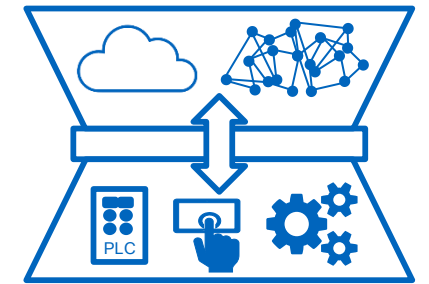
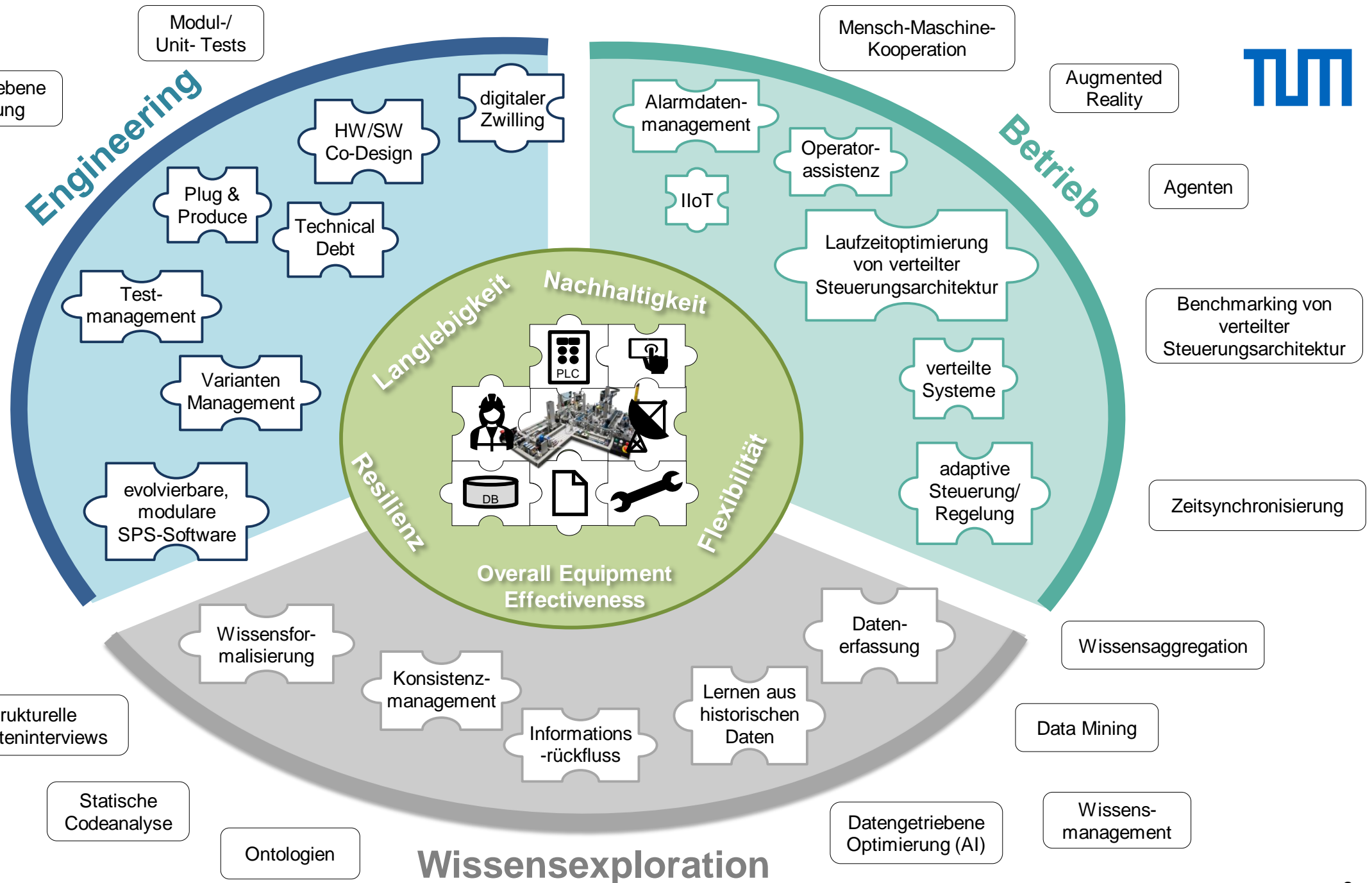
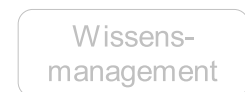
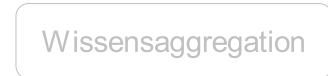
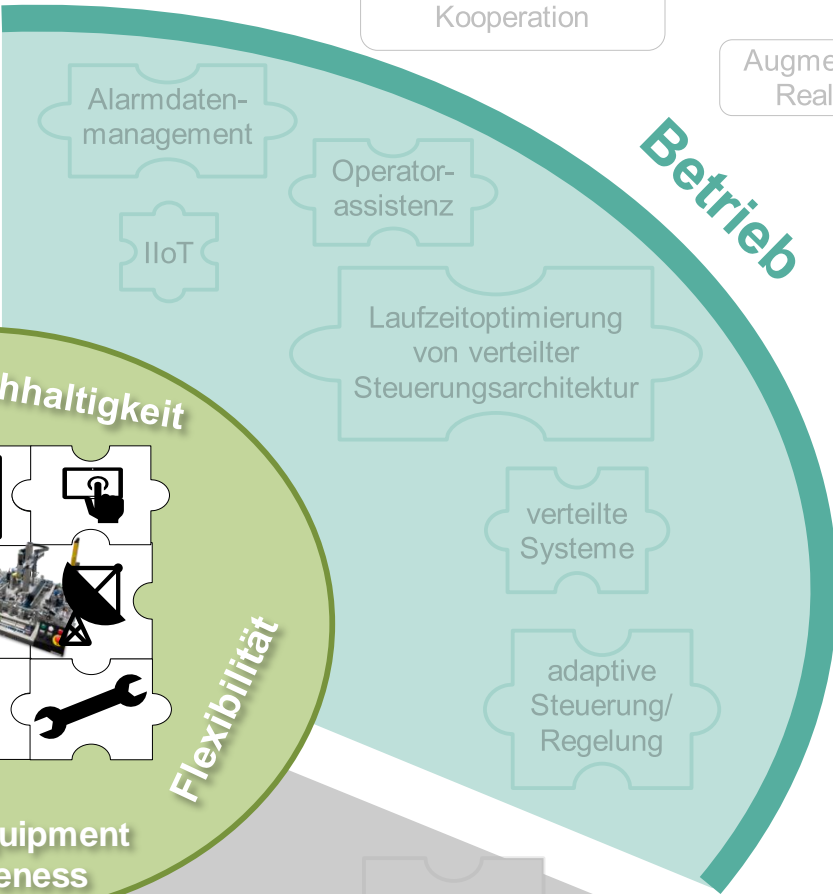
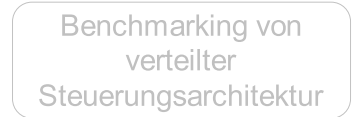
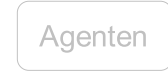
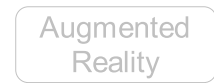
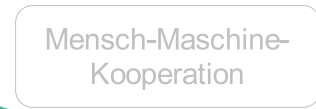
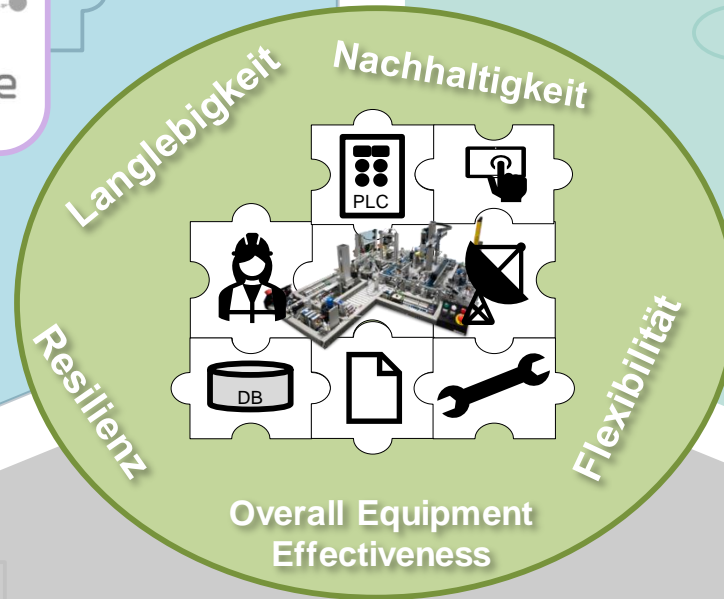
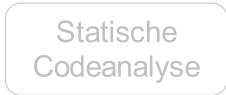
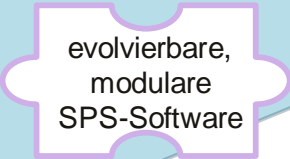
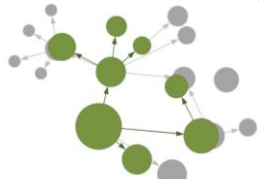




