

Der Digitale Fabrikzwilling

**Wie der Digitale Zwilling unsere Zukunft
verändern wird und was heute schon möglich ist**

REFA-Talk, 01. Dezember 2022



1

Einleitung

- **WARUM** sollten wir über den Digitalen Zwilling reden?
- **WAS** ist der Digitale Zwilling eigentlich?



2

Digitaler Fabrikzwilling

- **WORAUS** besteht der Digitale Fabrikzwilling?
- **WIE** operationalisieren wir den Digitalen Fabrikzwilling?



3

Erfolgsfaktoren und Ausblick

- **WAS** sollte beachtet werden?
- **WAS** kommt als nächstes?

1

Einleitung

WARUM sollten wir über den Digitalen Zwilling reden?

WAS ist der Digitale Zwilling eigentlich?

Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung und der Einführung von Industrie 4.0 hat der Digitale Zwilling großes Potenzial in der Industrie

Skalierung des Geschäfts

Schaffung von neuen Services & Dienstleistungen sowie Geschäftsmodellen



Reduktion der Kosten

Kürzere Entwicklungszyklen, Einsparung von Prototypen, Produktverbesserungen initiiert durch Felddaten



Verbesserung der Qualität

Proaktives Handeln basierend auf Sensordaten, Qualitäts- und Condition Monitoring, Predictive Maintenance



Hohe Datentransparenz

Zugriff auf Echtzeitsensordaten und historische Daten, Kombination der Daten mit dem digitalen Abbild des realen Produkts



Bessere Zusammenarbeit

End-to-End Verzahnung, z.B. Produktentwicklung und Produktionsplanung, sowie Service, kürzeres Ramp-up, Rückverfolgbarkeit der Produkte



Chronologie des Digitalen Zwillings

Kopie Apollo 13 Modul

Ingenieure ermittelten an dieser Kopie, die sich auf der Erde befand und „the twin“ genannt wurde, wie die Astronauten wieder gesund zur Erde zurückgebracht werden können.



Begriff Digital Twin

Michael Grieves (University of Michigan) führte den Begriff „Digitaler Zwilling“ erstmals im Kontext von PLM ein.



Digitalisierung eines Motorblocks

Mackevision entwickelte einen Digitalen Zwilling eines Motorblocks, um das Verhalten von Motorteilen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu simulieren.



Digitaler Zwilling eines Hafens

Der Digitale Zwilling des Hafens wurde genutzt, um die vernetzte Steuerungstechnik zu entwickeln.



weitere Entwicklung

Laut Gartner gab es in 2020 über 20 Milliarden digital vernetzte Sensoren. Bis 2025 sollen die Hälfte aller großen Industrieunternehmen Digitale Zwillinge einsetzen.

Grand View Research geht davon aus, dass der Markt für Digitale Zwillinge bis 2025 auf 26 Milliarden Dollar anwachsen wird – bei jährlichen Wachstumsraten von 38%.

Digitaler Zwilling bei Maserati

Nutzung des Digitalen Zwillings zur Reduktion der Produktentwicklungskosten neuer Modelle



Beispiel eines Digitalen Zwillings



Digitaler Zwilling eines Windparks

Um die Ausbeute des Windparks zu verbessern, wurden Digitale Zwillinge für Windräder implementiert. Die im realen Betrieb gesammelten Daten wurden über den Digitalen Zwilling in Echtzeit ausgewertet, mit den Leistungsdaten der anderen Anlagen im Windpark abgeglichen und daraufhin optimiert. Auf diese Weise konnte eine Leistungssteigerung der Windparks um bis zu 20 Prozent realisiert werden.



