



Software für Industrie 4.0 (Vorlesung & Übung)

Semantische Beschreibungen in der Industrie



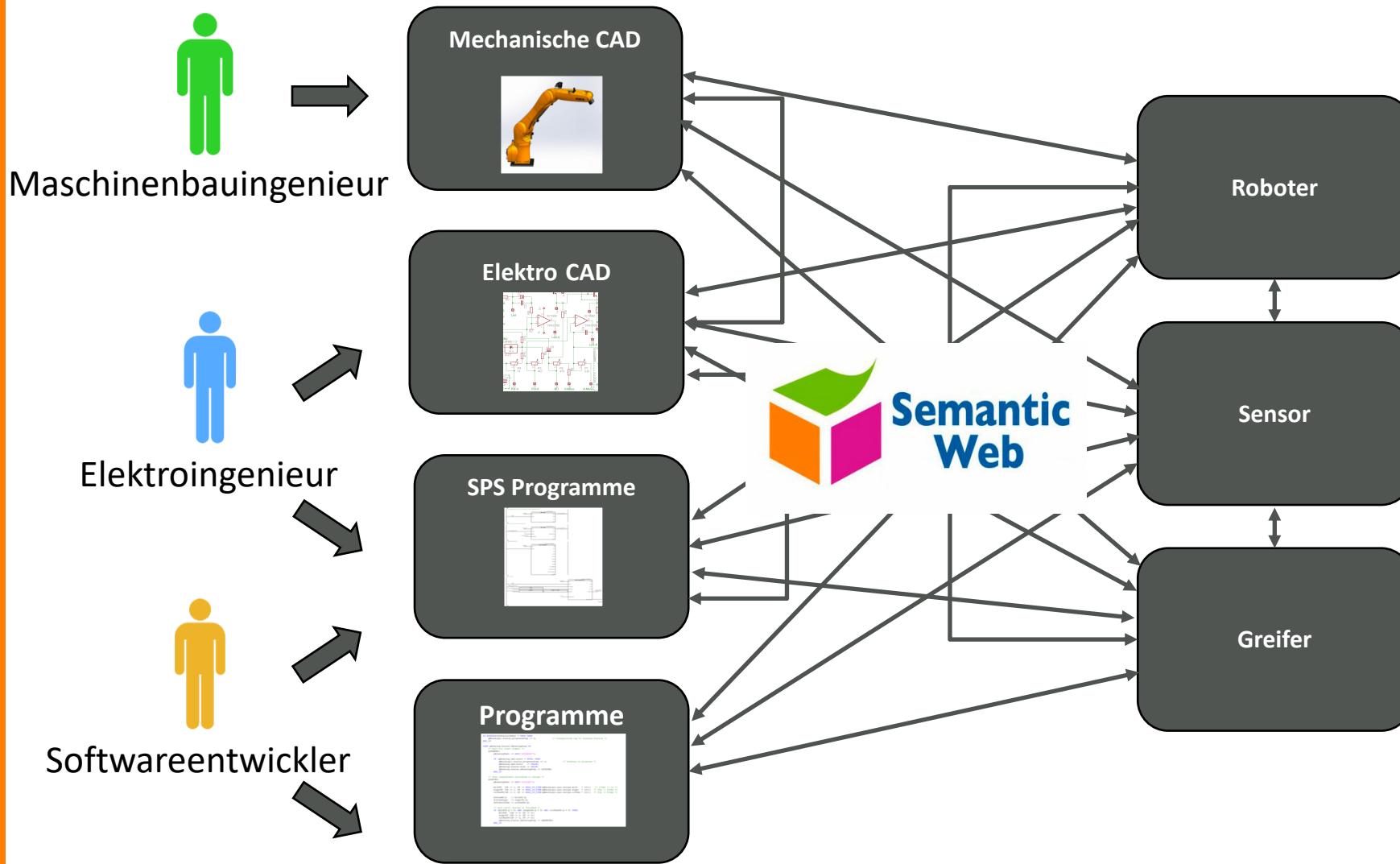
Welche technische Information hat man über eine Produktionsanlage?



Institute for
Software & Systems
Engineering

- Nach der Planung einer Produktionsanlage sind folgende Daten vorhanden:
 - **Anagentopologie**, wie ist die Anlage hierarchisch Untergliedert, was sind die einzelnen Bestandteile
 - **Mechanische Konstruktion**, welche Geometrie oder Kinematik hat ein Produkt oder Anlagenkomponente
 - **Elektrische und kommunikative Verkabelung**, wie ist die Anlage vernetzt, was sind die Anforderungen, Durchsätze, ...
 - **Verhaltensinformationen**, Darstellung von Prozessen der Anlage mit gewollten und ungewollten Verhalten
 - **SPS Programme** aller Steuerbaren Elemente in der Anlage
 - **Generische Daten**, wie zum Beispiel Herstellerangaben, Lieferanten von Komponenten, Preise von Komponenten, ...

Warum Semantic Web in der Industrie 4.0?



Warum Semantic Web in der Industrie 4.0?

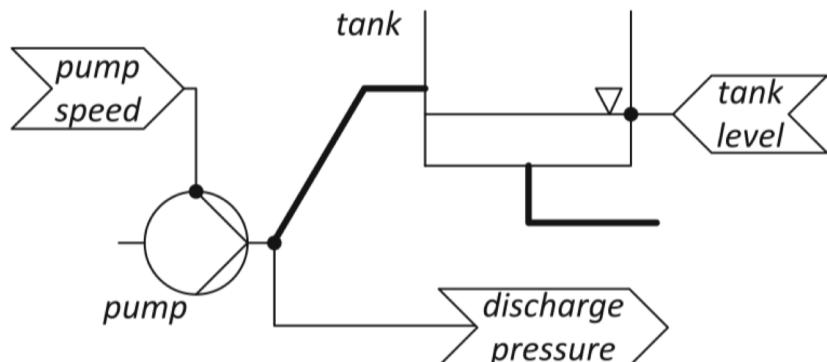


Institute for
Software & Systems
Engineering

- Wichtige Fähigkeiten für den Einsatz von Semantic Web Techniken (SWT) in der Industrie
 - Formale und flexible Wissensrepräsentation
 - Wiederverwendbarkeit von Wissen
 - Qualitätskontrolle der Wissensbasis durch Reasoning
 - Durchsuchen und Verwendung von verteilten Datenbeständen
 - Webbasierte Wissensrepräsentation (Cloud, Edge Computing)
- Im Vergleich zu Datenbanken oder anderen Wissensformaten wird nicht nur ein Format vorgegeben, sondern dieses Format wird auch noch beschrieben. ⇒ Verständlicher für Mensch und Maschine

- Semantic Web Techniken , wie OWL oder SPARQL, können eingesetzt werden um die Konsistenz von Daten zu prüfen
 - Überprüfung der Kompatibilität beim Austausch von Komponenten
 - Beispiel: Schnittstellenüberprüfung, Physikalische Einschränkungen
 - Aufrechterhaltung einer konsistenten Wissensbasis
 - Testfälle und Fehlerfälle formal in OWL definieren ⇒ Automatische Erkennung von Fehlerfällen
 - Beispiel OWL:
`ERROR01 EquivalentTo (not Velocity some float[>0,<40])`

- Durch den Einsatz von Ontologien in der Design Phase kann die Wissensbasis für Simulationen eingesetzt werden
- Dadurch können Änderungen am Design automatisch die Simulation beeinflussen
- Bisher wurden die Simulations Tools manuell konfiguriert
- Beispiel: Hydraulik System



Quelle: [Biffl 2017]

Eingang:

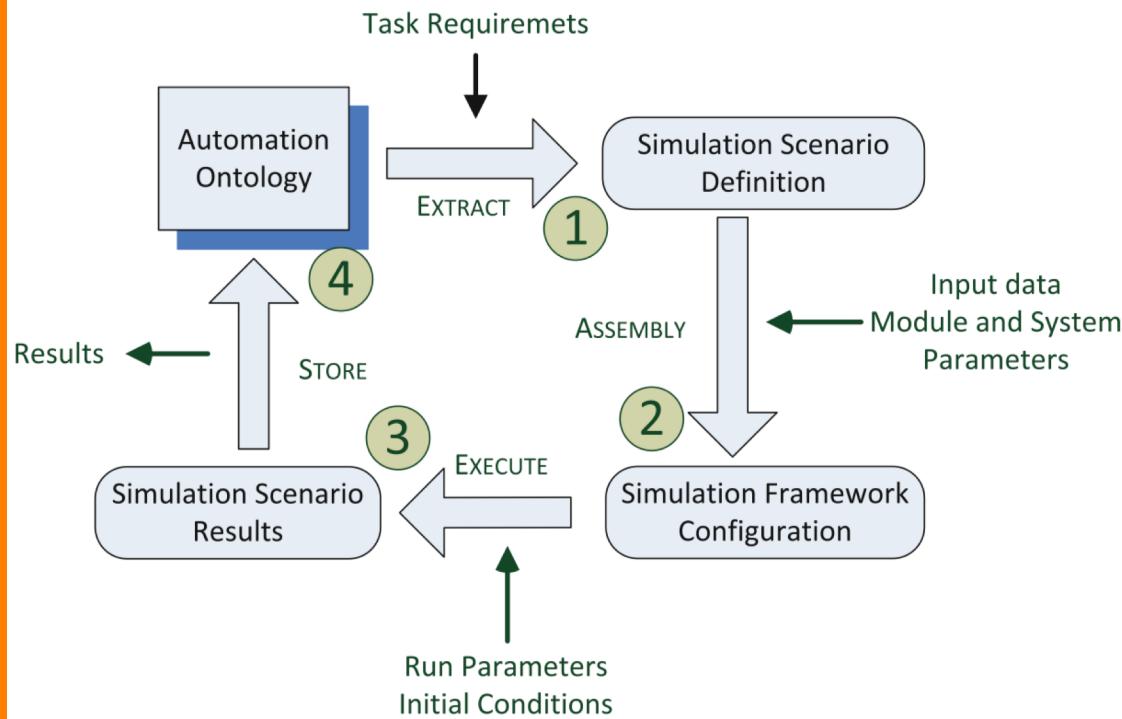
- Pumpen Geschwindigkeit

Ausgang:

- Tank Füllstand
- Abgabedruck

Semantische Beschreibung der Pumpe füllen
Eingangsparameter der Simulation

Zyklus eines Simulationsszenarios:



1. Abfrage der Ontologie mit SPARQL mit evtl. Überprüfung der Datenkonsistenz mithilfe von Reasoning
2. Erstellung der Simulations Konfiguration (meist XML) anhand der Abfragedaten
3. Ausführung der Simulation
4. Einpflegen der Simulationsergebnisse in die Ontologie

