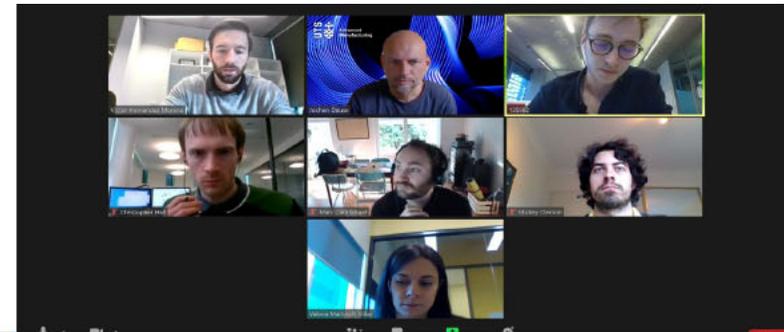
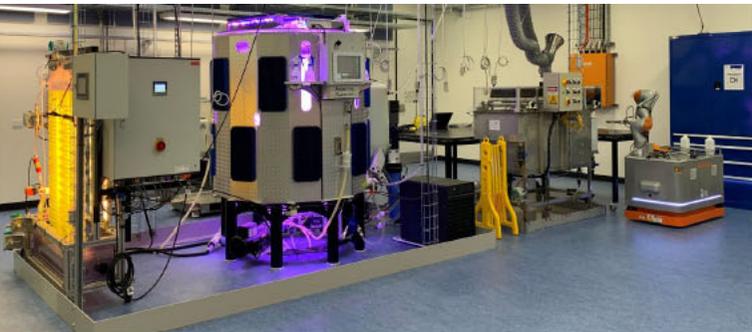


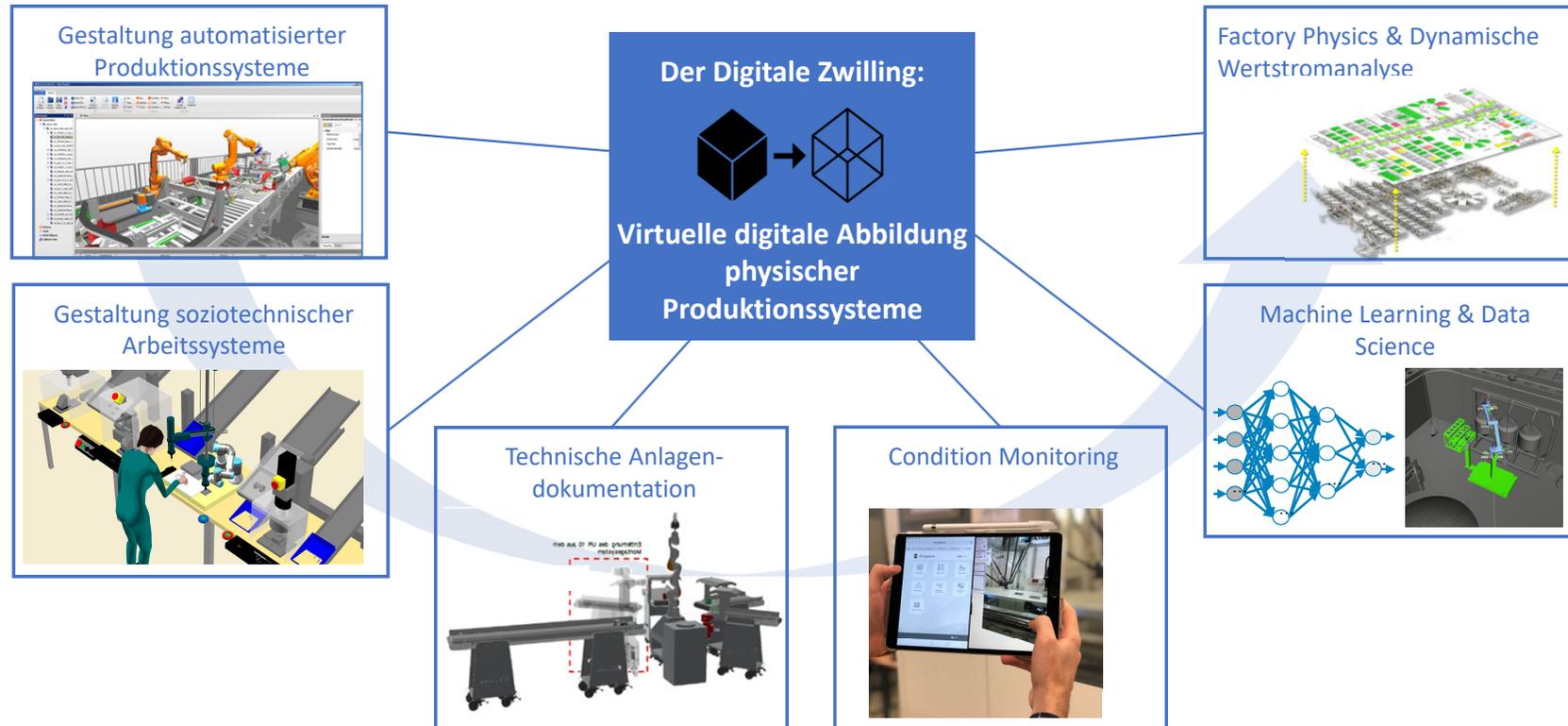
Was nutzt ein Digitaler Zwilling?

Über die Relevanz Cyber-physischer Systeme für die industrielle Instandhaltung

Professor Dr.-Ing. Jochen Deuse
Centre for Advanced Manufacturing (CAM)
School of Mechanical and Mechatronic Engineering
Faculty of Engineering and Information Technology
University of Technology Sydney



Was ist ein Digitaler Zwilling (DZ)?

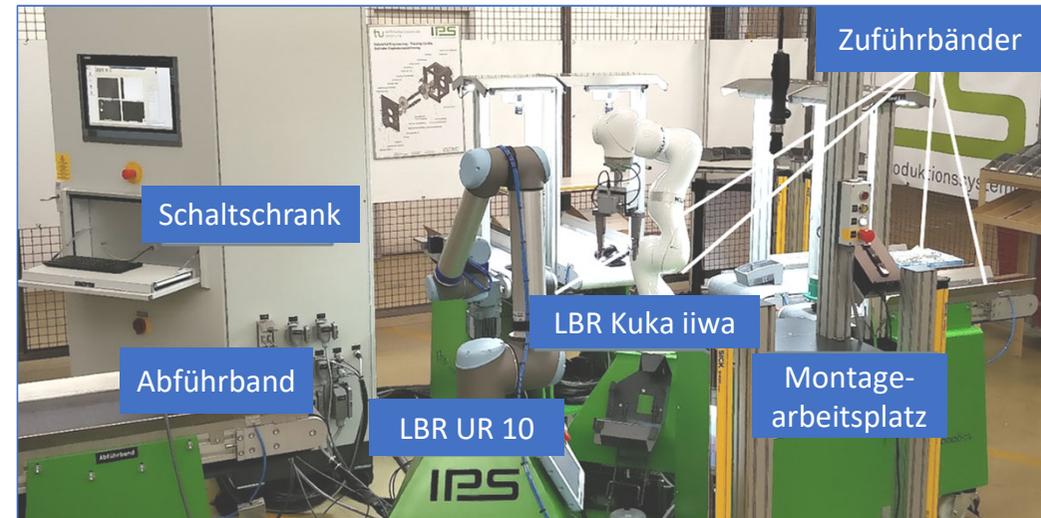


? Was nutzt ein Digitaler Zwilling in der Instandhaltung?