Skalierung des Geschäfts



Reduktion der Kosten



Verbesserung der Qualität



Hohe Datentransparenz



Bessere Zusammenarbeit



Eine einfache Formel für den Digitalen Zwilling

$$M_{DZ} = (RO, VM, VB, DT, SM, S_S)$$

Model Digitaler Zwilling

Reales Objekt

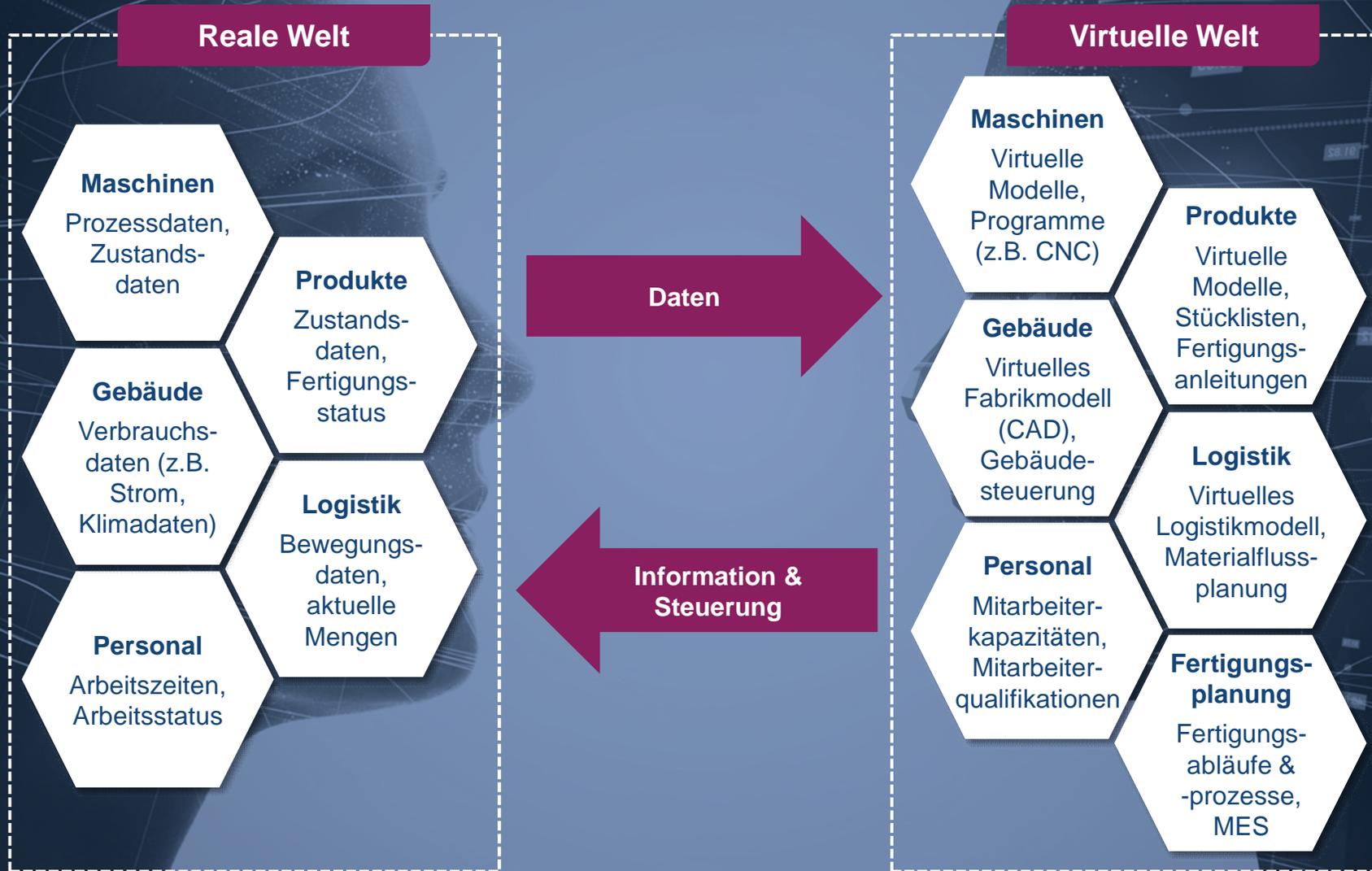
Virtuelles Modell

Verbindung

Daten

Simulationsmodelle

Services



Der Digitale Zwilling stellt zu jeder Zeit ein digitales Abbild der Realität dar.

Die realen Systeme melden kontinuierlich Zustände und Parameter zum Digitalen Zwilling.

Durch diese Rückmeldung und die Vernetzung mit der virtuellen Welt wird der Digitale Zwilling erzeugt.

Digitale Zwillinge lassen sich anhand ihres Umfangs und der Art ihrer Anwendung einteilen

