generierung von Schemata



Segmentierung der Anlage mit neuronalen Netzen



Zusammenführung, Szenen-Rekonstruktion über 3D-Daten

Überführung in Anlagengenerator mit semantischen Datenmodell

©Fraunhofer ISE

Arbeiten aus dem Projekt DiBeSAN-SHK (Fkz. 02K20D010)
https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/dibesanshk.html

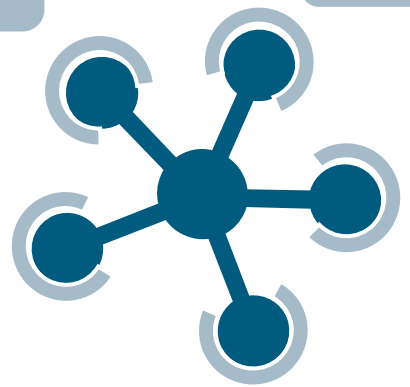
Fraunhofer ISE

Anwendungsfälle

WESPE – Wärmepumpeninstallationen beschleunigen

Digitalisierung von Anlagenschemata

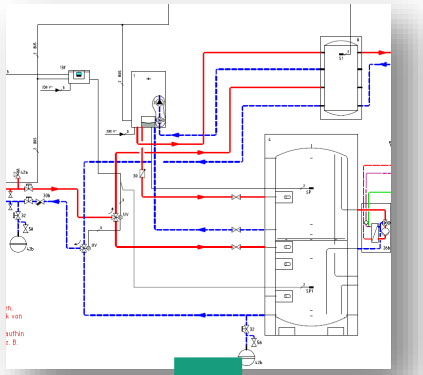
Technisches Monitoring



Erfassung von Heizungskellern

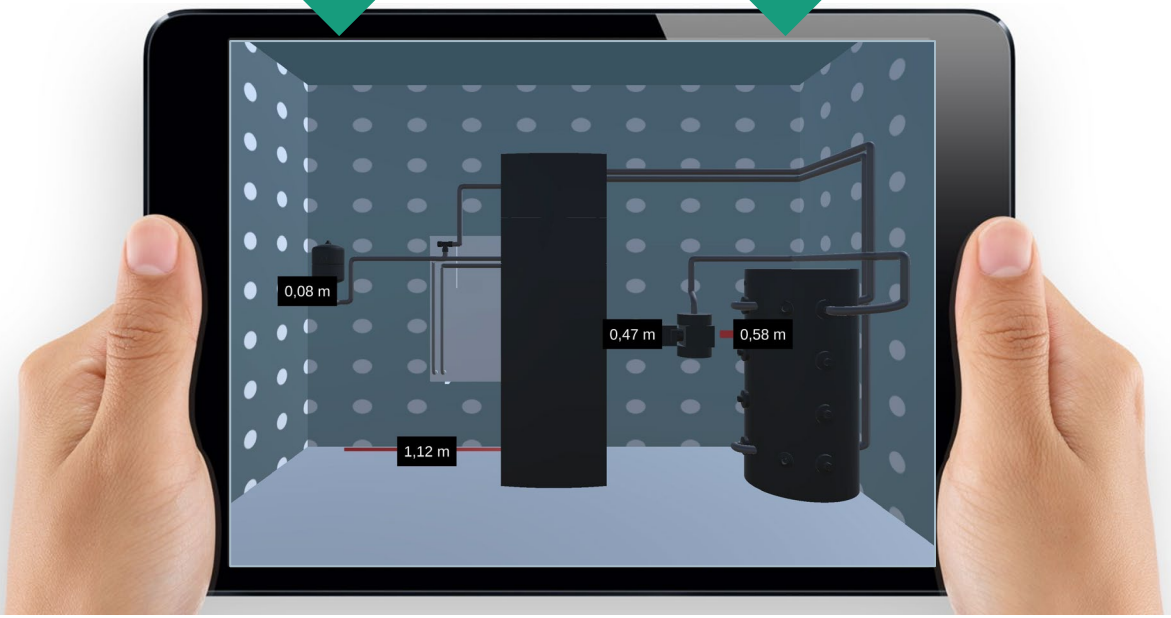
Heat Pump PlanAR App

Generierung von Schemata



© Vaillant

QualityBIM
Product Data for Building Services



©Fraunhofer ISE

Arbeiten aus dem Projekt WESPE (Fkz. 03EN1080C)
https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/wespe-shk.html