Lehrstuhl für Automatisierung
und Informationssysteme
Technische Universität München





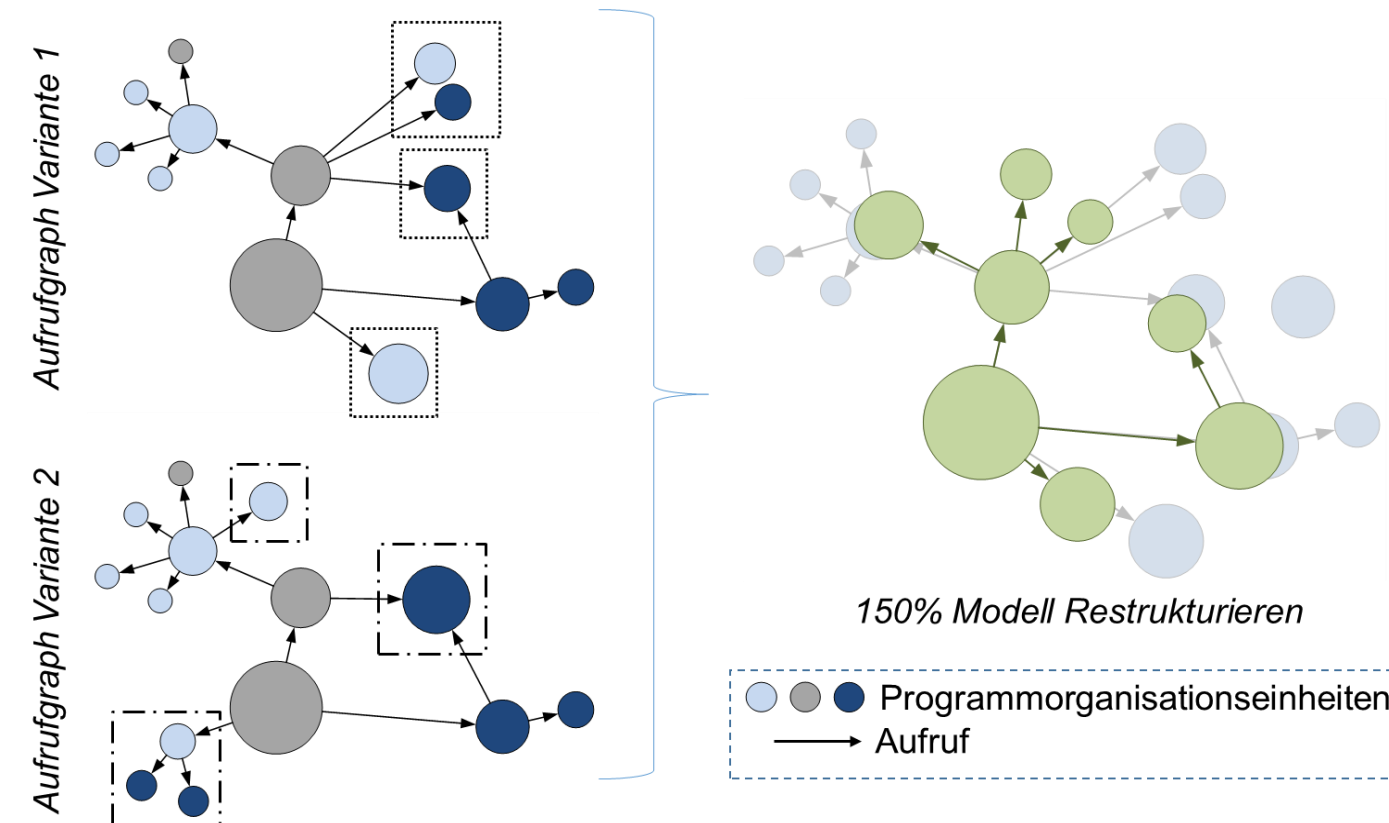


3

Steuerungssoftware für evolvierbare Systeme

Ziele: Unterstützung von Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau bei der gezielten **Refaktorisierung** historisch gewachsener Steuerungssoftware für verbesserte Wiederverwendbarkeit durch **systematische Codeanalyse**:

- Identifikation **komplexer Softwareteile** für Funktionalitätsaufteilung
- Kategorisierung und Identifikation **kritischer Abhängigkeiten** durch Datenaustausch
- Identifikation von **Code Clones** in verschiedene Sprachen



Herausforderung: Heterogenität und Komplexität von Steuerungssoftware im Maschinen- und Anlagenbau

Ansatz: Systematische Codeanalyse inklusive Erarbeitung von **Softwarekomplexitätsmetriken**, Klassifikation von **Abhängigkeiten** und **Ähnlichkeitsanalyse**

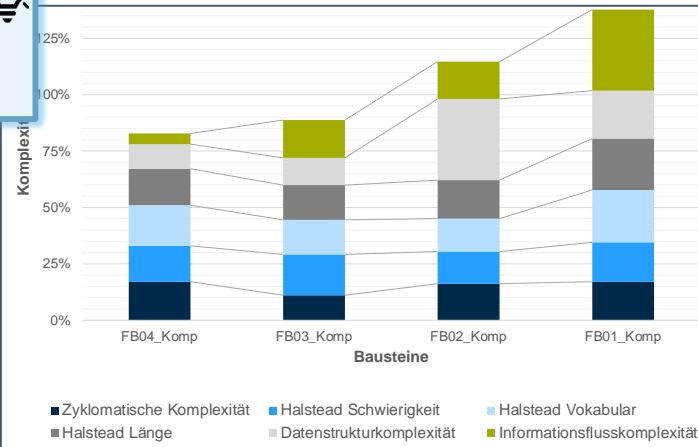
Ergebnis: Systematische Ansätze und **prototypische Implementierung** zur gezielten Identifikation von Optimierungspotentialen für **Modularität, Wiederverwendbarkeit und Evolvierbarkeit**

- Beginn: Q1/2020
- Dauer: 2,5 Jahre (abgeschlossen Q2/2022)
- Fördergeber: VDI/VDE/IT

Mittel zur Qualitätssicherung von Steuerungssoftware

Welche Bausteine sind besonders **komplex** und welche **Funktionalitäten** sind betroffen?

