

Ansichtsexemplar



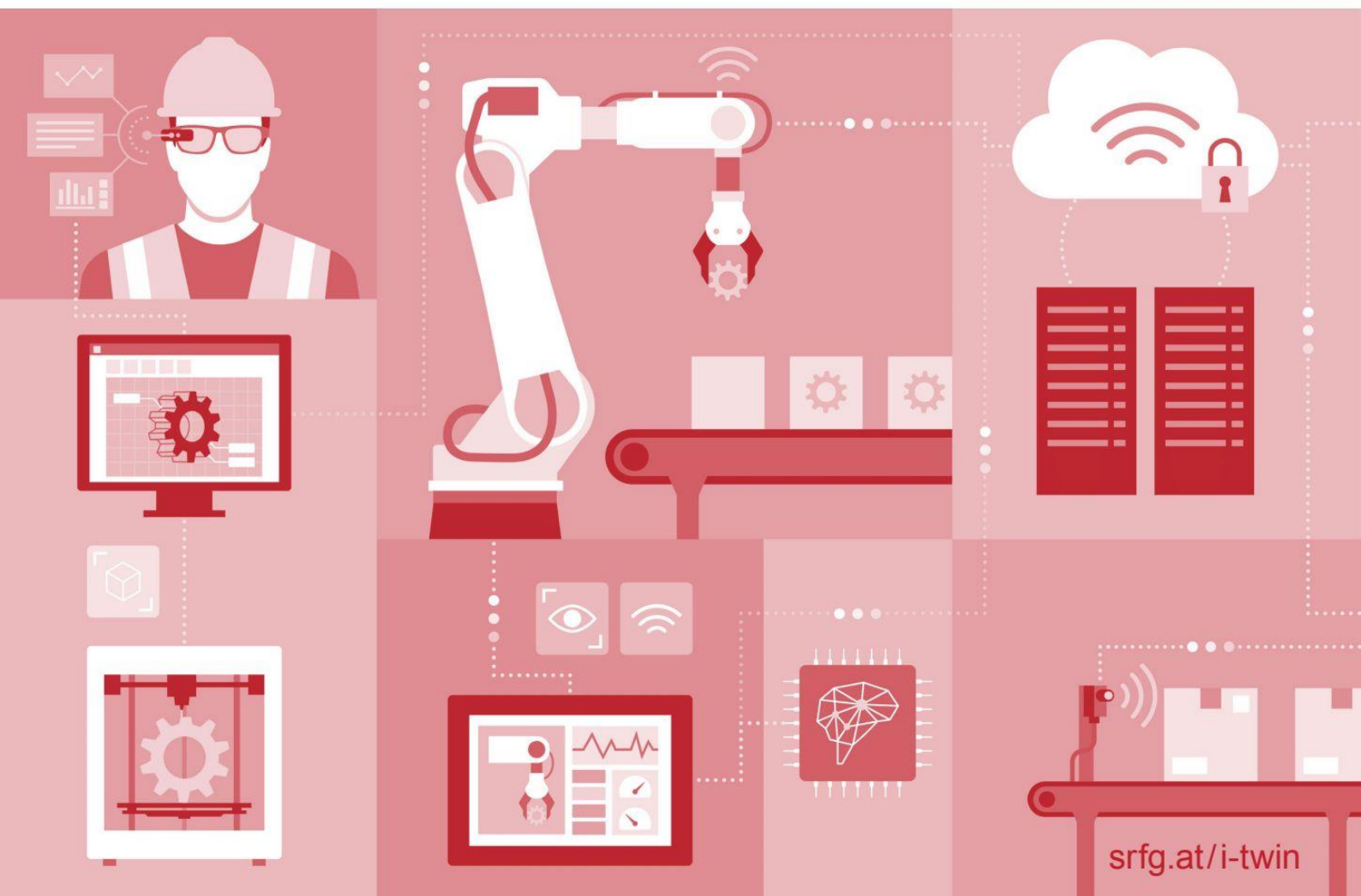
WHITE PAPER

Interoperabilität in Produktionsnetzwerken

Digitale Kommunikation mit Semantic Integration Patterns

Georg Güntner [Hrsg.]

Mit Beiträgen von Sebastian Baron, Nicole Bodmayer, Christian Borgelt, Martin Brugger, Michael Eitzinger, Dietmar Glachs, Fabian Hartleb, Oliver Hofbauer, Thomas Lehrer, Stefan Linecker, Erwin Spitaler, Felix Strohmeier



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Vorwort | 5 |
| 1 Digitale Kommunikation in Produktionsnetzwerken..... | 7 |
| 1.1 Die digitale Transformation der industriellen Fertigung | 7 |
| 1.2 Steigende Komplexität der digitalen Kommunikation | 7 |
| 1.3 Anwendungsfall „Störmeldung“ | 8 |
| 1.4 Weitere Kommunikationsszenarien | 9 |
| 1.5 Digital Twins | 10 |
| 1.6 Das Forschungsprojekt i-Twin | 10 |
| 1.7 Datenintegration | 11 |
| 1.8 Vision: Standardisierte Kommunikationskanäle | 11 |
| 2 Im Dickicht der Informationsmodelle | 13 |
| 2.1 Der Zweck standardisierter Informationsmodelle | 13 |
| 2.2 Metamodell und Teilmodelle der Asset Administration Shell..... | 14 |
| 2.3 OPC UA für hochfrequente Daten in Echtzeit | 15 |
| 2.4 AutomationML für Planung und Dokumentation..... | 16 |
| 3 Architektur für semantische Datenintegration | 17 |
| 3.1 Integration in Klein- und Mittelbetrieben | 17 |
| 3.2 Die i-Twin Middleware Plattform | 17 |
| 3.3 Gestaltungsprinzipien | 18 |
| 3.4 Data Integration Layer | 19 |
| 4 Semantic Integration Patterns | 21 |
| 4.1 Semantische Datenintegration..... | 21 |
| 4.2 Kennzeichen von Semantic Integration Patterns | 23 |
| 4.3 Definition eines Semantic Integration Patterns | 25 |
| 4.4 Aktivierung eines Semantic Integration Patterns..... | 26 |
| 4.5 Nutzung eines Semantic Integration Pattern..... | 26 |
| 4.6 Zusammenfassung..... | 27 |
| 5 Integration analytischer Services..... | 28 |
| 5.1 Sensordatenkomprimierung..... | 28 |
| 5.1.1 Problemstellung | 28 |
| 5.1.2 Annäherung durch Polygonzug | 28 |
| 5.2 Merkmalspeicher | 29 |
| 5.2.1 Eigenschaften eines Merkmalspeichers | 29 |
| 5.2.2 Komponenten eines Merkmalspeichers..... | 29 |
| 5.3 Ausführungsmodell und -format für die erzeugten Modelle | 30 |
| 5.3.1 Open Neural Network eXchange (ONNX) | 31 |
| 6 Informationsdrehscheibe Digital Twin | 32 |
| 6.1 Der digitale Zwilling - das digitale Spiegelbild | 32 |
| 6.2 Wie die Spinne im Netz - Schnittstelle über Asset Administration Shell | 33 |
| 6.3 Mit dem Essen kommt der Appetit | 34 |
| 7 Wie das CMMS zum „Single Point Of Truth“ wird..... | 35 |
| 7.1 Zusammenfassung..... | 35 |
| 7.2 Interoperabilität mit Semantic Integration Patterns | 35 |
| 7.3 Single Point Of Truth (SPOT) | 36 |
| 7.4 Vision: Digitalisierung und Transparenz..... | 37 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 8 | OEE-Kennzahlen „on the Edge“ | 38 |
| 8.1 | Die Rolle der Instandhaltung in der digitalen Produktion | 38 |
| 8.2 | Semantic Integration Patterns | 39 |
| 8.3 | Edge-Gateway | 39 |
| 8.4 | peak2pi und OEE | 39 |
| 8.5 | Der Mehrwert für die Instandhaltung | 39 |
| 9 | Datenintegration am Shopfloor: die Macht der Karte | 42 |
| 9.1 | Ausgangslage | 42 |
| 9.2 | Die Macht der Karte: Produktionsdaten auf einen Blick | 43 |
| 9.2.1 | Navigieren im Datenmeer: Die Bedeutung der Datenvisualisierung | 43 |
| 9.2.2 | Komplexität meistern: Die Schwierigkeiten bei der Dateninterpretation | 43 |
| 9.2.3 | Schlüsselorte des Erfolgs: Features des Karten-Dashboards | 44 |
| 9.2.4 | Hinter den Kulissen: Die Technologie, die das Dashboard antreibt | 46 |
| 9.3 | Die Zukunft der Unternehmensvisualisierung | 46 |
| | Anhang A: Referenzen | 49 |
| | Anhang B: Projektfakten | 51 |
| | Anhang C: Autorinnen & Autoren | 52 |
| | Impressum | 53 |