? Wie kann er dafür ausgeprägt werden?

Anwendungsbeispiel „Wandlungsfähiges Montagesystem“

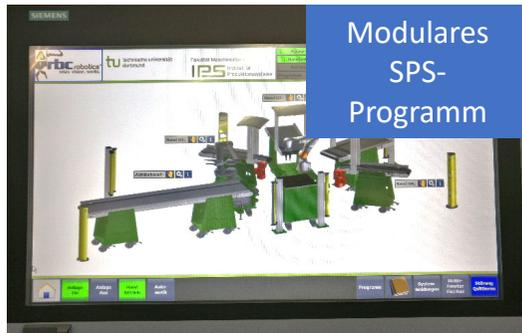
- Anlagenmodule
 - Leichtbauroboter (LBR)
 - Fördertechnik mit Vision System
 - Montagearbeitsplatz
- Funktionen
 - Montage in Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)
 - Schnelle Konfiguration für neue Montageaufgaben



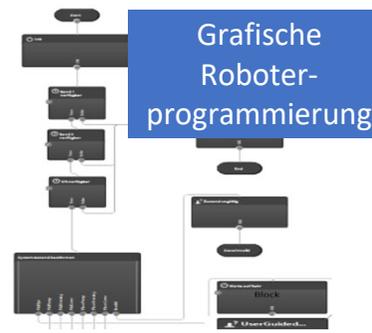
Wandlungsbefähiger



MRK



Modulares SPS-Programm



Grafische Roboterprogrammierung



Standardisierte Schnittstellen



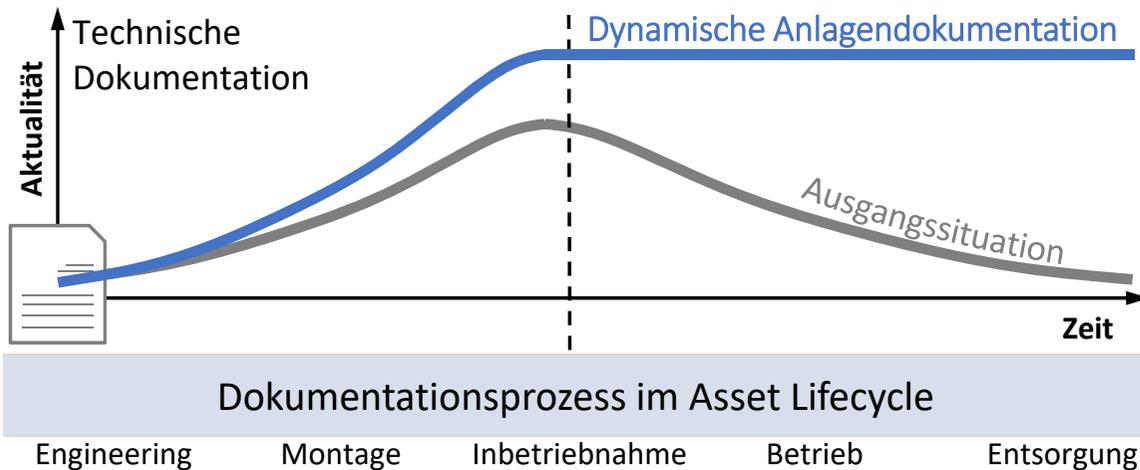
Optische Bauteilerkennung

Anwendungsbeispiel „Wandlungsfähiges Montagesystem“



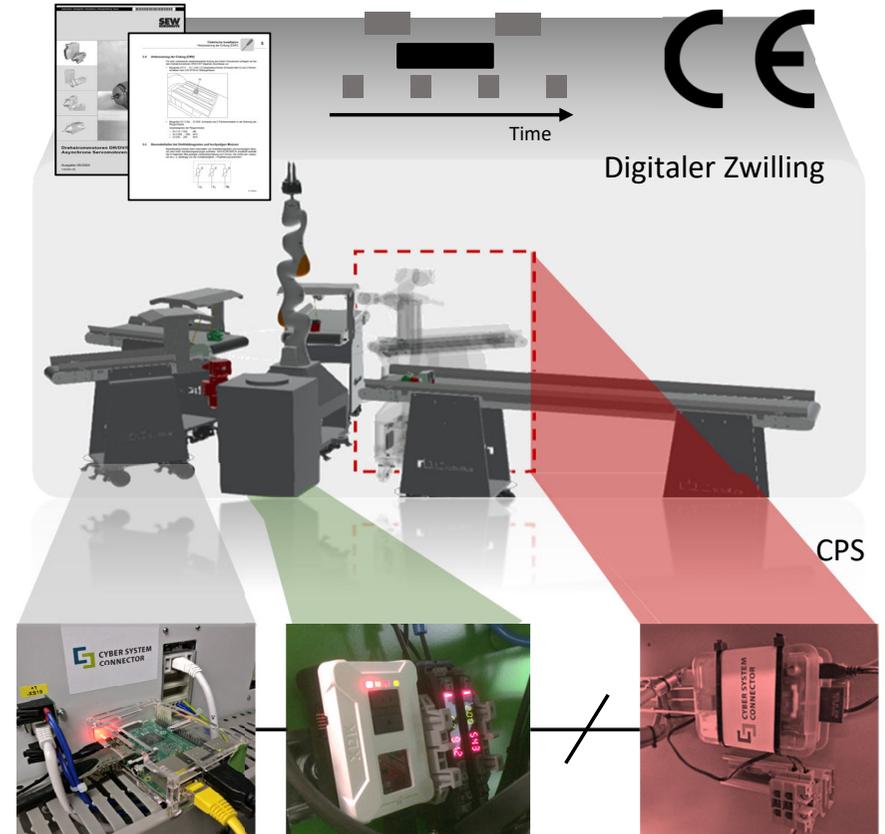
Ein DZ ermöglicht die dynamische Anlagendokumentation

- Modellierungsstandard zur initialen Erstellung des Digitalen Zwillings
- CPS für die Aktualisierung des Digitalen Zwillings