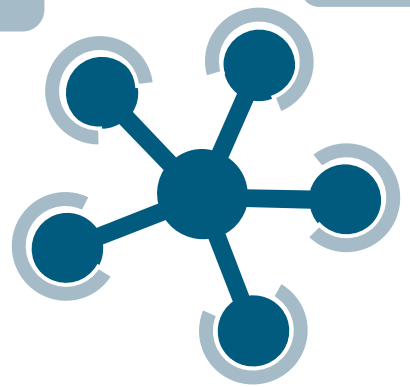
Fraunhofer ISE

Anwendungsfälle

DiMASH – Digitalisierung von Anlagen-Schemata in Bestandsgebäuden

Digitalisierung von Anlagenschemata

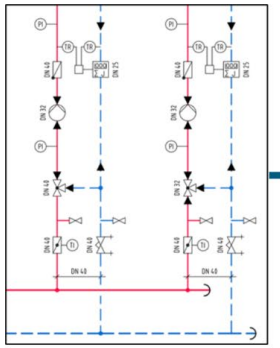
Technisches Monitoring



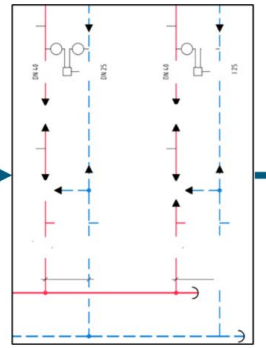
Erfassung von Heizungskellern

Heat Pump PlanAR App

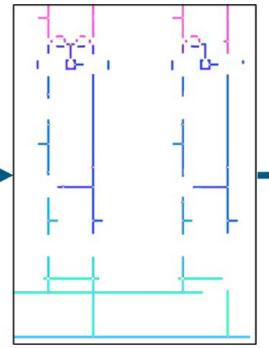
Generierung von Schemata



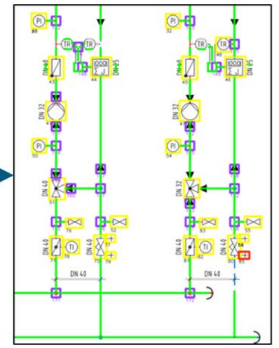
Schema



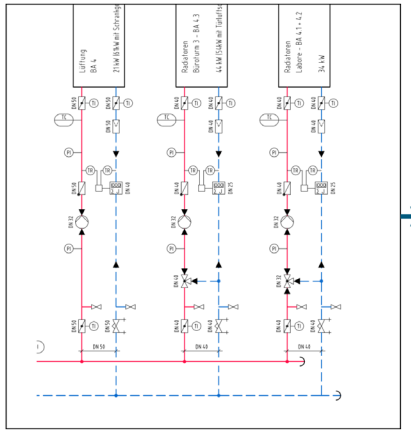
- **Text**-Detektion mit CRAFT, Auslesen mit Tesseract
- **Komponenten**-Detektion mit Faster R-CNN
- Entfernen erkannter Elemente



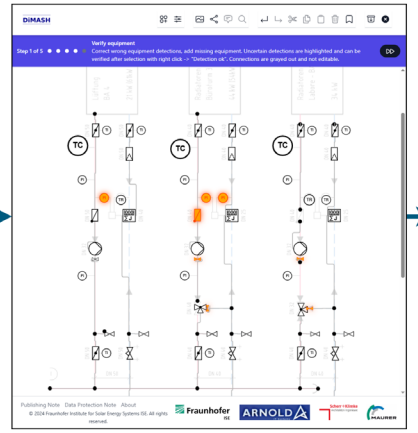
Linien-Erkennung mit anisotropem Gauß-Filter