Ansichtsexemplar

Vorwort

Die Digitalisierung ist in der Industrie ein wesentlicher Treiber für die Optimierung der Produktivität, der Anlagenverfügbarkeit, der Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz. Die steigende digitale Vernetzung der Produktionsanlagen mit den Softwaresystemen schafft jedoch nicht nur neue Potenziale – etwa eine integrierte Sicht auf die Daten, der Einsatz analytischer Services (Predictive Maintenance), die Optimierung von Produktions- und Instandhaltungsprozessen –, sondern sie führt auch zu komplexen Anforderungen an die digitale Kommunikation: Eine wachsende Anzahl von Anlagen liefern Daten für verschiedene spezialisierte Software-Anwendungen, die diese Daten ihrerseits verarbeiten und für die Monitoring-, Überwachungs-, Analyse- und Steuerungs-Prozesse nutzen. Letztlich entsteht eine Vielzahl an Kommunikationsschnittstellen zwischen den Produktionsanlagen und den Anwendungen, die proprietäre Protokolle und Datenmodelle über proprietäre Software-Interfaces austauschen.

Die Daten über die Anlagen in einem Produktionsnetzwerk erzeugen ein virtuelles Abbild von den Anlagen – nicht nur vom aktuellen Zustand, sondern über den ganzen Lebenszyklus hinweg. Dieser Art eines virtuellen Abbilds wird auch als digitaler Zwilling („Digital Twin“) bezeichnet. Die Frage der digitalen Kommunikation in den Produktionsnetzwerken findet sich somit analog in der Fragestellung wieder, wie die Interoperabilität von digitalen Zwillingen gestaltet werden kann. Wie lassen sich Integrationsaufwände in komplexen Kommunikationsstrukturen reduzieren? Welche Lösungsansätze gibt es für eine nachhaltige Sicherung der Investitionen in die Daten- und Systemintegration?

Diese Fragestellungen bildeten den Kernpunkt für die Entwicklung eines Projekts mit der Bezeichnung „Semantic Integration Patterns for Data-driven Digital Twins in the Manufacturing Industry“ (kurz: „i-Twin“). Die Vision des Projekts ist, eine Art „Esperanto“ (Universalsprache) der digitalen Kommunikation in industriellen Netzwerken zu schaffen, mit dem Integrations- und Migrationskosten erheblich reduziert werden können. Die Umsetzung dieser Vision erfolgte durch den Entwurf und die

Implementierung einer Middleware-Plattform für die semantische Datenintegration, die standardisierte Kommunikationsmuster für die Anlagen und die Anwendungen zur Verfügung stellt. Das Projekt i-Twin bezeichnet die standardisierten Kommunikationskanäle als „Semantic Integration Patterns“ (vgl. „SIP“ in Abbildung 1). Diese beruhen auf einem standardisierten Informationsmodell, das einerseits die unterschiedlichen Facetten einer Anlage über deren gesamten Lebenszyklus hinweg modellieren kann, und andererseits auch eine dynamische Abfrage und Modifikation der Anlagendaten erlaubt. Als Informationsmodell für die semantische

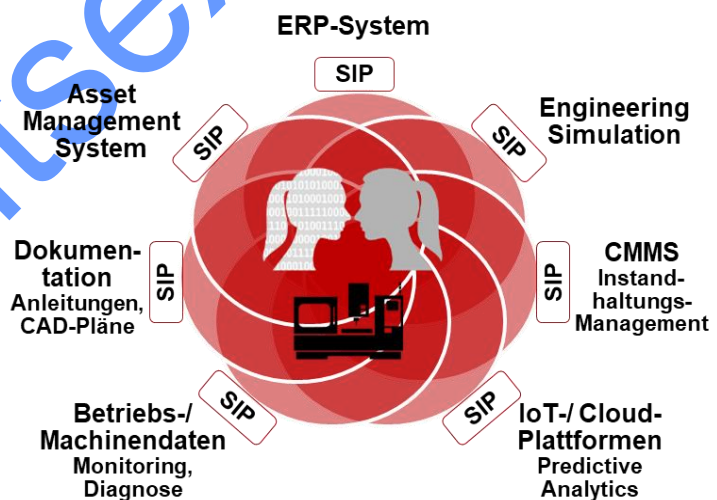


Abbildung 1: Die Rolle der Semantic Integration Patterns (SIP) als Schnittstelle für Digital Twins in Produktionsnetzwerken

Datenintegration wurde die Asset Administration Shell (AAS, DIN SPEC 91345) gewählt, welches von der Plattform Industrie 4.0 entwickelt wurde und nun über die Industrial Digital Twin Association (IDTA) einer breiten wirtschaftlichen Anwendung zugeführt wird.