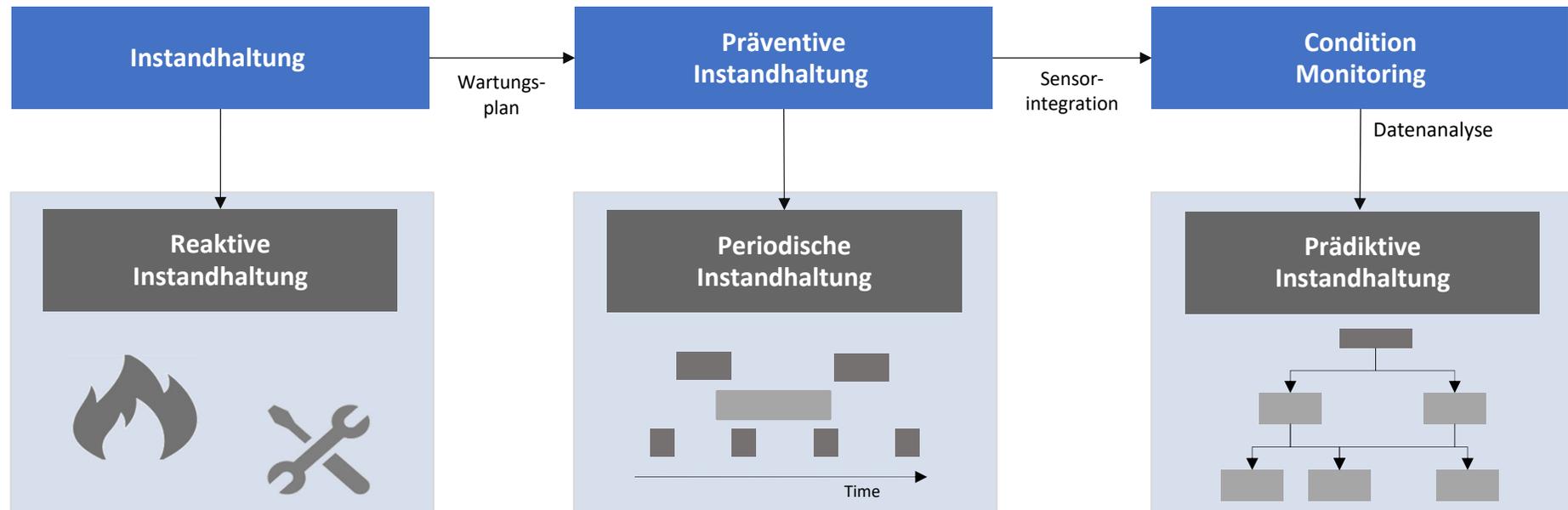


Nutzenpotenziale

- Anwachsen Technischer Dokumentation in der Lieferkette
- Lifecycle-kontinuierliche Aktualität der Technischen Dokumentation



Ein DZ unterstützt die Kombination von Instandhaltungsstrategien



- Mechanische Störungen
- Pneumatische Störungen
- Roboterfehler

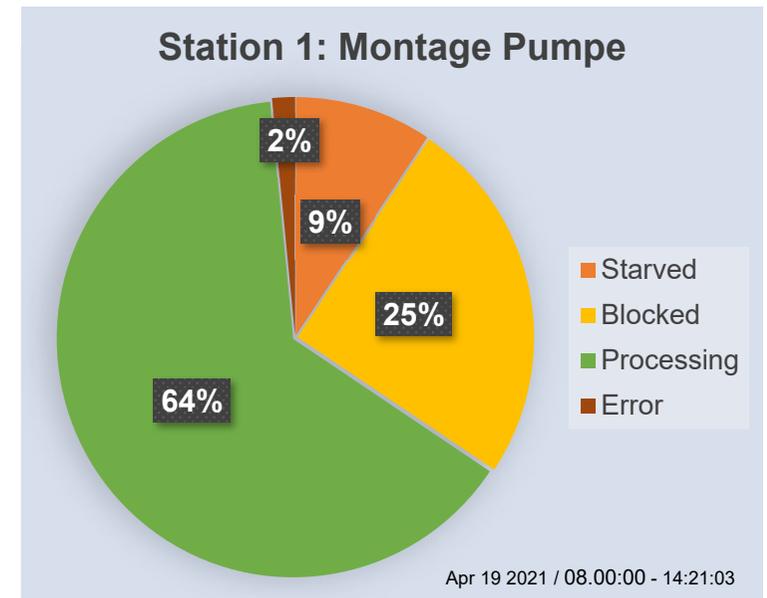
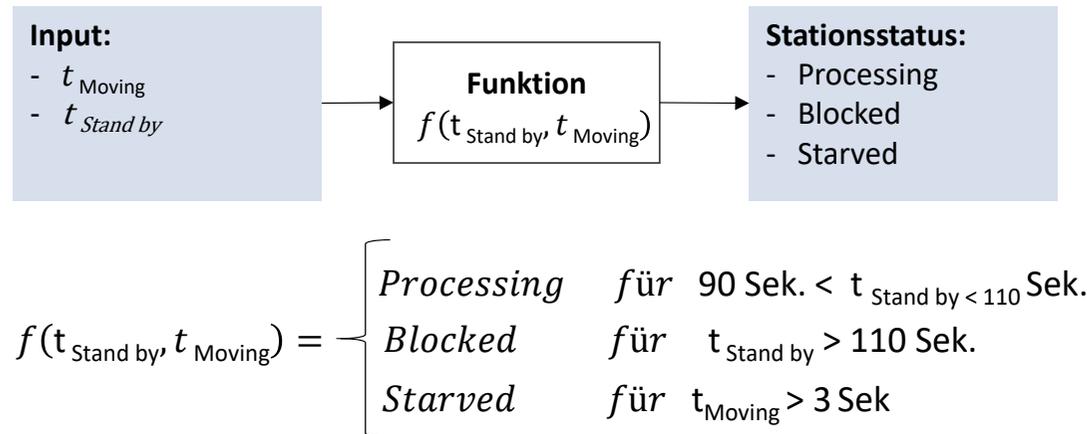
- Schläuche auf Knickstellen prüfen, ggf. austauschen
- Roboter referenzieren
- Vision System kalibrieren
- Prüfen Bandspannung

- Verschiebung Greifposition
- Schädigen Motoren
- Veränderung der Bandspannung (Bandförderer)

Ein DZ steigert die Effektivität der Reaktiven Instandhaltung

Priorisierung von Entstörungsmaßnahmen durch Engpasserkennung

- Lösungsansatz: Theory of Constraints
 - Statusverarbeitung der Zuführbänder über OPC UA
 - IoT-Middleware schließt über die Zeitspanne auf den Stationsstatus

