

**DIGITALFESTIVAL 21**

Vom New Normal zum New Better

**»Digitale Durchgängigkeit: Wie der Digitale  
Zwilling Arbeitsprozesse optimiert und im  
Homeoffice unterstützen kann«**

Nikolas Zimmermann und Andreas Werner

Fraunhofer IAO

# Netiquette

Beim Betreten des Raums wird Ihr Bedienpanel eingeblendet:



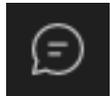
Bitte machen Sie keine **Bilder!**



Bitte schalten Sie während des Vortrags Ihre **Kamera** aus.



Bitte schalten Sie das **Mikrofon** während des Vortragsteils auf "stumm"!



Über den **»Chat«** können Sie jederzeit eine schriftliche Frage stellen.



Stellen Sie gerne auch persönlich Ihre Fragen. Nutzen Sie dafür das Symbol **»Hand heben«**.



Nikolas Zimmermann, Dipl.-Ing.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IAO im Team Digital Engineering seit 2011

Schwerpunktthemen: Digitale Durchgängigkeit, Prozessoptimierung, Engineering IT, Additive Fertigung



Andreas Werner, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IAO im Team Digital Engineering seit 2019

Schwerpunktthemen: Optimierung von Produkt- und Produktionsentwicklung; Digitaler Zwilling von Produktionssystemen

# Unsere Forschungsbereiche



Organisationsentwicklung  
und Arbeitsgestaltung



Dienstleistungs- und  
Personalmanagement



Mensch-Technik-Interaktion



Digital Business



Cognitive Engineering  
and Production



Mobilitäts- und  
Innovationssysteme



Stadtsystem-Gestaltung



Responsible Research  
and Innovation

# Wir machen produzierende Unternehmen schnell, flexibel und digital

Beauftragen Sie uns direkt - Maßgeschneiderte Beratung und aktive Innovationsnetzwerke steigern Ihre Wettbewerbsfähigkeit

## Ihre Herausforderungen sind unser Auftrag:

- Digitalisierung
- Industrie 4.0
- Neue Technologien
  
- Volatilität
- Variantenreichtum
- Losgröße 1
- Geschwindigkeit
  
- Fachkräftemangel
- Generationenmix
- Attraktivität
  
- Globalisierung
- Nachhaltigkeit
- Komplexität

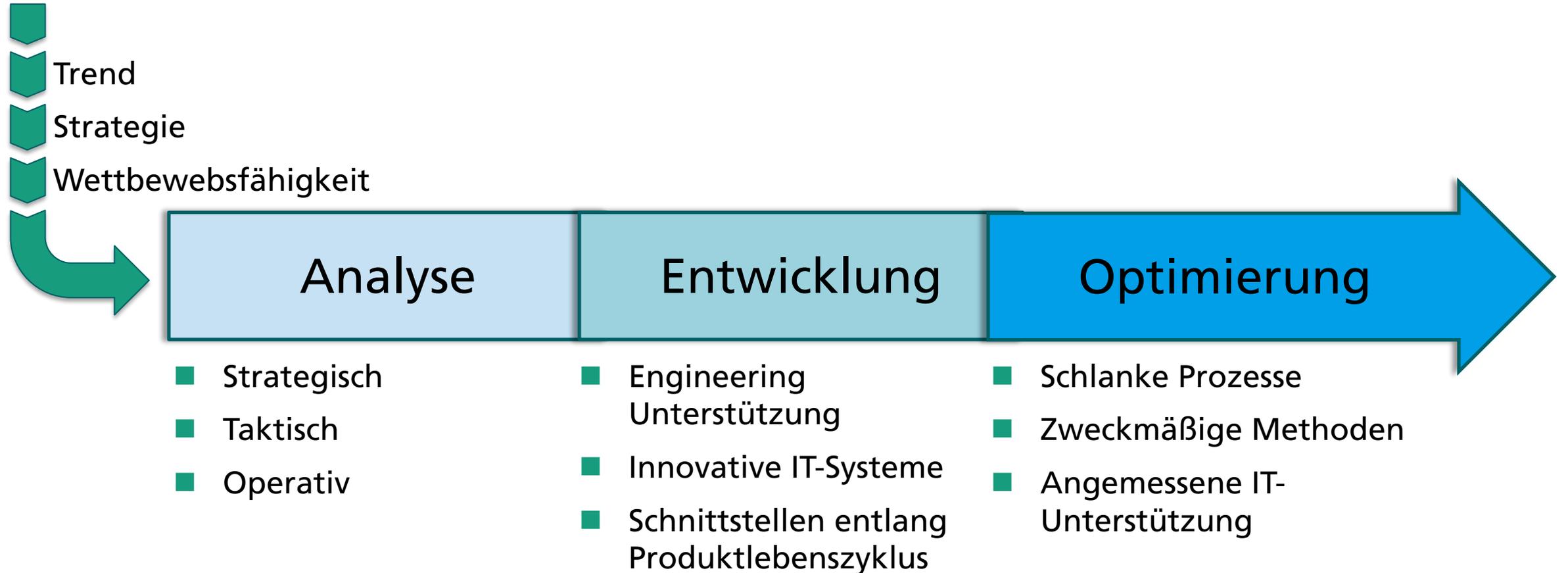


## Key Facts zu uns:

- Interdisziplinäre Teams | >45 Mitarbeitende
- 6,9 Mio. € Umsatz (2019) | >50 aktive Projekte