Quelle: [Biffl 2017]

Speicherung von semantischen Daten

- Es gibt drei Speicherarten von semantischen Daten

- **Dateibezogene Speicherung**

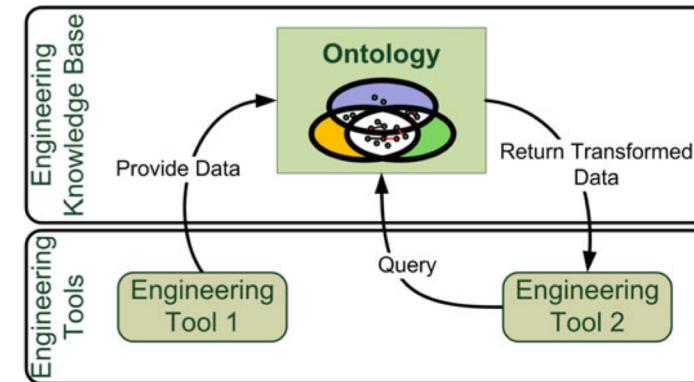
- Ontologie besteht aus einer bzw. mehreren verteilten Dateien
 - Für Datenabfragen oder Änderungen an der Ontologie wird das komplette Datenmodell in den Speicher geladen und angepasst
 - Nicht skalierbar für große Datenmodelle

- **RDF Tripel Speicherung**

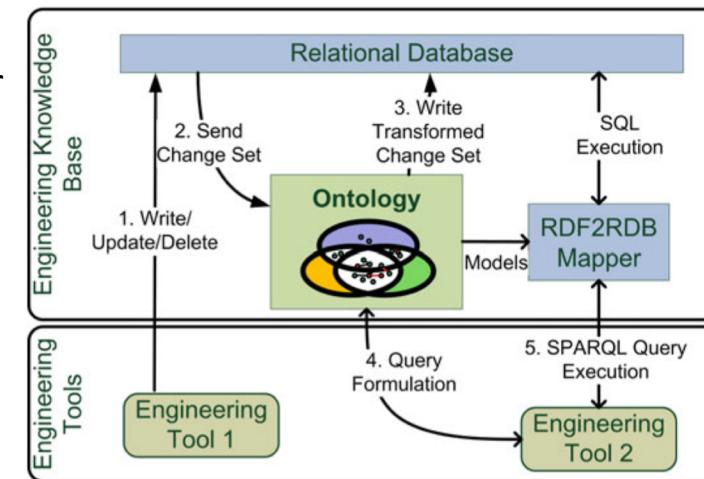
- Spezielle Datenbanken um Tripel abzuspeichern (Subjekt Prädikat Objekt Format)
 - Durch die Verwendung von Datenbanken werden SPARQL Abfragen effizienter

- **Relationale Datenbanken**

- Trennung von der Ontologie und den Instanzen
 - Ontologie wird vollständig in den Speicher geladen (wie dateibezogene Speicherung)
 - Instanzen werden in relationalen Datenbanken gespeichert
 - SPARQL Abfragen müssen hierfür in SQL übersetzt werden



Quelle: [Biffl 2017]



Quelle: [Biffl 2017]

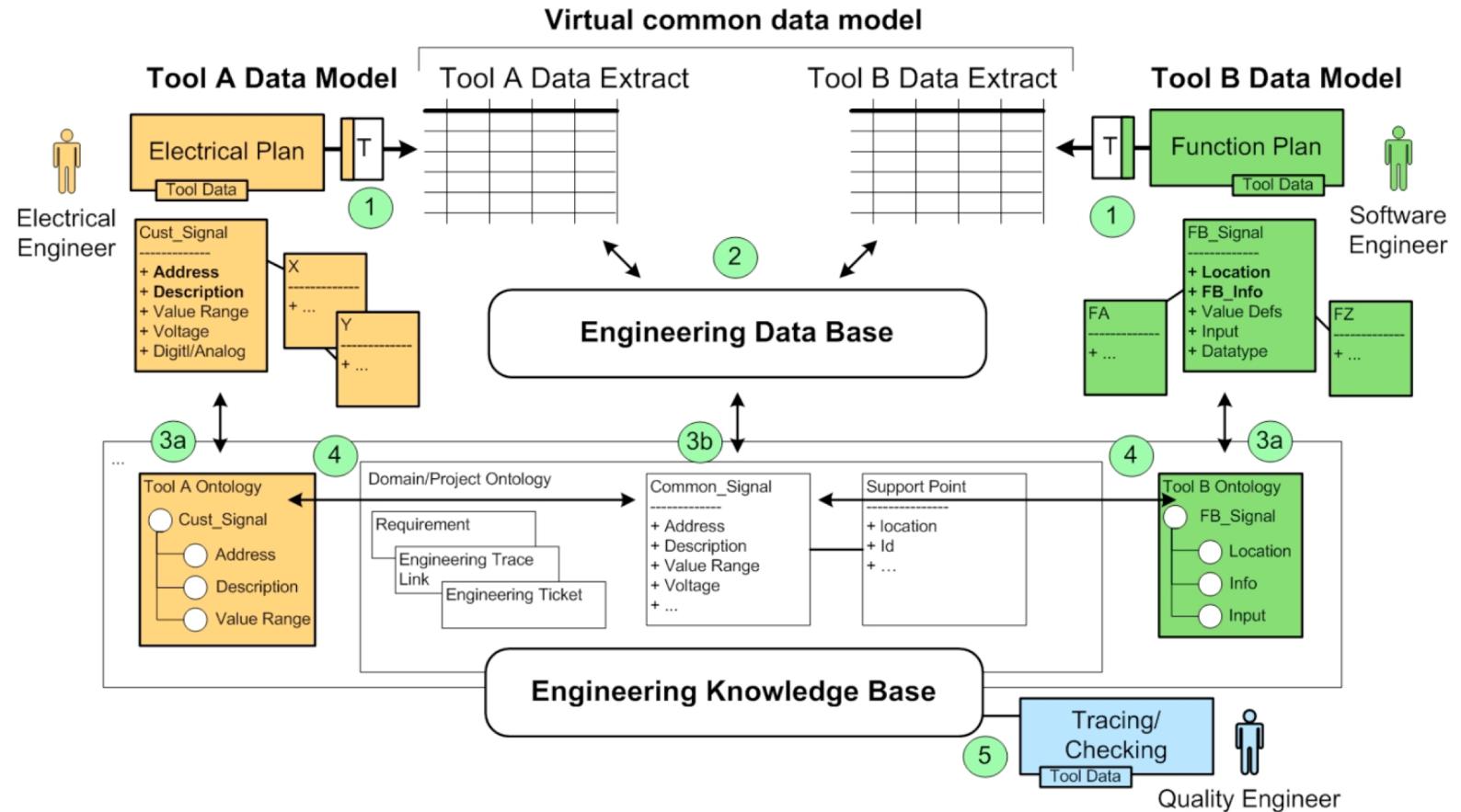
- NoSQL steht für „Not only SQL“ und bezeichnet Datenbanksystem, die einen nicht relationalen Ansatz verfolgen.
- In NoSQL unterscheidet man zwischen vier Gruppen von Datenbanken:
 - Key-Value Database
 - Document Database
 - Wide-Comun Database
 - Graph Database (z. B. RDF Basierte Datenbanken)
- RDF zusammen mit W3C Linked Data Technology Stack ist die einzige standardisierte NoSQL Lösung
- Vorteil von RDF gegenüber anderen Ansätzen
 - Einfaches und einheitliches Datenmodell (Tripel)
 - Leistungsstarke Abfragesprache (SPARQL)
 - Standardisierte Übertragungsformate (XML/RDF, JSON, N-Tripel)

- Das Engineering Knowledge Base (EKB) Framework ist ein Framework für die semantische Integration in der Systemtechnik
- Das EKB Framework verbindet die Daten zwischen mehreren Engineering Tools und sorgt somit für einen Informationsaustausch zwischen mehreren Konstruktionsdomänen (z. B. Verbindung zwischen mechanischen und elektrischen Daten)
- Ziel: Erstellung einer Experten übergreifende Wissensbasis

Engineering Knowledge Base Framework: Use Case

Use Case: EKB

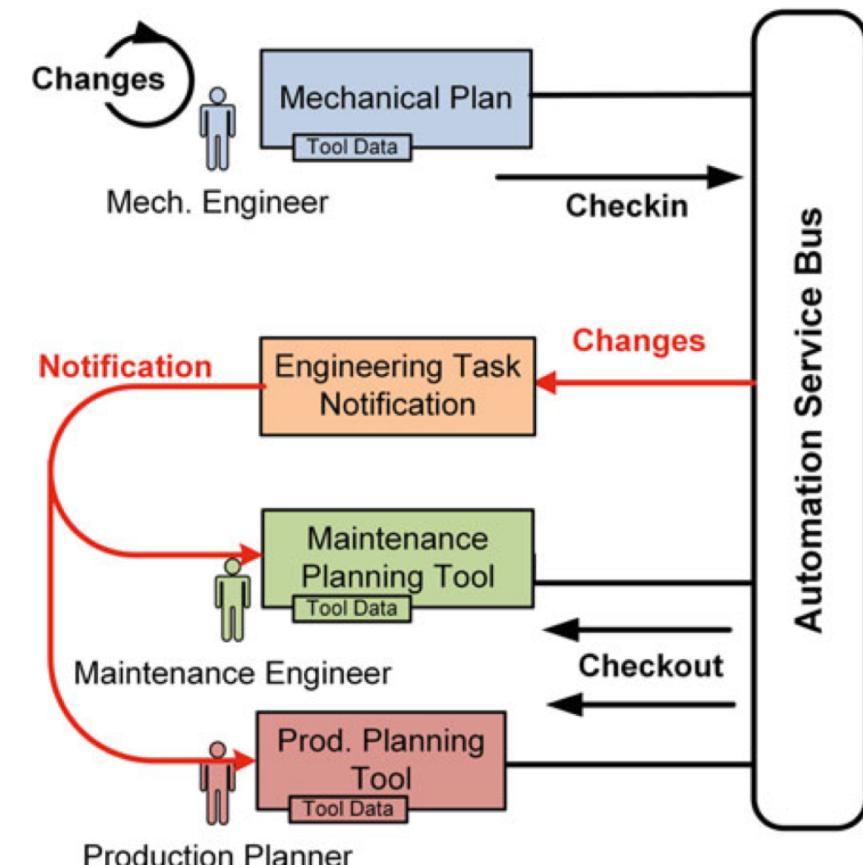
1. Gewinnung der Tool Daten
 - Aufbereitung der Daten in ein einheitliches Format
2. Speicherung der gewonnenen Daten
 - Aufbereitete Daten werden in einer globalen Datenbank gespeichert
3. Darstellung des Wissens in einer Ontologie
 - a) Tool Wissen (z. B. E-Plan)
 - b) Domänen Wissen (z. B. Produktions-Automatisierung)
4. Zusammenhänge erstellen zwischen Tool Wissen und Domänen Wissen
5. Verwendung der EKB