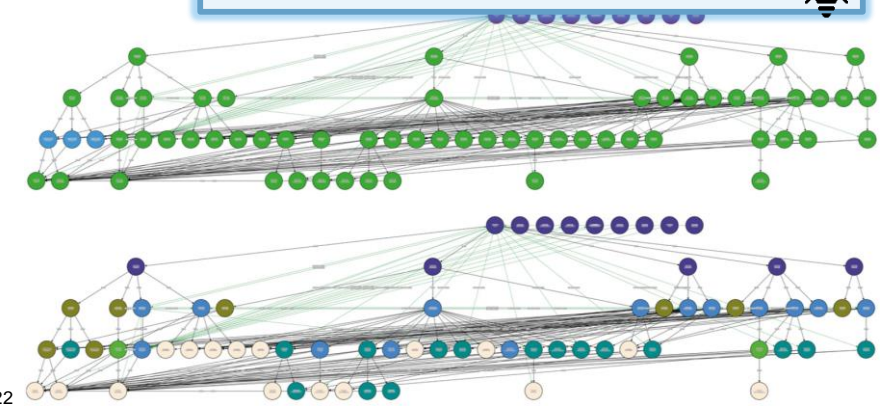
Metrikbasierte Komplexitätsbewertung



Fischer et al., "Measuring the Overall Complexity of Graphical and Textual IEC 61131-3 Control Software," RA-L, 2021

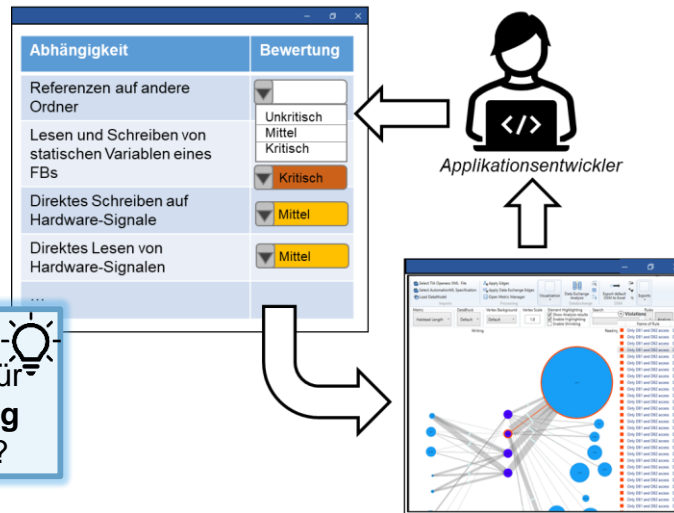
Abhängigkeitsanalyse mit Einbezug der Funktionalität

Welche Abhängigkeiten gibt es in der Software und wo liegt **ungewünschter Datenaustausch** vor?



Wilch et al., "Towards Automatic Generation of Functionality Semantics to Improve PLC Software Modularization," Automatisierungstechnik, 2022

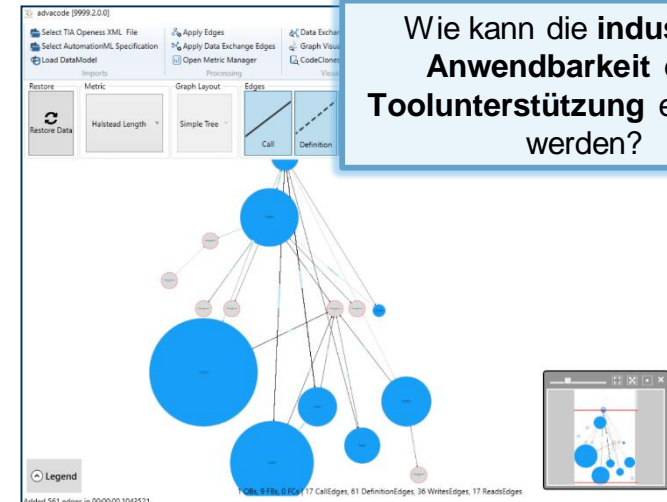
Refaktorisierung



Wie können **Ausgangspunkte** für die **Refaktorisierung** identifiziert werden?

Implementierung

Wie kann die **industrielle Anwendbarkeit** durch **Toolunterstützung** ermöglicht werden?



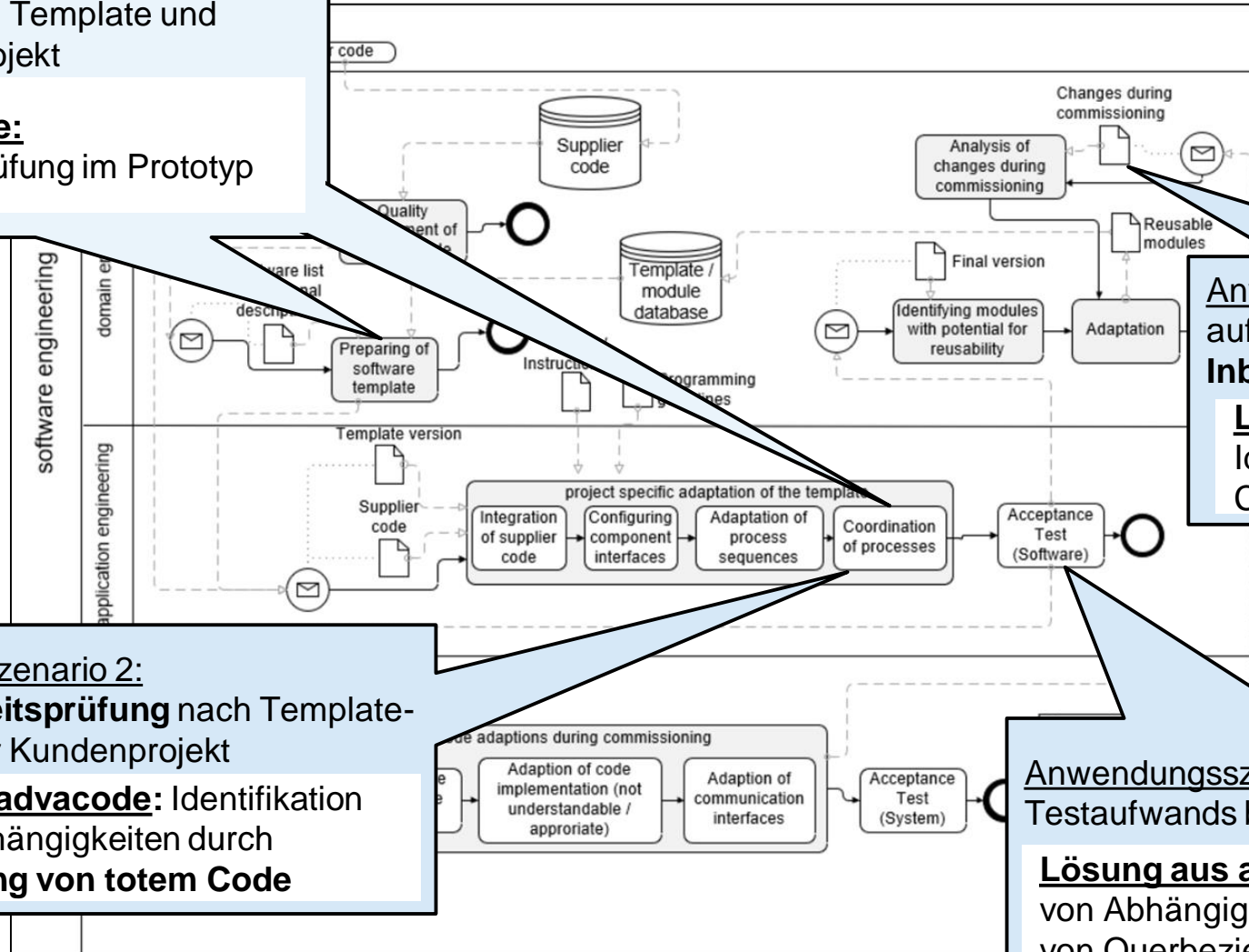
Fischer et al., "Towards Configurable Conformance Checks of PLC Software with Company-specific Guidelines," ICPS, 2022