# Angebot Digital Engineering

Steigerung von Effektivität und Effizienz in der Produktentstehung



**01**

Einführung zu Digitalisierung und digitaler Durchgängigkeit

**02**

Digitaler Zwilling zur Produktivitätssteigerung

**03**

Analyse von Produktionssystemen: Datengetriebene und physikbasierte Modellierung

**04**

Anwendungsfälle und Erfahrungen

01

Einführung zu Digitalisierung und digitaler Durchgängigkeit

02

Digitaler Zwilling zur Produktivitätssteigerung

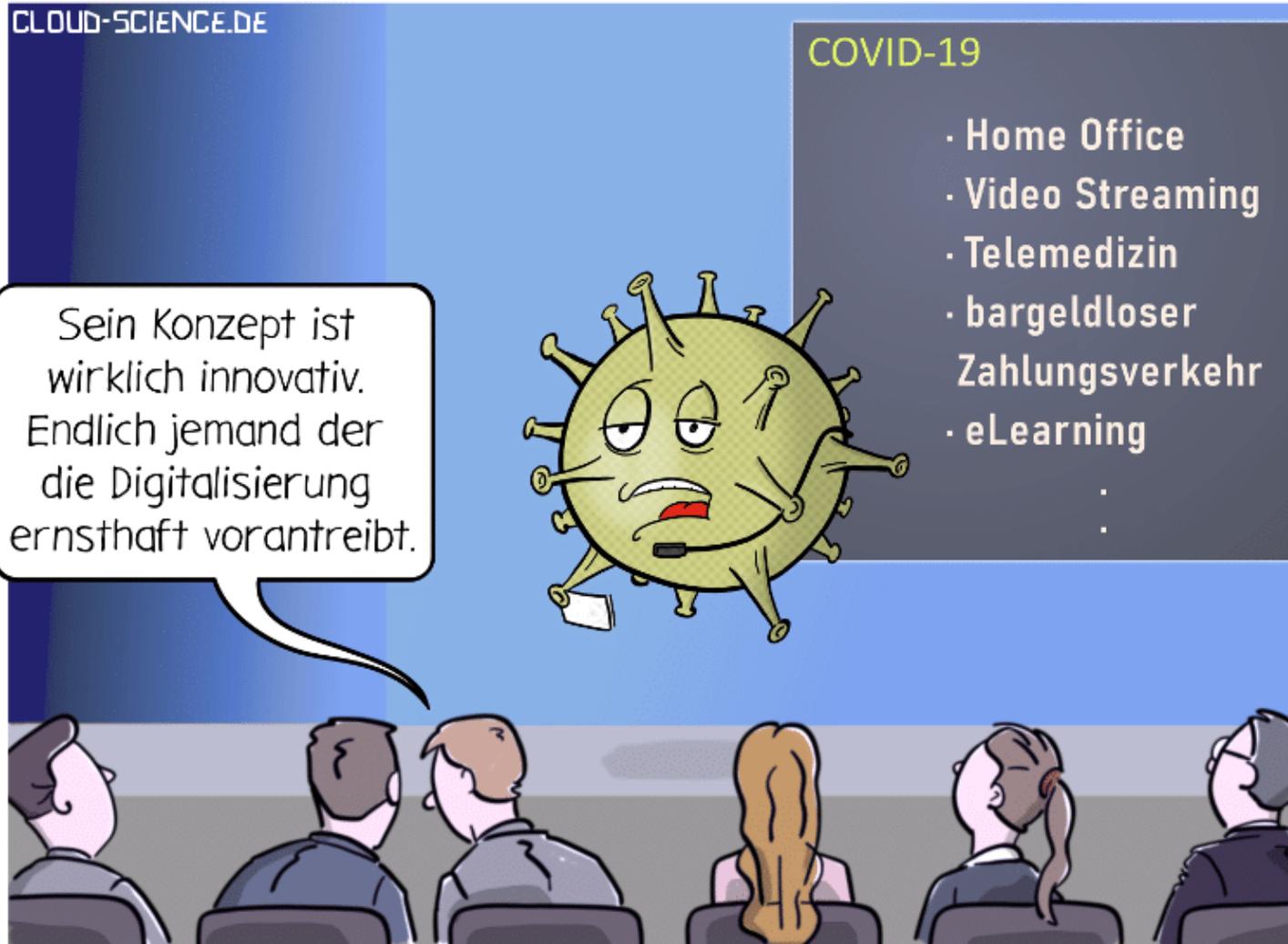
03

Analyse von Produktionssystemen: Datengetriebene und physikbasierte Modellierung

04

Anwendungsfälle und Erfahrungen

# Corona als Beschleuniger!?





## Hat Corona die Digitalisierung in Ihrem Unternehmen vorangetrieben?

018

Einzelne Lösungen



Schneller als jeder CDO



Leider nicht



Join at  
**slido.com**  
**#053 065**



## Was verstehen Sie unter Digitalisierung?

014

Join at  
**slido.com**  
**#053 065**



# Digitalisierung und Digitale Revolution

## ...ein kleines 1x1

### Digitalisierung

- Klassische Bezeichnung für das **Umwandeln** von analogen Werten in digitale Formate
- Heutige Bedeutung: Informationen digital zu **speichern** und für die elektronische Datenverarbeitung **verfügbar** zu machen
- Digitalisierung und digitale Revolution sind **zwei unterschiedliche Dinge**, die miteinander zu tun haben

Diese »Revolution« kann zwei Ausprägungen für Ihr Unternehmen haben

- **Intern:** Mitarbeiter, Prozesse, Informationen
- **Extern:** Produkte, Dienstleistungen, Services



# Buzz-Word Bingo

## ...oder wie digital sind wir denn heute schon?

- Neue Technologien in der Gesellschaft – teilweise neue und alte digitale Komponenten
- In einigen Feldern schon seit Anfang der 80er

### Wirklich neu ist:

- Flexible Vernetzung von Allem
- Nahezu endlose und günstige Rechenleistung
- Volle Datenverfügbarkeit
- 24x7/always on
- Netzabdeckung (5G, VDSL, etc.)
- Generation Y kommt in Führungspositionen