Quelle: [Biffl 2017]

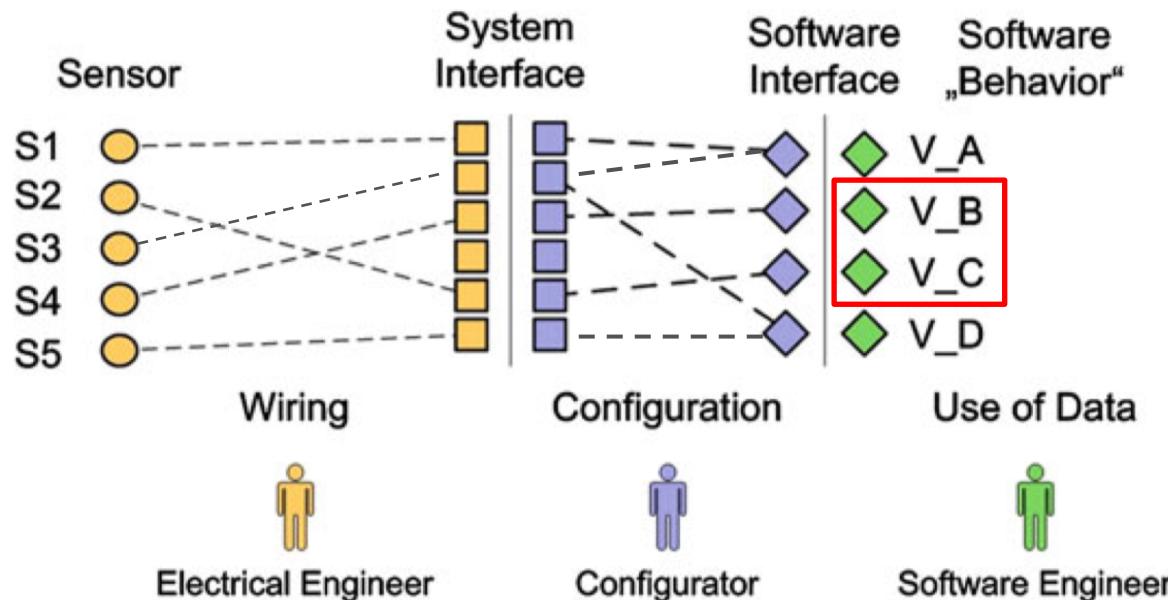
Anwendungen des EKB Frameworks: Änderungsverwaltung

- Das EKB Framework wird verwendet um Domänenübergreifend die Daten konsistent zu halten
- Hierfür wurde ein Bus-System für den Austausch semantischer Daten entwickelt (Automation Service Bus)
- Wenn nötig können andere Beschreibungen angepasst werden oder die zuständigen Instanzen informiert werden
- Beispiel: CAD Zeichnung von Bauteil wird angepasst
 - Änderungen an den CAD-Daten wird an das System weitergegeben
 - Änderungen werden an die mit diesem Bauteil verbunden Instanzen weitergeleitet (z. B. Instandhalter)
 - Evtl. Anpassung der Engineering Daten anderer Instanzen



Quelle: [Biffl 2017]

Anwendungen des EKB Frameworks: Tool-Übergreifende Konsistenztests



Quelle: [Biffl 2017]

Beispiel: Sicherstellen von Systemanforderungen

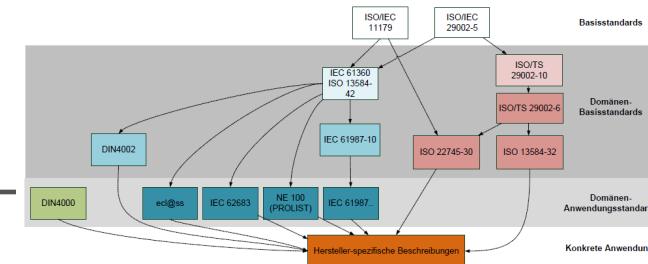
„Alle sicheren Software Variablen müssen mit exakt zwei Sensoren verbunden sein.“

```
SELECT ?kks ?signal WHERE {  
  (SELECT ?kks WHERE {  
    ?kks :hasSignal ?signal  
  })  
  GROUP BY ?kks HAVING (COUNT (?signal) >= 2)  
  ?kks :hasSignal ?signal})}
```

Ergebnis: V_B und V_C erfüllen nicht die Systemanforderungen

ONTOLOGIEN FÜR DEN EINSATZ IN DER INDUSTRIE

eCl@ss: Wiederholung

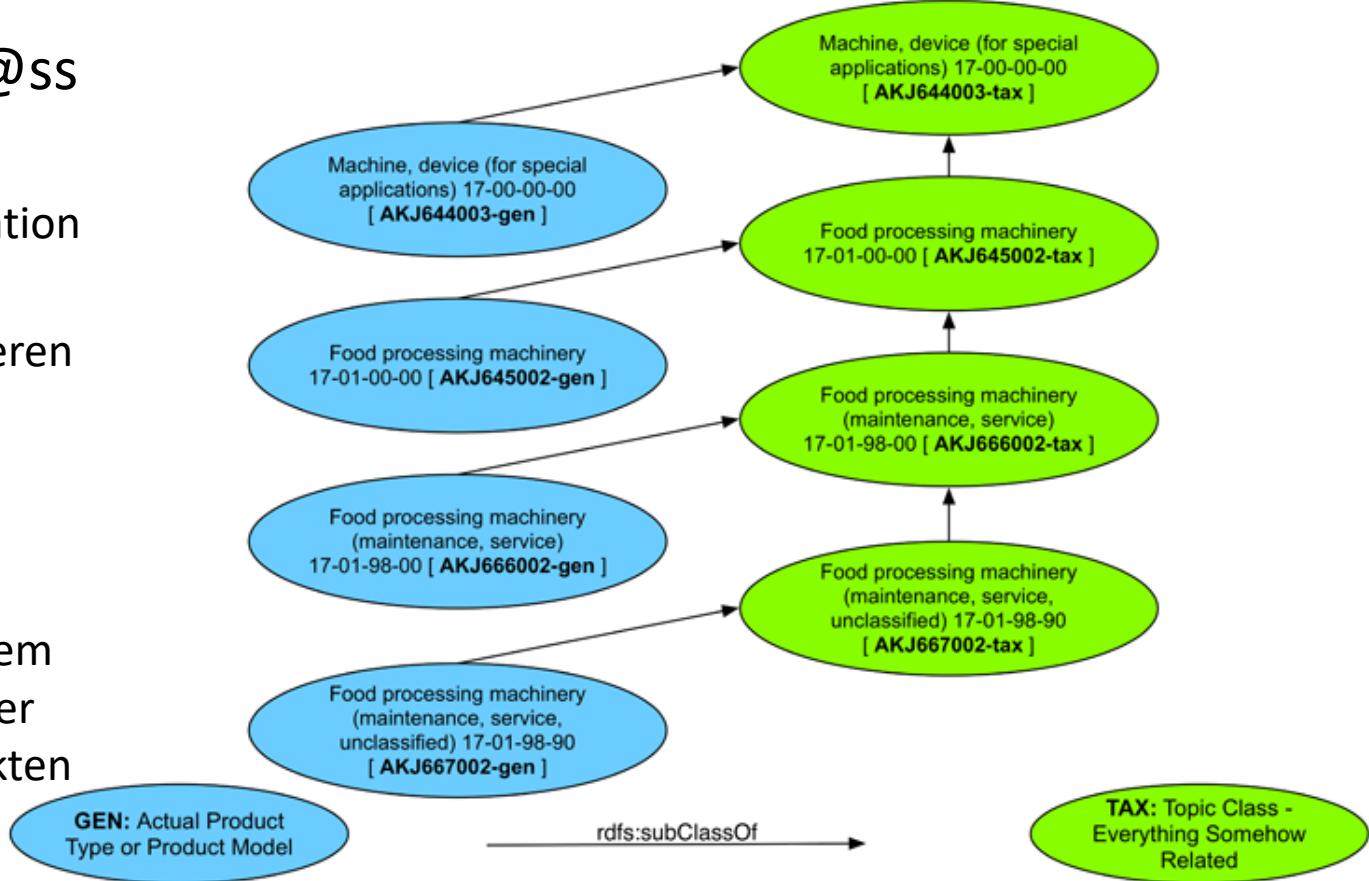


- eCl@ss ist ein branchenübergreifender Produktdatenstandard für die Klassifizierung und Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen.
- Die Nutzung von eCl@ss als standardisierte Grundlage für eine Warengruppenstruktur in ERP-Systemen ist weit verbreitet.
- Der eCl@ss Standard ist ein hierarchisches System bestehend aus vier Hierarchieebenen:
 - Sachgebiet (Ebene 1),
 - Hauptgruppe (Ebene 2),
 - Gruppe (Ebene 3) und
 - Untergruppe (Ebene 4).
- Auf der 4. Ebene (Untergruppe) stellt eCl@ss Merkmalslisten zur Verfügung.



