



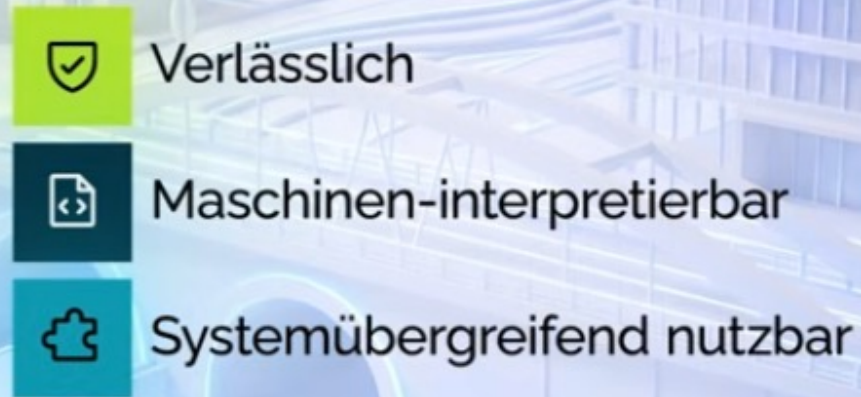
Was die Bau- und Immobilienwirtschaft von der Industrie lernen kann

Future Building, HSLU, 30.09.2026

ergon

Data Dictionaries

15.09: KickOff Event von Bauen digital Schweiz

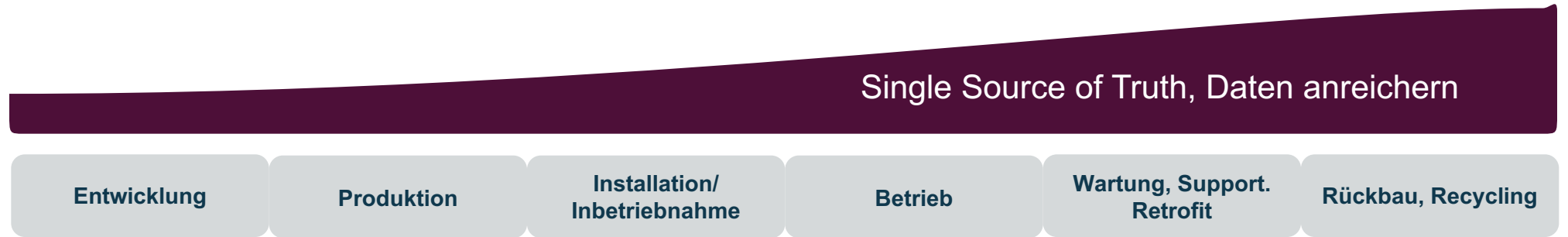


Die zwei Welten zusammenbringen:

- Bauwesen und Informatik
- Das ist meine Sicht als Informatiker

Die Antwort direkt am Anfang

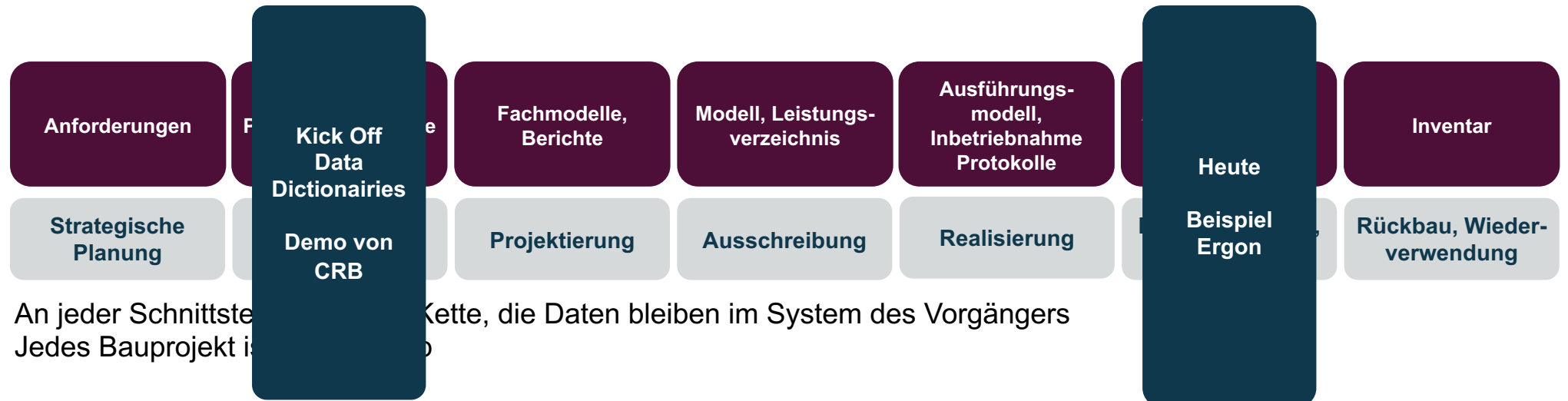
Industrie



Ein durchgängiger Datenfluss, von der Planung bis ins Recycling
Starke Produktisierung

Bauwesen

SIA Phasen, BKP...



