



Institut für Automatisierungstechnik

Beitrag zum TuLAUT-Workshop am 15.10.2021

Folien 2-13:

Merkmale einer produktunabhängigen Beschreibung von Anwendungsfällen Digitaler Zwillinge

Folien 14-22:

Überblick über Forschungsarbeiten der Professur zu Digitalen Zwillingen



HELMUT SCHMIDT
UNIVERSITÄT

Universität der Bundeswehr Hamburg

Agenda



- Aspekte des Forschungsgebietes „Digitaler Zwilling“
- Anwendungen „Digitaler Zwillinge“
- Produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen „Digitaler Zwillinge“
- Zusammenfassung und Ausblick
- Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ am Institut für Automatisierungstechnik

Aspekte des Forschungsgebietes „Digitaler Zwilling“



- Der Digitale Zwilling im bisherigen Workshop
 - Einsatz unterschiedlicher Modelle
 - Realisierungen in unterschiedlichen Umgebungen
 - Unterschiedliche Zielstellungen
 - Unterschiedliche Ausprägungen hinsichtlich Eigenschaften, Verhaltensweisen und Fähigkeiten

⇒ Unterschiedliche Anwendungen bedingen unterschiedliche Definitionen

Aspekte des Forschungsgebietes „Digitaler Zwilling“



■ Vielfältige Anwendungslandschaft (Beispiele)

 <p>Connected Car</p> <p>Digital Twins bilden umfangreiche Fahrzeugdaten ab (z.B. Motor-/Wartungszustand); Echtzeit-Geoinformationen liefern standortspezifische Warnungen (z.B. Glatteis, Falschfahrer).</p>	 <p>Energie</p> <p>Digitale Zwillinge von Windrädern ermöglichen u.a. Predictive Maintenance. Sensordaten von Windparks und (virtuellen) Kraftwerken machen kontinuierliche Überwachung möglich.</p>	 <p>Gesundheit</p> <p>Der Digital Twin bildet Gesundheitsdaten eines Patienten vollständig ab; Messung von Vitaldaten durch mobile Gesundheits-Devices und Apps erlaubt ein enmaschiertes Monitoring.</p>	 <p>Smart Home</p> <p>Die digitale Kopie des Hauses unterstützt die vernetzte Steuerung von Licht, Jalousien, Klimatisierung, Alarmsystem; Analytics ermöglicht individuelle Anpassung an Nutzungsmuster.</p>	 <p>IT</p> <p>Digital Twins von Rechenzentren ermöglichen deren Überwachung und Steuerung (Temperatur, Energieverbrauch) sowie Planung und Simulation von Kapazitäten bzw. neuen Rechenzentren.</p>
 <p>Logistik</p> <p>Digital Twins simulieren, visualisieren und optimieren den Materialfluss; Real-Time Monitoring der Auslastung logistischer Prozesse bzw. vollständig vernetztes Fleet Management werden möglich.</p>	 <p>Luftfahrt</p> <p>Digitale Zwillinge z.B. von Triebwerken monitoren und analysieren z.B. Vibrationen, Öl-Druck, Öltemperatur zur frühzeitigen Identifizierung von Störungen; ermöglichen Predictive Maintenance.</p>	 <p>Smart City</p> <p>Digital Twins ganzer Städte führen unterschiedlichste Standortdaten zur intelligenten Verkehrssteuerung zusammen; ermöglichen smartes Parkmanagement und vernetzte Straßenbeleuchtung.</p>	 <p>Produktion</p> <p>Digitale Zwillinge überwachen und steuern Maschinen, Produktionsstraßen, Industrieparks; kognitive Elemente erkennen eigenständig Fehler und schlagen Lösungen zu deren Behebung vor.</p>	 <p>Telekommunikation</p> <p>Digitale Kopien überwachen komplexe Netzinfrastrukturen (Auslastung, Network Downtime) und ermöglichen ein übergreifendes Netzmanagement.</p>

Quelle: Deloitte

Die Lufthansa entwickelt einen digitalen Zwilling für Flugzeuge



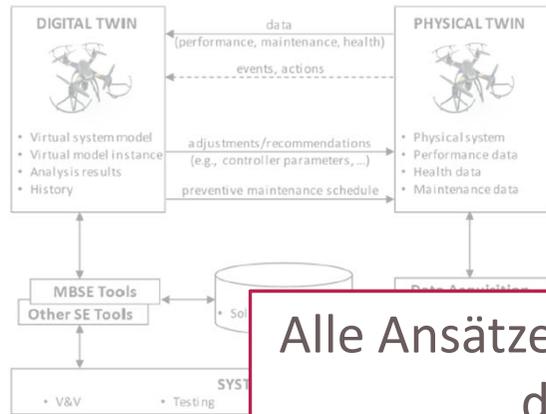
Der digitale Zwilling simuliert ganze Fabriken

Unternehmen müssen neue Produkte und Services immer schneller auf den Markt bringen. Gut, wenn sie deren Entwicklung beschleunigen können. Digitale Zwillinge - die virtuellen Abbilder von Maschinen oder ganzer Fabriken - machen's möglich.