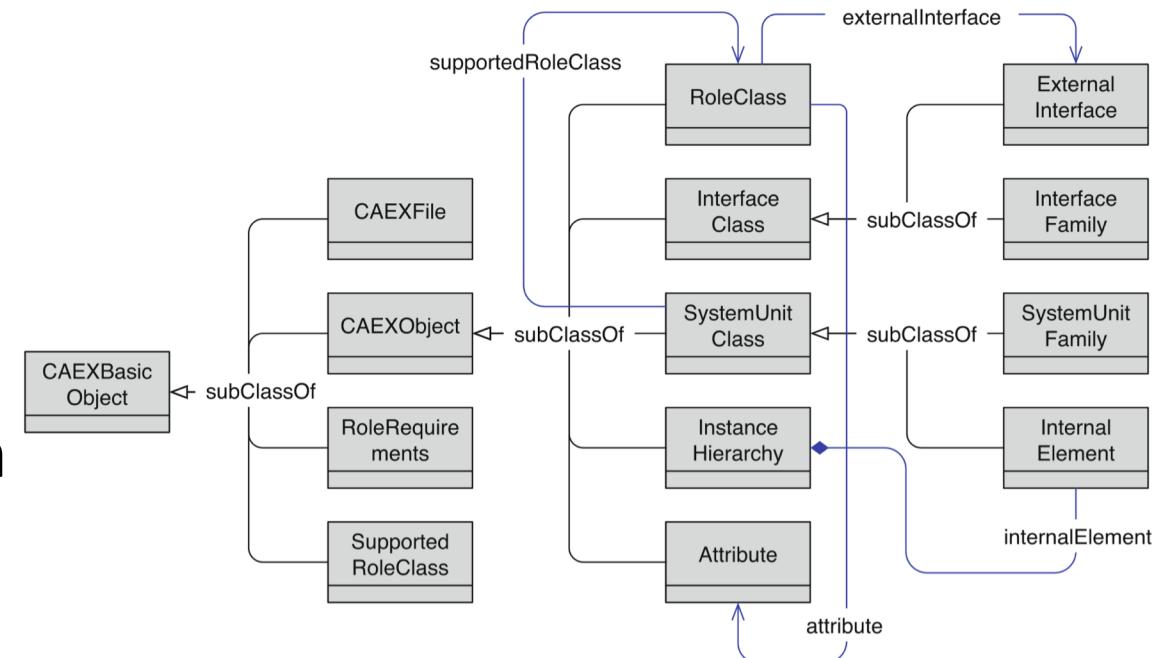
- eClassOWL ist eine OWL Ontologie für die Beschreibung von Typen und Eigenschaften von Produkten und Services
- eClassOWL startete 2003 als OpenSource Projekt. Mittlerweile wird es von der E-Business and Web Science Research Group der Universität der Bundeswehr München betrieben
- eClassOWL versucht soviel wie möglich an der originalen Semantik von eCl@ss zu bleiben, jedoch kommt es teilweise zu Unterschieden.

- Unterschiede zu eCl@ss Klassen
 - eClassOWL erzeugt zu jedem eCl@ss Produkt zwei OWL Klassen
 - Eine „generic“ Klasse, für die Repräsentation des Produktes oder Services
 - Eine „taxonomic“ Klasse, mit einer breiteren Semantik, was bedeutet, dass etwas mit anderen Kategorien oder Produkten verbunden werden kann.
 - Dadurch kann die Suche nach Produkten besser gesteuert werden. Wird nach einem konkretem Produkt gesucht (z. B. TV) oder wird nach allen damit verbunden Produkten oder Kategorien gesucht (z. B. TV + TV Zubehör).



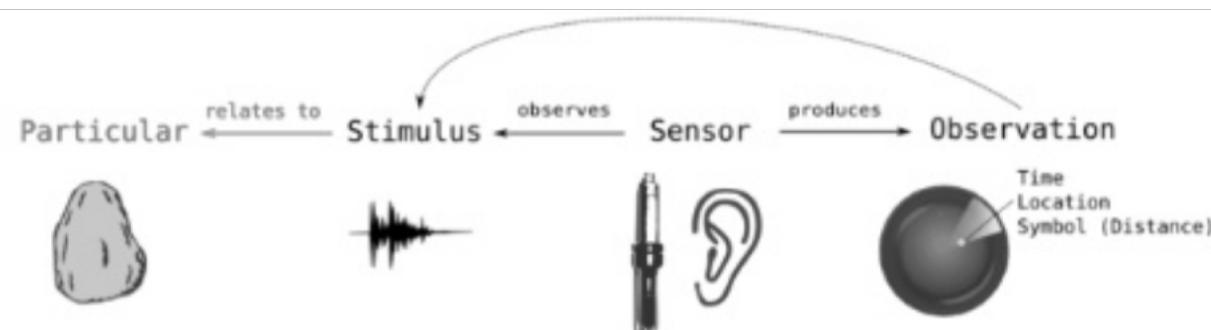
<AutomationML/>

- Automatische Erstellung einer Ontologie durch XML Schema zu OWL mit dem Apache Framework Jena
- Beinhaltet den CAEX Teil von AutomationML
- Durch Semantic Web Technologien ist eine Vernetzung zwischen mehreren Datenbeständen möglich
- Überprüfung von Zusammenhängen durch Reasoning möglich
- Erleichtert das Abfragen durch SPARQL Queries



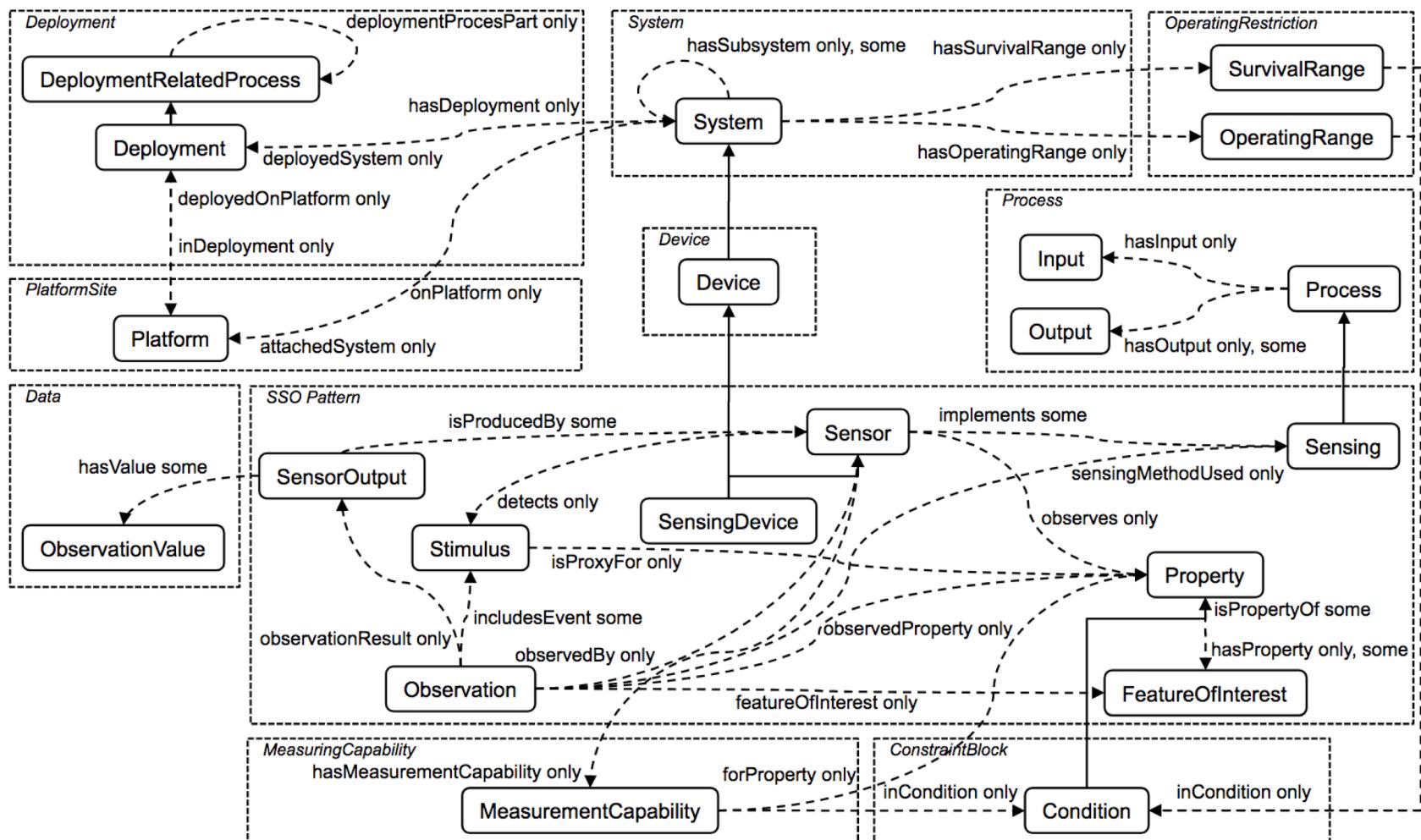
Semantic Sensor Network (SSN) Ontology

- Ontologie zur Beschreibung von Sensoren, ihren Beobachtungen und Eigenschaften
- Wurde von der W3C Semantic Sensor Network Incubator Group initiiert 2012
- Wird für die Verbesserung der Annotation von Sensoren, der Veröffentlichung von Sensorspezifikation oder zur Suche von Sensoren verwendet
- Besondere Eignung bei physikalischen Einschränkungen (z. B. eingeschränkte Energiezufuhr, limitierter Speicher, ...)