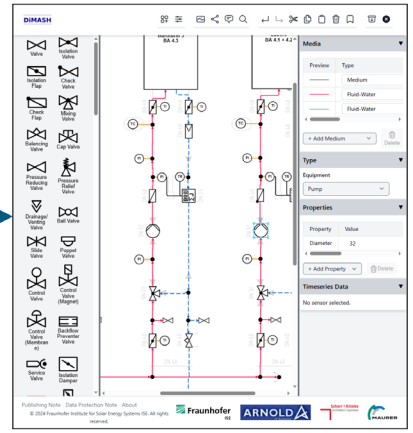
- Erkennung von **Junctions**
- Erstellung eines **Graphen** durch Schnittpunkte der Linien mit Komponenten



Schema



Initialer Scan



Fertig bearbeitetes **digitales Schema**

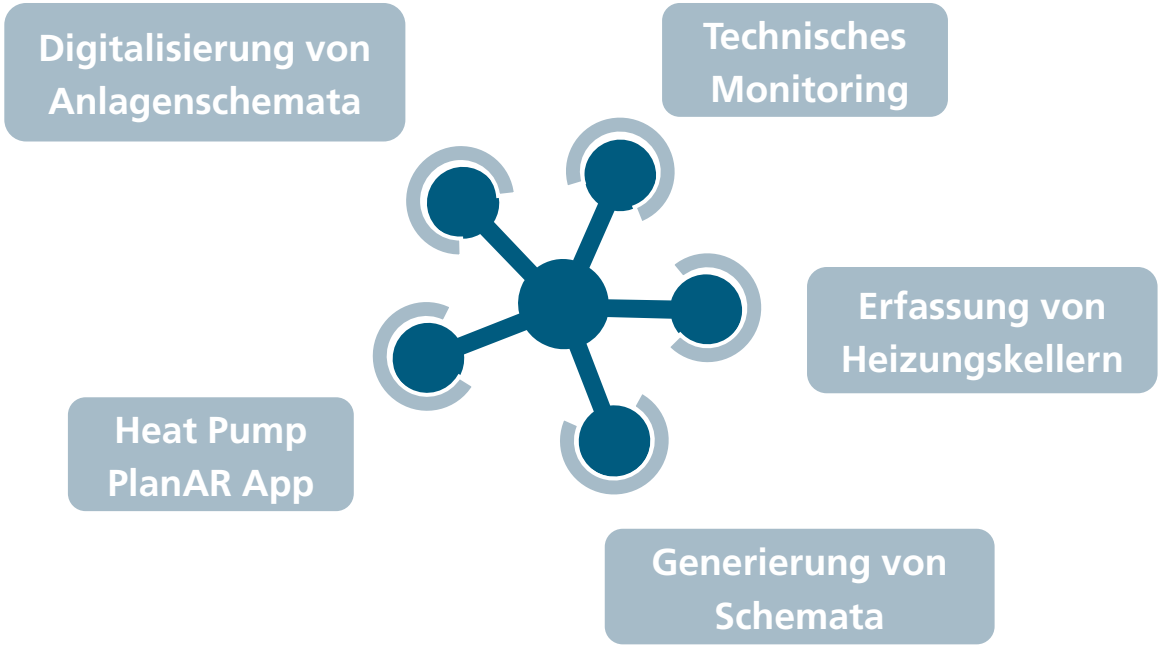
©Fraunhofer ISE

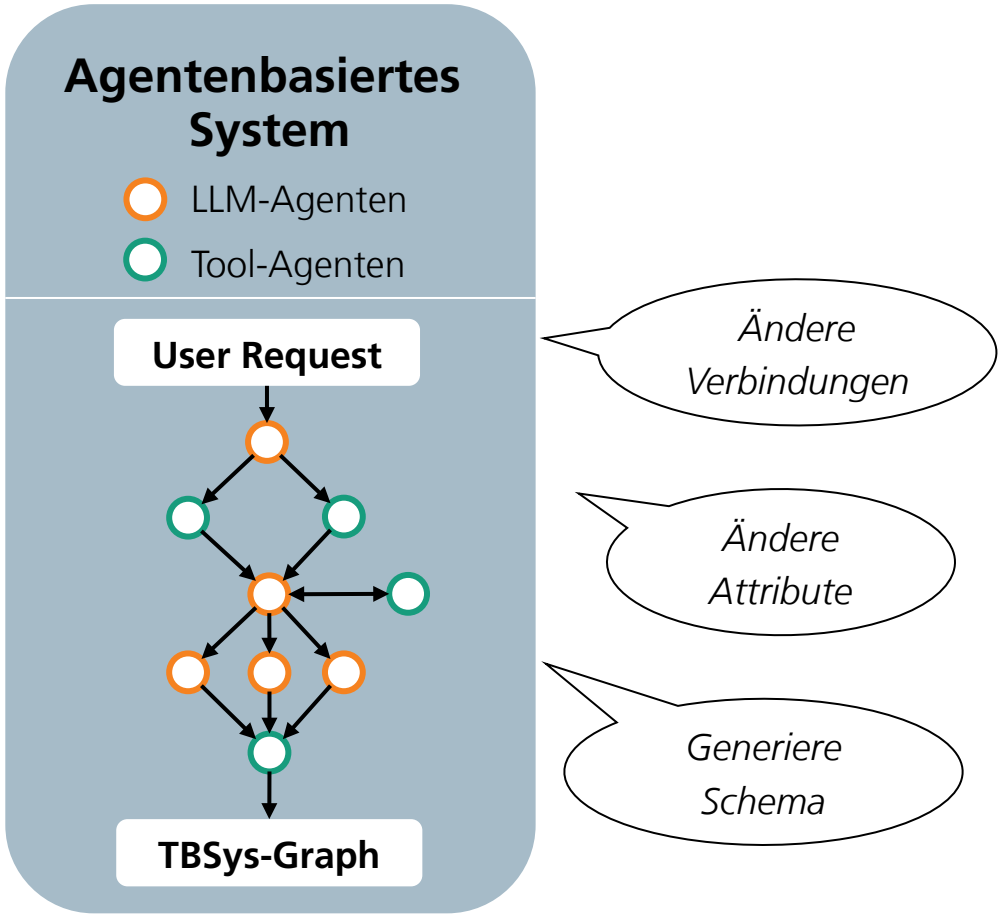
Arbeiten aus dem Projekt DiMASH (Fkz. 03EN1067A)
https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/dimash.html