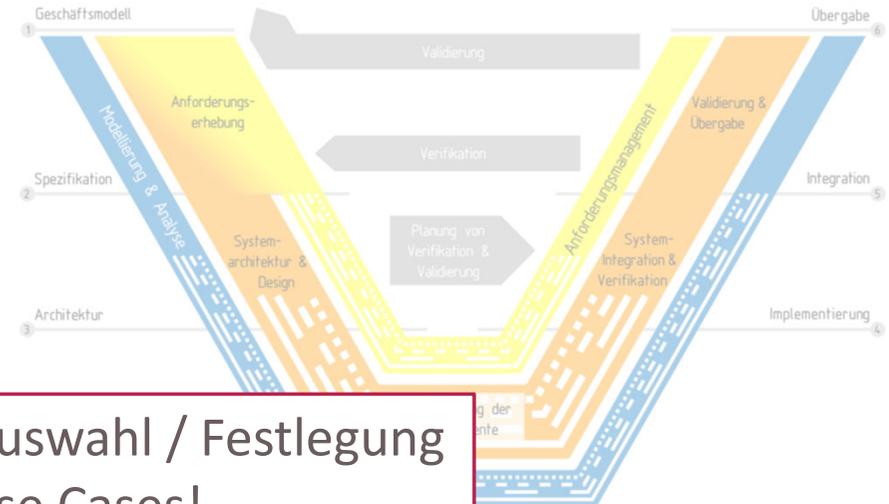
Aspekte des Forschungsgebietes „Digitaler Zwilling“



■ Unterschiedliche Entwicklungsansätze (Beispiele)

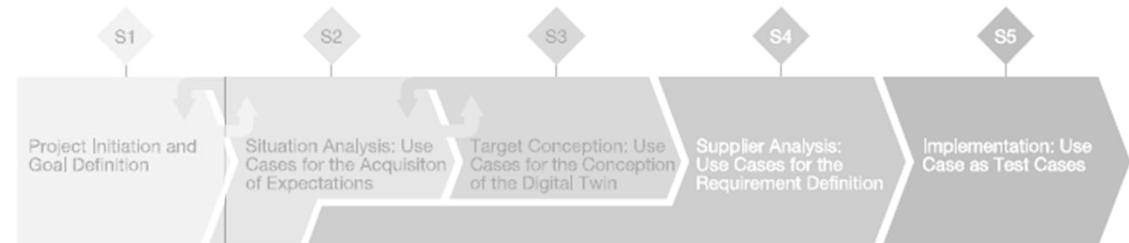
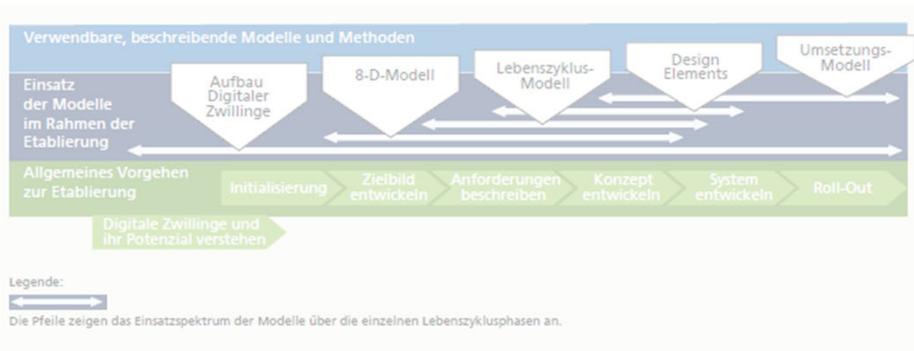


Alle Ansätze beruhen auf einer Auswahl / Festlegung der Anwendungen / Use Cases!