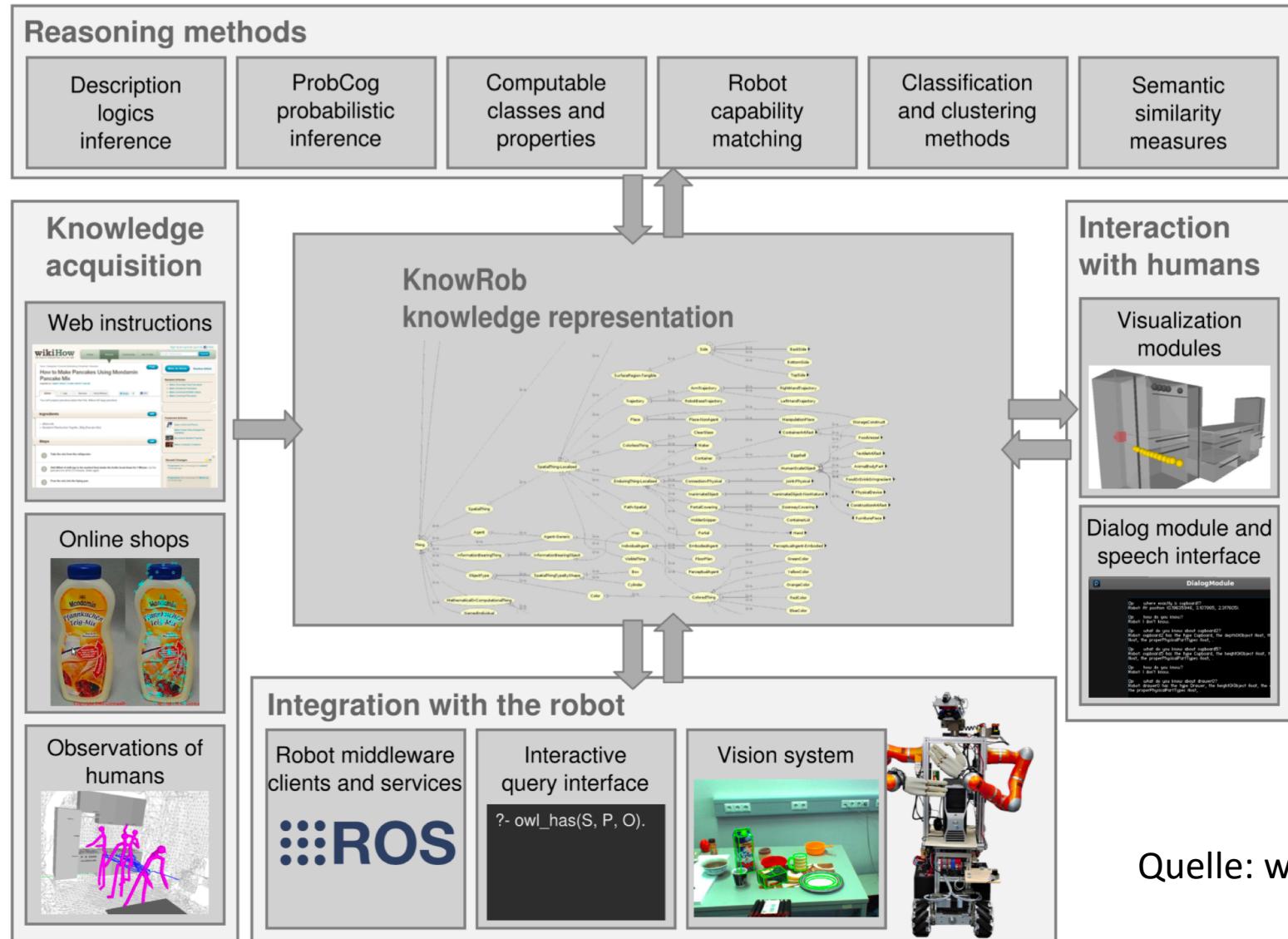
Semantic Sensor Network (SSN) Ontology

- **MeasurementCapability:** Gibt die Fähigkeit eines Sensors an, wie Messwerte gemessen werden und welche Eigenschaften (Property) hierfür gelten (z. B. Messgenauigkeit)
- **Condition:** Gibt Bedingungen an, was und wann gemessen wird (z. B. Temperatur zwischen 20°C und 100°C)
- **Observation:** Beschreibung von gemessen Werten, hierfür können Daten über Dauer der Messung, Ort der Messung, ... angegeben werden



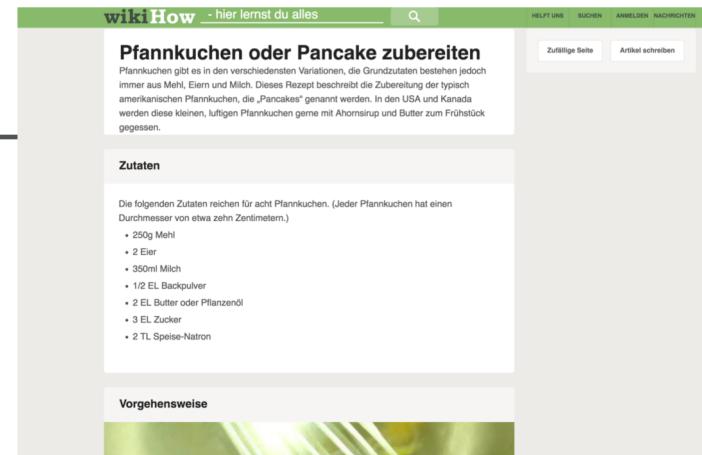
ANWENDUNGSBEISPIEL: KNOWROB

- **KnowRob** ist ein Projekt, dass die **Wissensverarbeitung für autonome Personalroboter** für die Erledigung von **Haushaltsaufgaben** untersucht.
- Mit Hilfe dieser Techniken werden Informationen, wie die Beschreibung der Umgebung, von Gegenständen und Robotern in semantisch annotierter Form abgespeichert und können anschließend vom System verwendet werden.



Quelle: www.knowrob.org

KnowRob: Prozessbeschreibung



wikiHow - hier lernst du alles

Pfannkuchen oder Pancake zubereiten

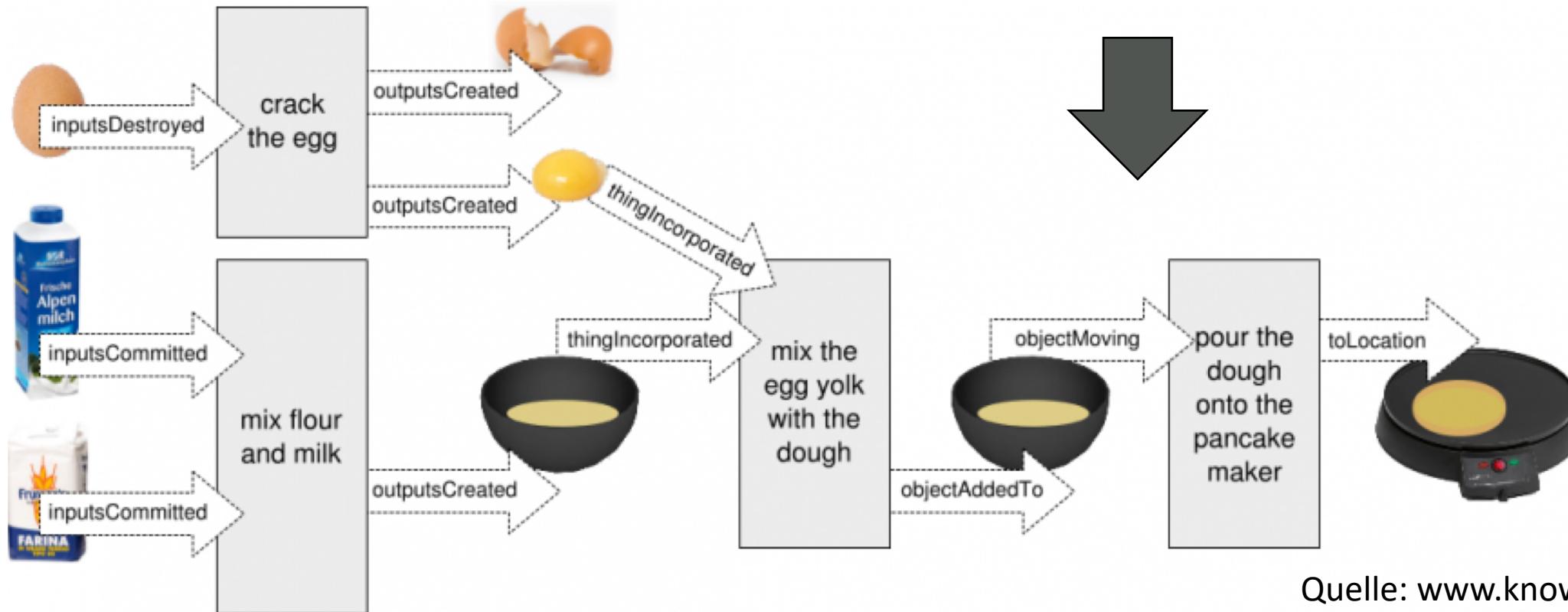
Pfannkuchen gibt es in den verschiedensten Variationen, die Grundzutaten bestehen jedoch immer aus Mehl, Eiern und Milch. Dieses Rezept beschreibt die Zubereitung der typisch amerikanischen Pfannkuchen, die „Pancakes“ genannt werden. In den USA und Kanada werden diese kleinen, luftigen Pfannkuchen gerne mit Ahornsirup und Butter zum Frühstück gegessen.

Zutaten

Die folgenden Zutaten reichen für acht Pfannkuchen. (Jeder Pfannkuchen hat einen Durchmesser von etwa zehn Zentimetern.)

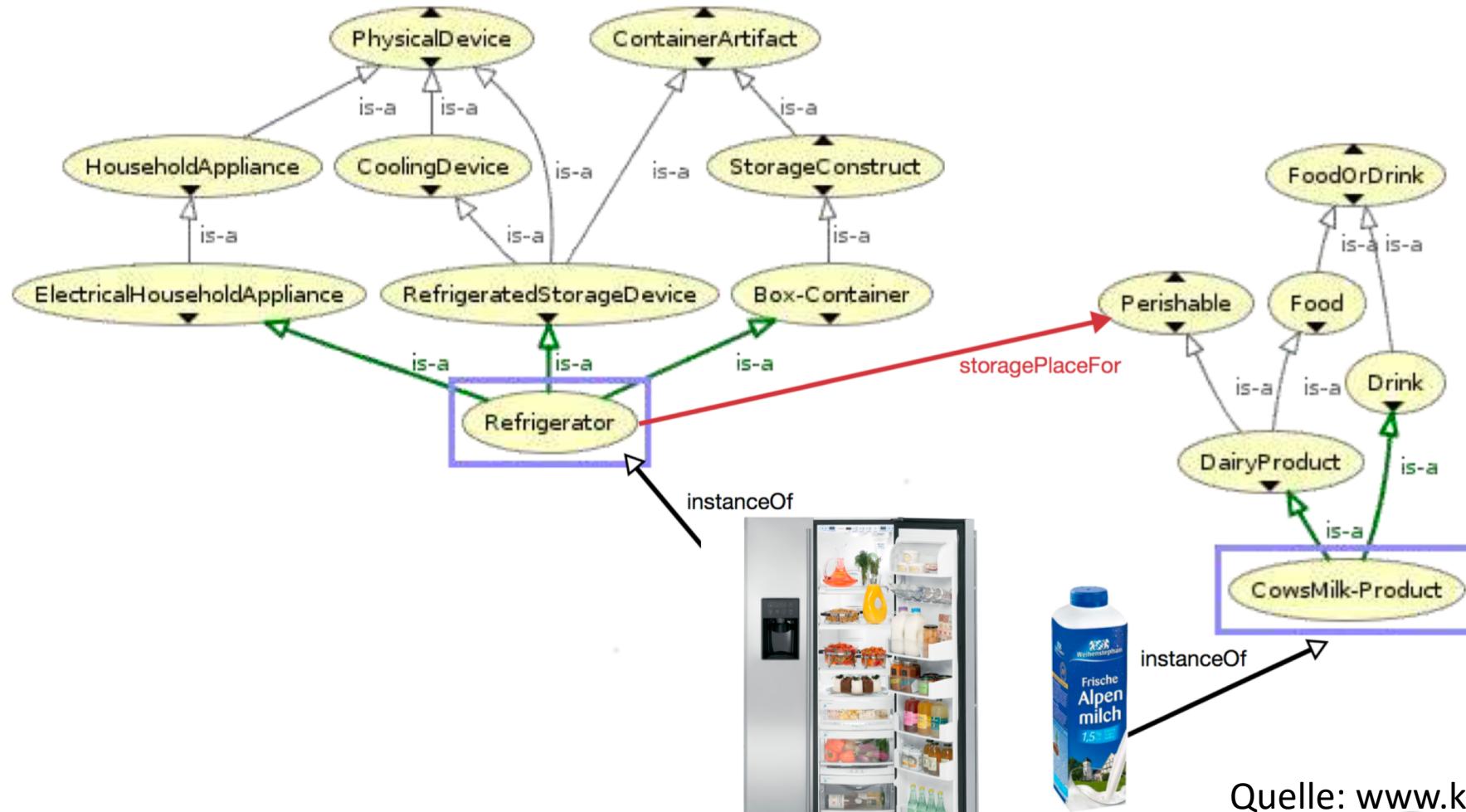
- 250g Mehl
- 2 Eier
- 350ml Milch
- 1/2 EL Backpulver
- 2 EL Butter oder Pflanzenöl
- 3 EL Zucker
- 2 TL Speise-Natron