Fraunhofer ISE

Anwendungsfälle

DiMASH – Digitalisierung von Anlagen-Schemata in Bestandsgebäuden





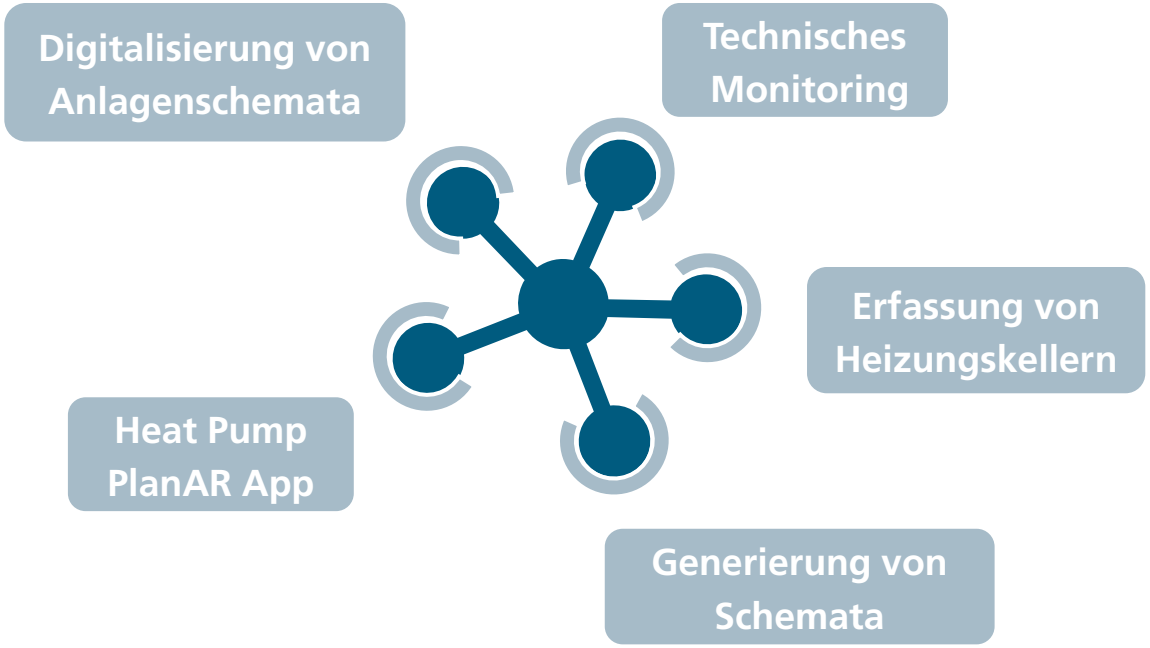
©Fraunhofer ISE

Arbeiten aus dem Projekt DiMASH (Fkz. 03EN1067A)
https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/dimash.html

Fraunhofer ISE

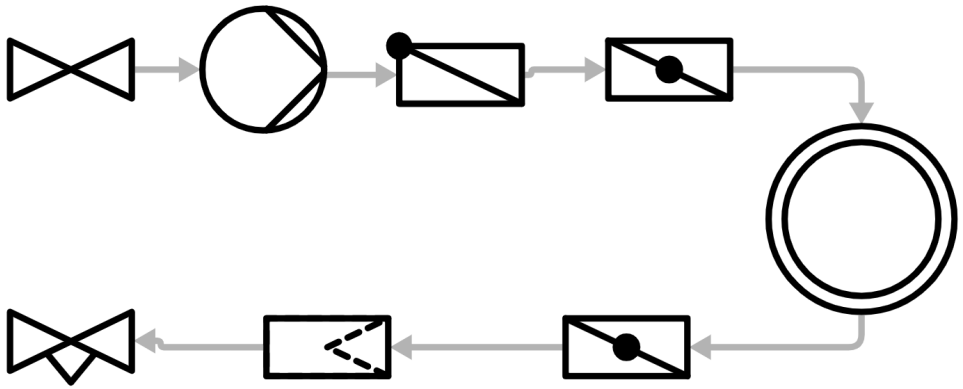
Anwendungsfälle

DiMASH – Digitalisierung von Anlagen-Schemata in Bestandsgebäuden



User request: "*Generate a graph that contains a valve, a pump, a check flap, an isolation flap, a radiator, an isolation flap, a strainer, and a balancing valve, and connect each element to the other in the listed order* "

Output: TBSys Graph in DiMASH-App



©Fraunhofer ISE

Arbeiten aus dem Projekt DiMASH (Fkz. 03EN1067A)
https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/dimash.html

Fraunhofer ISE

Vom Anlagengraphen zum digitalen Zwilling

Nutzung der Verwaltungsschale

AAS

- Wartungsinformationen
- Kennzeichnungssysteme
  - BACtwin
- Technische Produktdaten
  - ETIM
  - VDI 3805
- Zeitreihendaten
  - BACnet
- BIM-Daten
  - IFC