A. M. Madni et al. – „Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering“ (2019)

VDI / VDE 2206 – „Entwicklung cyber-physischer mechatronischer Systeme (CPMS)“ (2020)



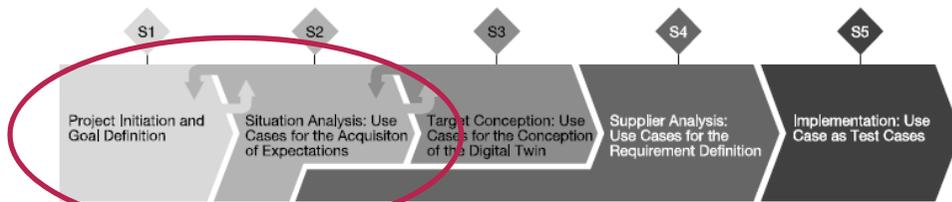
T. Riedelsheimer et al. – „Digital Twin Readiness Assessment“ (2020)

S. Schweigert-Recksieck et al. – „Conception of a Digital Twin in Mechanical Engineering“ (2020)

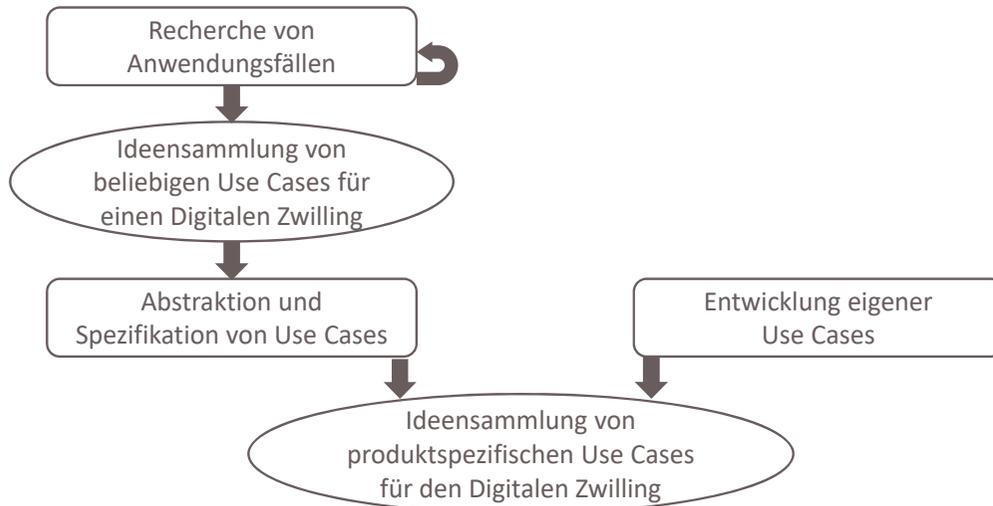
Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



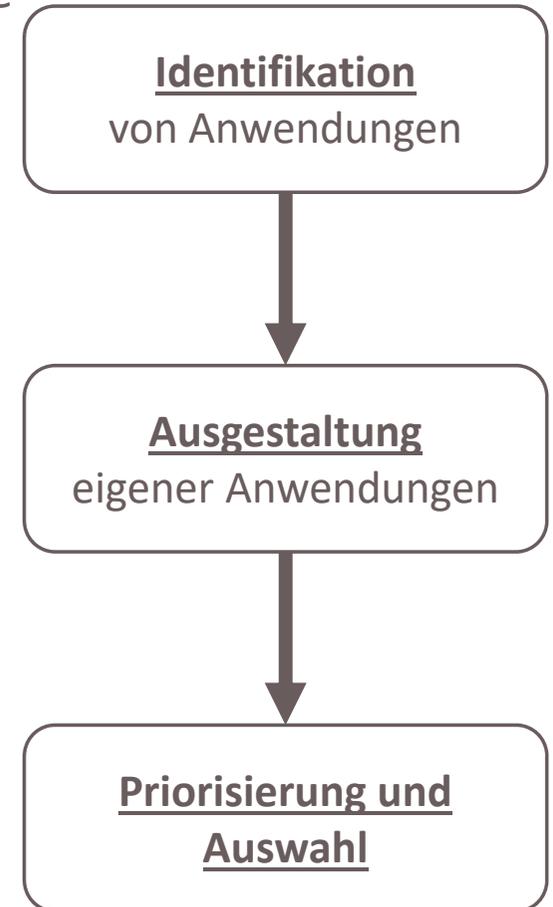
■ Identifikation und Auswahl der Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



S. Schweigert-Recksieck et al. – „Conception of a Digital Twin in Mechanical Engineering“ (2020)



C. S. Gundlach et al. – „Zielgerichtete Auswahl von Use Cases für einen digitalen Zwilling in der Prozessautomatisierung“ (2020)