Qualitätssicherung im Entwicklungsworkflow

Anwendungsszenario 1: **Prüfung von Programmierregeln** im Template und fertigem Applikationsprojekt

Lösung aus advacode:

Automatische Regelprüfung im Prototyp



Anwendungsszenario 2: **Vollständigkeitsprüfung** nach Template-Anpassung für Kundenprojekt

Lösung aus advacode: Identifikation fehlender Abhängigkeiten durch Visualisierung von totem Code

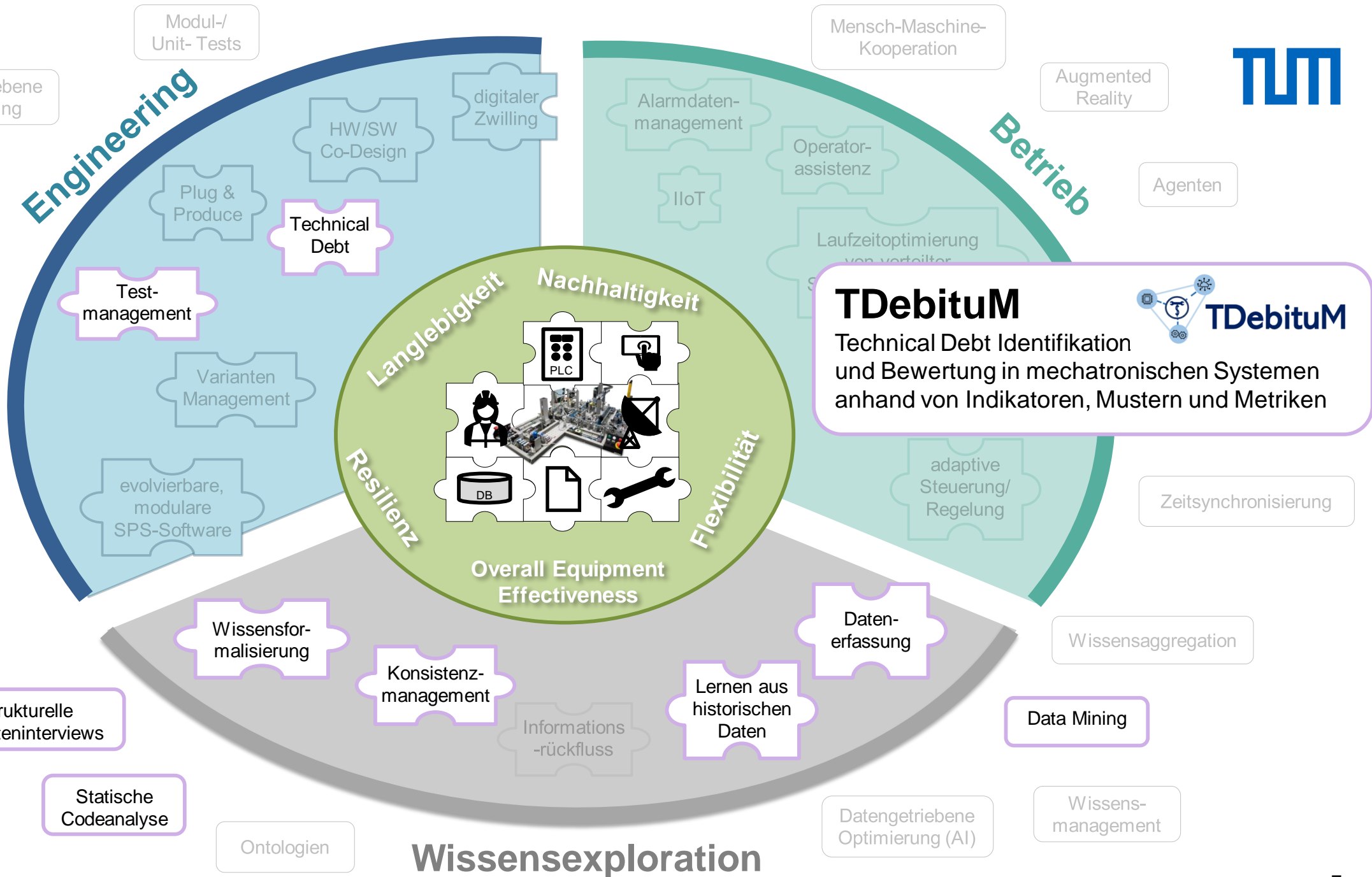
Anwendungsszenario 3: Prüfung auf **Code Clones** nach Inbetriebnahme (IBN)

Lösung aus advacode:

Identifikation von kopierten Codeteilen während IBN

Anwendungsszenario 4: Abschätzung des Testaufwands bei Änderungen

Lösung aus advacode: Visualisierung von Abhängigkeiten zur Sichtbarmachung von Querbeziehungen



Was ist Technical Debt und woher kommt es?

Softwareengineering definiert Technische Schuld als Schuld aus technischen Entscheidungen, die **kurzfristigen Nutzen** erbringen aber sich **langfristig als nachteilig und teuer** erweisen.

[Cunningham 1992]

Fokus in Softwareentwicklung auf:

- Code TD
- Architectural TD
- Test TD
- Documentation TD

2013

Erweiterung auf Mechatronik:

Genereller Nachweis von TD-Vorfällen in Mechanik, Elektrotechnik, Software (+ Schnittstellen)

- Requirements TD
- Commissioning TD
- Start Up TD

2015

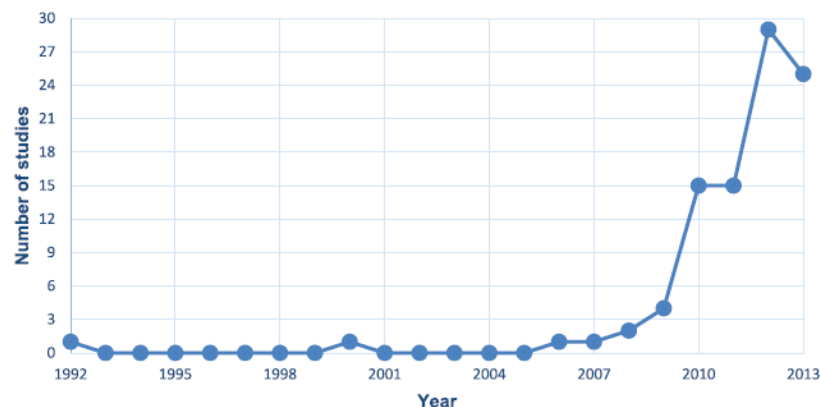
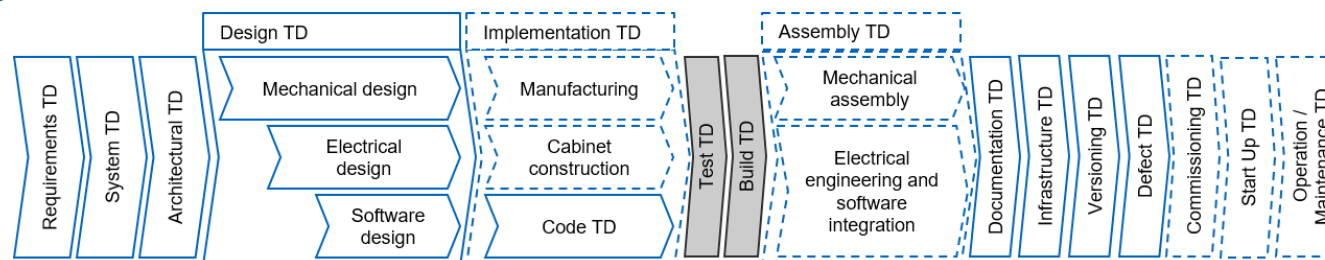


Fig. 5. Distribution of selected studies over time period. [Li et al. 2015]