**Aber:** Der Wandel wird immer rasanter und disruptiver!



# Technologierocktail des Wandels der Arbeitswelt

Digitalisierung als »New Normal« – Kognitive Systeme als »Disruptor«

## DIGITAL

Agile

Cloud

Big Data

Cyber

Mobil

Social

## COGNITIVE

Künstliche Intelligenz

Maschinelles Lernen

Kognitive Systeme

# Digitalisierung ist kein Selbstzweck!

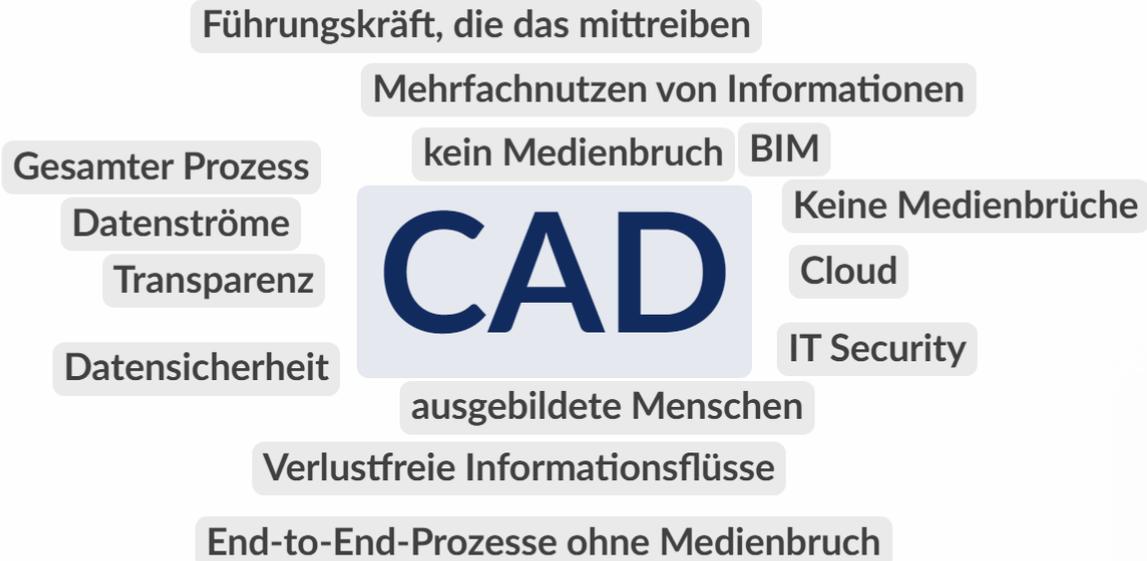




## Was verstehen Sie unter digitaler Durchgängigkeit?

014

Join at  
**slido.com**  
**#053 065**





01

Einführung zu Digitalisierung und digitaler Durchgängigkeit

02

Digitaler Zwilling zur Produktivitätssteigerung

03

Analyse von Produktionssystemen: Datengetriebene und physikbasierte Modellierung

04

Anwendungsfälle und Erfahrungen



Was verstehen Sie unter einem Digitalen Zwilling?

0 1 1

Abbild der realen Welt

Digitale Repräsentation

Virtuelles Abbild

Zukunft

RPA

#53065

BOT

digitales Gebäudemodell

Virtuelles Abbild Software um mit dem Twin zu arbeiten

Digitales Abbild der Realität

Digitale Abbildung von physikalischen Elementen

Join at

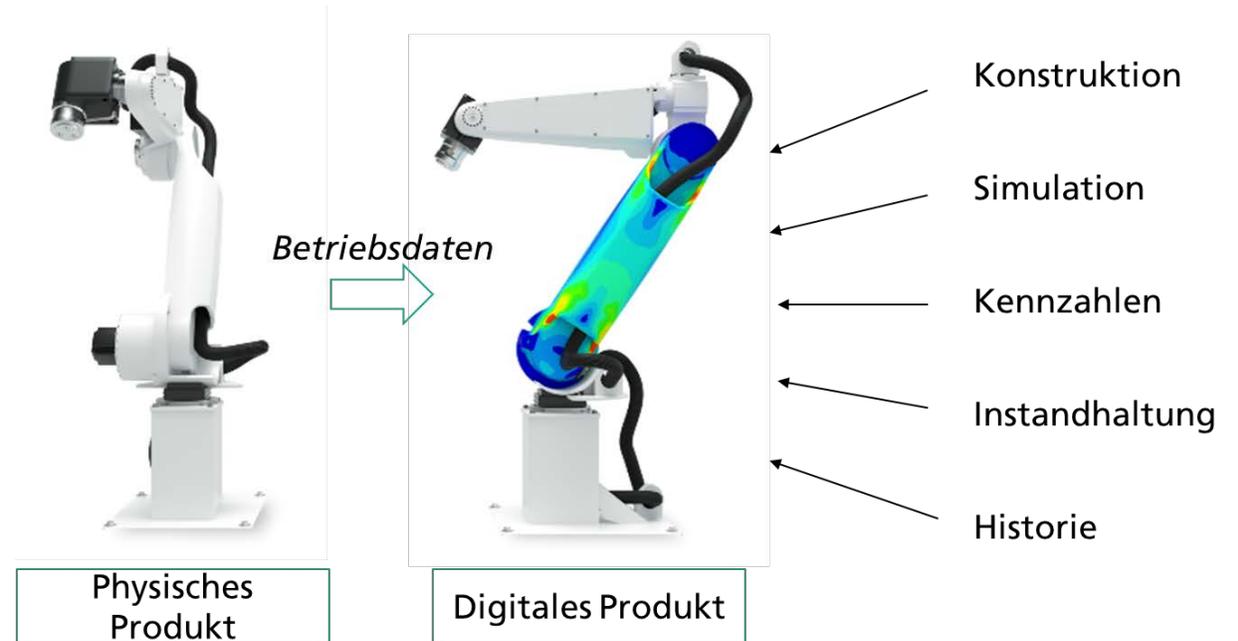
**slido.com**

**#053 065**

# Was ist ein Digitaler Zwilling?

## Unsere Definition

- Ein **Digitaler Zwilling** ist die **digitale Repräsentation** eines realen Produktes oder Prozesses inklusive aller für den jeweiligen Anwendungsfall relevanten Daten und Informationen über den **gesamten Lebenszyklus**.
- Das zugrundeliegende **digitale Modell** des Realobjektes, welches typischerweise während der Entwicklungsphase entsteht, wird über den **gesamten Lebenszyklus**, insbesondere **während des Betriebs** durch **Betriebsdaten**, **Verhaltensanalyse** und **Simulationen** angereichert sowie **anwendungsfallspezifisch fokussiert**.
- Zur Approximation der digitalen Repräsentation an dessen Realobjekt, besteht in definierten Bereichen ein regelmäßiger **uni- oder bidirektionaler Daten- und Informationsfluss**.



# Motivation

## Digitaler Zwilling zur Produktivitätssteigerung

- Zur Sicherstellung der **Wettbewerbsfähigkeit** produzierender Unternehmen: Steigerung der **Produktivität**
- Erfolgsversprechender Ansatz: **Digitaler Zwilling**, weil durch Analysen von Produktionssystemen
  - Anlagenverfügbarkeit,
  - Lebensdauer von Anlagen,
  - Leistung von Anlagen sowie
  - Produkt- und Prozessqualität erhöht werden können.

Größere Flexibilität durch mobile Nutzung dieser Informationen  
 ⇒ Informationsbereitstellung auch im Homeoffice