Das Projekt i-Twin wurde 2021 im Programm IKT der Zukunft zur Förderung eingereicht. Unter der Leitung der Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H. arbeiteten die Software-Unternehmen H&H Systems Software GmbH (Wels), IcoSense GmbH (Zell am See), Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH (Salzburg), sowie das Produktionsunternehmen INNIO Jenbacher GmbH & Co OG (Jenbach) und die Paris Lodron Universität Salzburg an der Entwicklung und Umsetzung der Projektvision. Nach der positiven Evaluierung des Projektantrags wurde das Projekt zwischen Januar 2022 und April 2024 aus Mitteln des österreichischen Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) gefördert.

Der vorliegende Bericht fasst die Projektergebnisse zusammen und stellt dabei einerseits die Voraussetzungen und die technologischen Grundlagen der Semantic Integration Patterns und andererseits deren Anwendungsszenarien aus der Sicht der beteiligten Software-Unternehmen vor. Ausgehend von einer Einführung in die Herausforderungen der *digitalen Kommunikation in Produktionsnetzwerken* (Abschnitt 1) geben wir einen Überblick über geeignete *industrielle Informationsmodelle* (Abschnitt 2). Darauf aufbauend stellen wir die in i-Twin gewählte *Architektur für die semantische Datenintegration* (Abschnitt 3) und die *Semantic Integration Patterns* (Abschnitt 4) vor. Die Sicht spezialisierter Anwendungen wird anhand der Herausforderungen bei der *Integration analytischer Services* (Abschnitt 5), einer Softwareplattform für Engineering und automatisierten Betrieb (Abschnitt 6 „*Informationsdrehscheibe Digital Twin*“), eines Instandhaltungs-Planungs- und Managementsystems (Abschnitt 7 „*Wie das CMMS zum „Single Point Of Truth“ wird*“), eines MDE-Systems (Abschnitt 8 „*OEE-Kennzahlen „on the Edge*““) sowie eines Dashboards für Anlagendaten mit intuitiver, kartenbasierter Navigation (Abschnitt 9 „*Datenintegration am Shopfloor: die Macht der Karte*“) erörtert.

Die Beiträge in diesem Bericht können die komplexen Fragestellungen aufgrund der geforderten Kompaktheit leider oft nur in ihren Grundzügen vorstellen. Dennoch hoffen wir, Ihnen durch unsere Erfahrungen einen Leitfaden für Ihre individuelle Strategie und eine auf Ihre Bedürfnisse maßgeschneiderte Priorisierung bei der Umsetzung zu bieten. Selbstverständlich stehen die Autorinnen und Autoren für weiterführende Informationen gerne zur Verfügung. Sie finden die *Kontaktinformationen* und *Literaturempfehlungen* im Anhang.

Abschließend wünsche ich Ihnen viele wertvolle Anregungen bei der Lektüre des Berichts und viel Erfolg auf Weg zum digitalen Asset Management in der Praxis Ihres Unternehmens!

Georg Güntner
Herausgeber und Leiter des Forschungsprojekts i-Twin
Salzburg, im März 2024

1 Digitale Kommunikation in Produktionsnetzwerken

Wie man die steigenden Herausforderungen an die Interoperabilität in der Industrie mit Hilfe von digitalen Zwillingen und semantischer Datenintegration meistert

Georg Güntner (Salzburg Research)

Die digitale Transformation führt zu einer steigenden Komplexität der Kommunikation zwischen Anlagen und IT-Systemen in modernen Produktionsnetzwerken. Über den gesamten Lebenszyklus von Produktionsanlagen und IT-Systemen hinweg gilt es, die Kommunikation und den Austausch von Informationen in zuverlässiger und sicherer Weise zu gewährleisten. Der semantische Austausch von Stamm- und Sensordaten erfordert die Nutzung von standardisierten Informationsmodellen und Kommunikationskanälen. Der Beitrag beschreibt die Einführung einer Middleware zur semantischen Datenintegration als einen vielversprechenden Lösungsansatz für die Herausforderungen moderner industrielle Kommunikationssysteme.

1.1 Die digitale Transformation der industriellen Fertigung

Im vergangenen Jahrzehnt entwickelte sich die Digitalisierung zu einem wesentlichen Treiber für die Optimierung der Produktivität, der Anlagenverfügbarkeit, der Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz in der Industrie. Große nationale und wirtschaftliche Initiativen unterstützten die Digitale Transformation des Engineerings, der Produktion und der Instandhaltung durch die Sammlung von Erfolgsberichten („Good Practice“), durch die Veranstaltung von Fachkongressen zur Vernetzung der Akteure und zum Austausch von Methodik und Technologie und durch die Entwicklung von Standards. Beispiele dieser im Grunde sehr ähnlichen industriellen Digitalisierungs-Initiativen sind die deutsche „Plattform Industrie 4.0“¹, die Schweizer Netzwerk-Plattform „Industrie 2025“², das amerikanische „Industry IoT Consortium“³ oder das chinesische Programm „Made in China 2025“⁴.

Eine für unsere Betrachtungen wesentliche Folge der industriellen Digitalisierung ist die Vernetzung der Anlagen und der Fertigungs-IT-Systeme: Die digitale Transformation der Industrie verwandelte fast jede neue Maschine und Komponente in ein intelligentes vernetztes Asset. Und dieser Trend setzt sich auch durch digitales „Retrofitting“ – d.h. durch die nachträgliche Einführung digitaler Kommunikationskomponenten und Sensorik – bei den Bestandsanlagen fort.

1.2 Steigende Komplexität der digitalen Kommunikation

Wenn nun potenziell jede Maschine mit jeder Anwendung und zusätzlich die Anwendungen untereinander Daten austauschen sollen, entsteht die in Abbildung 2 dargestellte Situation eines modernen Produktionsnetzwerks. Die Kommunikation dieser Art führt zu einer Auflösung

¹ Plattform Industrie 4.0: <https://www.plattform-i40.de/>

² Industrie 2025: <https://www.industrie2025.ch/>

³ Industry IoT Consortium: <https://www.iiconsortium.org/>

⁴ Made in China 2025: https://de.wikipedia.org/wiki/Made_in_China_2025

der klassischen Automatisierungspyramide⁵: Die Assets (Maschinen und Anlagen im Edge Layer) liefern kontinuierlich Prozess- und Zustandsdaten an jene IT-Systeme (im Application Layer), die diese Daten für die Monitoring-, Überwachungs-, Analyse- und Steuerungs-Prozesse sowie für Prognosen (z.B. Predictive Maintenance) verwenden. Dabei ist es vorab unerheblich, ob der Informationsaustausch in festgelegten Intervallen oder nur bei Zustandsänderungen durchgeführt wird.