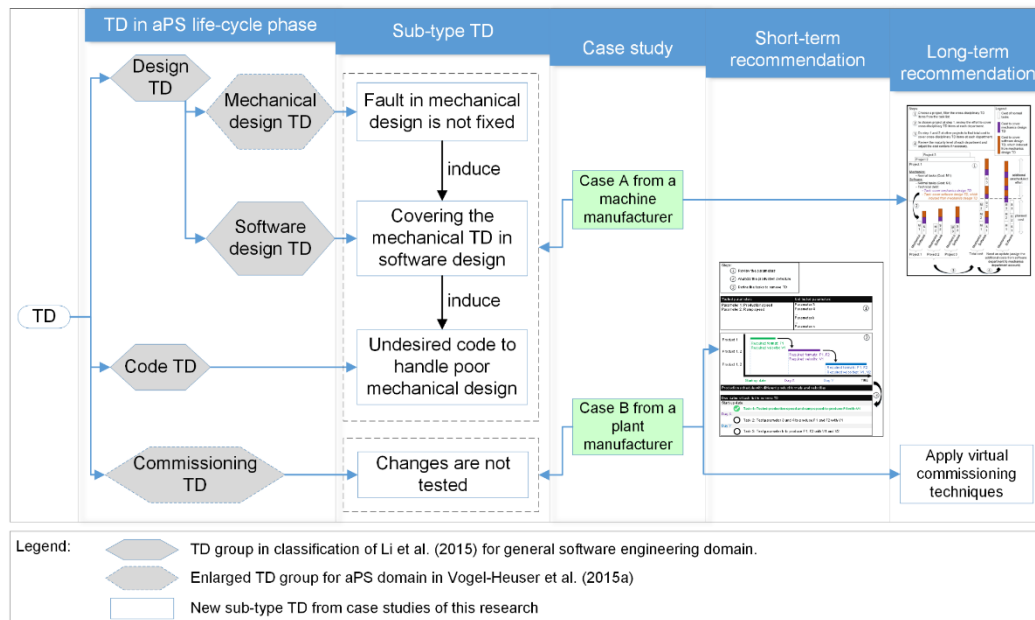
[Vogel-Heuser & Rösch 2015]

Identifikation von Ausmaß und Effekten von TD in der Mechatronik (Ergebnisse qualitativer Studien)

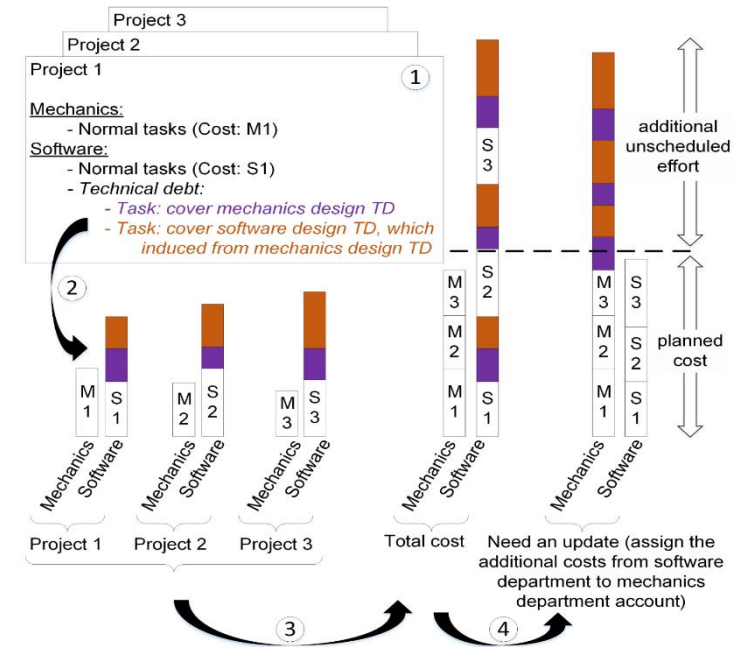
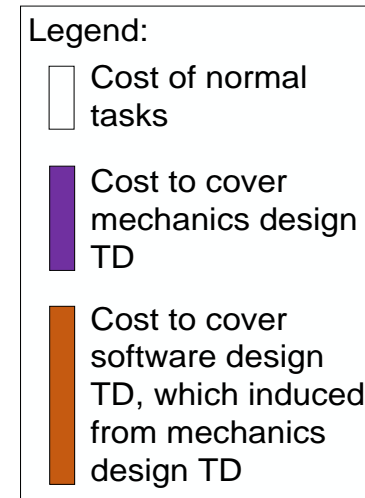
2018

Einzelne Experteninterviews → Identifikation von „Contagiousness“ von TD im System

TD ist **ansteckend** und ein TD-Vorfall kann multiple Eigenschaften z. B. TD-(Sub-)Typen zugeordnet sein.



Berechnung von Einsparung und Mehrkosten für einzelne TD-Vorfälle → **Ableitung einer Entscheidungsempfehlung**



[Dong & Vogel-Heuser 2018]

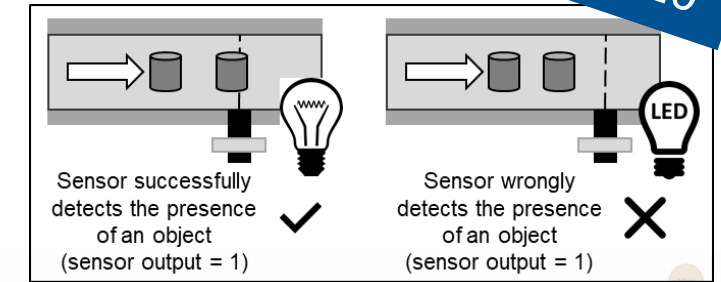
Qualitative Studien unter internationalen Aspekten

Untersuchung von Technical Debt im interdisziplinären, internationalen und unternehmensübergreifenden Vergleich

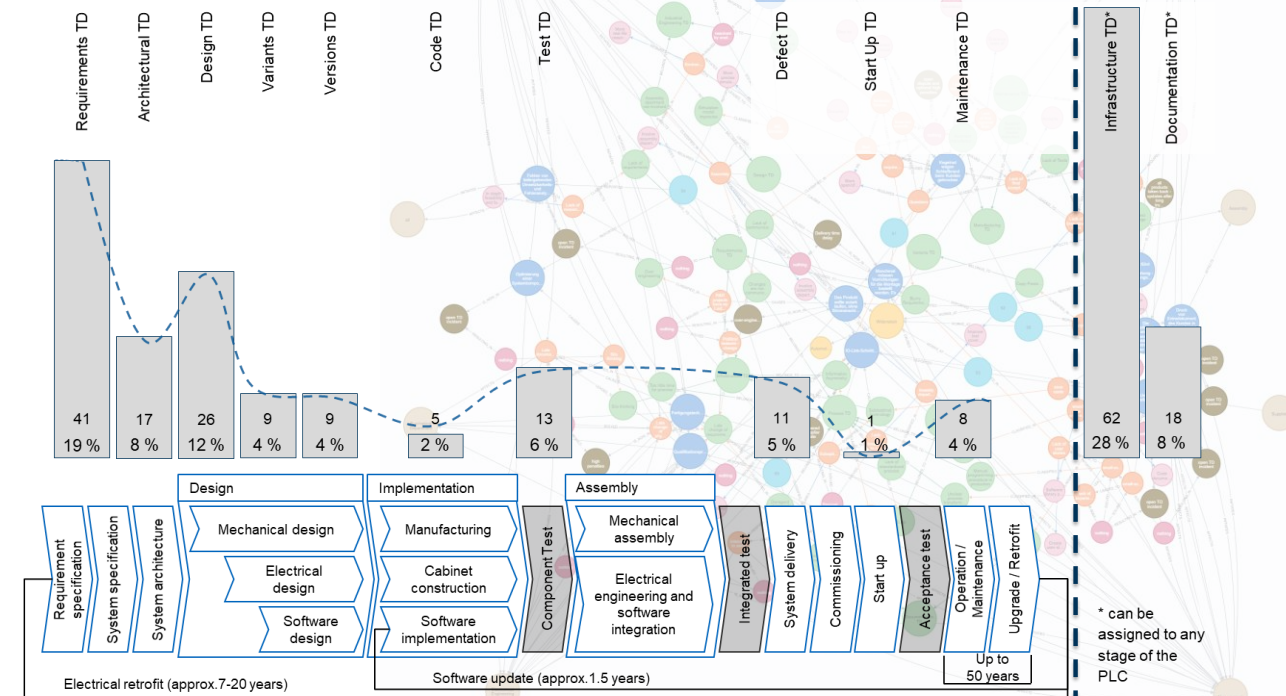
Profitieren Sie von uns:

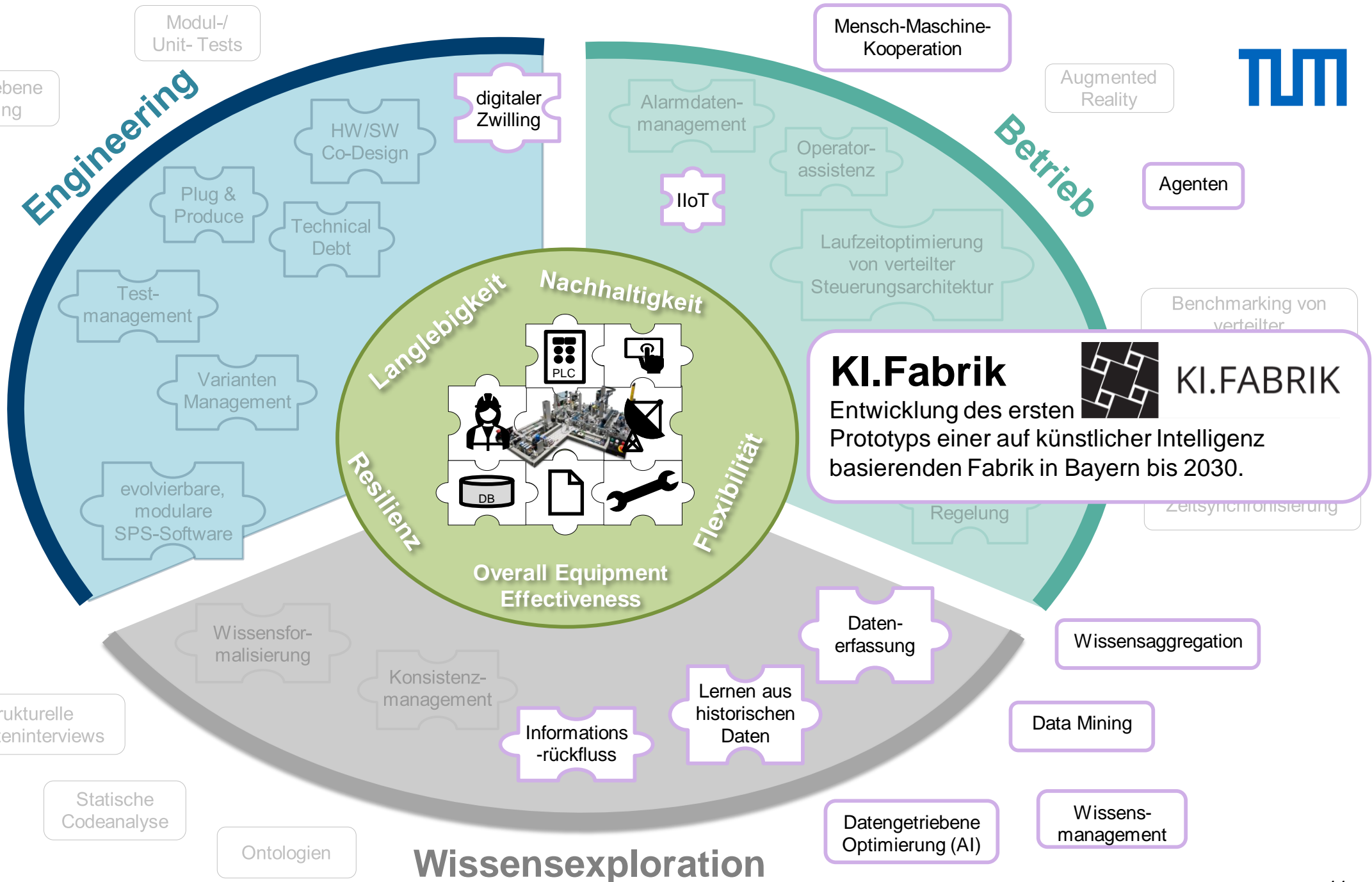
- Sie erhalten detaillierte Informationen über den Status Ihres Unternehmens bezüglich TD
- Nutzung großer langfristiger Kosteneinsparungen und Reduzierung der Zeit bis zum Kunden
- Unterstützung der Entscheidungsfindung in komplexen Designprozessen
- Informieren Sie sich über den Stand der Praxis bezüglich TD im Allgemeinen

Selbstverständlich werden Ihre Daten **vertraulich behandelt** und es fallen **keine Kosten oder Folgekosten** an.



Beispiel – Requirements TD und Maintenance TD





KI.FABRIK & MIRMI – Kernprojekt der Hightech Agenda Bayern



KI.FABRIK



Themen/Anforderungen

- Roboterhardware, Sensorik, Greifen, ...
- Vernetzung, Fusion
- (kollektives) Lernen
- Production-as-a-Service (PaaS) Koordination und Planung
- PaaS im laufender Betrieb
- Multi-Roboter Koordination
- Avatar Station
- Immersive Telepräsenz
- Digitale Zwillinge
- Lernen Mensch → Maschine
- Modellierung
- Design und Entwurf
- Kooperative Robotik
- Motion
- Schnittstellen
- Datenmodelle
- Architekturen

Roboter/Anlagen soll...

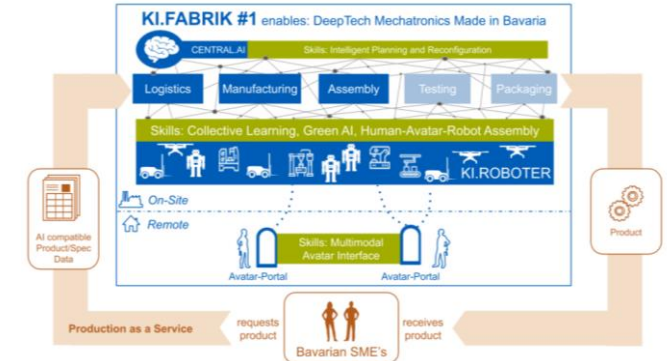
- ... selbstständig neue Aufgaben erfüllen
- ... durch ihre Vernetzung mit anderen Robotern/Anlagen kooperieren
- ... fähig sein, neue Skills selbstständig zu erlernen
- ... erlangtes Wissen mit anderen Systemen austauschen

Production-as-a-Service (PaaS) soll...