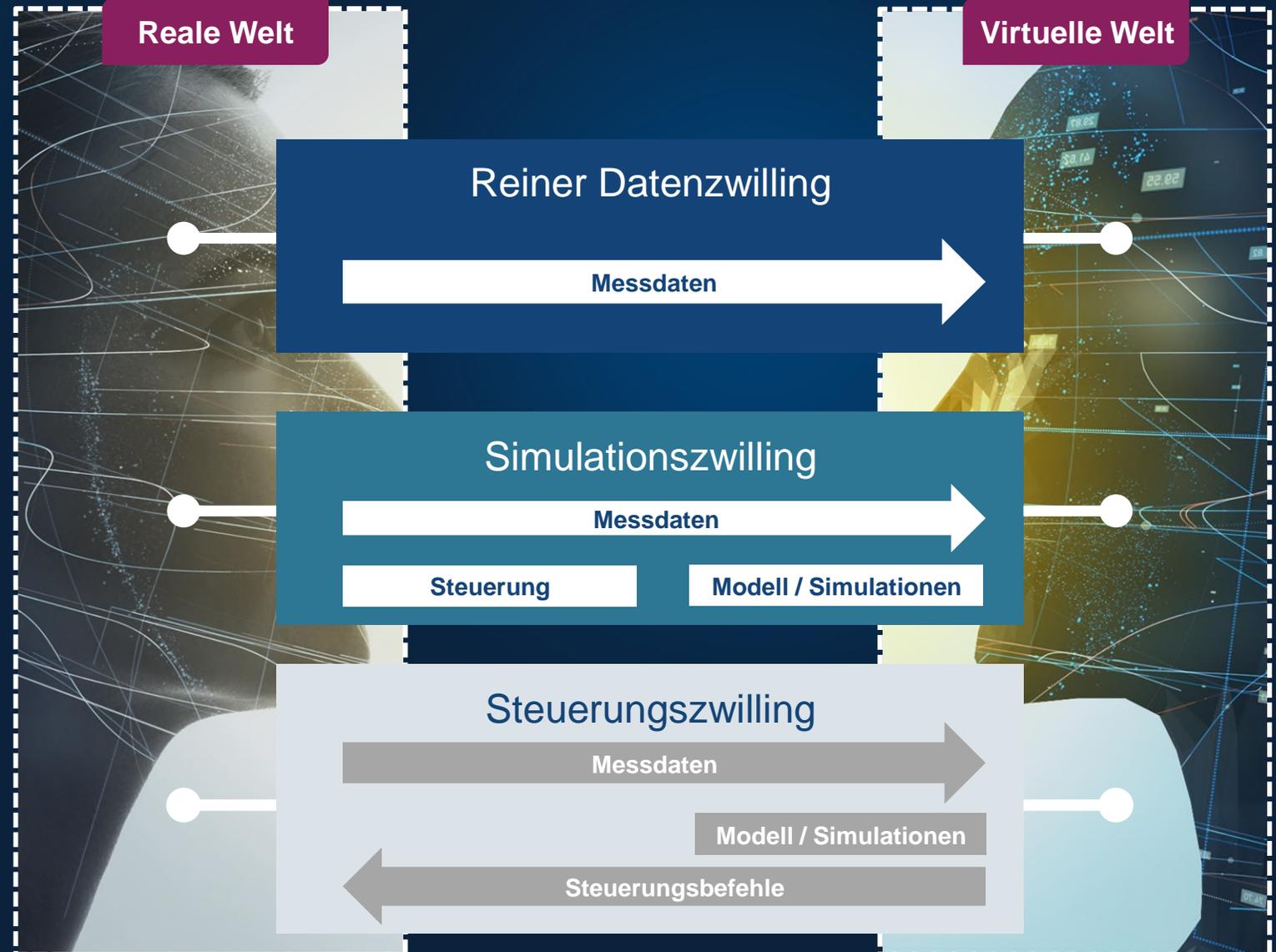
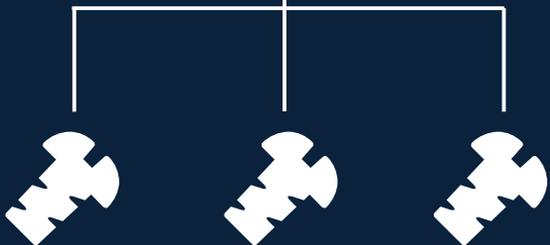
Systemzwilling



Produktzwilling



Komponentenzwilling



2 Digitaler Fabrikzwilling

WORAUS besteht der Digitale Fabrikzwilling?

WIE operationalisieren wir den Digitalen Fabrikzwilling?

Typische Komponenten eines Digitalen Fabrikzwillings



- **Realen Objekt:** reale Fabrik
- **Virtuelles Modell:** virtuelles Abbild der Fabrik
- **Sensoren:** an der realen Fabrik angebracht, erfassen kontinuierlich deren Zustandsdaten, damit das reale Objekt mit dem virtuellen Modell „verbunden“ werden kann
- **Zentrale Datenbereitstellung:** Daten der Sensoren und anderer IT-Systeme werden gesammelt, miteinander in Verbindung gesetzt und zentral zur Verfügung gestellt (z.B. mittels Data Layer)
- **Datenverarbeitung:** Verarbeitung/Analyse der erfassten Echtzeitdaten
- **Simulationsmodell(e):** Ermittlung und Prognose des Zustands der realen Fabrik auf Basis der Sensordaten und ggf. auch historischer Daten
- **Visualisierungsanwendung:** Visualisierung der Ergebnisse (aktueller Zustand, Prognosen, etc.)

Der Nutzen des Digitalen Fabrikzwillings entlang des Lebenszyklus

Phase	Fabrikgroßplanung	Fabrikfeinplanung	Produktionsplanung	Inbetriebnahme	Produktion	Service & Wartung	Anpassung & Demontage
	Digitales Modell (DM)			Digitaler Zwilling (DZ)			
Nutzen	<p>Das DM dient als Visualisierungsmodell und ersetzt Mock Ups.</p>	<p>Das DM bildet die geplante Fabrik detailliert ab und beschleunigt den Planungsprozess.</p>	<p>Mit dem DM der Produktion und des Produktes werden Prozesse virtuell abgestimmt.</p>	<p>Mit dem DZ kann die Anlagenkonfiguration frühzeitig abgesichert werden</p>	<p>Die Produktion überwacht sich selber. Der Status der Produktion ist im DZ abgebildet</p>	<p>Mit den Sensoren kann der DZ die Instandhaltung automatisieren.</p>	<p>Der DZ gibt Informationen und Anleitungen am Lebensende.</p>
exempl. Anwendungsfälle	 Schnelle Anpassung des Layouts und der Fabrikstruktur	 Zeit- & Kostenreduktion für physische Prototypen	 Produktionsgerechte Produktentwicklung	 Virtuelle Inbetriebnahme von Maschinen & Anlagen	 Autom. Auslösen von Aufträgen via Condition Monitoring	 Ermöglichung von Predictive Maintenance	 Fachgerechtes Recycling auf Basis DZ Informationen
			 Enge Verschränkung von Produktionsplanung und Entwicklung	 Direkte Validierung von neuen Use Cases	 Automatische Ermittlung von Anomalien & Trends	 Senden von Status-Updates zu externen Partnern	 Fachgerechte Anpassungen auf Basis DZ Informationen