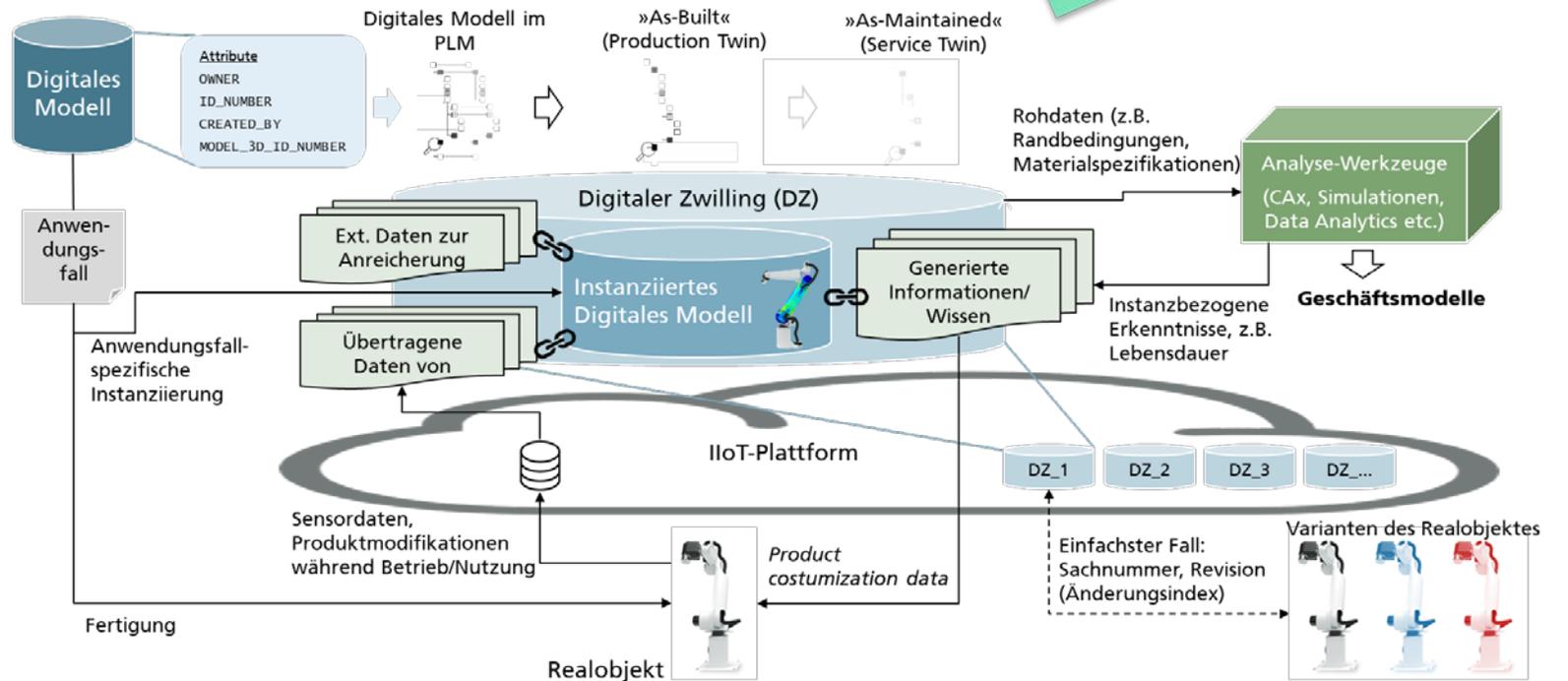


Bild: Eigene Darstellung in Anlehnung an Eigner



# Digitaler Zwilling als Befähiger von Internet-of-Services

## Vorausschauende Instandhaltung



# Digitaler Zwilling als Befähiger von Internet-of-Services

## Vorausschauende Instandhaltung

- Durch **wachsendes Datenmodell** neue **disruptive Geschäftsmodelle**, wie vorausschauende Instandhaltung
- **Vorausschauende Instandhaltung** exemplarisches Anwendungsfeld für die Nutzung von Daten über den gesamten Lebenszyklus
- Aber: Vorausschauende Instandhaltung, unter anderem aufgrund der **Vielschichtigkeit von Versagensfällen**, ein komplexes **Forschungs- und Anwendungsfeld** des Digitalen Zwillings

Nutzung von Daten überall auf der Welt  
 ⇒ Digitaler Zwilling als Grundlage für die Potentiale des Internet-of-Services

Zuverlässigkeitskennzahlen	Instandhaltungskennzahlen	Verfügbarkeitskennzahlen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MTTF = Mean Time To Failure</li> <li>▪ MTFF = Mean Time To First Failure</li> <li>▪ MTBF = Mean Time Between Failures</li> <li>▪ Ausfallrate <math>\lambda</math></li> <li>▪ Ausfallquote <math>q</math></li> <li>▪ FIT = Failure in Time</li> <li>▪ <math>B_x</math>-Lebensdauer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MTTR = Mean Time To Repair</li> <li>▪ MDT = Mean Down Time</li> <li>▪ SDT = Supply Delay Time</li> <li>▪ MaDT = Maintenance Delay Time</li> <li>▪ Instandhaltbarkeit <math>G(t)</math></li> <li>▪ <b>OEE = Overall Equipment Effectiveness</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Punktverfügbarkeit <math>A(t)</math></li> <li>▪ Dauerverfügbarkeit <math>A_D</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Innere Dauerverfügbarkeit</li> <li>▪ Technische Dauerverfügbarkeit</li> <li>▪ Operationelle Dauerverfügbarkeit</li> <li>▪ Praktische Dauerverfügbarkeit</li> </ul> </li> </ul>
<p>Bild: Eigene Darstellung nach Bertsche</p>	<p>Availability × Performance × Quality = OEE</p>	<p>Bild: Eigene Darstellung nach Bertsche</p>

# Herausforderungen und Handlungsbedarfe

## ...bei der Einführung Digitaler Zwillinge im Unternehmen

### Herausforderungen

- **Unzureichende** IIoT-Infrastruktur
- Schwierigkeiten bei der **Auswahl** geeigneter **Modellierungstechniken, Algorithmen** etc.
- **Komplexität** der Modellierungs- und Simulationstechniken
- **Partialmodelle** des digitalen Modells meist **nicht vorhanden** (aufgrund der mangelnden Berücksichtigung in der Produktentwicklung oder wegen IPR), somit aufwändige **Nachmodellierung**
- **Fehlende Daten** (z.B. zum Training der Modelle) sowie generell **mangelnde Transparenz** über notwendige und verfügbare **Datengrundlage**
- **Verluste** beim system- und organisationsübergreifenden **Datenaustausch** (aufgrund der Kunden-Lieferantenbeziehung)

### Handlungsbedarfe

- Entwicklung einer **IIoT-Architektur** sowie effiziente **Vorgehensweisen** zur
  - **datengetriebenen** Modellierung zur Fehlererkennung und Vorhersage
  - **physikbasierten** Modellierung zur Durchführung kostengünstiger virtueller Experimente (Simulationen) und somit zur Erweiterung der der Datengrundlage sowie
  - der **Hybridisierung** der Modellierungsansätze
- Einsatz eines **3D-Master** für Anwendungsfälle mit starker **Visualisierungsorientierung** bzw. »Produktionsnähe«
- Lösungsansätze für **verlustreduzierten** systemübergreifenden **Daten- und Informationsaustausch**

01

Einführung zu Digitalisierung und digitaler Durchgängigkeit

02

Digitaler Zwilling zur Produktivitätssteigerung

03

Analyse von Produktionssystemen: Datengetriebene und physikbasierte Modellierung

04

Anwendungsfälle und Erfahrungen

# Datengetriebene Modellierung

## Training von Modellen zur Erkennung von Anomalien und zur Berechnung prädiktiver Aussagen

### Datenerfassung

**Auswahl von Sensortypen und Messprinzipien (»Retrofitting«)**

**Mechanische Integration der Sensorik**

**Auswahl von Kommunikationstechnologie (z.B. Bussystem)**

Feldbus, M-Bus etc.