An jeder Schnittstelle Kette, die Daten bleiben im System des Vorgängers
Jedes Bauprojekt ist

Beispiel: Büro von Ergon

Daten anreichern

Planung

Produktion

Inbetriebnahme

Betrieb

(BIM) Modell

Raumplan

Energie-Abrechnungen

Anlagen-Dokumentation

physikalisches Modell



Radiatoren



Aussen-
temperatur



Heiz-
kessel



Heizungs-
ventile



Raum-
klima



Arbeits-
plätze

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit

Kennzahlen Regelgüte

13.98 DAUER [H]	42.87 VENTIL Ø [%]	7.76 REGELABW. MAE [%]
31.623 REGELABW. PEAK [%]	4% SCHNELL-OSZ. [% ZEIT]	0% LANGSAM-OSZ. [% ZEIT]
4.51 HUNTING Ø [H]	53.8 HUNTING PEAK [1/15 MIN]	63 RICHTUNGSWECHSEL IM ZEITRAUM

Regelgüte-Übersicht



Vision: Die KI erklärt Ursache und Fix

Gesamtbewertung der Regelgüte

- Die Regelgüte des Heizkreises H02 ist als auffällig zu bewerten. Zwar liegt die durchschnittliche Richtungswechselrate (hunting_rate_mean_per_h) mit 4,51/h in einem akzeptablen Bereich, jedoch weist die Analyse extreme Spitzenwerte auf. Besonders kritisch ist der Peak der Richtungswechselrate (hunting_rate_peak_per_h) von 53,8/h, was ein massives "Valve-Hunting" (Ventilschwingen) anzeigt. Zudem ist die maximale Regelabweichung (control_error_peak_pct) mit über 31 % sehr hoch, was auf eine instabile Regelung hindeutet, die Schwierigkeiten hat, den Leistungs-Sollwert power_sp stabil zu halten.

Auffälligkeiten mit Zeitbezug

- 10:54-12:17 Uhr (Erhöhte Schwingungsamplitude): In diesem Zeitraum treten verstärkte Oszillationen in der Ventilposition valve_pos auf. Die maximale Schwingungsamplitude im schnellen Frequenzband (oscillation_pp_fast_max) erreicht Werte von bis zu 11,16 %. Das System zeigt hier eine instabile Charakteristik mit sichtbarem Über- und Unterschwingen.
- 15:48-16:28 Uhr (Instabiler Lastabfall): Während der Leistung (power_rel) stark sinkt, deutet die Dynamik auf eine Schwierigkeit des Reglers hin, den massiven Abfall des Sollwerts abzufangen.
- 16:29-17:11 Uhr (Extremes Ventil-Hunting):** Dies ist der kritischste Zeitraum der Analyse. Hier wird die maximale Richtungswechselrate von 53,79/h erreicht. Das Ventil valve_pos bewegt sich in extrem kurzen Intervallen hin und her, was ein klassisches Symptom für eine völlig ungedämpfte oder zu aggressiv eingestellte Regelung ist.
- 08:06-10:11 Uhr (Regelabweichungen): In diesem Zeitraum steigen die maximalen Regelabweichungen (control_error_max) auf bis zu 23,81 %, da der Regler dem sinkenden Leistungssollwert nicht präzise folgen kann.

Mögliche Ursachen

- Aggressive PID-Parameter:** Die extrem hohe Richtungswechselrate deutet darauf hin, dass die Verstärkungsfaktoren (insbesondere der P-Anteil) des Reglers zu hoch eingestellt sind, was bei Laständerungen zu sofortigen, überschießenden Stellgrößen führt.
- Mangelnde Dämpfung bei Lastwechseln: Die Instabilität tritt besonders stark auf, wenn sich die Leistungsanforderung (power_sp) ändert (z. B. Übergang zur Nachtabenkung oder abendliche Laständerung). Der Regler reagiert zu empfindlich auf die Differenz zwischen power_sp und power_ret.
- Fehlende Totzone:** Das extreme Hunting im Zeitraum 16:29-17:11 Uhr lässt darauf schließen, dass kleine Änderungen der Regelabweichung unmittelbar zu einer Stellgrößenänderung führen, ohne dass eine mechanische oder softwareseitige Totzone (Deadband) die kleinteiligen Bewegungen unterdrückt.