Anwendungen „Digitaler Zwillinge“

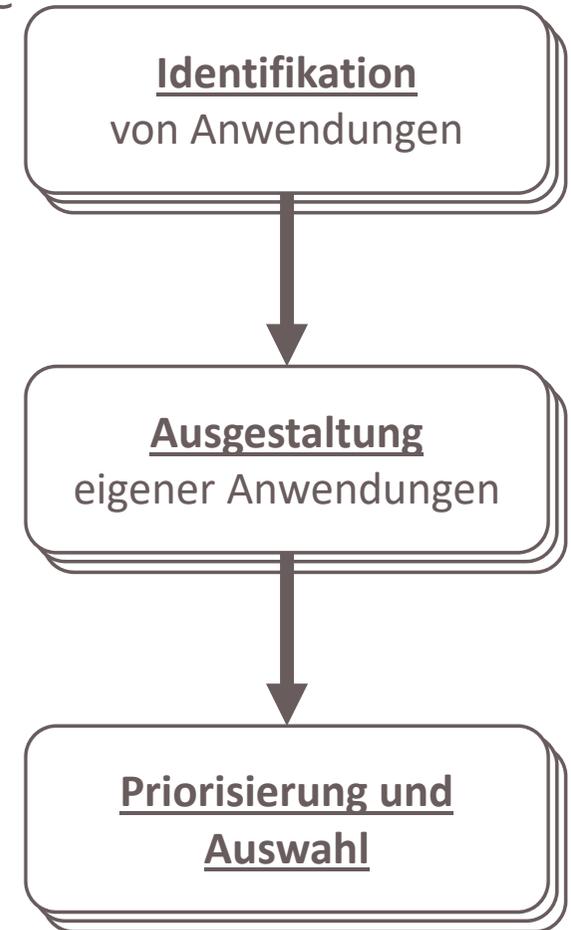


- Identifikation und Auswahl der Anwendungen „Digitaler Zwillinge“

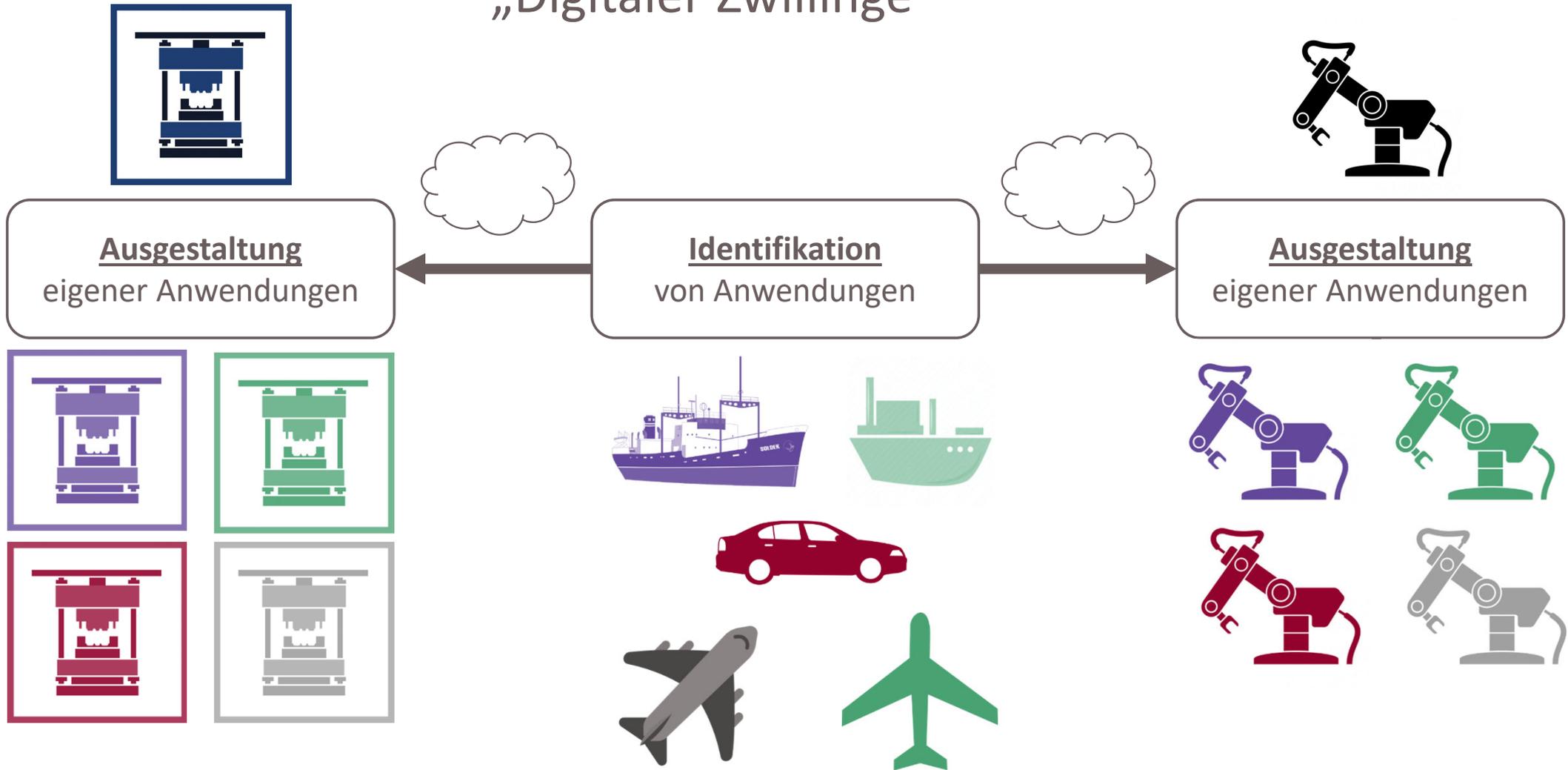
- „**Ausgestaltung** eigener Anwendungen“ erfolgt produktspezifisch durch Abstraktion vom Ursprungs-Produkt und Spezifikation für das Ziel-Produkt
- Produktwechsel erfordert erneute Durchführung von Abstraktion und Spezifikation