Auch das Personal und die menschliche Arbeit können im Digitalen Fabrikzwilling abgebildet werden

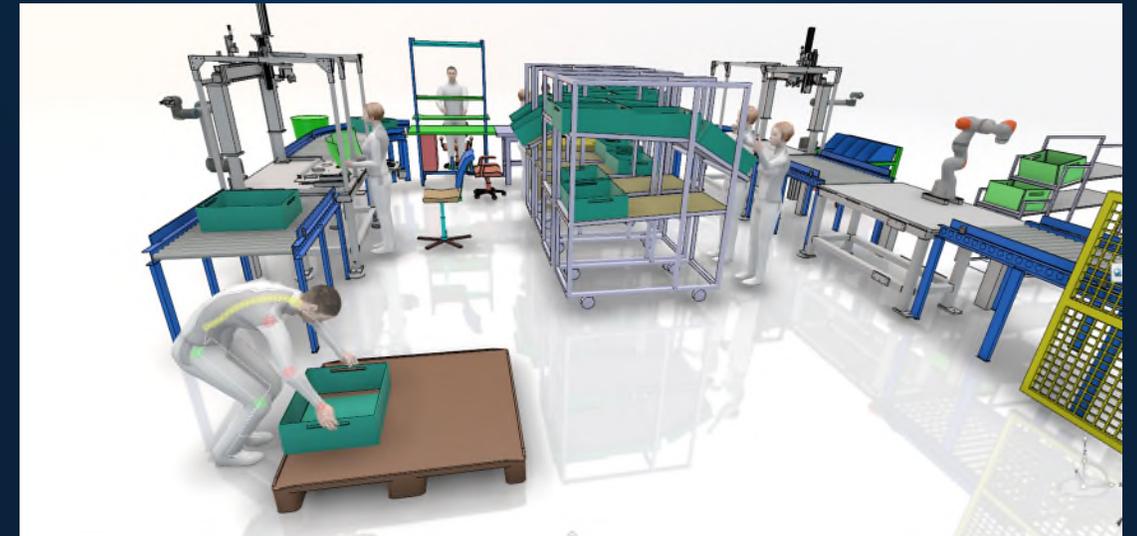
Der Digitale Fabrikzwilling kann auch eingesetzt werden, um ergonomischer Gesichtspunkte der Arbeitsaufgabe zu bewerten

- Identifikation charakteristischer Bewegungsmuster
- Erfassung und Bewertung der Arbeit von Mitarbeitern/ Werkern
- Bewertung der menschlichen Belastung durch die physikalische Arbeitsumgebung
- Analyse der Körperbewegungen und resultierender Beanspruchungen

Zukünftig kann dies sowohl bei der Planung von Fabriken, Produktionslinien und einzelnen Arbeitsplätzen erfolgen, als auch im operativen Fabrikbetrieb.