Der Edge Layer umfasst die Ebene der Anlagen und Maschinen, während der Application Layer die an der Kommunikation beteiligten IT-Systeme beschreibt, z.B. ERP-Systeme, analytische Anwendungen, Instandhaltungs-Managementsysteme (CMMS), HMI/SCADA-Systeme, IIoT-Lösungen, und v.a. Anwendungen und Dienste.

Die Heterogenität und die Vielzahl von gebräuchlichen Protokollen und Standards stellen komplexe Anforderungen an die Kommunikation und an die Interoperabilität.

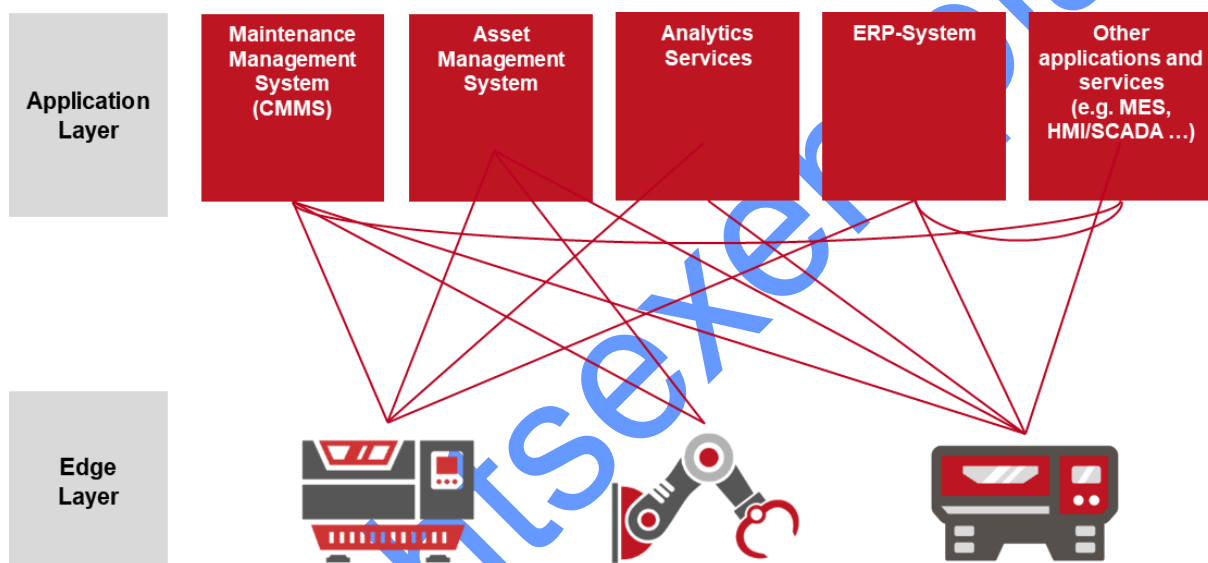


Abbildung 2: Direkte Kommunikation von Maschinen und IT-Anwendungssystemen
(© Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H.)

1.3 Anwendungsfall „Störmeldung“

Als Beispiel für die Kommunikationsanforderungen in den vernetzten Produktionsnetzwerken sei im Folgenden eine Störmeldung herangezogen. Nach DIN EN 13306 ist eine „Störung“ der „Zustand einer Einheit, gekennzeichnet durch ihre aus irgendeinem Grund vorhandene Unfähigkeit, eine geforderte Funktion zu erfüllen.“ Die Störmeldung ist demnach die Meldung einer Störung an eine Person oder ein Software-System mit dem Ziel, dass die Störung dokumentiert und die Störungsbehebung eingeleitet wird. In unserem Fall geht es darum, eine aufgetretene Störung manuell oder automatisch an jene Anwendungen im Produktionsnetzwerk weiterzugeben, die damit zur Störungsbehebung beitragen können.

Die manuelle Weitergabe würde in unserem Beispiel durch einen geeigneten Störungserfassungs-Client erfolgen. Dabei ist es unerheblich, ob die Erfassung

⁵ Åkerman, M. (2018). Implementing Shop Floor IT for Industry 4.0, Doctoral Thesis. https://www.researchgate.net/publication/326224890_Implementing_Shop_Floor_IT_for_Industry_40

- durch einen von einem Instandhaltungs-Managementsystem (CMMS) bereitgestellten Client durchgeführt wird (z.B. mobil mittels Smartphones oder Tablets),
- durch ein vom Maschinenhersteller an der Bedienungseinheit (HMI) vorgesehenen Prozess erfolgt, oder
- an einer speziellen Retrofitting-Komponente (z.B. einem Edge Node) durchgeführt wird.

Eine automatische Meldung erfolgt beispielsweise

- durch Auslesen der Anlagen-Steuerung (SPS),
- durch Beobachtung entsprechender Variablen eines OPC UA Servers,
- durch Nachrichten eines der Anlage vorgeschalteten Steuerungs-PCs (Edge Node),
- durch Interpretation spezifischer Nachrichten an die IIoT-/Cloud-Systeme der Maschinenbauer.

Diese Verfahren zur Erfassung und Übertragung der Störmeldung unterscheiden sich grundsätzlich in der Offenheit in Bezug auf den Zugang zu den entsprechenden Nachrichten oder Steuerungsvariablen, in der Nutzung standardisierter Kommunikationsprotokolle, und in der Adaptierbarkeit auf unterschiedliche Empfängersysteme. Die Gefahr all dieser Kommunikationsvarianten lässt sich selbst am einfachen Beispiel der Störmeldungen erkennen: Allzu leicht kommt es zu einem „Vendor Lock-in-Effekt“, allzu schnell steigen die Integrationsaufwände und damit auch die Kosten: Beispielsweise bei einem Systemwechsel oder bei der Ergänzung weiterer Maschinentypen anderer Hersteller.



Abbildung 3: Traditionelle Übertragung von Störmeldungen von Anlagen an IT-Systeme
(© Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H.)

Ein wesentlicher Nachteil der in Abbildung 3 gezeigten Kommunikationsstruktur besteht darin, dass sie üblicherweise eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation darstellt. Das heißt, der Ersteller der Nachricht muss den Empfänger und dessen Programmierschnittstelle genau kennen und die vom Ersteller bereitgestellten Informationen auf das Informationsmodell des Empfängers abbilden. Wenn eine Störmeldung nicht nur an ein Instandhaltungs-Managementsystem weitergeleitet werden muss, sondern auch zur „Neu-Kalibrierung“ eines analytischen Prozesses (z.B. für Predictive Maintenance) verwendet werden soll, ist die Kommunikation zweimal zu implementieren.