Konkrete Empfehlungen

- Optimierung der PID-Parameter: Durchführung eines Re-Tunings des Reglers. Der Proportionalanteil sollte reduziert werden, um das Überspringen zu minimieren, und die Nachstellzeit (I-Anteil) sollte so angepasst werden, dass die Integration der Regelabweichung langsamer erfolgt.
- Implementierung einer Totzone:** Einführung oder Vergrößerung einer softwareseitigen Totzone für die Ventilposition valve_pos. Dies verhindert, dass das Belimo Energy Valve auf minimale, insignifikante Änderungen der Leistungsabweichung mit Richtungswechseln reagiert.
- Dämpfung der Stellgröße:** Implementierung eines Zeitfilters oder einer Glättung für die Ausgangsgröße des Reglers, um die extrem hohen Richtungswechselraten (hunting_rate) zu senken und den mechanischen Verschleiß des Aktuators zu reduzieren.

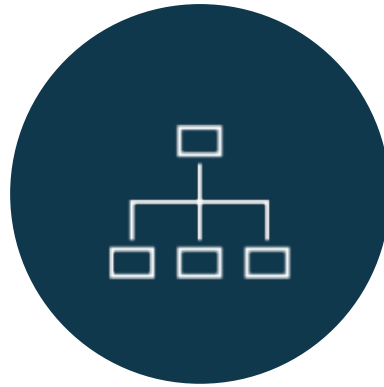
5 Voraussetzungen



Daten:
relevant,
statisch und
dynamisch



Format:
Semantik und
Standard



Digital Twins:
hierarchisch



Tools,
Plattformen



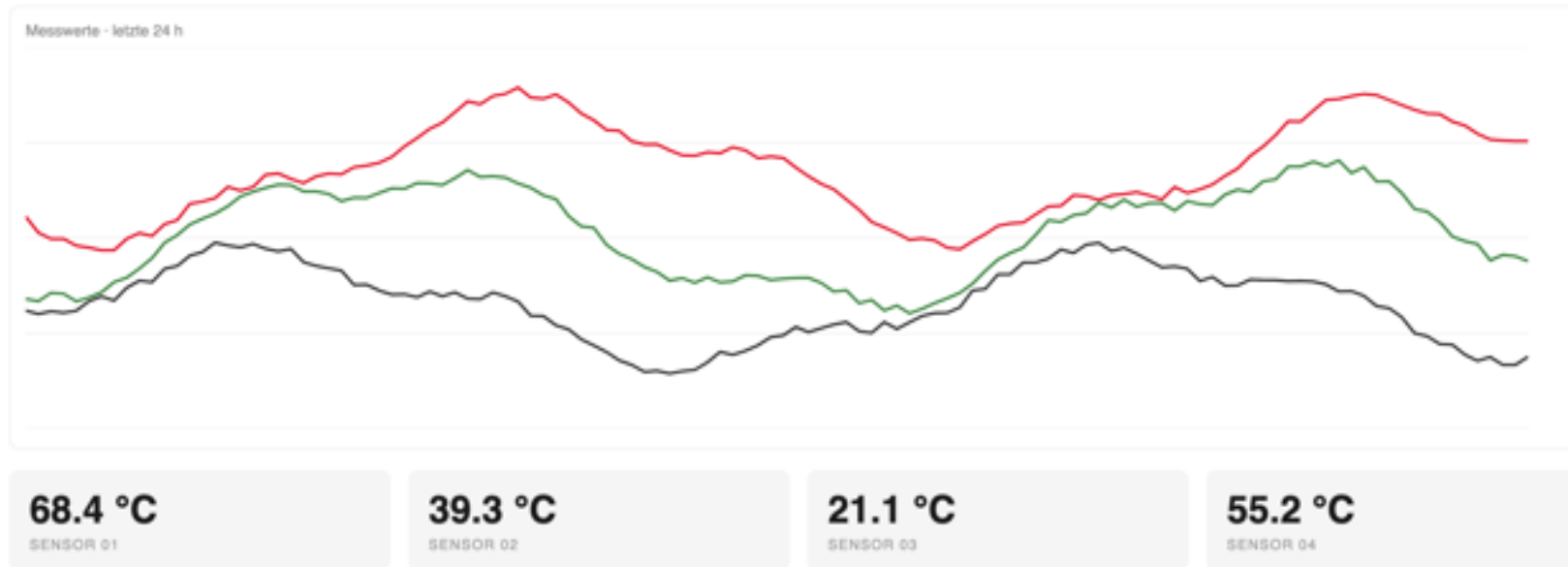
Lifecycle, APIs,
Prozesse

Effiziente, durchgängige digitale Integration

V1: Daten

Dynamisch: Prozess-, Steuerungs- und Sensordaten, ereignisgetrieben

Tiefe Latenz, hoher Schreibdurchsatz, horizontale Skalierung, definierte Verdichtung und Aufbewahrung, Status, Version und Herkunft