Quelle: Dassault Systèmes



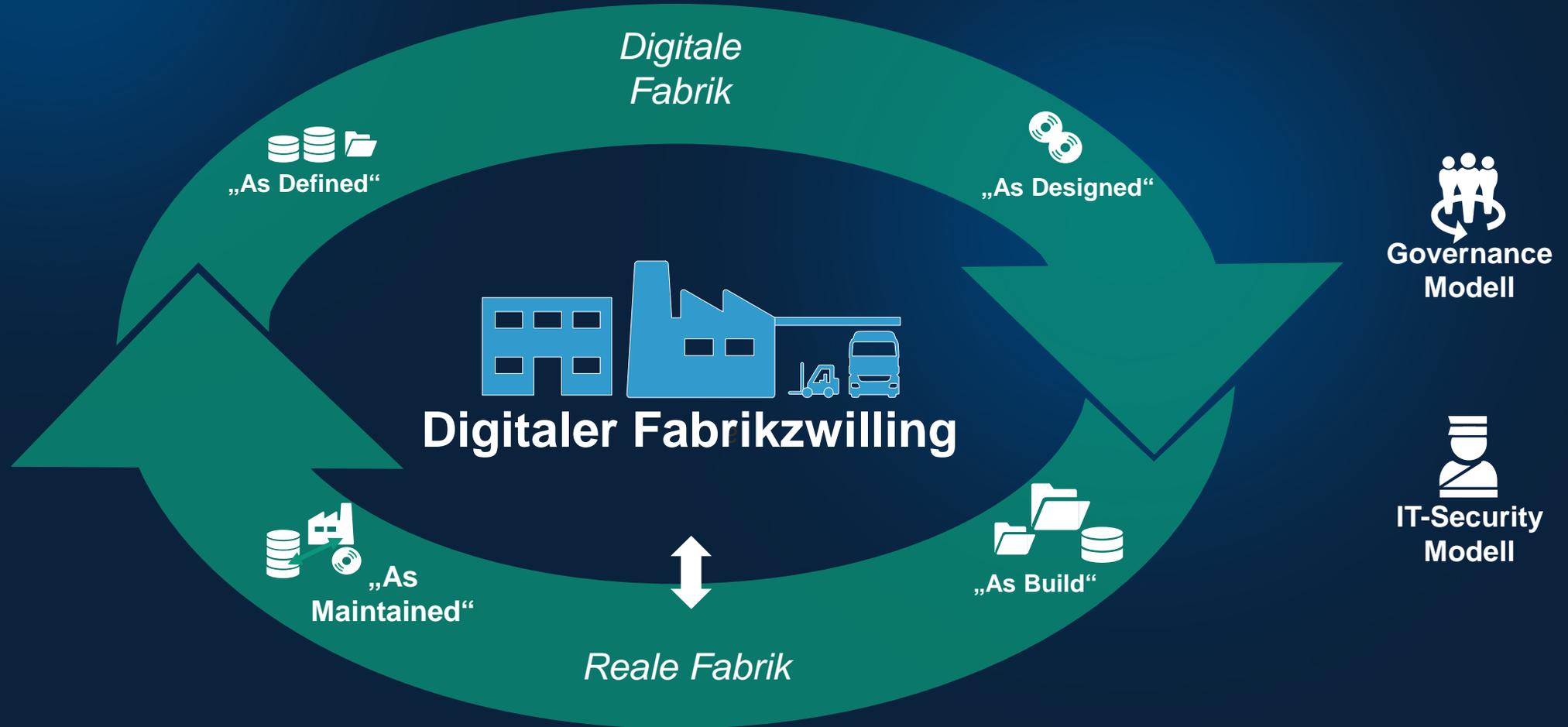
Quelle: Dassault Systèmes

End-to-End Prozesse und Daten sind Enabler


Geschäfts-/
Prozess-
Architektur


Daten
Architektur


Applications-
Architektur



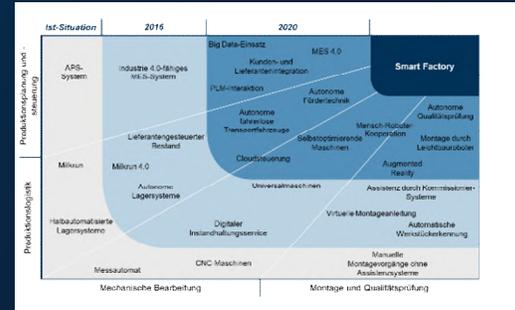
Anforderungsmanagement | Reglementierung & Gesetze | Fabrikmodell | Fabrikdaten | Produktionsplanung | Produktion | Logistik |
Wartung | Ausbau & Erweiterung | Refurbishment | ...

Bei der Implementierung ist ein Top Down oder Bottom Up Ansatz möglich. Empfehlung UNITY: Kombination beider Vorgehensweisen

Dig. Zwilling Strategie

- Big Picture
- Strategie & Roadmap
- Masterplan of Action

A



Digitale Zwillinge sind sehr anwendungsspezifisch und für jedes Unternehmen maßgeschneidert zu definieren.

Top
Down

Digitaler Zwilling Implementierung

1 Erstellung und Priorisierung der Use Cases:

- Technologie
- Anwendung im Geschäftskontext
- Kosten/Nutzen
- Kunde

1

2 Agile Realisierung und Einführung je Use Case mittels Sprints (inkl. PoC & MVP):

- Modellerstellung Digitaler Zwilling (Daten-, Geometrie-, Simulationsmodell(e))
- Softwareentwicklung
- Sensorik
- Felddaten/IoT-Anbindung

3

Bottom
Up

Dig. Zwilling Audit

- Initiale Potenzialaufnahme, Reifegradbestimmung
- Ermittlung mögl. Einsatzbereiche

B



Beschreibung

- Schnelle Behebung von Maschinenstillständen
- Echtzeit-Austausch von Bild-, Ton- und Videodateien mit dem technischen Kundendienst
- Bearbeitung von Bilddateien und Ergänzung um zusätzliche Informationen

Investitionsrechnung

Key Facts:

Einsparungen pro Jahr	64.760 €
Anschaffungskosten	27.800 €
Laufende Kosten pro Jahr	34.121 €
Amortisationsdauer (Jahre)	0,8
Rentabilität pro Jahr	220%