Vorgehensweise



Quelle: www.knowrob.org

KnowRob: Beschreibung von Gegenständen



Quelle: www.knowrob.org

DIGITALE SCHATTEN / ZWILLINGE

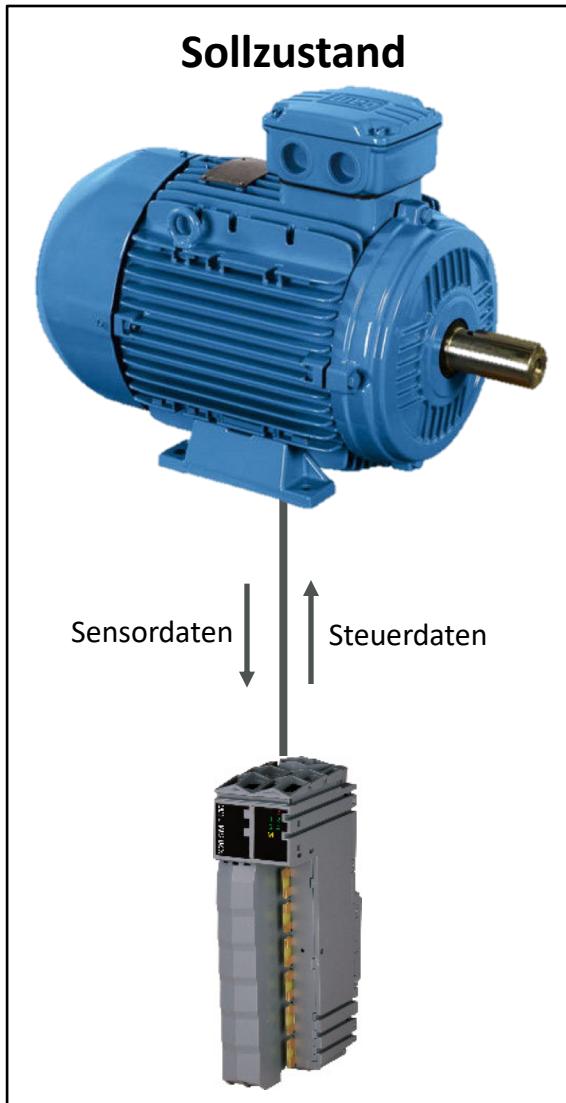
Digitaler Zwilling



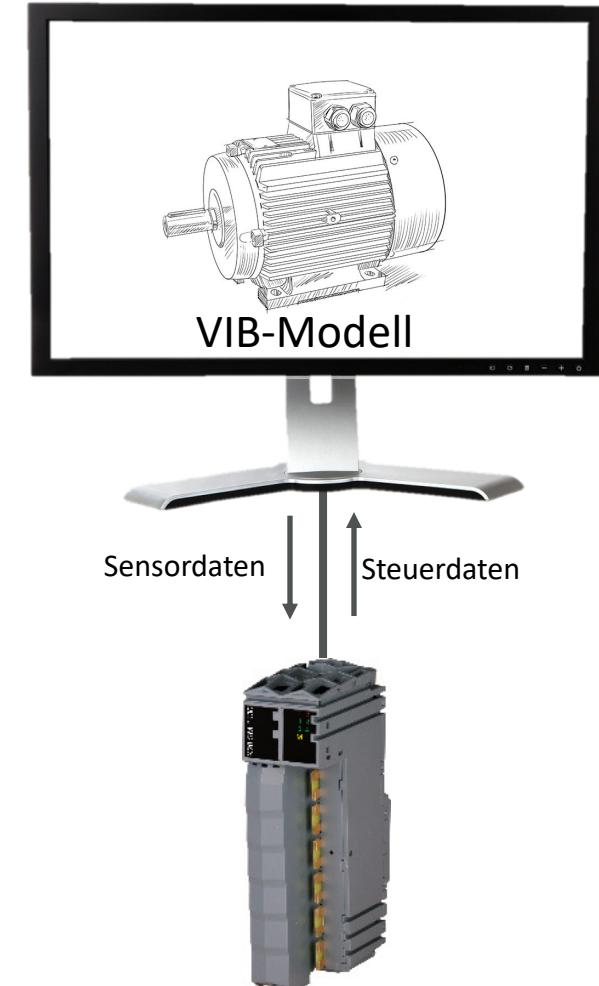
Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=y0ZxE7hYf8w>

- Einspielen, Erproben und Ändern von Planungsdaten auf virtuellen Maschinen
- 3D-Simulationen als Basis um Verhalten von Maschinen nachzubilden
- Mehre Ebenen:
 - SPS-Ebene
 - Materialfluss-Ebene
 - Prozess-Ebene
- Vorteil:
 - Erkennung von unvorhergesehenen Fehlern in der Entwicklungsphase
 - Optimierung der Anlage möglich

Virtuelle Inbetriebnahme auf SPS-Ebene



- Modell wird mit realer Steuerung (z. B. SPS) verbunden (**Hardware In the Loop-Testing**)
- Logik der Steuerung kann getestet werden
- Aktuator-/Steuer-Signale werden vom VIB-Modell interpretiert und steuern das Modell
- Modell liefert Sensor-Signale an die reale Steuerung



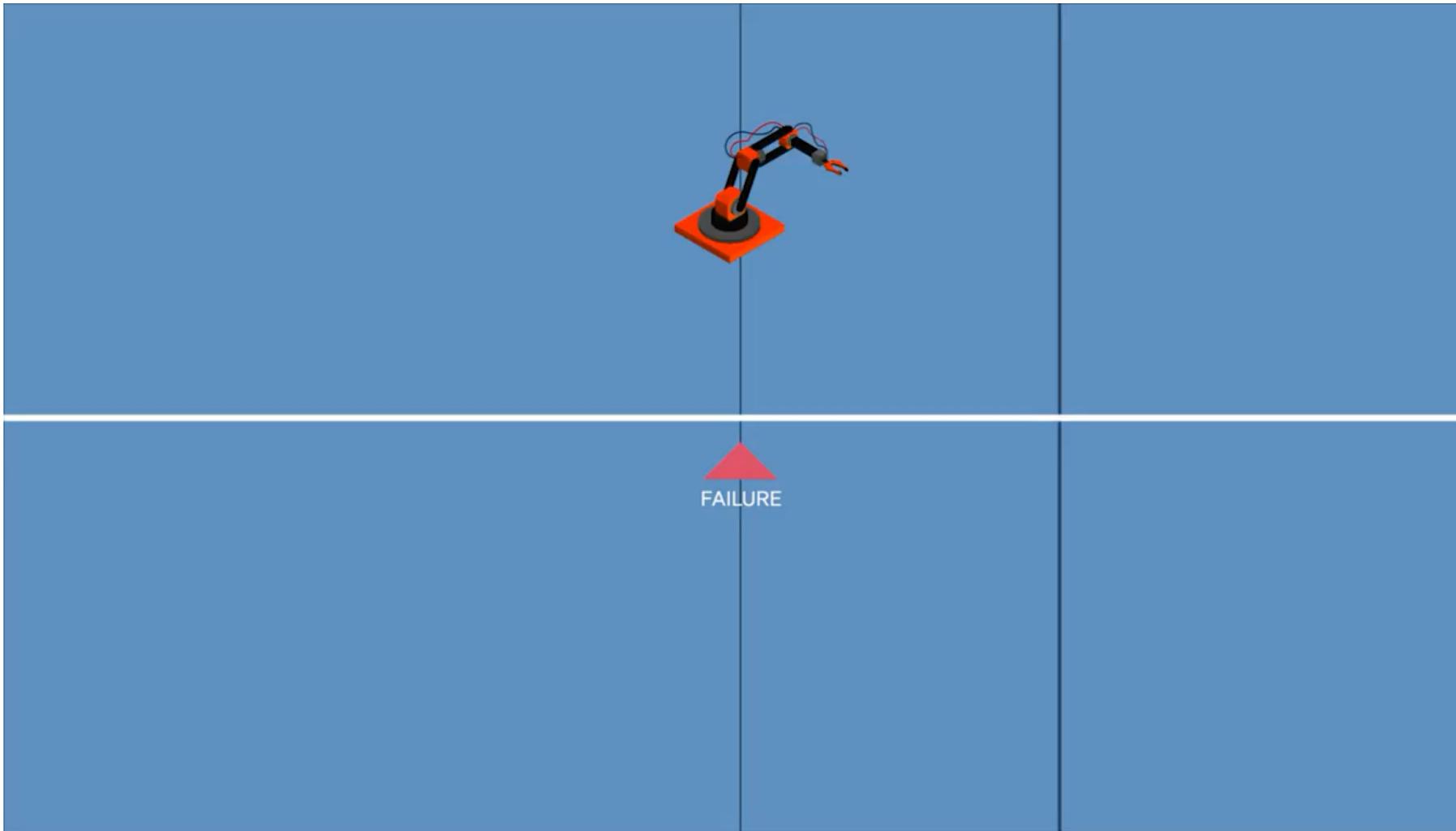
Virtuelle Inbetriebnahme



- Digitaler Schatten
 - Zeigt das extern erstellte **Datenprofil einer Komponente**
 - Die Datenprofile werden mithilfe von Algorithmen erstellt, die die **Erfassung, Analyse, Auswertung und Konsolidierung der Maschinenendaten** beinhaltet
 - Der digitale Schatte dient als **Entscheidungsgrundlage für Wartungen**
- Digitaler Zwilling
 - Überführt den realen Produktionsprozess in die virtuelle Welt.
 - Der Digitale Zwilling kann darauf aufbauend durch ein **Prozessmodell und Simulation** ein möglichst identisches Abbild der Realität liefern.