Statisch: Konfiguration, Modelle, Typdaten, Dokumente – inklusive History

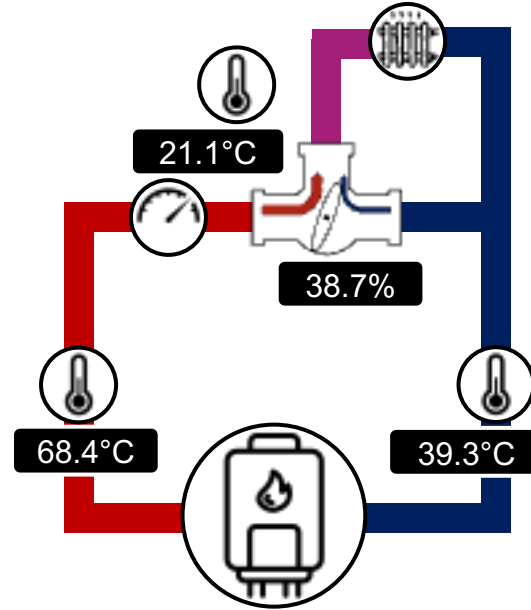
Immutable, Versionieren statt überschreiben, Nachvollziehbarkeit über Jahrzehnte, leselastige Zugriffsmuster, Status, Version und Herkunft

Beide laufen durch dieselbe Pipeline: generisches Datenmodell konfigurieren statt pro Quelle typisiert mappen.

Sonst wächst der Aufwand mit der Zahl der Quellen – nicht mit dem Nutzen.

V2: Format und Semantik - Modell

- 68.4°C → Vorlauf Heizkreis H05
- 39.3°C → Rücklauf Heizkreis H05
- 21.1°C → Raumtemperatur Büro M43-3.03
- 38.7 % → Ventilposition H02



```
{  
  "heizkreis": "H05",  
  "zeitstempel": "2026-09-21T14:32:10+02:00",  
  "vorlauf_c": 68.4,  
  "ruecklauf_c": 39.3,  
  "ventil_pct": 38.7,  
  "raum": "M43-3.03",  
  "raum_c": 21.1,  
  "einheit": "Celsius"  
}
```

GET /api/v1/heizkreis/H05/messwerte

Ein Wert ohne Kontext ist kein Datum: Objekt, Merkmal, Einheit, Zeitstempel und Identität gehören dazu
Modellierung trennt, was sich unterschiedlich schnell ändert: Typdefinition, Instanz, Messwert, Normalisiert

Semantik gehört ins Modell, nicht in den Feldnamen.

Ein Tag ist eine Konvention, kein Vertrag. Erst ein referenzierbarer Identifikator und Definition machen ihn maschineninterpretierbar.

V3: Hierarchische Digital Twins

Räumlich · wo befindet es sich

Areal
IfcSite

Gebäude
IfcBuilding

Geschoss
IfcBuildingStorey

Raum · Zone
IfcSpace · IfcZone

Funktional · was macht es

Heizung

Lüftung

Brandschutz

Betrieb

...

Anlage · Heizung
IfcSystem

Wärmeerzeugung
IfcDistributionSystem

Wärmeverteilung
IfcDistributionSystem

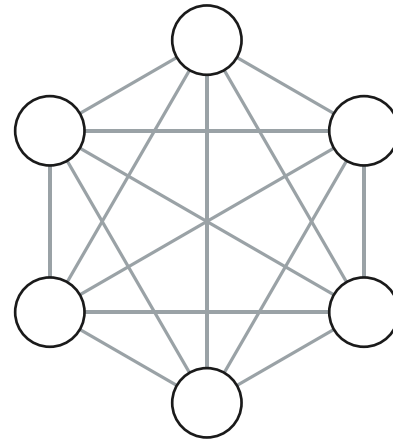
Komponente · Ventil
IfcValve · IfcSensor

Ventil V-H05-03: Raum M43-3.03 · Heizkreis H05 · Brandabschnitt BA-3 · Wartungsgruppe WG-12
Ein Objekt, viele Zugehörigkeiten – einmal identifiziert, mehrfach referenziert. Knowledge Graph

Räumlich gibt es eine Wahrheit. Funktional so viele Sichten, wie es Fragen gibt.