3

**Erfolgs-
faktoren &
Ausblick**

**WAS sollte beachtet werden?
WAS kommt als nächstes?**

Erfolgsfaktoren für eine Implementierung

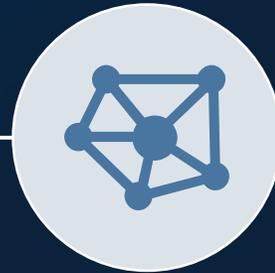
Klarer Fokus mit eindeutigen Use Cases
(Technologie, Anwendung/Service, Mehrwerte, Kunde)



Konsistenz zwischen physischen Objekt und virtuellen Modell
(simultane Änderungen & Anpassungen)



Pool für relevante Daten und Modelle
(virtuelle Daten und Modelle inkl. Kontext)



Konsistente End-2-End Prozesse, Daten und Modelle
(as defined, as designed, ..., as maintained)



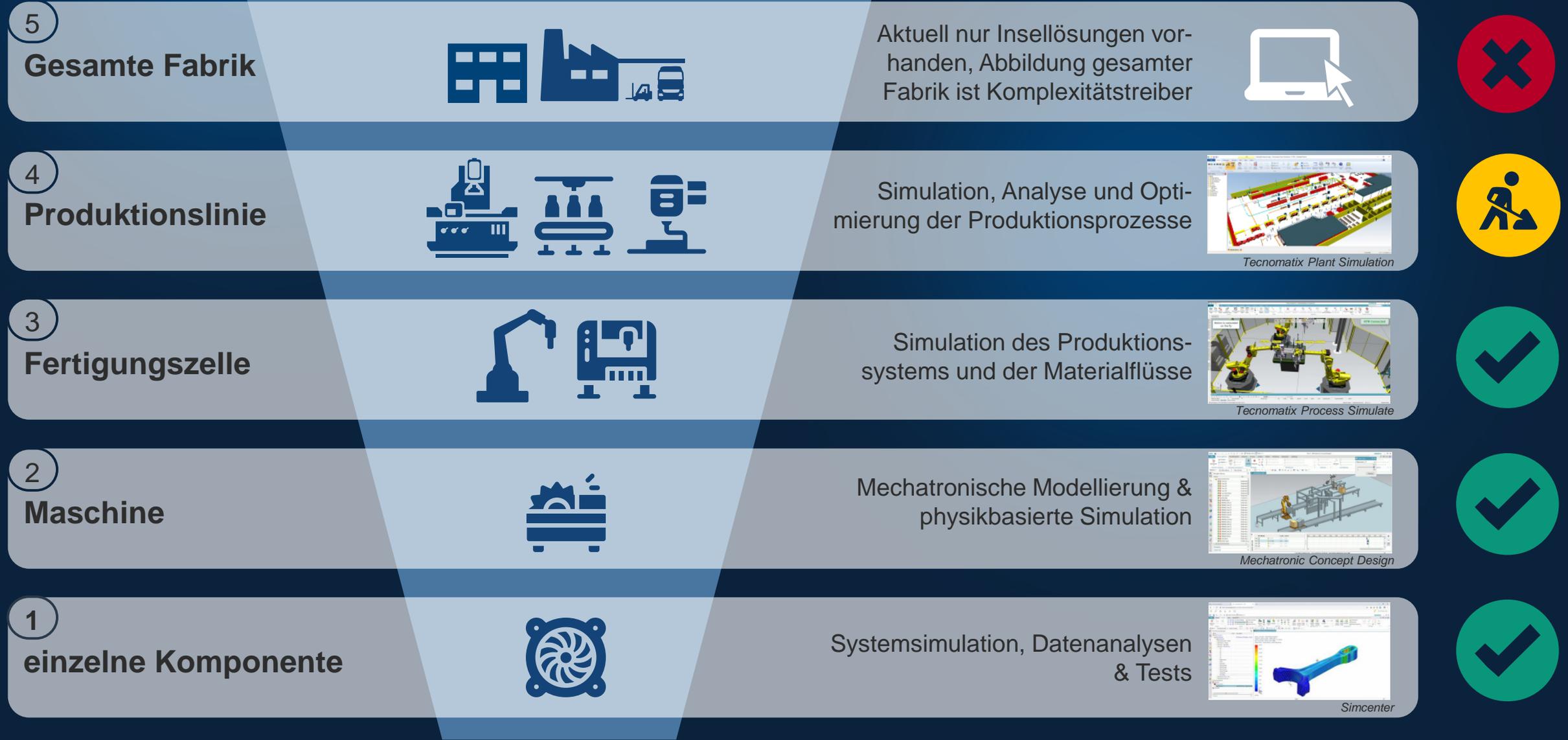
Nutzung einer modularen Architektur
(über alle Modelle, Teilmodelle und Lösungen)