1.4 Weitere Kommunikationsszenarien

Die Störmeldung ist nur ein prototypisches Beispiel für industrielle Kommunikationsprozesse. Weitere Szenarien zur Veranschaulichung von Interoperabilitätsanforderungen sind im Folgenden sowie im Abschnitt 4 („Semantic Integration Patterns“) ab Seite 21 angeführt:

- Verschiedene IT-Systeme, die **Anlageninformationen** verwalten (z. B. ERP, CMMS, Edge Nodes), wollen sicherstellen, dass sie über dieselbe Maschine "sprechen" und gleichzeitig redundante und veraltete Informationen vermeiden. Dabei geht es darum, eine

eindeutige Identifikation der Maschine im gesamten Netzwerk bereitzustellen. Daran können sich auch Anforderungen zum Austausch der Teileliste (BOM) und verschiedener Dokumentationselemente (z.B. Betriebs- und Wartungsanleitungen, Schaltpläne) knüpfen.

- Ein Edge Controller fragt die jüngste **Wartungshistorie** einer bestimmten Anlage ab, um das Betriebs- und Instandhaltungspersonal über die letzten durchgeführten Wartungs-, Inspektions- und Wartungsmaßnahmen zu informieren.
- Ein Management-Dashboard fragt die Gründe für Ausfallzeiten ab, um die **Overall Equipment Efficiency** (OEE) zu berechnen.
- Ein Analysedienst möchte ausgewählte Maschinendaten nutzen, um **Machine-Learning-Modelle** in Abhängigkeit von dem in der Produktion verwendeten Material zu entwickeln. Die trainierten Modelle müssen regelmäßig für die Echtzeitanalyse auf Edge Nodes aktualisiert und an deren Leistungsfähigkeit angepasst werden.

1.5 Digital Twins

In modernen Produktionsnetzwerken haben sich **digitale Zwillinge** („Digital Twins“) - digitale Abbilder von physischen Assets - als technologisches Schlüsselkonzept für Maschinen und Infrastrukturkomponenten etabliert (s. auch Abschnitt 6, „Informationsdrehscheibe Digital Twin“ ab Seite 32). Informationsmodelle für digitale Zwillinge zielen darauf ab, folgende Kategorien von Daten zu beschreiben:

- die Stammdaten der Fertigungsanlagen und ihrer Komponenten,
- die Konfigurationsparameter für den Betrieb der Anlage und ihrer Komponenten sowie
- die dynamischen Sensordaten der Anlagen, die dann für eine Vielzahl von begleitenden Prozessen wie Monitoring, Analytik, Prognose (z.B. vorausschauende Wartung) und Optimierung (z.B. KPI-Ermittlung, Wartungsplanung, Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit) genutzt werden.
- Lebenszyklus-orientierte Daten (z.B. im Fall des Einbaus von Ersatzteilen, beim Komponententausch, Verwendung und Recycling von Rohstoffen)

Digitale Zwillinge konsumieren und liefern im Idealfall Informationen an alle angeschlossenen Anwendungen in den operativen Fertigungssystemen. Daher stehen digitale Zwillinge und zugehörige Informationsmodelle naturgemäß im Mittelpunkt von Interoperabilitätsüberlegungen (s. Abschnitt 2, „Im Dickicht der Informationsmodelle“ ab Seite 13): Lösungen zur Bereitstellung offener, standardbasierter, selbstbeschreibender (semantischer) Schnittstellen zwischen den Teilnehmern eines Fertigungs-Ökosystems haben ein hohes Potenzial zur Reduzierung des Integrationsaufwands.

1.6 Das Forschungsprojekt i-Twin

An der Vielzahl der Kommunikationsanforderungen und der steigenden Komplexität der Datenintegration und Interoperabilität in vernetzten Fertigungs-Systemen setzt das Forschungsprojekt **i-Twin** („Semantic Integration Patterns for Data-driven Digital Twins in the Manufacturing Industry“, s. Anhang B: Projektfakten) an: Das 2022 gestartete, von FFG und BMK geförderte Projekt untersucht Interoperabilitätskonzepte für digitale Zwillinge. Das Projekt propagiert eine Open-Source-Middleware für die Integration von Anlagen und IT-Systemen auf Basis eines Konzepts namens "Semantic Integration Patterns": In Verbindung mit semantisch ausgezeichneten Informationsmodellen ermöglicht der Data Integration Layer einen standardisierten Datenaustausch und forciert die lose Kopplung der angeschlossenen Systeme durch einen

datenstrom-zentrierten Architekturansatz. Jegliche Kommunikation zwischen angeschlossenen Systemen erfolgt über eine zentrale Datenleitung, die von den Anwendungen beschrieben bzw. ausgelesen werden kann.

i-Twin hat das Ziel, den Integrationsaufwand zu reduzieren und einen sicheren und zuverlässigen Austausch von Stamm- und Betriebsdaten in Produktionsnetzwerken zu ermöglichen.

1.7 Datenintegration

Ein verbreiteter theoretischer Architektur-Ansatz für die Reduktion der Komplexität der digitalen Kommunikation in vernetzten Fertigungsbetrieben besteht in der Einführung einer Ebene zur Integration der Daten (vgl. Abbildung 4): Dieser **Data Integration Layer** dient als Bindeglied zwischen dem Edge Layer und dem Application Layer. Für die konkrete Implementierung im Projekt i-Twin verweisen wir auf Abschnitt 3 („Architektur für semantische Datenintegration“) ab Seite 17.