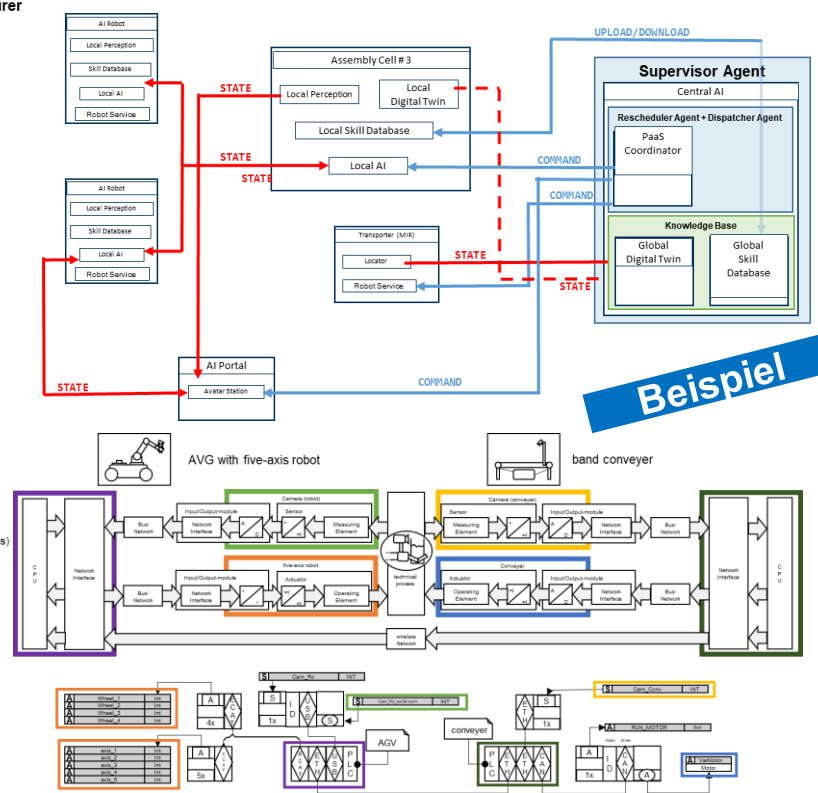
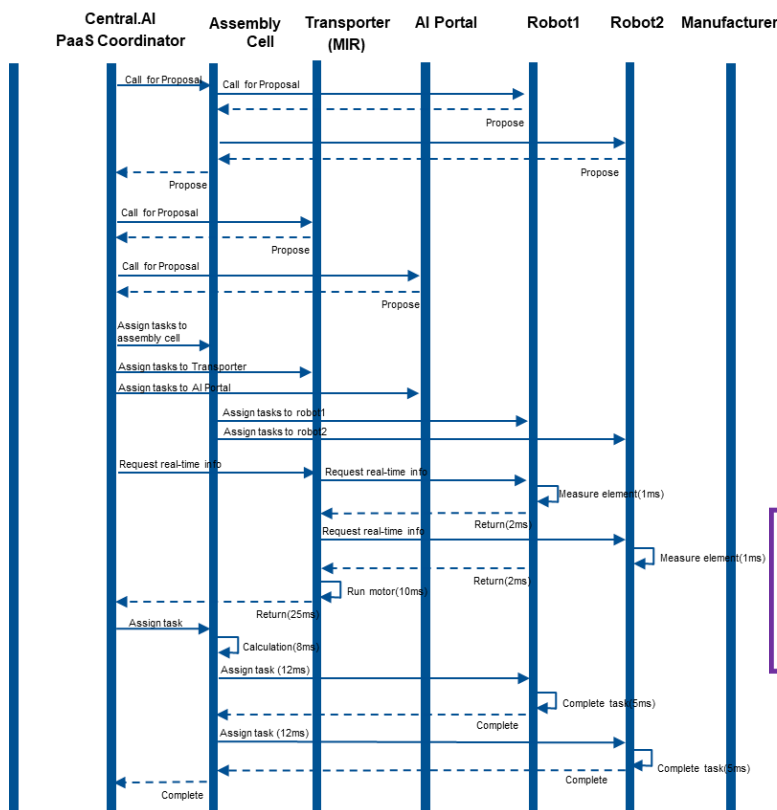
- ... Verwaltung von Produktionsabläufe, Aufgabenverteilungen koordinieren
- ... optimale Planung des Prozesses vom Ressourceneingang bis zum Versenden des fertigen Produkts überwachen

Digitaler Zwilling...

- ... als konsistente virtuelle Realität soll sämtliche Roboter/Anlagen und Intralogistiksysteme repräsentieren.
- ... ermöglicht menschlichen Facharbeiter*innen sich über beliebige Entfernungen hinweg mit und den Robotern zu verbinden und zu interagieren.

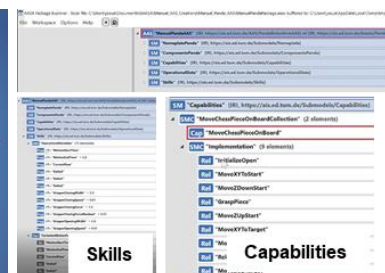
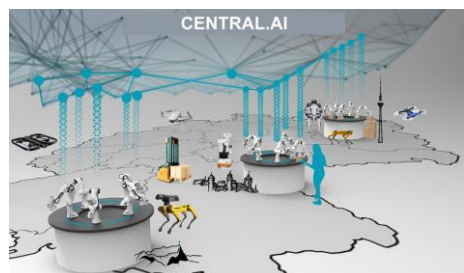


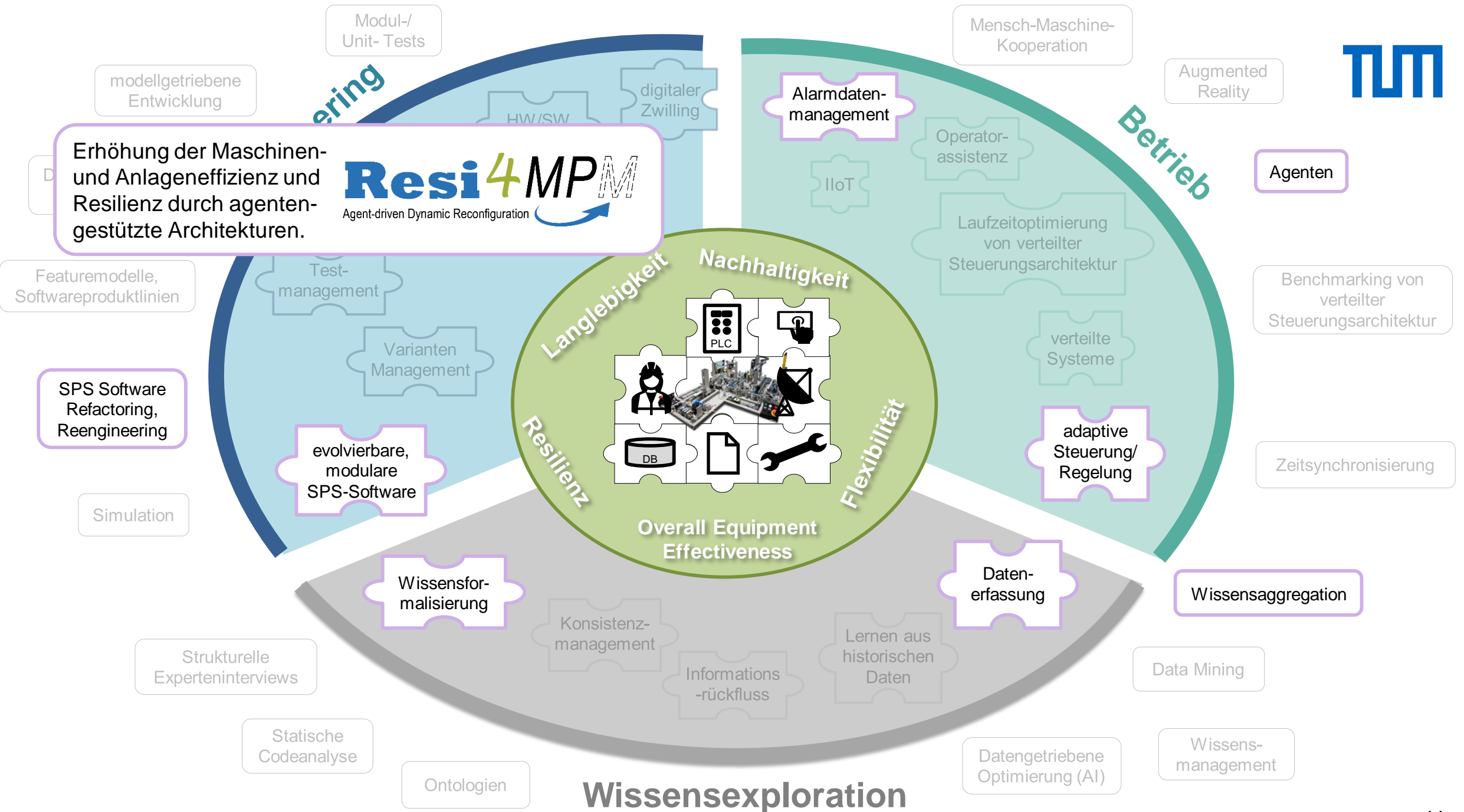
KI.FABRIK @
Forum der
Zukunft im
Deutschen
Museum