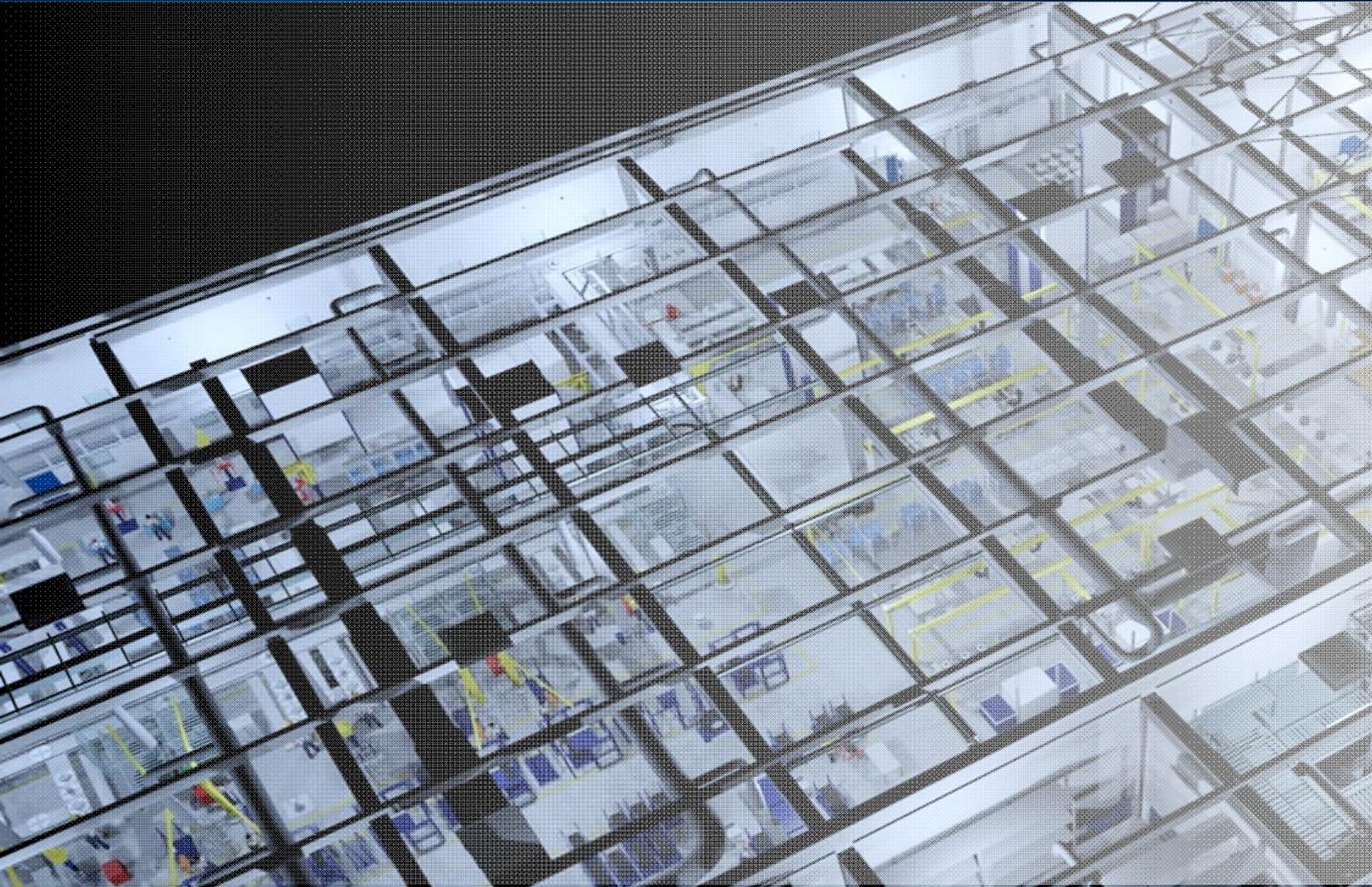


Reduktion der Komplexität
Nutzung standardisierter Schnittstellen und Technologien (z.B. IoT)