PREDICTIVE MAINTENANCE

Predictive Maintenance

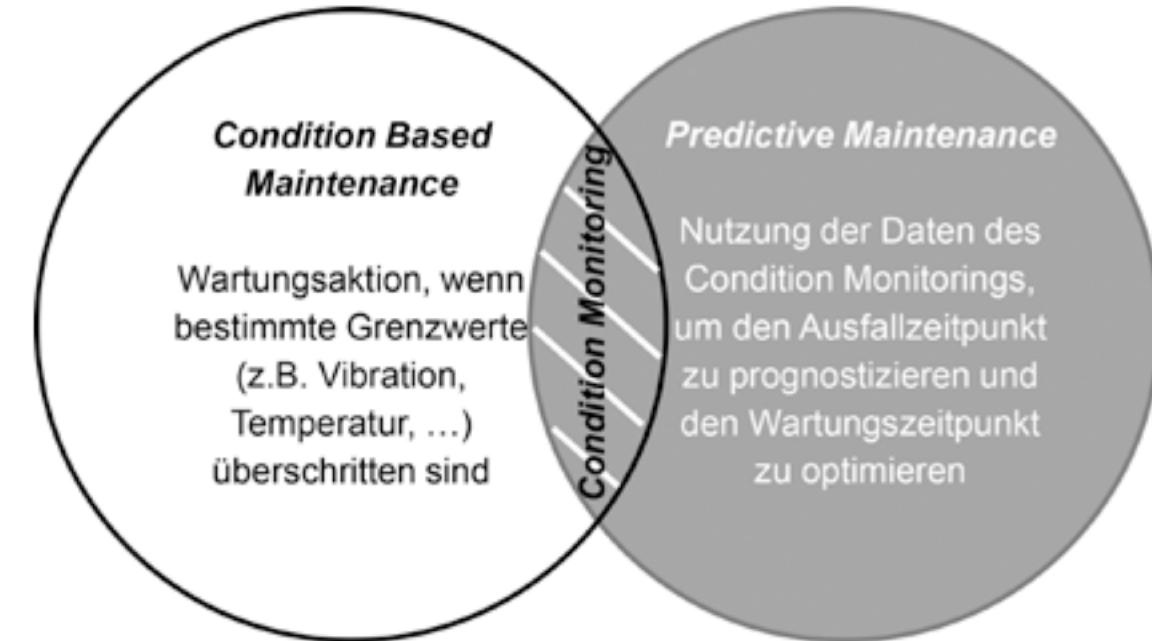


Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=ACH1uqdhU_o

- Instandhaltungskosten sind die Hauptausgaben der Betriebskosten kann je nach Produktion zwischen 15% und 60% variieren
 - Instandhaltungskosten in der Lebensmittelproduktion betragen ungefähr 15%
 - Instandhaltungskosten in der Stahlindustrie betragen ca. 60%
- Man unterscheidet Grundsätzlich zwischen vier Arten von Instandhaltung
 - **Run-to-Failure Management**
 - Erst nach Ausfall von Teilen wird eine Instandhaltung gemacht
 - + Dadurch entstehen keine Kosten bis zum Ausfall
 - Kompletausfall von Teilen kann zur Zerstörung weiterer Teile führen
 - **Preventive Maintenance**
 - In bestimmten Intervallen werden Teile gewartet. Als Zeiteinheit wird meiste die mean-time-to-failure (MTTF) verwendet
 - + Geringere Wahrscheinlichkeit für Kompletausfall
 - Teile ohne Einschränkungen werden ebenfalls gewartet
 - **Condition Based Maintenance**
 - Zustandsbasierte Wartung durch zum Beispiel Sensoren (Temperatur oder Vibration)
 - Bei der Überschreitung von Schwellwerten wird eine Instandhaltung durchgeführt
 - **Predictive Maintenance**

Was ist Predictive Maintenance? (1)

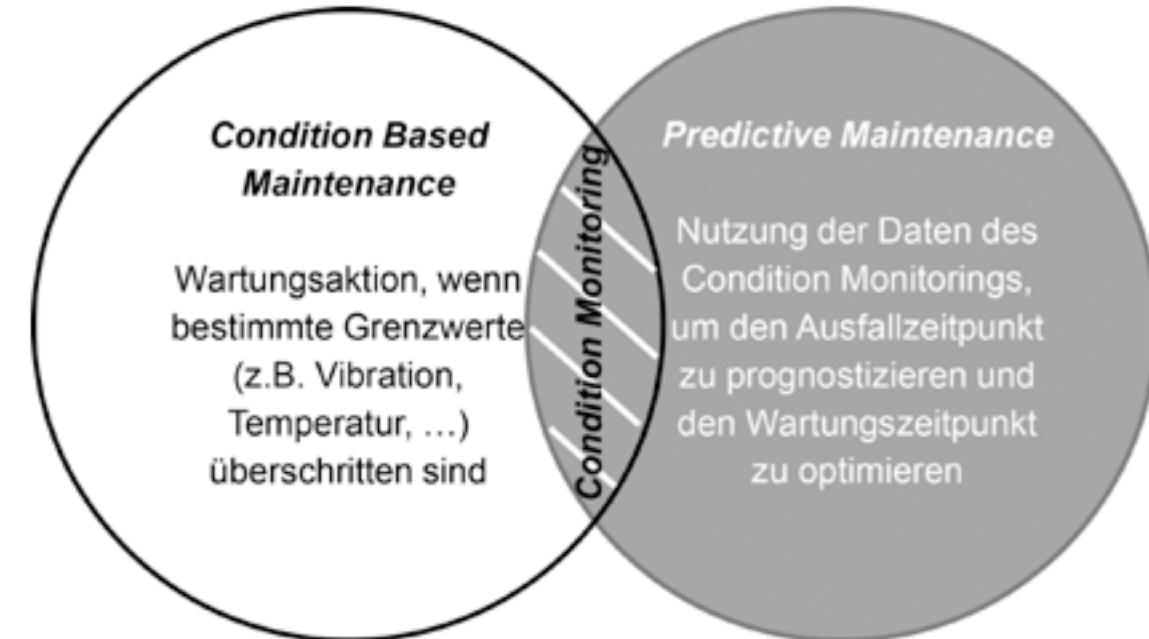
- **Predictive Maintenance** oder auch **vorausschauende Wartung** ist definiert als Ableitung von Wartungsinformationen auf Basis von Live-Maschinen- und Produktionsdaten, um Maschinen und Anlagen proaktiv zu warten, bevor es zu Stillständen oder Qualitätsverlusten kommt.
- Ist eine **Weiterentwicklung** der **zustandsbasierten Wartung** (Condition Based Maintenance)
- Durch Vorhersage von Maschinenausfällen und die entsprechende Vorbeugung, sparen Unternehmen erhebliche Ausfallkosten



Quelle: [Zhai 2018]

Was ist Predictive Maintenance? (2)

- Durch den Einsatz von leistungsfähiger Sensorik, hoher Rechenkapazität und intelligenter Algorithmen kann das **Verschleißverhalten** einer Komponente bzw. der Maschine **vorhergesagt** werden
- Im Unterschied zur rein zustandsbasierten Wartung reagiert die vorausschauende Wartung nicht auf die Überschreitung eines Schwellwertes, sondern prognostiziert den Ausfallzeitpunkt und ermöglicht so auch deren Beeinflussung und die **Optimierung des Wartungszeitpunktes**



Quelle: [Zhai 2018]

Was ist Predictive Maintenance? (3)

Assoziation zu traditionellen Wartungsstrategien



Quelle: [Foxworth 2018]

Beispiel: Austausch von Teilen

- Zu früher Austausch verursacht hohe Präventionskosten
- Zur zu späten Austausch können andere Teile beschädigt werden und dadurch hohe Reparaturkosten entstehen
- Predictive Maintenance für die Bestimmung des optimalen Zeitpunktes

Die 4 Phasen des Predictive Maintenance



Quelle: [Foxworth 2018]