Anforderungen an die SW-Architektur

- Was möchte man in der Fabrik der Zukunft erreichen?
- Wie würde man die Architektur auslegen?
- Wie findet die Roboterintegration statt?
- Was bedeutet die Asset Administration Shell und der Digital Twin (auch in der Umsetzung)?
- Wie kann die aktuelle Architektur zur neuen evolvieren?





Resilienz durch dynamische Rekonfiguration

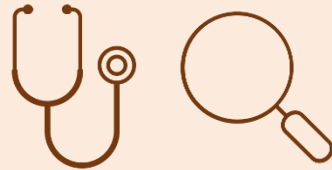
Enhancement of the **Overall Equipment Effectiveness** in Factories –
Development of **Resilient Agent-based** Automation Systems **for Machine and Plant Manufacturing**

- Beginn: Q4/2021
- Dauer: 3 Jahre
- Fördergeber: DFG

OEE =
Verfügbarkeit
x Leistung
x Qualität

Prozessüberwachung

Gefährdungen der Verfügbarkeit erkennen



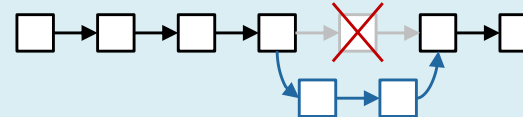
Degeneration einer Komponente (*Prozessdaten*)
(↑ Predictive Maintenance)

Alarmdatenanalyse
(*Alarmdaten*)

Recovery-Anfrage: Fehler- und gewünschter Zustand
(*Nachrichten*)

Kompensation

Verhaltensadaption zur Laufzeit, um Verfügbarkeit zu erhalten

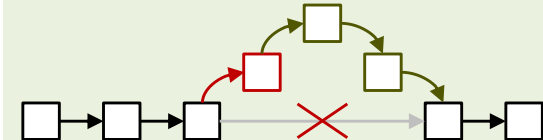


Regelung geschlossener Regelkreise (Subsysteme des technischen Prozesses)

Dynamisch generierte Strategien zur Adaption des Verhaltens

Recovery

Rückkehr zu definiertem Prozesszustand aus einem Fehlerzustand



Dynamische Unterbrechung und Fortführung des Automatikbetriebs

Anfrage und Ausführung dynamisch generierter Recovery-Strategien

Skalierbarkeit durch verteilte Architektur

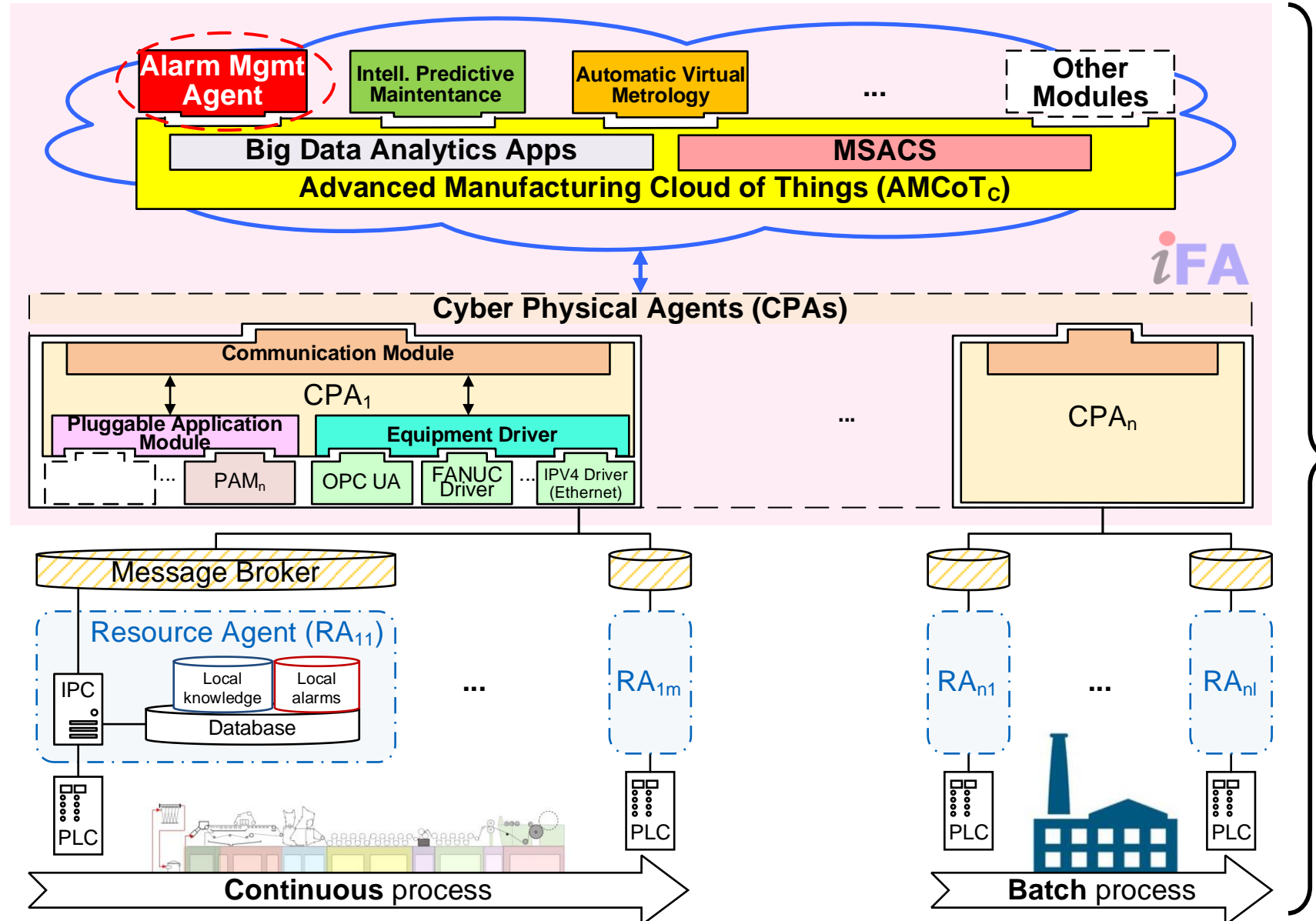
intelligent Factory
Automation des
Projektpartners
NCKU Taiwan



Industrie 4.0
Konnektor für
heterogene
Steuerungssysteme

SPSen und DCS
verschiedener
Prozess- und
Industrietypen

TUM AIS | DFG-Forschungsprojekt Resi4MPM



Flexibilisierung der Steuerungs-, Kommunikations- und
Rechenarchitektur für dynamische Rekonfiguration bei
Erhalt von Zuverlässigkeits- und Zeitanforderungen

Kontakt

Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
Department of Mechanical Engineering

**Lehrstuhl für Automatisierung und
Informationssysteme**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser

Boltzmannstr.15
85748 Garching bei München
Tel.: 089/289-16400
Fax: 089/289-16410

info.ais@ed.tum.de

www.mec.ed.tum.de/ais