### Datenverarbeitung

**Bestimmung des Ortes der Datenverarbeitung**

an der Wirkstelle ↔ außerhalb der Anlage

**Bestimmung des Ortes der Informationsbereitstellung**

am Sensor ↔ Standort-übergreifend

**Auswahl eines IIoT Gateways**

- Interoperabilität
- Aggregation
- (Lokale Datenvorverarbeitung)

**Auswahl von Kommunikationstechnologie (z.B. MQTT) und Definition der Datensicherheit und -souveränität (z.B. IDS)**

### Datenanalyse

**Merkmalsextraktion**

→ Condition Indicators

**Anomalieerkennung**

**Berechnung der RUL inkl. Auswahl geeigneter Algorithmen**

Komplette »Run-to-Failure«-Historie → Ähnlichkeits-Modelle

Nur Daten über Ausfälle → Wahrscheinlichkeitsverteilung

Keine Ausfalldaten → Schwellenwerte

# Physikbasierte Modellierung

Untersuchung physikalischer Ursachen und Wirkungen zur Gewinnung zusätzlicher Erkenntnisse

## Verstehen des Anwendungsfalls

Identifizierung kritischer Teile und Analyse möglicher Fehlermodi, Auswirkungen und Kritikalitäten

FMEA

Part	Function	Failure Mode	Failure Effect	Failure Cause	Severity	Occurrence	Detectability	RPN	Control Plan
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

FMECA (Heat map)



Untersuchung des physikalischen Fehlermechanismus

z.B. Bruch durch Materialdegradation

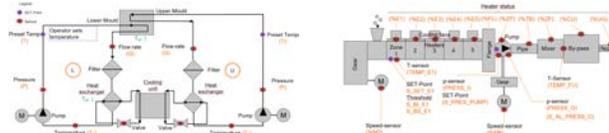


z.B. Leckage durch Druckerhöhung



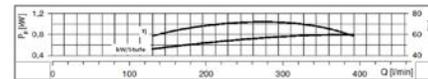
## Modellierung

Formulierung eines Modells

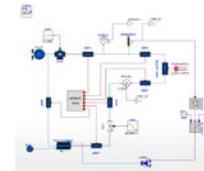


Analyse der Systemparameter und Sammlung vorhandener Daten und Informationen

Parameter	Value	Unit
...	...	...



Erstellung eines Modells inkl. Festlegung von Modellierungs- und Simulationstechnik



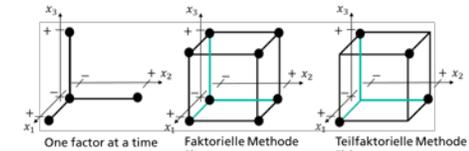
Verifikation & Validierung

- Verifikation: Stimmt das Modell in sich?
- Validierung: Stimmt das Modell im gewünschten Rahmen mit dem Original überein?

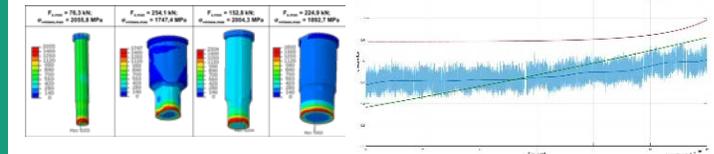
## Experimente und Interpretation

Planung der Experimente und Durchführung der Simulationsversuche

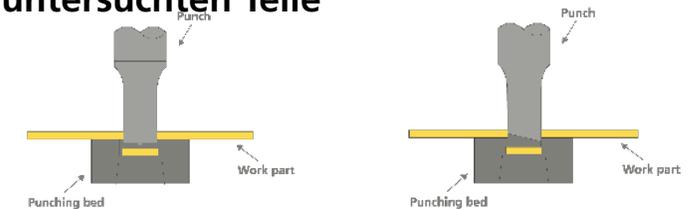
Design of Experiments (DoE)