Collect

- Aufnahme von allen Daten der Maschine durch Sensoren

Analyze

- Bestimmen der Parameter die einen Fehler detektieren

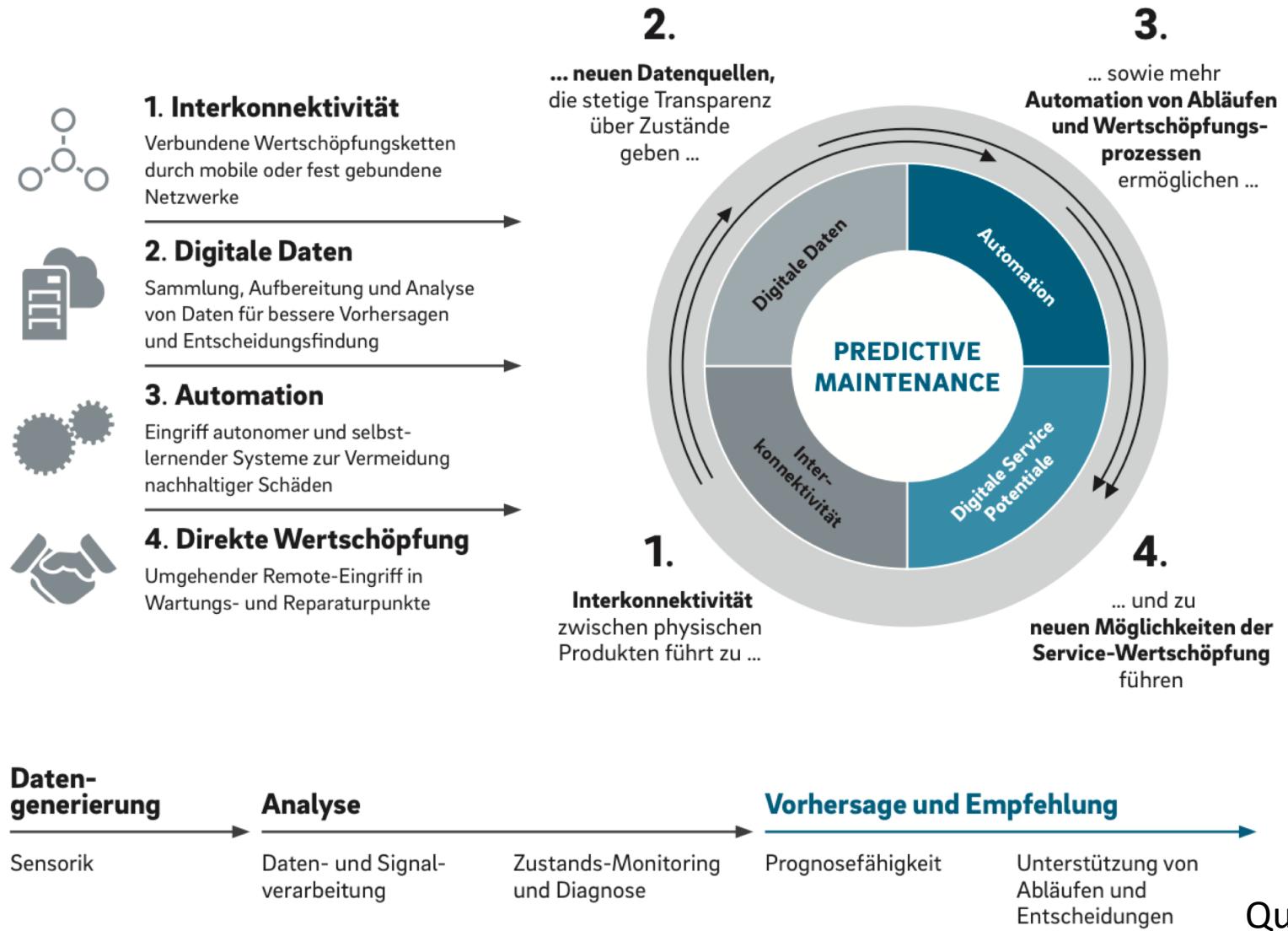
Predict

- Vorhersagen von Fehlern und Ausfällen

Reakt

- Automatische Reaktion auf die Vorhersagen

SWT unterstützt Predictive Maintenance

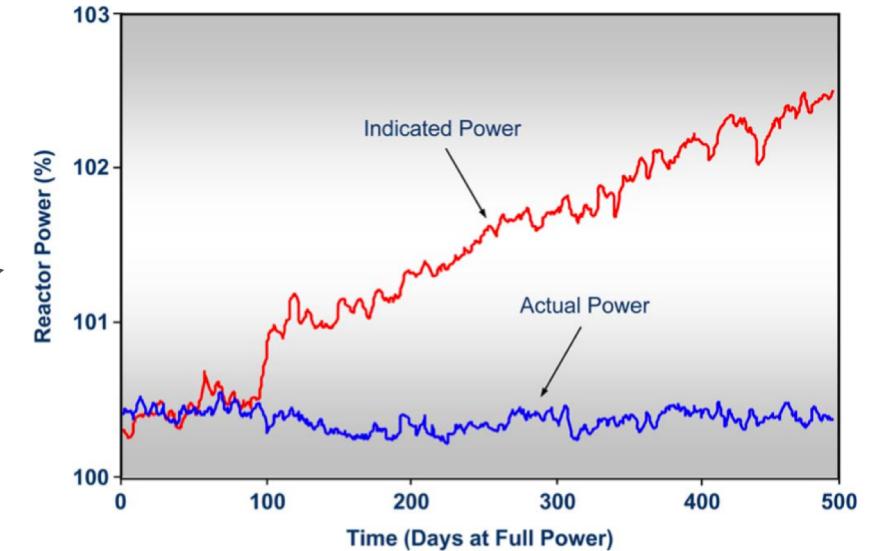


Quelle: [Feldmann 2017]

Erkennung von zustandsbasierten Fehlern

Equipment	Vibration	Humidity	Ambient Temperature	Ambient Pressure	Acoustic Signal	Thermography	Motor Current	Insulation Resistance	Electrical Capacitance	Electrical Inductance
Pump	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Valve		✓		✓	✓					
Motor/Fan	✓		✓		✓	✓	✓			✓
Heat Exchangers	✓	✓	✓	✓						
Steam Turbine	✓	✓	✓	✓	✓					
Electrical & Electronic Equipment			✓			✓		✓	✓	✓
Cables and Connectors			✓			✓		✓	✓	✓
Pump Seal		✓		✓	✓			✓		
Piping/ Structures	✓				✓					
Compressor	✓				✓	✓	✓			

Erkennungsmerkmale für das Fehlverhalten von Komponenten



Quelle: [Hashemian 2011]

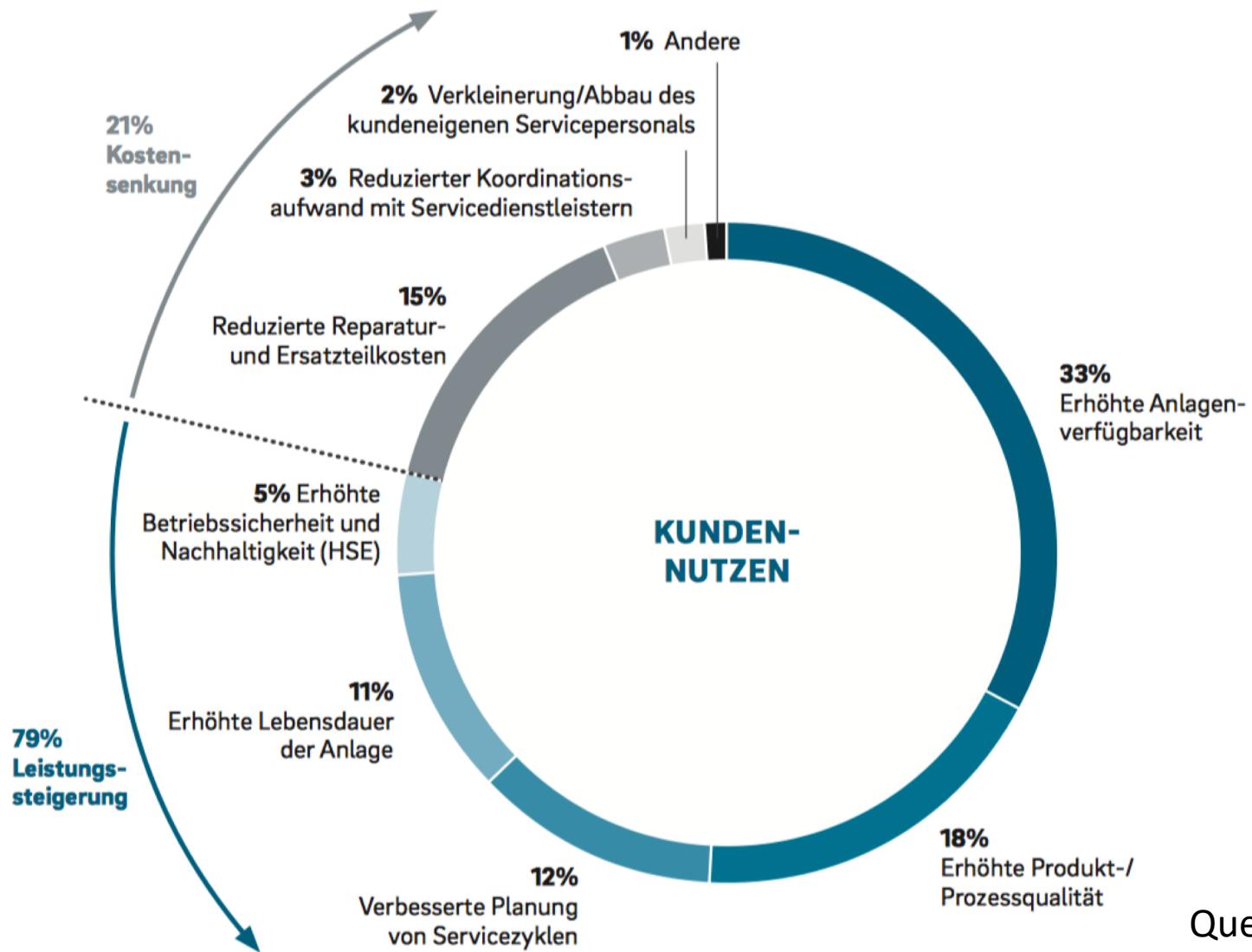
Beispiel:

Erkennung von Verschmutzungen in Lüftungsanlagen
Vergleich zwischen Ist- und Soll (Motorstrom)

- Ziele von Predictive Maintenance sind:
 - Null-Fehler-Produktion
 - Verfügbarkeitsoptimierung
 - Ursachenanalyse
 - Automatische Maßnahmenableitung
 - Vermeidung von Kosten für unnötige Instandhaltungsmaßnahmen

- Predictive Maintenance hat folgende Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren
 - bessere Planung von Wartungs- und Serviceintervallen
 - weniger ungeplante Maschinenausfälle
 - optimiertes Ersatzteilmanagement
 - höhere Maschinenleistung
 - bessere Maschinenkenntnis durch Auswertung der gesammelten Daten

Vorteile von Predictive Maintenance



Quelle: [Feldmann 2017]

- Semantische Beschreibungen in der Industrie
 - Formale und flexible Wissensrepräsentation
 - Reasoning als Qualitätskontrolle
 - Engineering Knowledge Base Framework
 - Ontologien für Industrieanwendungen
- Digitaler Zwilling
 - Virtuelle Inbetriebnahme
 - Digitaler Schatten
 - Digitaler Zwilling
- Predictive Maintenance
 - Vorausschauende Wartung
 - Optimierung der Wartungszeitpunkte

Empfohlene und weiterführende Literatur

- [Biffl 2016] Stefan Biffl et al.: „Semantic web technologies for intelligent engineering applications“; Springer-Verlag, 2016.
- [Vogel 2017] Birgit Vogel-Heuser et al.: „Handbuch Industrie 4.0 Bd.2“; Springer-Verlag, 2017
- [Hepp 2010] Martin Hepp „eClassOWL - The Web Ontology for Products and Services“, 2010,
<http://www.heppnetz.de/projects/ecllassowl/>
- [Kovalenko 2016] Olga Kovalenko et al.: „AutomationML Ontology“, TU Wien, 2016, <http://i40.semantic-interoperability.org/automationml/Documentation/index.html>
- [Zhai 2018] Simon Zhai et al.: „Predictive Maintenance als Wegbereiter für die instandhaltungsgerechte Produktionssteuerung“; Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 2018, <https://www.hanser-elibrary.com/doi/pdf/10.3139/104.111912>
- [Foxworht 2017] Taron Foxworht, „Using IOT and machine learning for industrial predictive maintenance“ Losant, 2017,
<https://www.losant.com/blog/using-iot-and-machine-learning-for-industrial-predictive-maintenance>
- [Hashemian 2011] H. Hashemian, „State-of-the-Art Predictive Maintenance Techniques“, IEEE, 2011
- [Feldmann 2017] Sebastian Feldmann et al. „Predcitive Maintenance – Service der Zukunft“ VDMA, 2017,
https://www.rolandberger.com/de/Publications/pub_predictive_maintenance_2017.html