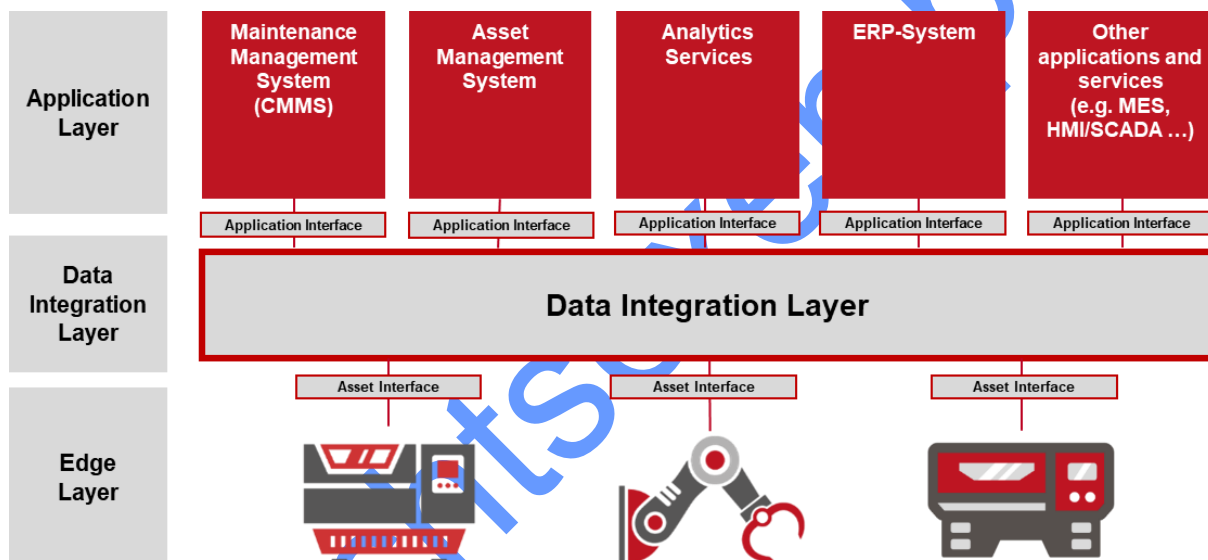


Abbildung 4: Industrielle Kommunikation über den Data Integration Layer
(© Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H.)

Im Gegensatz zu der in Abbildung 2 gezeigten Situation, in der jede Anlage mit jedem IT-System verbunden ist, werden wesentliche Aspekte der Interoperabilität bei Verwendung einer Datenintegrations-Middleware in den Schnittstellen zwischen den architektonischen Ebenen abgehandelt: Die **Application Interfaces** (oder „Application Connectors“) bilden die Schnittstelle zwischen der Datenintegrations-Ebene und den IT-Anwendungen. Die Schnittstelle von der Datenintegrations-Ebene zu den Maschinen und Anlagen im Edge-Layer bilden die **Asset Interfaces** (oder „Asset Connectors“).

1.8 Vision: Standardisierte Kommunikationskanäle

Beide Arten von Verbindungskomponenten verwenden die Asset Administration Shell bzw. die als Teil davon verfügbaren AAS-Teilmodelle als zentrales Informationsmodell (s. Abschnitt 2, „Im Dickicht der Informationsmodelle“ ab Seite 13). Dadurch ermöglicht der Data Integration Layer einen standardisierten Datenaustausch.

Abbildung 4 zeigt die generelle Architektur der vorgeschlagenen Lösung, welche den Anwendungs-Layer, den Data Integration Layer sowie die im Edge-Layer eingebunden Assets und Devices umfasst. Diese Komponenten manifestieren gemeinsam den **Digital Twin** der realen Anlagen für die Zwecke des digitalen Asset Managements.

Mit den **Semantic Integration Patterns** (s. den gleichnamigen Abschnitt 4 ab Seite 21) hat das Projekt i-Twin einen konzeptionellen Ansatz entwickelt, mit dem sich wiederkehrende Kommunikationsaufgaben in Produktionsnetzwerken standardisieren lassen: Datenquellen können ihre Nachrichten in standardisierte, maschinenlesbare Formate verpacken und unabhängig vom tatsächlichen Empfänger an die empfangenden Applikationen übermitteln. Die Applikationen nützen die maschinenlesbaren („semantischen“ Beschreibungen der Nachrichtenpakete und konvertieren diese zur weiteren Verarbeitung in ihre proprietären Datenobjekte.

Ansichtsexemplar

Anhang A: Referenzen

Literaturverzeichnis

- [Bieder2015] Biedermann, H.: Smart Maintenance intelligente, lernorientierte Instandhaltung. In: Biedermann, H. (Hrsg.): Smart Maintenance intelligente, lernorientierte Instandhaltung. Köln (2015), S. 23. TÜV Media. ISBN 978-3-8249-1950-5 (Instandhaltungsforum; 29)
- [Chapman1999] P. Chapman, J. Clinton, T. Khabaza, T. Reinartz, and R. Wirth. *The CRISP-DM Process Model*. NCR Systems Engineering Copenhagen / DaimlerChrysler AG / SPSS Inc. / OHRA Verzekeringen en Bank Groep B.V., USA / Denmark / Germany / Netherlands 1999.
- [Chapman2000] P. Chapman, J. Clinton, R. Kerber, T. Khabaza, T. Reinartz, C. Shearer, and R. Wirth. *CRISP-DM 1.0 – Step-by-Step Data Mining Guide*. NCR Systems Engineering Copenhagen / DaimlerChrysler AG / SPSS Inc. / OHRA Verzekeringen en Bank Groep B.V., USA / Denmark / Germany / Netherlands 1999.
- [DIN91345-2016] DIN SPEC 91345:2016-04 "Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)". 2016. Online: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91345/250940128>
- [Guen2022] Georg Güntner (Hrsg.). Digital Asset Management in der Praxis (White Paper). Mit Beiträgen von Nicole Bodmayer, Martin Brugger, Andreas Dankl, Tobias Dankl, Hannes Eberharter, Michael Eitzinger, Tobias Gerstmaier, Dietmar Glachs, Ludwig Grubauer, Philipp Gschösser, Rene Heitkämper, Oliver Hofbauer, Paul Hofmann, Lydia Höller, Thomas Jungblut, Thomas Klien, Andreas Nigg, Erwin Spitaler. © Projektkonsortium i-Asset, Salzburg Research. November 2021. Online: www.maintenance-competence-center.at/digital-asset-management/
- [IDTA2023-1] Industrial Digital Twin Association: "Part 1: Metamodel"; Specification of the Asset Administration Shell. IDTA, April 2023. https://industrialdigitaltwin.org/en/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/IDTA-01001-3-0_SpecificationAssetAdministrationShell_Part1_Metamodel.pdf
- [IDTA2023-2] Industrial Digital Twin Association: "Part 2: Application Programming Interfaces"; Specification of the Asset Administration Shell. IDTA, Juni 2023. https://industrialdigitaltwin.org/en/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/IDTA-01002-3-0_SpecificationAssetAdministrationShell_Part2_API_.pdf
- [IDTA2023-3a] Industrial Digital Twin Association: "Part 3a: Data Specification - IEC 61360". Specification of the Asset Administration Shell. IDTA, April 2023. https://industrialdigitaltwin.org/en/wp-content/uploads/sites/2/2023/04/IDTA-01003-a-3-0_SpecificationAssetAdministrationShell_Part3a_DataSpecification_IEC61360.pdf
- [IEC61360] IEC61360 Common Data Dictionary (CDD); https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61360
- [IEC62832-1] IEC 62832-1:2020 "Industrial-process measurement, control and automation - Digital factory framework - Part 1: General principles"; <https://webstore.iec.ch/publication/65858>
- [May2008] May C., Koch, A.: Overall Equipment Effectiveness (OEE) Wege zur Produktionssteigerung. In: (Hrsg.): Zeitschrift der Unternehmensberatung, Heft 6/2008 (2008), S. 245.
- [Sherw2000] Sherwin, D.: A review of overall models for maintenance management. In: Journal of Quality in Maintenance Engineering, Jg. 6, Nr. 3. (2000), S. 138

Literaturempfehlungen



Digital Asset Management in der Praxis

Herausgegeben von Georg Güntner (2022).