Visualisierung und Interpretation der Simulationsergebnisse

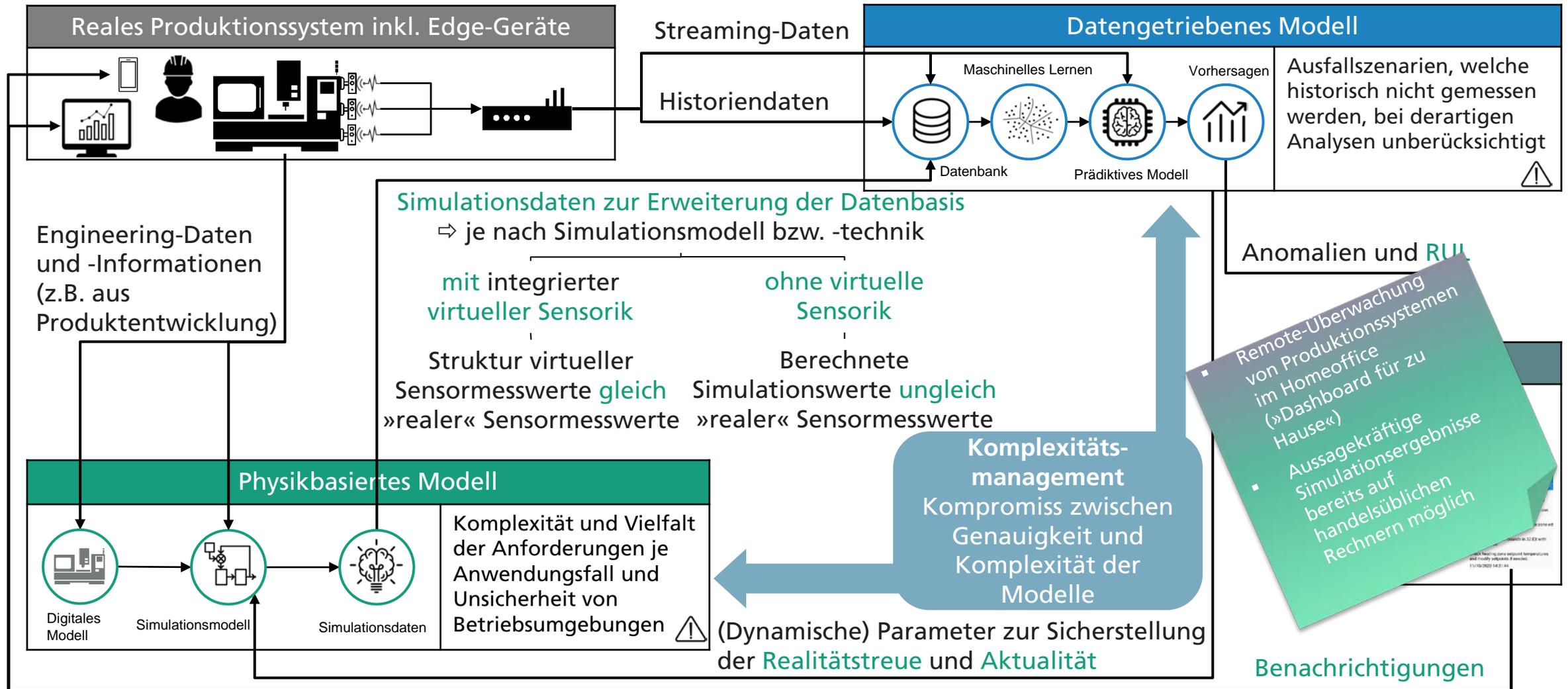


Ableitung erster Empfehlungen zur Optimierung der Qualität der untersuchten Teile



# Hybridisierung der Modellierungsansätze

## Kompensation konzeptspezifischer Limitation der einzelnen Modellierungsansätze





## Gibt es in Ihrem Unternehmen bereits Anwendungsfälle, die einen digitalen Zwilling nutzen?

0 1 1

Wir arbeiten daran



Was ist ein digitaler Zwilling überhaupt?



Ja, voll ausgereift



Wir wollen es angehen, brauchen aber Unterstützung



Join at  
**slido.com**  
**#053 065**

01

Einführung zu Digitalisierung und digitaler Durchgängigkeit

02

Digitaler Zwilling zur Produktivitätssteigerung

03

Analyse von Produktionssystemen: Datengetriebene und physikbasierte Modellierung

04

Anwendungsfälle und Erfahrungen

# Anwendungsfälle und Erfahrungen

...die wir im Rahmen von Forschungs- und Umsetzungsprojekten gesammelt haben



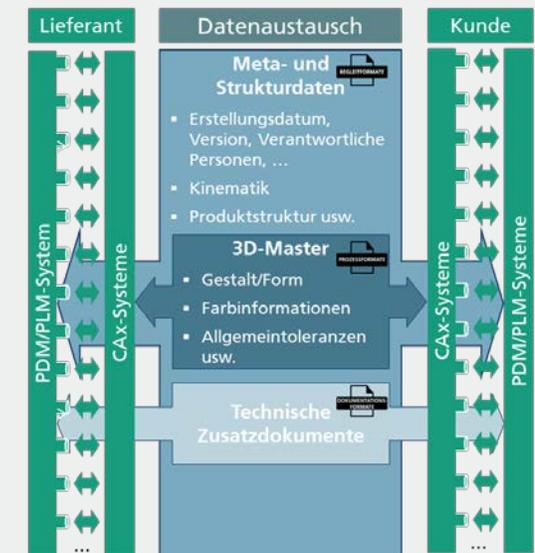
## Z-BRE4K – Vorausschauende Instandhaltung

- Erarbeitung von Konzepten und Lösungen zur Datenerfassung und -verarbeitung sowie insbesondere zur datengetriebenen und physikbasierten Modellierung
- Einsatz verschiedener Algorithmen und Modellierungstechniken je nach Anforderungen
- Ziel: Vermeidung von Produktionsausfällen zur Kostenreduzierung und Produktivitätssteigerung
- Drei Pilotfälle zur Erprobung, Validierung und Anwendung der Konzepte und Lösungen

Drei Pilotfälle	Kaltumformung zur Herstellung von Rasierklingen
	Kaltumformung und Lichtbogenschweißen zur Herstellung von Chassis-Teilen
	Formpressen zur Herstellung von Kunststoffverschlüssen

## 3D-Master in einer heterogenen Systemlandschaft eines OEM

- Digitaler Zwilling »on hold« gesetzt
- Zunächst Grundlagenarbeit zum Digitalen Zwilling, z.B.
  - ⇒ Anwendungsfälle spezifizieren
  - ⇒ Systemübergreifender Datenaustausch
- Ziel: 3D-Master mit Externen



# Herstellung von Flaschenverschlüssen

## Filterverstopfen eines Wärmeregulators führt zu kritischen Zuständen

- Datenerfassung: Druck-, Temperatur-, Volumenstromsensordaten
- Datenverarbeitung:
  - Erweiterung des bestehenden Gateways um »Edge Software«  
⇒ Sensordaten über MQTT-Broker veröffentlicht und abonniert
  - Datensicherheit und -souveränität über IDS-Konnektoren
- Datenanalyse:
  - **Datengetrieben:** Algorithmen des **Maschinellen Lernens**, z.B. *Regressive Event Tracker* (Regressionsanalyse + Event Clustering) zur Betriebsdatenanalyse
  - **Physikbasiert:** Objekt- und signalflussorientierte Modellierung mit integrierter **virtueller Sensorik** zur **multiphysikalischen Simulation** des Wärmeregulators
  - Hybridisierung:
    - **Variieren** der mathematischen Funktion der **Filterverstopfung** im Simulationsmodell, **automatisierte Integration virtueller Sensorwerte** in datengetriebenes Modell, sowie
    - **Realtime-Integration** sich verändernder Parameter in Simulationsmodell
- Business Logic: Softwarebasiertes Entscheidungsunterstützungssystem



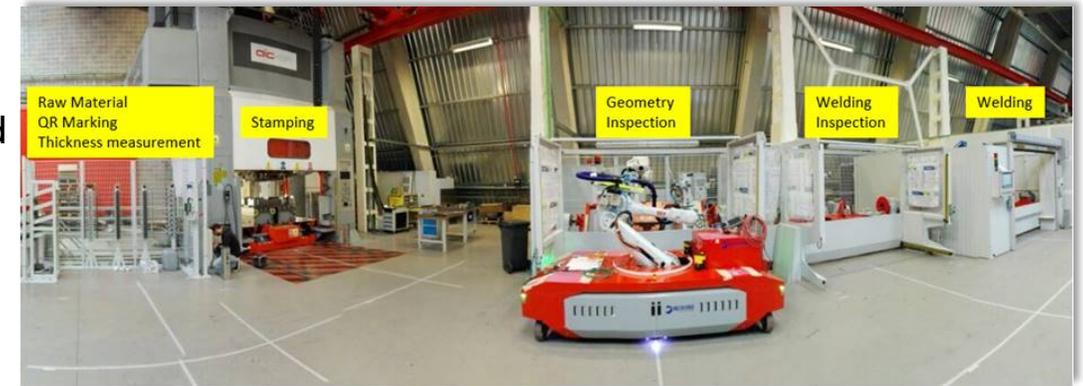
### Lessons Learned

- Sehr hilfreich, dass sowohl **Maschinenbauer SACMI** als auch **Verschluss-Hersteller CDS** an Board waren
- Für die Modellierung **multiphysikalischer Systeme** Vielzahl an guter – auch **OpenSource** – Software verfügbar
- **Maschinenbauer SACMI** sieht sich in der Verantwortung **Services**, wie Predictive Maintenance **anzubieten**