⇒ Wiederverwendung der Anwendungen ist erschwert

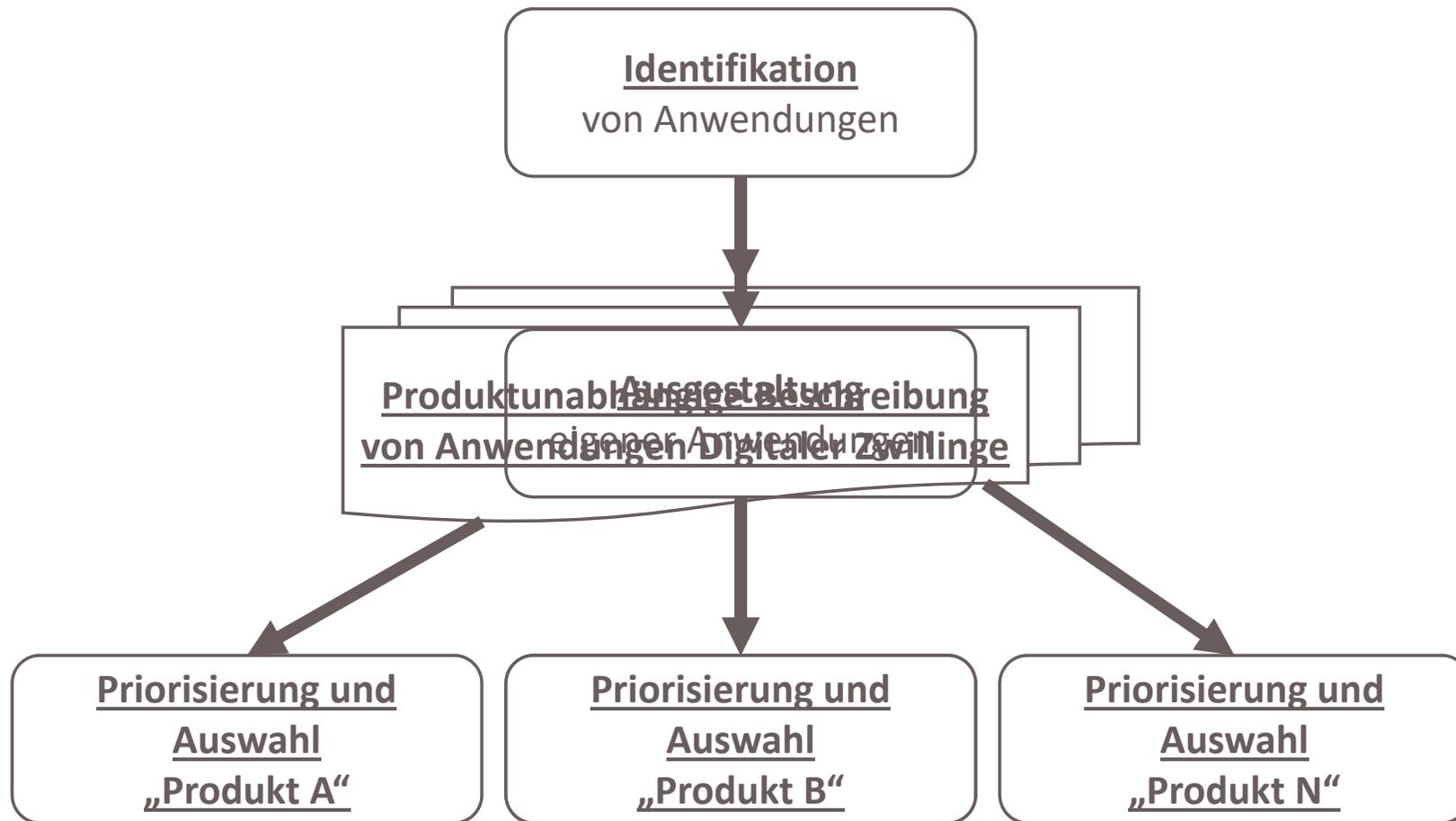
- Hypothese:
Lösung der Produktbindung der Anwendungen ermöglicht eine vereinfachte Wiederverwendung



Produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



Produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



Produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



- Basis der Beschreibung sind bekannte Anwendungsfälle von Digitalen Zwillingen
- Abstraktion vom jeweiligen Ursprungs-Produkt ermöglicht Identifikation:
 - **Mehrwert** des Anwendungsfalls für die Produktwertschöpfung bzw. den Kunden
 - **Notwendige Leistungserbringung** für den Anwendungsfall
- Spezifikation der Beschreibung für das Ziel-Produkt liefert Anwendungsfall

Produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



Identifikation
von Anwendungen



Produktunabhängige
Beschreibung von Anwendung
Digitaler Zwilling



Produktunabhängige
Beschreibung von Anwendung
Digitaler Zwilling



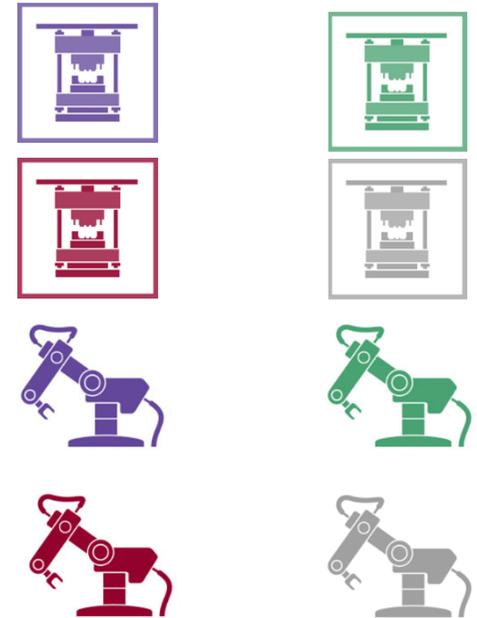
Produktunabhängige
Beschreibung von Anwendung
Digitaler Zwilling



Produktunabhängige
Beschreibung von Anwendung
Digitaler Zwilling



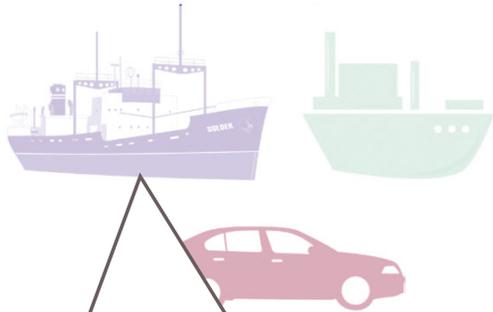
Ausgestaltung
eigener Anwendungen



Produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen „Digitaler Zwillinge“



Identifikation
von Anwendungen



Verschleißabhängige Wartung bei Schiffen

Verbaute Sensorik überwacht den Zustand von Verschleißteilen und ermöglicht so eine Prognose über die verbleibende Nutzungsdauer

Produktunabhängige
Beschreibung von Anwendung
Digitaler Zwilling

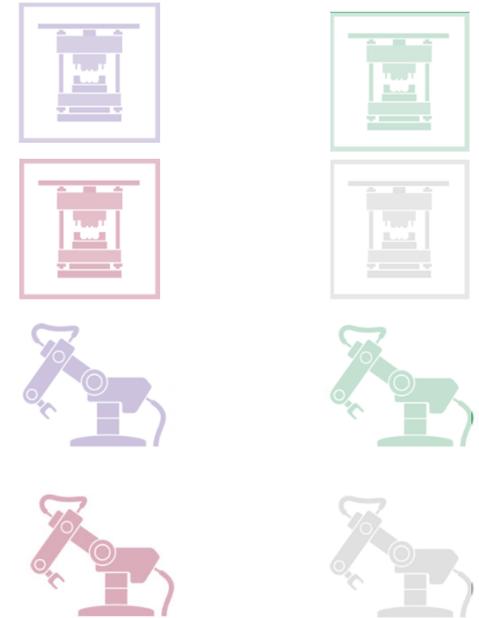
Produktunabhängige
Beschreibung von Anwendung
Digitaler Zwilling

Produktunabhängige

Produktunabhängige Beschreibung

- **Mehrwert:**
Prognose zur verbleibenden Nutzungsdauer
- **Notwendige Leistungserbringung:**
Abgleich des aktuellen Zustands mit Nutzungsvorgaben