Die digitale Transformation erfasst und integriert die Betriebs-, Beschaffungs-, Instandhaltungs- und Asset Management Prozesse moderner Betriebe. Im Konzert altbekannter Asset Management Ziele (wie Wirtschaftlichkeit, werterhaltende Anlagennutzung, optimierte Instandhaltungsstrategien) und neuer Herausforderungen (wie Klimaziele, Rohstoff- und Energieeffizienz) bietet die Digitalisierung viel Potenzial – Aber wie geht man wirklich vor?

Der Bericht fasst die Ergebnisse und Erfahrungen des Innovationsnetzwerks „Digital Asset Management“ zusammen. Die Beiträge beschreiben Ansätze zur Schaffung des organisatorischen Rahmens und der technologischen Voraussetzungen für die digitale Transformation des Asset Managements.

Frei verfügbar auf srfg.at/wp-digital-asset-management



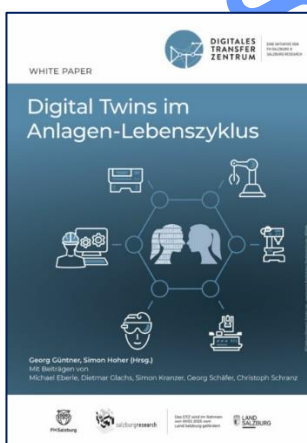
Die digitale Transformation der Instandhaltung

Herausgegeben von Georg Güntner und Lydia Höller (2018).

Wie kann Digitalisierung in der Instandhaltung genutzt werden? Welche Vorgehensweisen und Überlegungen sind wichtig? Welchen Einfluss haben Digital Twin, Predictive Maintenance und vernetzte Sensorsysteme auf die Prozesse und Teams in der Instandhaltung?

Das Whitepaper bietet einen Überblick über methodische Vorgehensweisen und technische Lösungsansätze, sowie Empfehlungen für eine strategische Vorgehensweise für das digitale Asset Management. Anhand von konkreten Anwendungsbeispielen wird gezeigt, wo Digitalisierung keine leere Worthülse, sondern gelebte Realität ist und worin der Mehrwert liegt.

Frei verfügbar auf srfg.at/whitepaper-instandhaltung



Digital Twins im Anlagen-Lebenszyklus

Herausgegeben von Georg Güntner und Simon Hoher (2020).

Der Bericht fasst wichtige konzeptionelle Grundlagen von Digital Twins im Anlagen-Lebenszyklus und Beispiele für deren Anwendung und Nutzung in der industriellen Praxis zusammen. Der Fokus der Beiträge liegt einerseits auf Anwendungen in der Entwicklungs- und Inbetriebnahme-Phase, und andererseits auf der Nutzung in der Betriebs- und Instandhaltungs-Phase von Anlagen. Ein Beitrag über die grundlegende Kategorisierung von Digital Twins und die Darstellung relevanter Standards runden den Bericht ab.

Frei verfügbar unter www.salzburgresearch.at/publikation/digital-twins-im-anlagen-lebenszyklus/

Anhang B: Projektfakten

Semantic Integration Patterns for Data-driven Digital Twins in the Manufacturing Industry



- **Projektpartner:** Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H., H&H Systems Software GmbH, IcoSense GmbH, Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH, INNIO Jenbacher GmbH & Co OG, Paris Lodron Universität Salzburg
- **Laufzeit:** von 01/2022 bis 04/2024
- **Umfang:** ca. € 890.000
- **Information:** www.maintenance-competence-center.at/i-twin
- **Kontakt:** i-twin-office@salzburgresearch.at

Digital Twins haben sich zu einem bedeutenden technologischen Konzept für die Schaffung und Nutzung von digitalen Repräsentationen von Anlagen entwickelt. Zur vollen Entfaltung des Potenzials von Digital Twins ist die Integration und Interoperabilität der über verschiedene IT-Anwendungen verteilten Daten eine entscheidende Voraussetzung.

Hier setzt das Projekt i-Twin an, in dem es Interoperabilitätskonzepte für eine quelloffene Middleware-Plattform entwickelt, die speziell für kleine und mittlere Unternehmen einen standard-basierten semantischen Integrationslayer für Anlageninformationen schafft. Auf der Basis von „Semantic Integration Patterns“ schafft die Plattform ein gemeinsames „Vokabular“ für die in einem Produktionsnetzwerk eingesetzten Anwendungen. Dadurch können die Unternehmen das Potenzial von digitalen Zwillingen mit gegenüber Individuallösungen geringerem Zeit- und Kostenaufwand heben und eine nachhaltige, für Erweiterungen des Anlagenparks offene und transparente Basis für das betriebliche Asset Management herstellen.

Das Projekt i-Twin wird gefördert vom österreichischen Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) aus Mitteln des Programms IKT der Zukunft.

Innovationsnetzwerk Digital Asset Management (i-Asset)



- **Projektpartner:** Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H., dankl+partner consulting gmbh, H&H Systems Software-Entwicklungs- und Vertriebs-GmbH, IcoSense GmbH, INNIO Jenbacher GmbH & Co OG, Künz GmbH, Senseforce GmbH
- **Laufzeit:** von 10/2019 bis 12/2021
- **Umfang:** ca. € 800.000
- **Information:** www.maintenance-competence-center.at/i-asset
- **Kontakt:** i-asset-office@salzburgresearch.at

Das Projekt i-Asset entwickelt einen Werkzeugkoffer für die digitale Transformation des Asset Managements. Das Projekt setzt auf einen Mix aus innovativen methodischen, technologischen und kompetenzbildenden Maßnahmen. Das Konsortium besteht aus spezialisierten kleinen und mittleren Unternehmen, die eine Erweiterung und Optimierung ihrer Methoden und Technologien im Hinblick auf die Veränderung der Anlagenwirtschaft durch die Digitalisierung verfolgen. Die Methoden umfassen u.a. die Entwicklung von standardisierten Prozessen für das Asset Management, von Datenstrategien für Anlagen, von Konzepten für den Einsatz von Cloud- und Analytik-Systemen im Asset Management.