# Herstellung von Rohbauteilen im Automobil

## Abnutzung von Stanzstempeln führt zu Qualitätseinbußen der Rohbauteile

- Datenerfassung: Stempelkraft und -drehmoment, (Wärmebilder)
- Datenverarbeitung:
  - Implementierung eines geteilten Servers
  - Datensicherheit und -souveränität über **IDS-Konnektoren**
- Datenanalyse:
  - **Algorithmen des Maschinellen Lernens** zur Analyse von Kraft und Drehmoment der Stanzpresse
  - **Finite Elemente Methode (FEM) Simulation** zur Untersuchung gegen *High Cycle Fatigue (HCF)* der Stanzstempel
  - Weitere Untersuchungen:
    - Überwachung des Lichtbogenschweißens mittels **eingebettetem Bildverarbeitungssystem**
      - ⇒ **Qualitätsbeurteilung** der **Schweißnaht** auf Basis Neuronaler Netze sowie Zustandsüberwachung hinsichtlich **Kontaktspitzenverschleiß** durch Korrelation mit Prozessparametern
    - **In-line Qualitätskontrollsystem** der fertig produzierten Teile
      - ⇒ Analyse von Form- und Lagetoleranzen auf Basis einer erzeugten Punktwolke
- Business Logic: Softwarebasiertes Entscheidungsunterstützungssystem



### Lessons Learned

- **Nicht-Einbindung** des **Maschinenbauers** erschwert die Aufgabe
- Pilot Factory (hier: *Automotive Intelligence Center* in Bilbao) erleichtert die Aufgabe
- **In-line-Qualitätskontrolle** des Produkts erlaubt Rückschlüsse auf **Verschleiß** des **Produktionssystems**
- Diskussionen zu **strategischer Ausrichtung**: Wer »kümmert« sich um **Predictive Maintenance**?

# Herstellung von Rasierklingen

## Abnutzung der Werkzeuge führt zu Qualitätseinbußen der Rasierklingen

- Datenerfassung: Akustikemissionssignale durch sechs neu installierte Sensoren innerhalb der Kaltformpresse
- Datenverarbeitung:
  - Erweiterung des Servers im Philips-Netzwerk um MQTT-Broker
  - Datensicherheit und -souveränität über **IDS-Konnektoren**
- Datenanalyse:
  - **Algorithmen des Maschinellen Lernens** zur Analyse von Akustikemissionssignale
    - **Regel- und Ausreißer-basiert**, z.B. *Micro-cluster Continuous Outlier Detection* zur Fehlererkennung sowie
    - **Ereignis-basiert** zur RUL-Berechnung, z.B. *Matrix Profile*
    - **Finite Elemente Methode (FEM) Simulation** zur *High Cycle Fatigue (HCF)*-Untersuchung der Stanzstempel und des Prägewerkzeuges
- Business Logic: Softwarebasiertes Entscheidungsunterstützungssystem

- Cloud-Infrastruktur in allen drei Pilotfällen ermöglichte uns mit Projektpartnern über ganz Europa verteilt mit Echtzeitdaten zu Arbeiten mit
- Remote-Überwachung durch indirekte Bereiche im Homeoffice

### Lessons Learned

- Aus **Blackbox (= Maschine)** wird durch IIoT ein analysiertes Asset (**Anomalien »erhören«**)
- Performante **IIoT-Infrastruktur (Datenerfassung und -verarbeitung)** als **Grundvoraussetzung** für Digitalen Schatten
- Aufwändiges **manuelles Sammeln** der Daten für FEM (u.a. wegen **IPR** des Werkzeugbauers)

# 3D-Master in einer heterogenen Systemlandschaft (1/2)

## Ausgangssituation und erwarteter Nutzen

Ausgangssituation
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ OEM wollte Basis für digitale Fabrik mit entsprechenden Use Cases (z.B. Virtuelle Absicherung, Virtuelle Inbetriebnahme) schaffen</li> <li>▪ Hürden bei digitaler Transformation im Produktionsplanungsprozess: Hohe manuelle Erstellungs- und Pflegeaufwände, fehlende Automatisierungsmöglichkeiten, kein durchgängiger Informationsfluss innerhalb einer heterogenen Systemlandschaft               <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Verluste bei systemübergreifendem Daten- und Informationsaustausch</li> </ul> </li> </ul>

Erwarteter Nutzen...	
...durch 3D-Master	...durch neue Use Cases, z.B.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konstruktion: 5-10% Einsparung bei Ersterstellung; 10-30% Einsparung beim Änderungswesen durch Entfall der CAD-seitigen Zeichnungserstellung*</li> <li>▪ Freigabe: Reduzierter Aufwand bei der Zeichnungs- bzw. Qualitätsprüfung im Freigabeprozess</li> <li>▪ Produktionsplanung und -steuerung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effizienteres Arbeiten durch Nutzung von 3D-Daten und digital weiterverarbeitbarer Metadaten</li> <li>▪ Erweiterter Inhalt im 3D-Modell (PMI), damit reduzierte Rückfragen zur Bauteilgestalt aufgrund fehlender Informationen</li> <li>▪ Schnelles Auffinden von Informationen durch deren Zentralisierung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Virtuelle Absicherung: Integrierte Simulation von Produktionsmitteln (Maschinen, Werkzeuge, Produkt etc.)</li> <li>▪ Virtuelle Inbetriebnahme: Verkürzung der Inbetriebnahmezeiten (~80%), Optimierung der Anlagenperformance (~10%), Reduzierung der Projektkosten (~30%)**</li> <li>▪ Einsatz neutraler Datenformate für Datenaustausch: Effizientere und effektivere Zusammenarbeit mit Lieferanten</li> <li>▪ Unterteilung Datenformate:               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prozessformate, z.B. JT</li> <li>▪ Begleitformate, z.B. STEP AP242XML</li> <li>▪ Dokumentationsformate, z.B. PDF</li> </ul> </li> </ul>