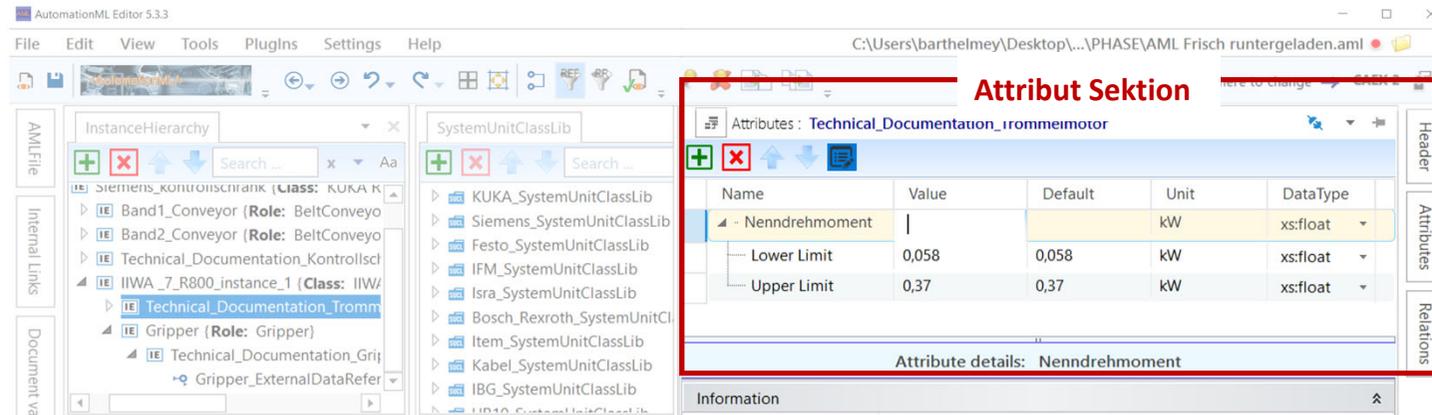
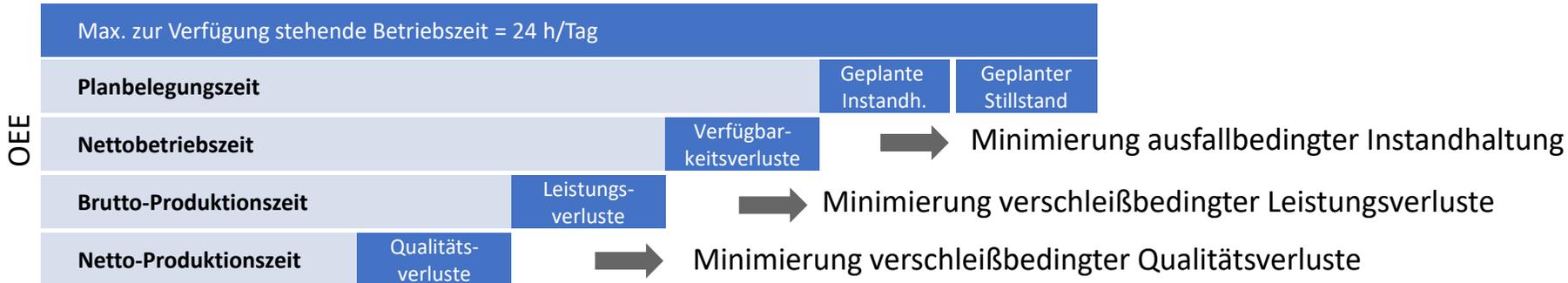


Nutzenpotenziale

- Erfassung der Engpässe mit Zeitpunkt und Dauer
- Priorisierung von Störungen nach Ausbringungsrelevanz

Ein DZ verbessert die Periodische Instandhaltung

Durchführung geplanter Maßnahmen ohne OEE-Verluste



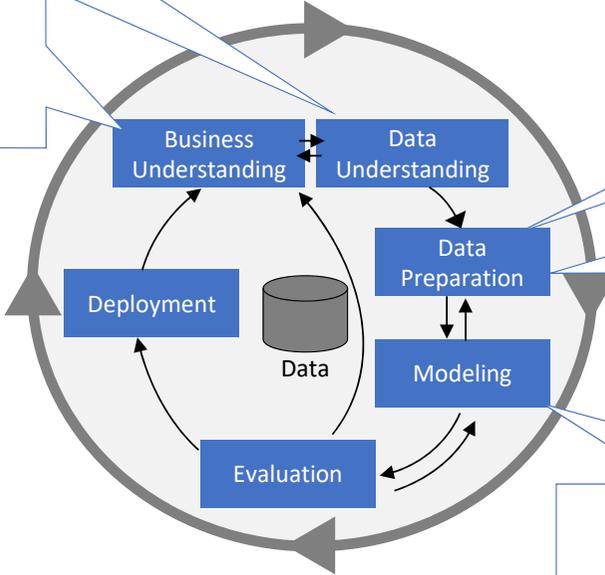
Nutzenpotenziale

- **Transparenz vorhandener Grenzen und Rückkopplung von Anpassungen**
- **Erfassung der tatsächlichen Einsatzzeit der Assets**

Ein DZ bildet die Basis für Prädiktive Instandhaltung

Ausfallprognosen auf Basis von Condition Monitoring

Bereitstellung von instandhaltungsrelevantem Domänenwissen aus Technischer Dokumentation für Feature Engineering



Automatische Datenvorverarbeitung

ID	Zeitstempel	AML-ID	Name	Merkmal	Wert
Helping variables (INT)	Timestamp created in the gateway (VARCHAR)	Unique ID for each Element in the IH (VARCHAR)	Name of IE in the IH (String)	Label created in the CMMS GUI (String)	Number (FLOAT)
1	Apr 19 2021 14:00:00	AB-IPS-MB1-1400-19042021-	Pneumatik-greifer iwa	-	0,112

Erzeugung der Label

Wirkung, Ursache
Komponente
Dauer

Datensätze

Geführte Modellbildung mit der Automodel-Funktion

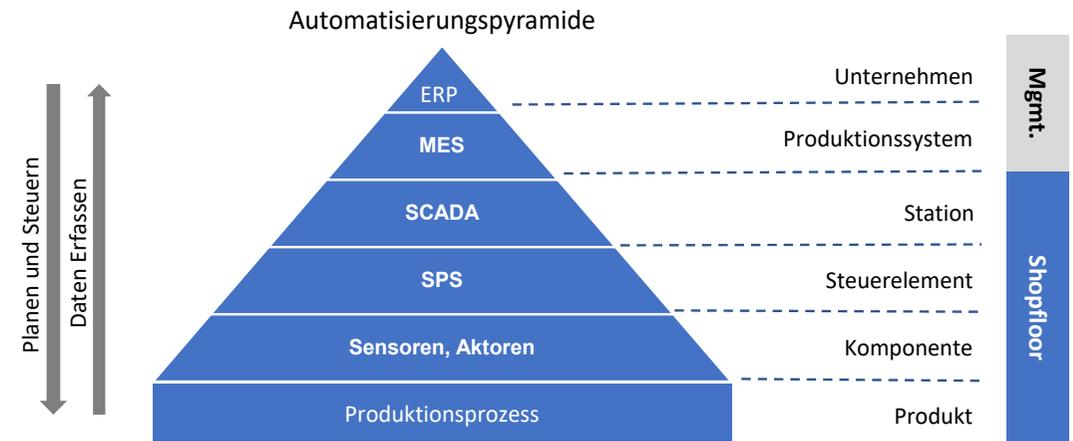
Nutzenpotenziale

- ! ➤ Automatisierung von Feature Engineering, Datenvorverarbeitung, Labeling und Modeling
- Automatische Anpassung des Prädiktiven Instandhaltungssystems durch Aktualisierungsdienst