Das technologische Grundkonzept für das digitale Asset Management bildet der Digital Twin (digitaler Zwilling): Dafür wird im Rahmen des Projekts durch die Technologiepartner eine Plattform konzipiert: Die i-Asset-Plattform beinhaltet die Entwicklung eines Software-Stacks, der auf standardisierten Schnittstellen und Architekturen, Sicherheit, Quelloffenheit und nicht-invasiver Integration von IT-Systemen für das Asset-Management beruht.

Das Projekt i-Asset wird gefördert vom österreichischen Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaft (BMDW) und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen des Programms COIN.

Anhang C: Autorinnen & Autoren

Herausgeber



Georg Güntner ist Senior Researcher und Key Account Manager bei der **Salzburg Research Forschungsgesellschaft**, einem unabhängigen Forschungsinstitut mit Sitz in Salzburg. Die Schwerpunkte seiner Forschungstätigkeit liegen im Bereich der Begleit- und Akzeptanzforschung von digitalen Technologien und des Internets der Dinge in Produktions- und Instandhaltungsunternehmen. In seinen jüngsten Arbeiten fokussiert er sich auf die technische Konzeption und den Einsatz von Digital Twins im Asset Management. Er koordiniert das "**Maintenance Competence Center**" (MCC) und koordinierte das Innovationsnetzwerk "**Digital Asset Management**" (i-Asset) sowie das Forschungsprojekt **i-Twin**.

Autorinnen und Autoren

Wir bedanken uns bei den folgenden Personen für ihre Beiträge:


| Autorin / Autor | Organisation | Kontakt |
|-----------------------------------|---|--|
| Sebastian Baron, MSc | Paris Lodron Universität Salzburg | sebastian.baron@stud.plus.ac.at |
| Nicole Bodmayer, BA | IcoSense GmbH | n.bodmayer@icosense.com |
| Univ.-Prof. Dr. Christian Borgelt | Paris Lodron Universität Salzburg | christian.borgelt@plus.ac.at |
| DI Martin Brugger | IcoSense GmbH | m.brugger@icosense.com |
| Michael Eitzinger | INNIO Jenbacher GmbH & Co OG | michael.eitzinger@innio.com |
| DI(FH) Dietmar Glachs | Salzburg Research Forschungsges.m.b.H. | dietmar.glachs@salzburgresearch.at |
| DI Georg Güntner | Salzburg Research Forschungsges.m.b.H. | georg.guentner@salzburgresearch.at |
| DI(FH) Fabian Hartleb | INNIO Jenbacher GmbH & Co OG | fabian.hartleb@innio.com |
| Mag. Oliver Hofbauer | H&H SYSTEMS Softwareentwicklungs- und VertriebsgmbH | o.hofbauer@ispro-ng.at |
| Thomas Lehrer | Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH | thomas.lehrer@copadata.com |
| DI Stefan Linecker; BSc | Salzburg Research Forschungsges.m.b.H. | stefan.linecker@salzburgresearch.at |
| Erwin Spitaler, BSc. | INNIO Jenbacher GmbH & Co OG | erwin.spitaler@innio.com |
| DI DI(FH) Felix Strohmeier | Salzburg Research Forschungsges.m.b.H. | felix.strohmeier@salzburgresearch.at |

Wir freuen uns über Feedback, Kritik, Anregungen und Ihre Nachfragen an:
i-twin-office@salzburgresearch.at.

Impressum

Das Forschungsprojekt „i-Twin“ ist ein Kooperationsprojekt unter der Koordination von der Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H (Salzburg) mit H & H Systems Software GmbH (Wels), IcoSense GmbH (Zell am See), Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH (Salzburg), INNIO Jenbacher GmbH & Co OG (Jenbach), und der Paris Lodron Universität (Salzburg).

Das Projekt i-Asset wird gefördert vom österreichischen Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaft (BMDW) und der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen des Programms COIN.

| | |
|---|---|
| Titel | Interoperabilität in Produktionsnetzwerken |
| Autoren | Georg Güntner (Hrsg.) Mit Beiträgen von Sebastian Baron, Nicole Bodmayer, Christian Borgelt, Martin Brugger, Michael Eitzinger, Dietmar Glachs, Fabian Hartleb, Oliver Hofbauer, Thomas Lehrer, Stefan Linecker, Erwin Spitaler und Felix Strohmeier |
| Erscheinungsdatum | Februar 2024 |
| Kontakt | Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H. Herr DI Georg Güntner Jakob Haringer Straße 5/3 5020 Salzburg Austria T +43-662-2288-401 georg.guentner@salzburgresearch.at |
| Copyright | Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H. Jakob Haringer Straße 5/3 5020 Salzburg Austria T +43-662-2288-401 i-twin-office@salzburgresearch.at |
| WWW | www.maintenance-competence-center.at/i-twin |
|  | i-twin-office@salzburgresearch.at |

Verwendete Fotos und Grafiken

Soweit nicht anders angegeben:

© Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H.

Deckblatt: © Salzburg Research, Shutterstock – elenabsl

Cover-Design: Christian Krotzer (Salzburg Research)



Download

Dieser Bericht steht als E-Book kostenlos zur Verfügung auf srfg.at/semantic-integration-patterns

Die i-Twin Plattform und ihre Komponenten sind im GitHub-Repository auf <https://github.com/i-asset> verfügbar.



Semantic Integration Patterns

Esperanto der digitalen industriellen Kommunikation

Die Digitalisierung ist in der Industrie ein wesentlicher Treiber für die Optimierung der Produktivität, der Anlagenverfügbarkeit, der Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz. Die steigende digitale Vernetzung der Produktionsanlagen mit den Softwaresystemen schafft jedoch nicht nur neue Potenziale, sondern sie führt auch zu komplexen Anforderungen an die digitale Kommunikation. Diese Hürde bewirkt häufig eine Zunahme an isolierten Datensilos, verbunden mit einer unzureichenden Hebung und Nutzung der Datenschätze. Parallel dazu explodieren die Integrationskosten für die Entwicklung von Schnittstellen zwischen den Anlagen und den Softwaresystemen.

Hier setzt das Forschungsprojekt i-Twin an: Unter der Leitung von Salzburg Research entstand zwischen 2022 und 2024 die Vision für eine Art „Esperanto“ (Universalsprache) der digitalen Kommunikation in industriellen Netzwerken, mit dem die Integrations- und Migrationskosten für Produktionsanlagen und Softwaresysteme erheblich reduziert werden: Mit den „Semantic Integration Patterns“ entwickelten die Projektpartner eine Middleware für die semantische Datenintegration und schufen die Voraussetzung für standardisierte Kommunikationskanäle zwischen Anwendungen und Produktionsanlagen.

Der vorliegende Bericht stellt die technologischen Grundlagen der Semantic Integration Patterns und deren Anwendungsszenarien vor.