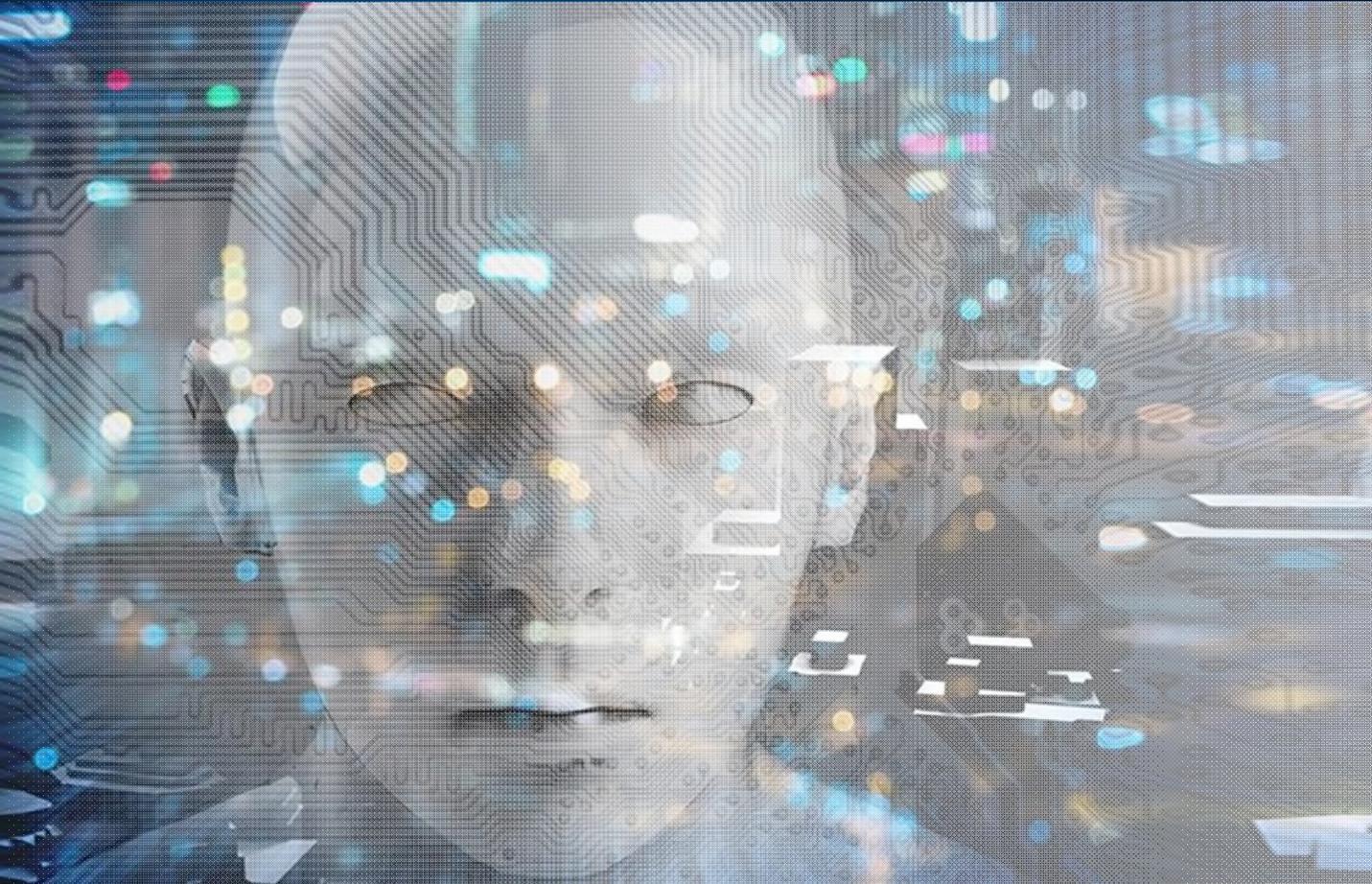
Aktueller Durchdringungsgrad Digitaler Fabrikzwillinge in der Praxis





- Reale Zustandsinformationen werden mit dem digitalen Fabrikmodell verknüpft → ein exaktes virtuelles Abbild entsteht
- Das virtuelle Abbild der Fabrik nimmt kontinuierlich alle Zustände der realen Fabrik an
- Ad hoc können verbesserte Konfigurationen für die momentane Situation der realen Fabrik in einer Simulation ermittelt werden
- Ist dieses zu erfolgversprechend, wird die neue Konfiguration auf Knopfdruck in die reale Fabrik übertragen

Die reale Fabrik kann gesamthaft im Digitalen Zwilling analysiert und optimiert werden.



- Kontinuierlich geben smarte/wandelbare Fabriken über Sensoren ihre Zustände an das digitale Fabrikmodell weiter
- Predictive Analytics ermöglicht genaue Vorhersagen der Zukunft (Kundenbestellungen, Maschinenausfälle, etc.)
- Diese Informationen werden in der digitalen Fabrik automatisch verarbeitet → optimale Lösungen werden ermittelt
- Innerhalb definierter Grenzen optimiert sich die Fabrik selbständig – ansonsten ist eine Freigabe vom Planer erforderlich

Die digitale Planung optimiert sich kontinuierlich und selbständig – sie ermöglicht damit Smart Factories.

...und wie wird's weiter gehen?

Die Bedeutung von Emerging Technologies steigt weiter (IOT AI, 5G, Edge Computing, Serverless/Cloud Computing, Blockchain, 3D-Druck, ...).

KI- und Big Data Anwendungen helfen bei der Datenauswertung von Digitalen Zwillingen und liefern neue Einsichten.

Digitale Zwillinge ermöglichen Smart Factories.

Nicht mehr das physische Produkt, sondern sein digitales Pendant wird die Wertschöpfung eines Unternehmens dominieren.



“ *Die Chance klopft öfter an, als man meint, aber meistens ist niemand zu Hause.*

WILL ROGERS

”

BEIJING
BERLIN
BRAUNSCHWEIG
KAIRO
KÖLN
FRANKFURT
HAMBURG
MÜNCHEN
NÜRNBERG
PADERBORN
SÃO PAULO
SHANGHAI
STUTTGART
WIEN
ZÜRICH

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.unity.de | www.unityconsulting.com