Die industrielle Automatisierungstechnik wandelt sich aktuell stark

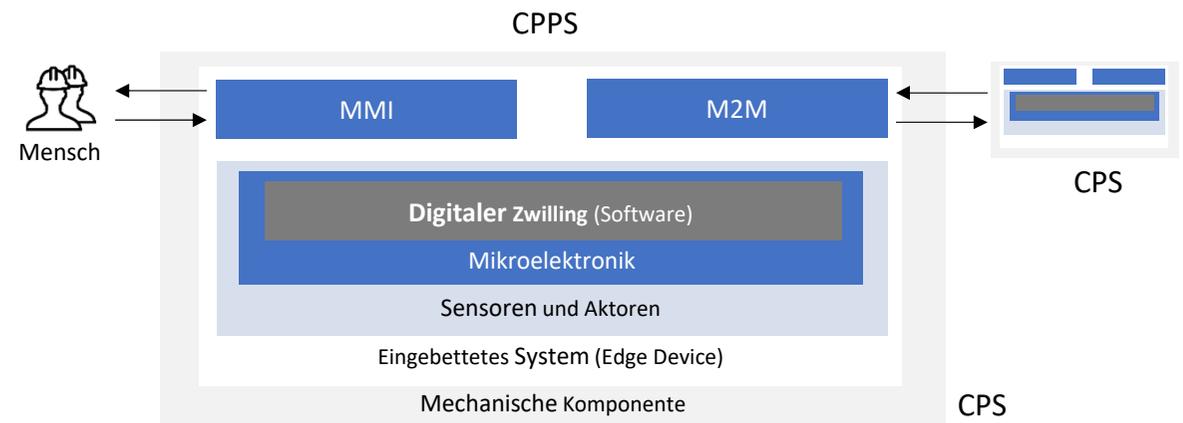
Vertikale Integration

- Seit den 1970er Jahren Potenzial der Effizienzsteigerung durch IKT erkannt
- Vision der rechnergestützten Fertigung (CIM)
- Zentrale Technologien zu industriellen Standards weiterentwickelt: Automatisierungspyramide



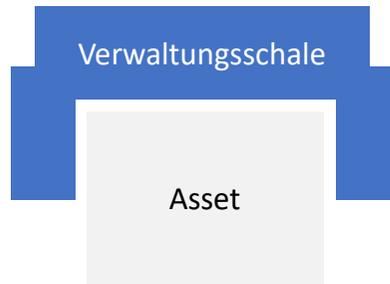
Wandel zur horizontalen Integration

- Digitaler Zwilling
- Cyber-physische Systeme (CPS)
- Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS)
- Internet der Dinge (IoT)



Industrie 4.0: Der DZ wird als Cyber-physisches System ausgeprägt

Industrie 4.0 Komponente



[Plattform Industrie 4.0 2021]



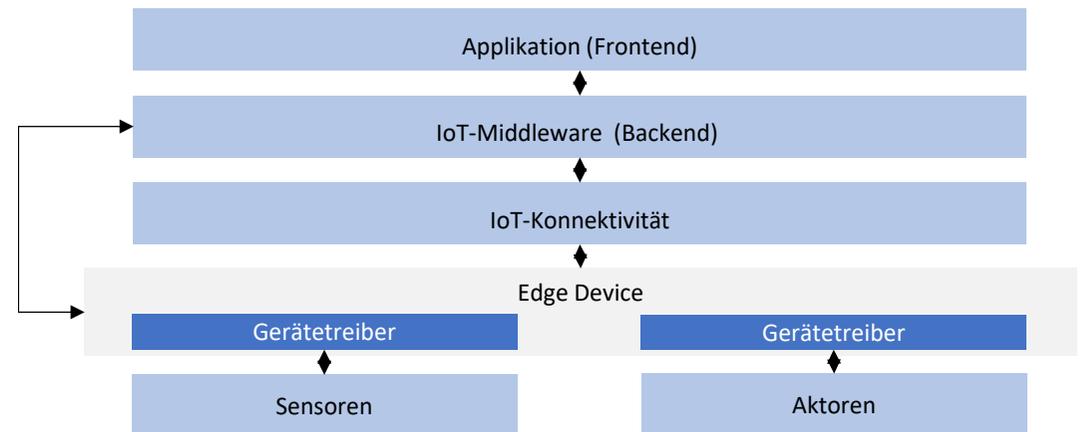
[IIC 2019]

Definition Digitaler Zwilling:

- Abbildung einer physischen Komponente
 - Identifikation, Struktur, Verhalten
 - Im gesamten Lebenszyklus
- Basiert auf generischem Datenmodell
- Herstellerübergreifende Interoperabilität
- Basis für autonome Systeme und KI

IoT-Architektur

- Befähigt Digitalen Zwilling zur Interaktion im IoT
- Struktur und Hierarchie der IT-Komponenten zur Verbindung mit dem IoT
- Zahlreiche Vorlagen in Form von Referenzarchitekturmodellen



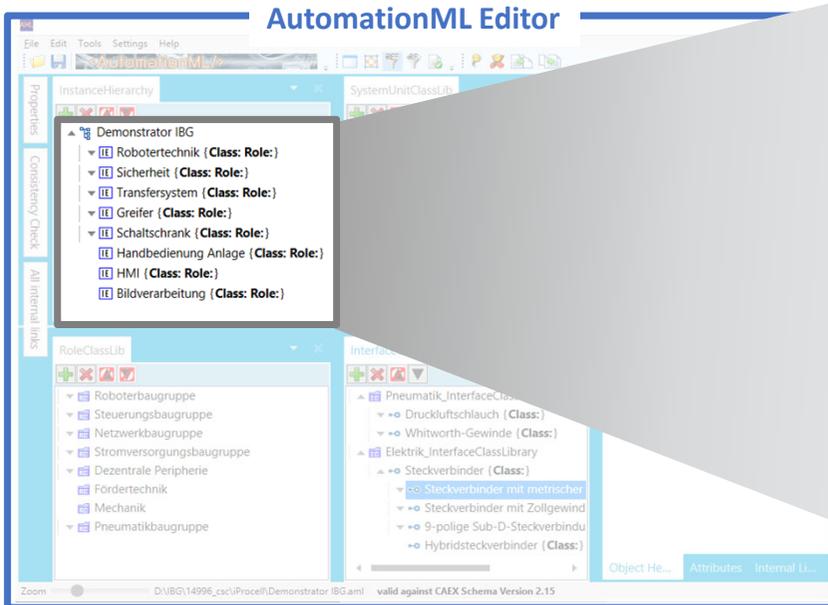
[Guth et al. 2016]