Ausgestaltung
eigener Anwendungen



Zusammenfassung und Ausblick



- Ausprägungen, Aufbau und Fähigkeiten eines Digitalen Zwillings werden maßgeblich durch seine produktspezifischen Anwendungsfälle bestimmt
- Die Wiederverwendung von produktspezifischen Rechercheergebnissen ist erschwert
- Die produktunabhängige Beschreibung von Anwendungsfällen Digitaler Zwillinge kann eine erhöhte Wiederverwendung begünstigen
- Die iterative Sammlung dieser produktneutralen Beschreibungen kann als Vorlagensammlung etabliert werden

Ansprechpartner Institut für Automatisierungstechnik



- Prof. Dr-Ing. Alexander Fay
Institut für Automatisierungstechnik
Helmut-Schmidt-Universität /Universität der Bundeswehr Hamburg
Holstenhofweg 85
22043 Hamburg
E-Mail: alexander.fay@hsu-hh.de
- M.Sc. Claas Steffen Gundlach
Institut für Automatisierungstechnik
Helmut-Schmidt-Universität /Universität der Bundeswehr Hamburg
Holstenhofweg 85
22043 Hamburg
E-Mail: CSGundlach@hsu-hh.de

Übersicht Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“



- Der DZ eines Systems (Ansprechpartner: Leif-Thore Reiche, Leif-Thore.Reiche@hsu-hh.de)
- Methodische Unterstützung bei der Auswahl von Anwendungen DZ (Ansprechpartner: Claas Steffen Gundlach, CSGundlach@hsu-hh.de)
- Merkmale einer produktunabhängigen Beschreibung von Anwendungen DZ (Ansprechpartner: Claas Steffen Gundlach, CSGundlach@hsu-hh.de)
- Autonome und kooperative Verwaltungsschale - Standardisierung von Verhaltens- und Interaktionsmodellen (Ansprechpartner: Felix Gehlhoff, felix.gehlhoff@hsu-hh.de)
- Modellierung von Informationsanforderungen an DZ (Ansprechpartner: Claas Steffen Gundlach, CSGundlach@hsu-hh.de)
- Methode zur kontinuierlichen Reduzierung von Unsicherheiten in Planungsprozessen durch die Nutzung des DZ (Ansprechpartner: Lasse Beers, lasse.beers@hsu-hh.de)
- Implementierung eines intelligenten DZ für prozesstechnische Brownfield-Anlagen (Ansprechpartner: Malte Ramonat, malte.ramonat@hsu-hh.de)
- Digital Twin Framework for Reconfiguration Management (Ansprechpartner: Birte Caesar, birte.caesar@hsu-hh.de)

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ I



- Der DZ eines Systems (Ansprechpartner: Leif-Thore Reiche, Leif-Thore.Reiche@hsu-hh.de)
 - Der Digitale Zwilling eines Systems wird durch ein Netzwerk Digitaler Zwillinge seiner Systemkomponenten gebildet
 - Die Digitalen Zwillinge der Komponenten verbleiben als Informationsträger und werden über die Kompositionsinformationen des Digitalen Zwillinges des Systems aggregiert
- ⇒ L.-T. Reiche, C.S. Gundlach, G. Mewes, A. Fay: The Digital Twin of a System: A Structure for Networks of Digital Twins. In: 26th IEEE International Conference on Emerging Technologies And Factory Automation (ETFA 2021), September 07-10, 2021, Västerås, Sweden.

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ II



- Methodische Unterstützung bei der Auswahl von Anwendungen (Ansprechpartner: Claas Steffen Gundlach, CSGundlach@hsu-hh.de)
 - Digitale Zwillinge werden geprägt durch ihre Anwendungen
 - Die Auswahl der Anwendungen erfolgt zweiphasig durch ‘Identifikation von produktspezifischen Anwendungen’ und anschließend der ‘Bewertung und Reihung der Anwendungen’
 - Dies ermöglicht eine zielgerichtete Auswahl von Anwendungen für den eigenen produktspezifischen Digitalen Zwilling unter Berücksichtigung eigener wirtschaftlicher, unternehmensbezogener und technologischer Faktoren
- ⇒ C.S. Gundlach, A. Fay: Industrie 4.0 mit dem „Digitalen Zwilling“ gestalten: Eine methodische Unterstützung bei der Auswahl der Anwendungen. *Industrie 4.0 Management*, Vol. 2020 (2), 2020, S. 7–10. https://doi.org/10.30844/I40M_20-2_S7-10
- ⇒ C.S. Gundlach, F. Brune, L.-T. Reiche, A. Fay, M. Lefebvre, B. von Stein: Zielgerichtete Auswahl von Use Cases für einen digitalen Zwilling in der Prozessautomatisierung. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): *Automation 2020: Shaping Automation for our Future*. Düsseldorf: VDI Verlag (VDI-Berichte, 2375), S. 483–498, 2020. <https://doi.org/10.51202/9783181023754-483>