# 3D-Master in einer heterogenen Systemlandschaft (2/2)

## Umsetzungsprojekt gemeinsam mit einem OEM

- **3D-Master:** z.B. Gestalt, Farbinformationen, Texturen
- **Meta- und Strukturdatensatz:** z.B. Erstellungsdatum, Kinematik
- **Technische Zusatzdokumente:** Restliche Informationen

- FA-VIO-01: 3D-Modell zuzüglich Aufspannsituation/Greifsituation, PMI, Aufbauzustand, Änderungszustand, Aufbaureihenfolge, relativer Lage und bereits festgesetzten Toleranzen
  - FA-VIO-02: Hierarchische Produktstruktur, Positionierungsbedingungen, Attribute
  - FA-VIO-03: Kinematisches Modell für alle relevanten Abschnitte des 3D-Modells
  - FA-VIO-05: Abbildung von Prozessinformationen
  - FA-VIO-06: Integration von Mehrkörpersimulationen usw.
- 
- NFA-3DM-01: Repräsentation regulärer Geometrien, wie Kugel, Kubus, Kegel, Torus im Datenmodell
  - NFA-MSD-01: Darstellung des Tolerierungsgrundsatzes usw.

- **Modellaufbau** einer Beispielbaugruppe in drei CAD-Systemen
- **Konvertierung** in vier Kombinationen von Datenformaten sowie **Qualitätsprüfung**



Definition von Informationsträgern

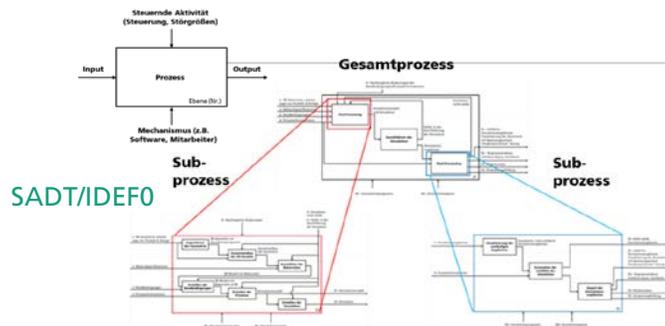
Definition und Prozessanalyse von Use Cases

Ableitung von Anforderungen an Datenformate

Abgleich mit Kapazitäten der Datenformate

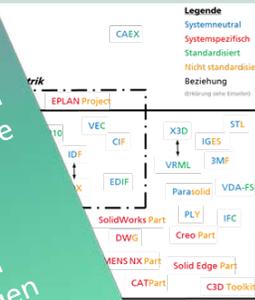
Machbarkeitsuntersuchung

Integration in Lastenheft



Effizientere immersive Konstruktionsdurchsprachen mit 3D-Master vor allem bei virtuellen Meetings inkl. »Bildschirmteilen« ⇒ ein Bild sagt mehr als tausend Worte

Virtuelle Inbetriebnahme erlaubt erste Verhaltensanalysen und Kollisionsuntersuchungen mit »Physical Distance«



Exakte **Spezifikation** seitens OEM gegenüber Anlagelieferanten hinsichtlich der zu liefernden CAD-Daten

# Zusammenfassung

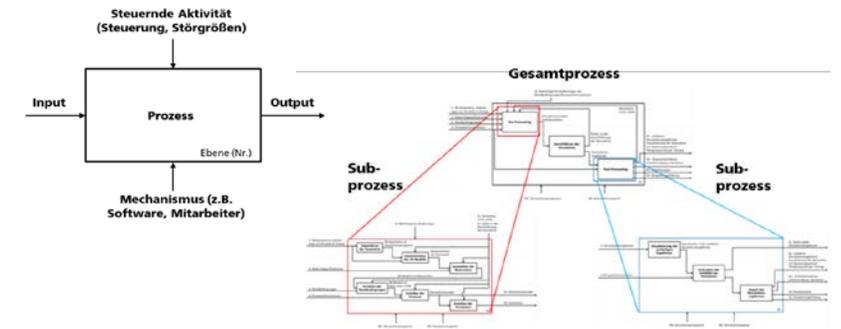
## Digitaler Zwilling

- **Komplexität** des Digitalen Zwillings stark vom **Anwendungsfall** abhängig, somit starke Auswirkungen auf z.B. notwendige
    - Kompetenzen
    - Softwarelandschaft
  - **Vorausschauende Instandhaltung** als Geschäftsmodell zur Produktivitätssteigerung stark im **Trend**, aber auch sehr **komplex**
  - Durch eine **ganzheitliche Nutzung aller Daten und Informationen über den gesamten Lebenszyklus** können Potenziale vor allem auch im Homeoffice vollständig ausgeschöpft werden
    - **Digitales Modell** bzw. **Digitaler Master** aus der Phase der **Produktentwicklung** (CAD, Simulation etc.)
    - **Digitaler Schatten** aus der Betriebs- bzw. Nutzungsphase in der **Produktion** bzw. im **Einsatz**
    - **Digital Thread**, um alle **Partialmodelle** sowie **Daten** und **Informationen** des zu untersuchenden Objektes zu vernetzen bzw. **verwalten**
- ⇒ **Remote-Überwachung des Produktionssystems, 3D-Modell mit erweiterten Informationen für effiziente virtuelle Meetings, auch mobil und im Homeoffice**

# Ausblick

## ...und wie geht es jetzt weiter?

- Aus einer rein technischen Perspektive und innerhalb homogener Systemlandschaften ist beim Digitalen Zwilling bereits viel möglich, aber
  - unserer Erfahrung nach noch viel Grundlagenarbeit bei Unternehmen notwendig,
  - wofür es strukturierte konzeptionelle Vorgehensweisen bedarf und
  - neben technischen Herausforderungen müssen vor allem auch kulturelle und organisatorische Aspekte berücksichtigt werden.
- Zusammenarbeit mit Fraunhofer
  - Langlaufende Forschung
    - ⇒ Öffentlich geförderte Forschungsvorhaben (BaWü, BMBF, EU, ...)
  - Lösungen für konkrete Herausforderungen
    - ⇒ Direkte Beauftragung
  - Nicht nur technische Lösungen, sondern auch Berücksichtigung kultureller bzw. organisatorischer Aspekte
    - ⇒ Netzwerk



»Wenn Sie einen scheiß Prozess digitalisieren, haben Sie einen scheiß digitalen Prozess.«

**Thorsten Dirks**  
Vorstandsmitglied der Lufthansa



# Kontakt



Nikolas Zimmermann, Dipl.-Ing.  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Digital Engineering  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart  
nikolas.zimmermann@iao.fraunhofer.de  
+49 711 970 - 2140



Andreas Werner, M.Sc.  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Digital Engineering  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart  
andreas.werner@iao.fraunhofer.de  
+49 711 970 – 2289