Die Rolle des DZ im Asset Lifecycle Management: Technische Redaktion

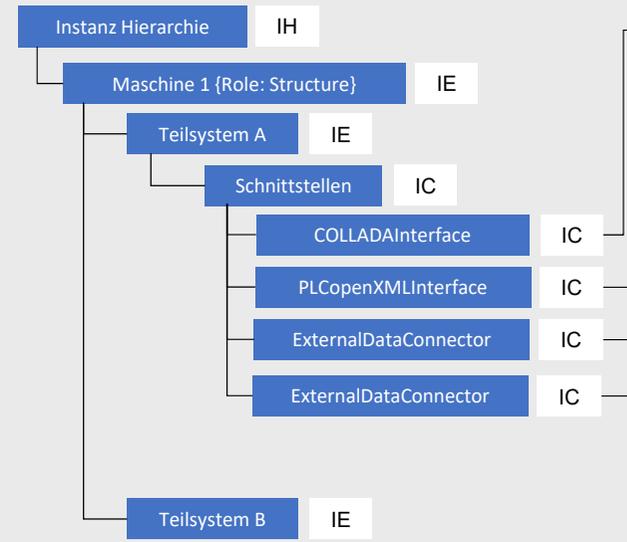
Anforderung der Instandhaltung: Erfassung & Bereitstellung von Stammdaten

- Objekt-/Anlagenverwaltung
- Dokumentenverwaltung
- Klassifizierung
- Ersatzteilverwaltung

CAEX = XML-basiertes Datenaustauschformat
 SUC = Systemeinheitsklasse
 IE = Internes Element
 IH = Instanz Hierarchie
 ICL= Schnittstellenklassenbibliothek
 RCL= Rollenklassenbibliothek



Topologie: CAEX (IEC 62424)



Geometrie und Kinematik:
- COLLADA



Steuerungslogik:
- PLCOpenXML

```
<selectionConvergence localId="20"
  globalId="SID_20090303_020">
  <connection refLocalId="57" />
</connectionPointIn>
<connectionPointIn>
  <connection refLocalId="84" />
</connectionPointIn>
```

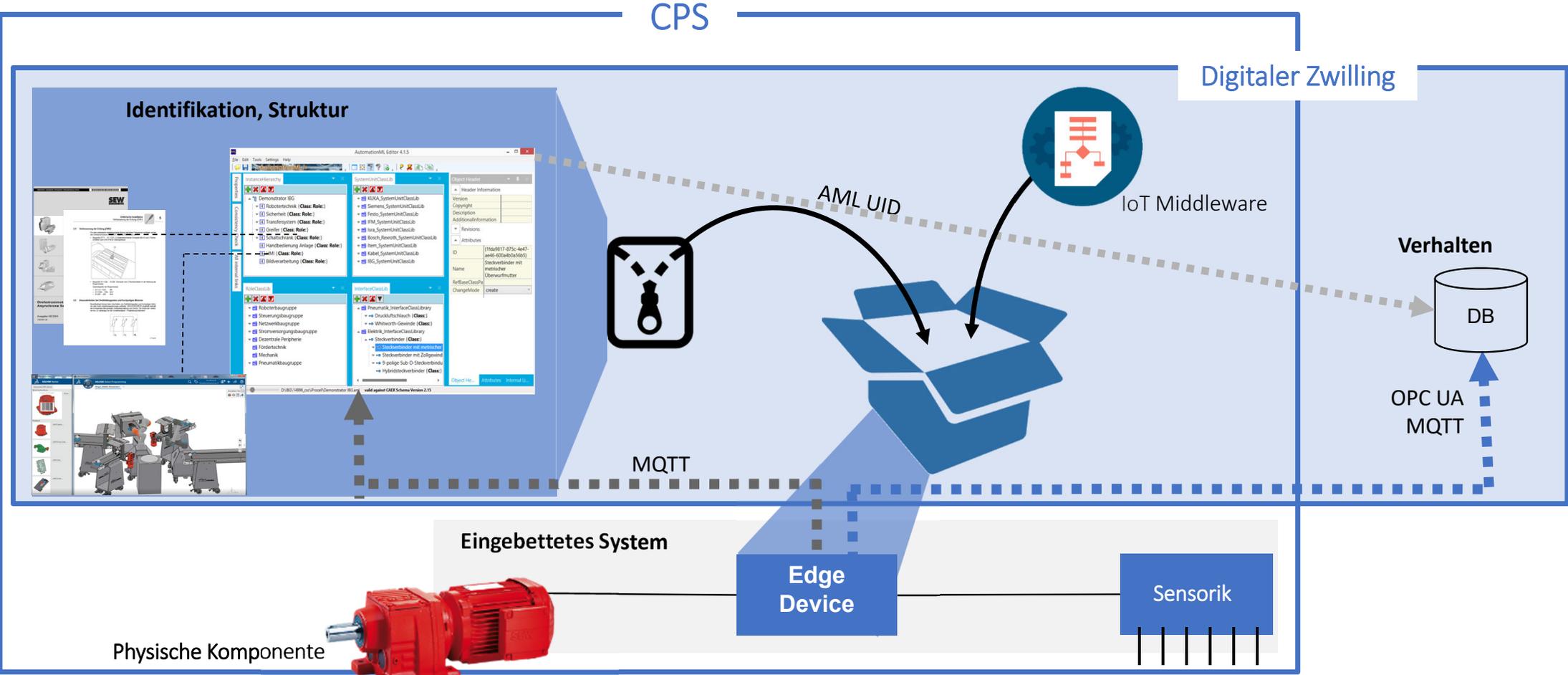
Weitere Aspekte:
- Externe Dokumente und Modelle