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ III



- Merkmale einer produktunabhängigen Beschreibung von Anwendungen DZ (Ansprechpartner: Claas Steffen Gundlach, CSGundlach@hsu-hh.de)
 - Die Identifikation von Anwendungsfällen eines eigenen produktspezifischen Digitalen Zwillings baut auf Rechercheergebnissen von fremden produktspezifischen Anwendungen Digitaler Zwillinge auf.
 - Eine Abstraktion vom Ursprungsprodukt und eine Spezifikation für das Zielprodukt sind notwendig
 - Die produktunabhängige Beschreibung von Anwendungen Digitaler Zwillinge dokumentiert die Abstraktionsergebnisse und ermöglicht die wiederholte Spezifikation für unterschiedliche Zielprodukte

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ IV



- Autonome und kooperative Verwaltungsschale - Standardisierung von Verhaltens- und Interaktionsmodellen (Ansprechpartner: Felix Gehlhoff, felix.gehlhoff@hsu-hh.de)
 - Als Alternative zur Kopplung von passiven Verwaltungsschalen mit autonomen Agenten soll in dieser Forschung untersucht werden, mit welchen standardisierten Verhaltens- und Interaktionsmodellen die Verwaltungsschale selbst zu autonomen und kooperativem Verhalten befähigt werden kann.
- ⇒ B. Vogel-Heuser, M. Seitz, L. Cruz Salazar, F. Gehlhoff, A. Dogan, A. Fay: Multi-agent systems to enable Industry 4.0. In: at – Automatisierungstechnik, 68(6), 445-458. <https://doi.org/10.1515/auto-2020-0004>

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ V



- Modellierung von Informationsanforderungen an DZ (Ansprechpartner: Claas Steffen Gundlach, CSGundlach@hsu-hh.de)
 - Die Ermittlung der Informationsanforderungen an einen Digitalen Zwilling basiert auf der Auswahl der Anwendungen des Zwillings
 - Die Aufstellung der User Stories der ausgewählten Anwendungen ermöglicht die Erfassung der durch die Anwendung geforderten Funktionalitäten
 - Zur Identifikation der grundlegenden Funktionen als Untermenge der Funktionalitäten, der Informationspartner und der Informationsabhängigkeiten erfolgt eine iterative Modellierung der Informationsflüsse, die die Ableitung der Informationsanforderungen ermöglicht
- ⇒ C.S. Gundlach, A. Fay: Industrie 4.0 mit dem „Digitalen Zwilling“ gestalten: Eine methodische Unterstützung bei der Auswahl der Anwendungen. *Industrie 4.0 Management*, Vol. 2020 (2), 2020, S. 7–10. https://doi.org/10.30844/I40M_20-2_S7-10

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ VI



- Methode zur kontinuierlichen Reduzierung von Unsicherheiten in Planungsprozessen durch die Nutzung des DZ (Ansprechpartner: Lasse Beers, lasse.beers@hsu-hh.de)
 - Nutzung von operativen und simulativen Daten um Annahmen, die während des Engineering-Prozesses getroffen wurden, zu validieren und zu verbessern

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ VII



- Implementierung eines intelligenten DZ für prozesstechnische Brownfield-Anlagen (Ansprechpartner: Malte Ramonat, malte.ramonat@hsu-hh.de)
 - Automatische Erkennung und Reduzierung von Abweichungen zwischen Modellergebnissen und Sensorwerten
 - Erkennung der Abweichungsursachen im Modell oder in der Anlage
 - Reduzierung des Erstellungsaufwands von DZ durch automatische Generierung von Modellen sowie automatische Parametrierung und Präzisierung anhand realer Anlagenwerte

Forschungsthemen „Digitaler Zwilling“ VIII



- Digital Twin Framework for Reconfiguration Management (Ansprechpartner: Birte Caesar, birte.caesar@hsu-hh.de)
 - Das Framework dient zur Unterstützung von Betreibern von rekonfigurierbaren Fertigungssystemen bei der Auswahl der Konfiguration des Systems sowie der Identifizierung eines Rekonfigurationsbedarfs.
 - Das Framework beschreibt, welche potentiellen Funktionalitäten des Rekonfigurations-Managements auf System und Maschinen Ebene existieren und wie diese zusammenhängen
 - Bietet die Möglichkeit der Konfigurationsauswahl basierend auf unterschiedlichen Optimierungszielen, festgelegt durch den Betreiber