- Brick Schema
- Standard 223p
- QUDT
- TBSys

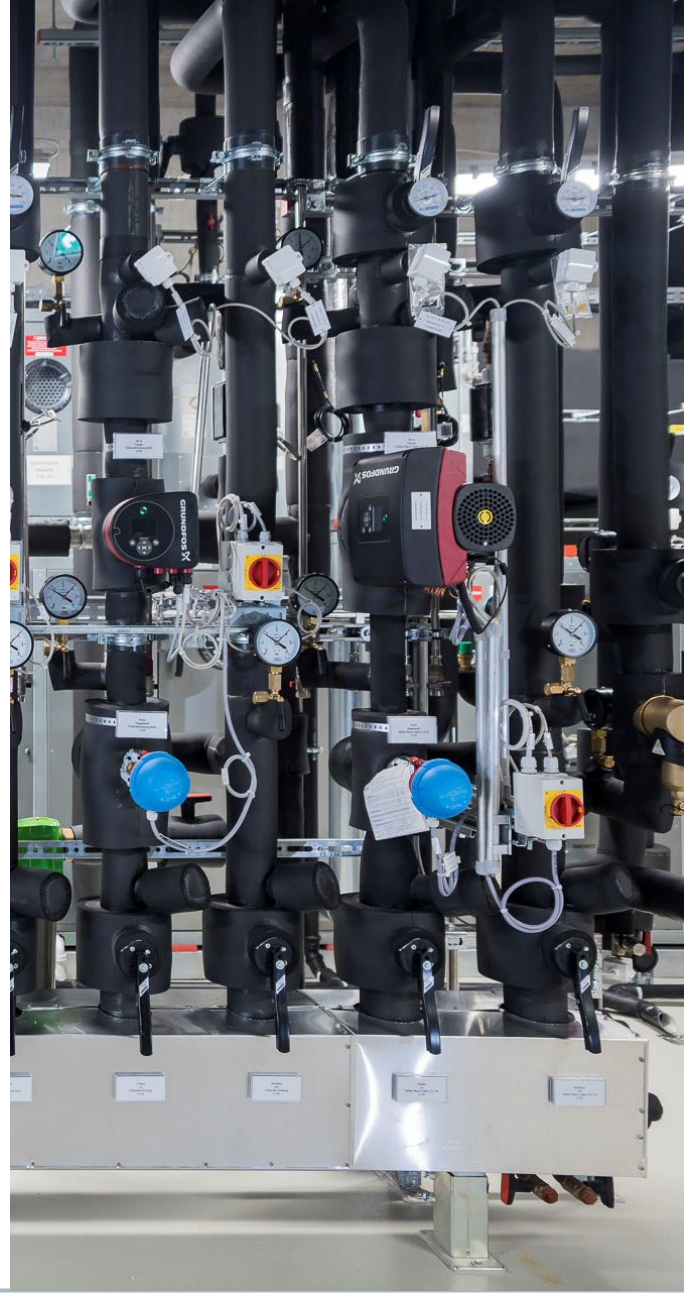
- Überwachung
- Optimierung
- Prädiktive Wartung

©Fraunhofer ISE
Fraunhofer ISE

Digitale Zwillinge im Bestand

Fazit und Ausblick

- Digitaler Zwilling als virtuelles, dynamisch gekoppeltes Abbild des Gebäudes über alle Lebenszyklusphasen.
- „Single Source of Truth“ durch konsistentes, semantisch angereichertes Datenmodell aus BIM, GA, IoT, CAFM.
- Standardisierte Schnittstellen und Datenmodelle (z. B. AAS) als Basis für Interoperabilität und Skalierbarkeit.
- Bedarf an Tools zur Erfassung heterogener Bestandsdaten (Schemata, Pläne, Anlagenbeschreibungen etc.).
- Organisatorische Transformation (Kompetenzen, Rollen, Prozesse, Governance) als Schlüssel für den Nutzen digitaler Zwillinge in Gebäuden.



©Fraunhofer ISE

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Nicolas Réhault
Gruppenleiter Kognitive Gebäude
Tel. +49 761 4588-5352
nicolas.rehault@ise.fraunhofer.de