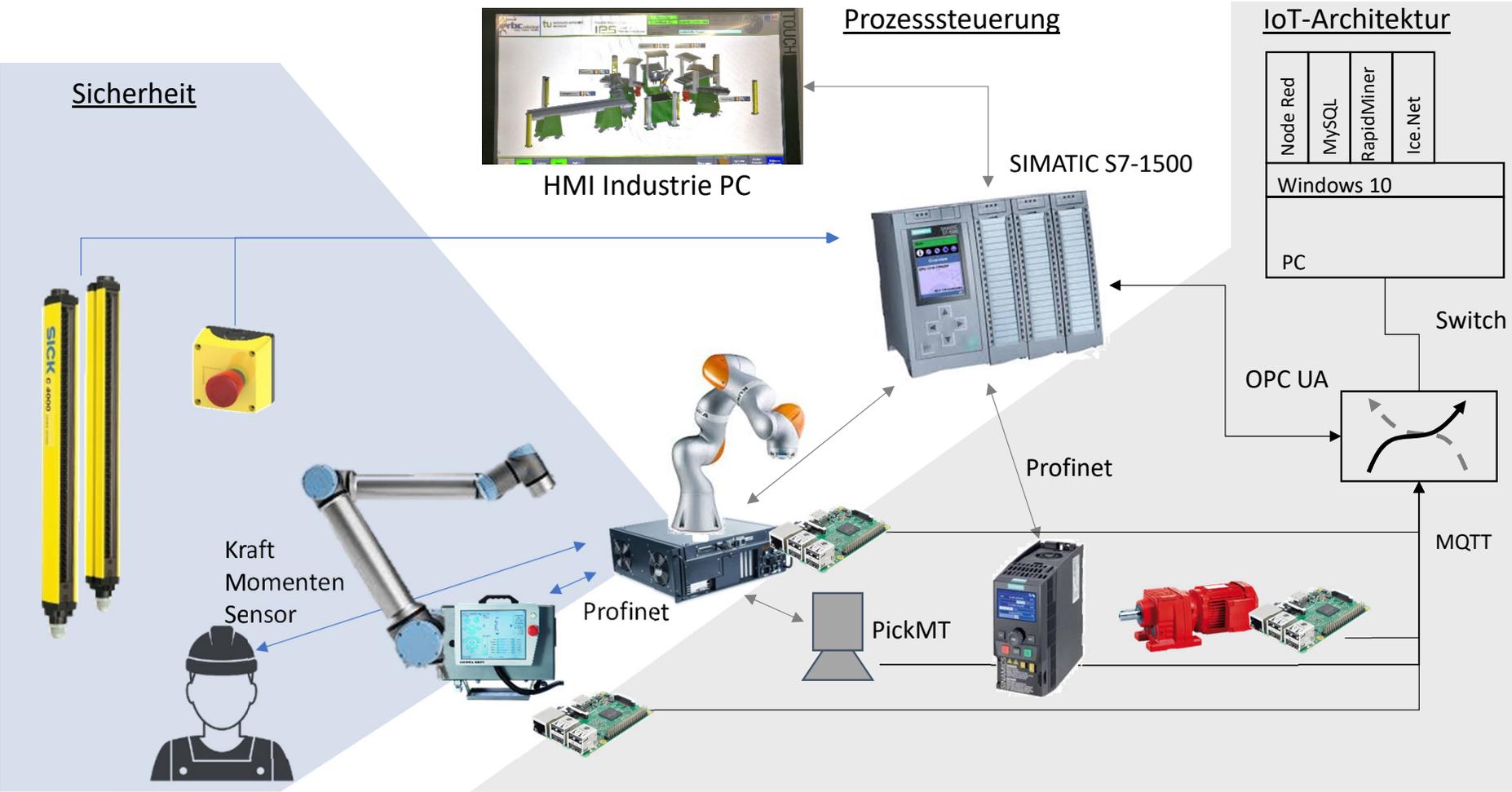
Weitere Aspekte:
- XML-Schnipsel mit Metadaten

```
<selectionConvergence localId="20"
  globalId="SID_20090303_020">
  <connectionPointIn>
  <connection refLocalId="57" />
</connectionPointIn>
```

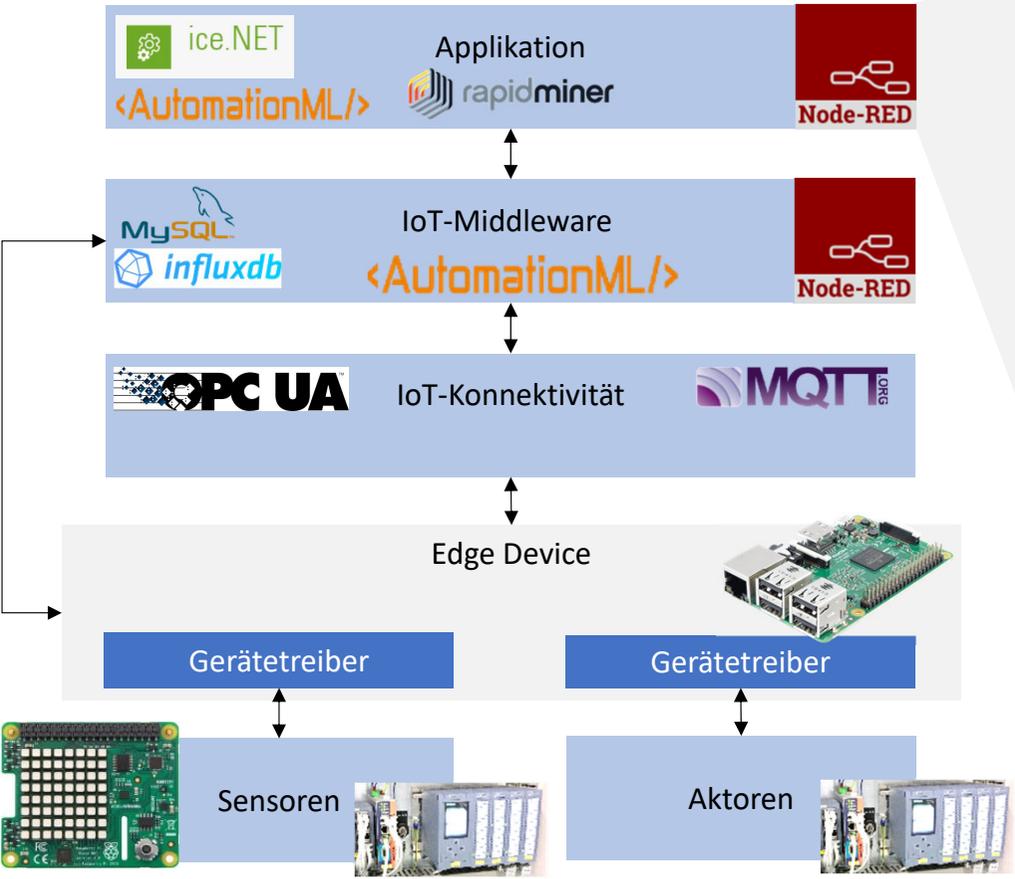
Die Rolle des DZ im Asset Lifecycle Management: Verhalten der Anlage



Die Implementierung des DZ im wandlungsfähigen Montagesystem



Eine IoT-Architektur für dynamische Dokumentation und CMMS



Dokumentationsschnittstellen

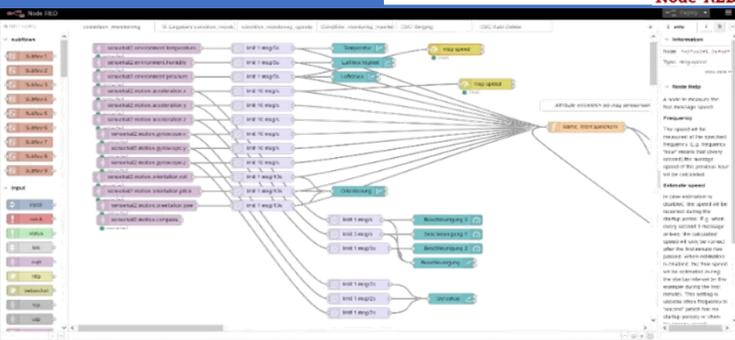
This block shows two screenshots of software interfaces. The left screenshot is a 'Redaktionssystem' (editor system) for AutomationML, displaying a tree view of system classes and their relationships. The right screenshot is a 'Navigationsassistent' (navigation assistant) showing a hierarchical tree diagram of a system structure, with a 'PID.Tec' logo in the top right corner.