Die nächste Sicht kommt, an die heute niemand denkt.

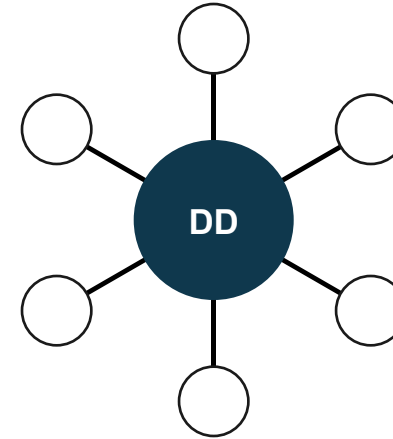
V4: Tools



Punkt zu Punkt

6 Systeme → 15 Mappings

statt



Gemeinsames Vokabular

6 Systeme → 6 Anbindungen

$$\frac{n \cdot (n-1)}{2} \text{ gegen } n$$

10 Systeme:

45 statt 10

20 Systeme:

190 statt 20

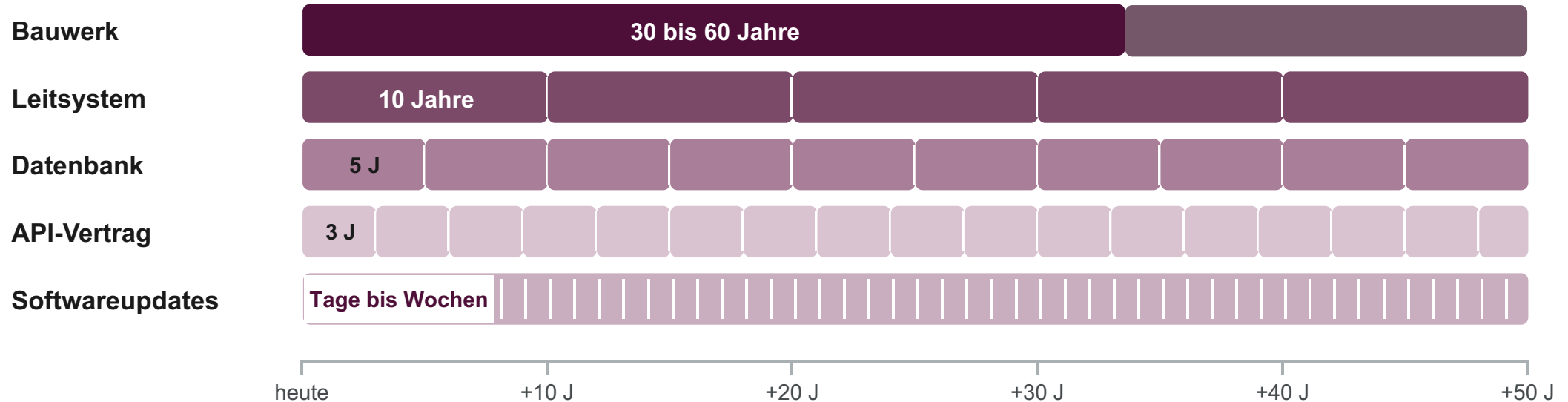
Interoperabilität heisst Standard statt Custom. Die Integration der Umsysteme entscheidet

Punkt-zu-Punkt wächst quadratisch, ein gemeinsames Vokabular linear. Schema Registry und Validation

APIs lösen den Transport, nicht die Bedeutung.

Ohne gemeinsames Dictionary entstehen Mappings zwischen allen Systempaaren, die alle unterhalten werden müssen.

V5: Lifecycle: eine Identität über die ganze Zeit



Governance: Regularien, Datenschutz und Ownership

Wem gehören die Daten und wie wird der Zugriff/Aufwand verwaltet und vergütet?

Interoperabel: Gemeinsam genutzt im Lebenszyklus (technisch, semantisch, organisatorisch, rechtlich)

Die Daten leben länger als jedes System – Identität und Versionierung müssen den Systemwechsel überstehen.

Bei IoT ist der Standard (mehrfach) gelöst, im Bau ist er Zielbild.

IoT: wenige Hersteller, enge Domäne. Bau: föderal, viele Akteure, keine Durchsetzungsinstanz – deshalb Maturitätsstufen statt Big Bang.



Die Ziele sind formuliert. Jetzt braucht es die Technik dahinter.

Die Trägerverbände führen. Wir bringen ein, was die IT seit Jahrzehnten gelernt hat:
Qualität · Sicherheit · Modellierung · Change Management

Damit wir dieselbe Lektion nicht zweimal bezahlen.