CMMS

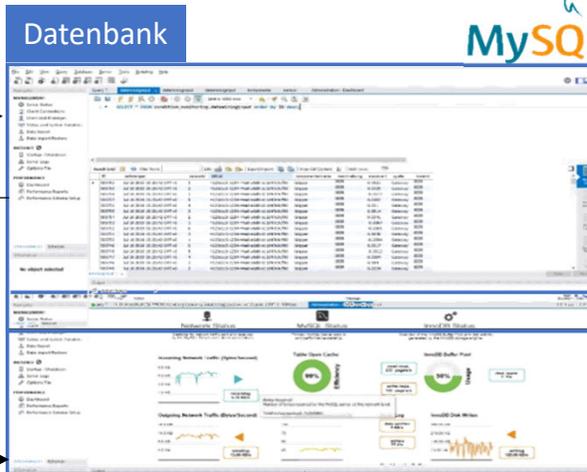
This block displays a CMMS (Computerized Maintenance Management System) dashboard. It includes several panels: 'Condition Monitoring' with multiple time-series graphs showing sensor data; 'Analytics' with a 'Decision Tree - Model' visualization; 'Engpassverfolgung' (Bottleneck Tracking) with a status legend (WIP, Blocked, Starving, Error) and a pie chart; and 'MES' (Manufacturing Execution System) with a data table and a 'Suchen' (Search) button.

Applikation „Computerised Maintenance Management System“

Maschinendatenerfassung



Daten



Daten

Condition Monitoring Dashboard



Betriebsdatenerfassung

Web form for operational data entry. The form includes fields for Label, Zeitintervall, and a table for Dateneingabe. The table has columns for ID, Time Stamp, Sensor Name, Component, and WID.

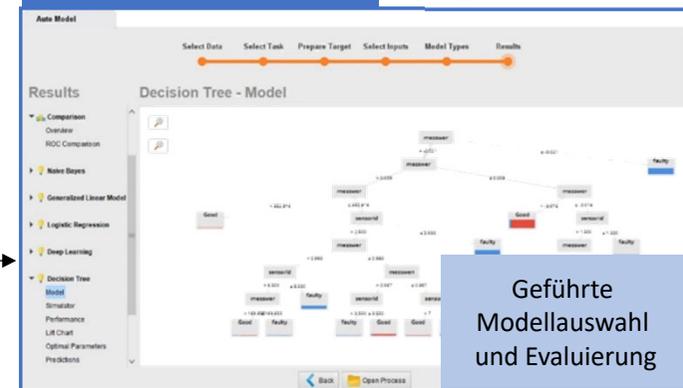
ID	Time Stamp	Sensor Name	Component	WID
365163	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.gyroscope.y	Gr	
365164	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.gyroscope.x	Gr	
365163	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.acceleration.z	Gr	
365162	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.acceleration.y	Gr	
365161	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.acceleration.x	Gr	
365160	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.gyroscope.z	Gr	
365159	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.gyroscope.y	Grupper	0.0012 Gateway
365158	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.gyroscope.x	Grupper	0.0012 Gateway
365157	May 03 2019 15:10:24 GMT+0	sensha2.motion.acceleration.z	Grupper	0.9831 Gateway

Daten

Label

Datensätze

Prognosemodellbildung



Geführte Modellauswahl und Evaluierung

Fazit

Zusammenfassung

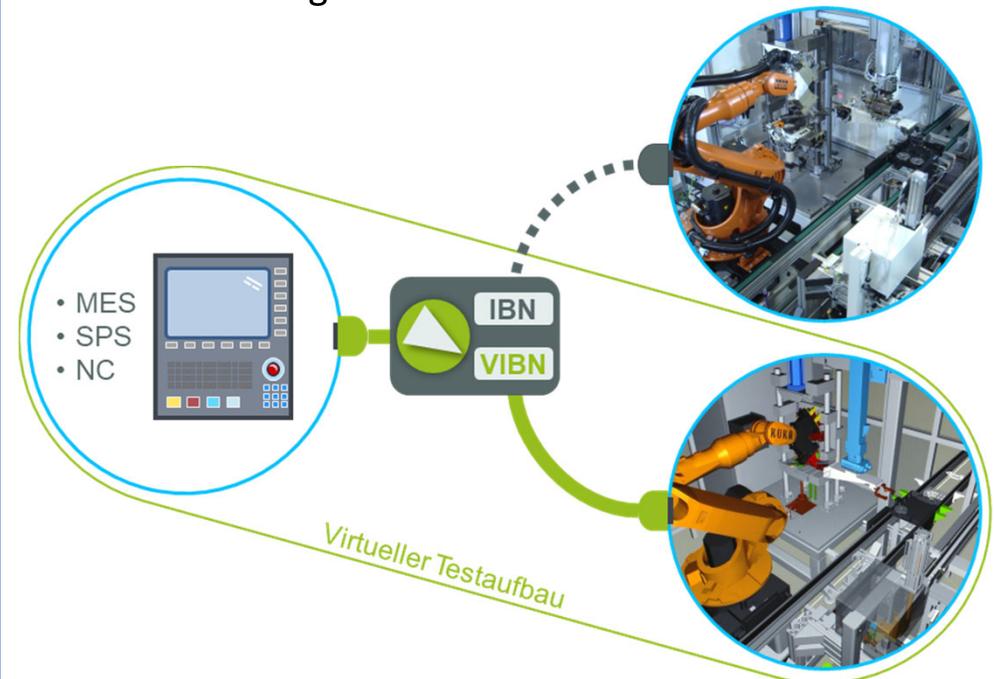
Digitaler Zwilling für:

- Dynamische Anlagendokumentation im Asset Lifecycle
 - Herstellerübergreifend
 - Lifecycle-kontinuierlich
- Reaktive Instandhaltung
 - Erfassung der Engpässe mit Zeitpunkt und Dauer
 - Priorisierung der Entstörungsmaßnahmen
- Periodische Instandhaltung
 - Transparenz vorhandener Grenzen und Rückkopplung von Anpassungen
 - Erfassung der tatsächlichen Einsatzzeit der Assets
- Prädiktive Instandhaltung
 - Feature Engineering, Datenvorverarbeitung, Labeling und Modeling
 - Systemanpassung durch Aktualisierungsdienst

Ausblick

Digitaler Zwilling für Virtuelle Inbetriebnahme

- Nach umfassenden Instandhaltungsmaßnahmen
- Nach Rekonfiguration



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

