

FACTSHEET: Digitale Zwillinge im Werkzeugbau

Strategischer Nutzen: Der Digitale Zwilling als Effizienzhebel

In einem Marktumfeld, das durch volatile Wertschöpfungsketten und den disruptiven Umstieg auf die Elektromobilität geprägt ist, fungiert der Digitale Zwilling als der entscheidende strategische Effizienzhebel. Basierend auf der Definition des Digital Twin Consortiums evaluieren wir den Digitalen Zwilling als eine virtuelle Repräsentation realer Assets, die durch synergetische Synchronisation die Lücke zwischen physischer Produktion und digitaler Steuerungsebene schließt. Für Automobilzulieferer im Werkzeugbau bedeutet dies die Transformation von passiven Datenbeständen in aktive strategische Vermögenswerte.

Durch die präzise virtuelle Abbildung realer Prozesse lassen sich signifikante Optimierungspotenziale in der Ressourceneffizienz und Agilität derivieren. Der Mehrwert liegt in der technologischen Durchgängigkeit, die es ermöglicht, physische Assets nicht nur zu überwachen, sondern deren Verhalten proaktiv zu steuern und über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu optimieren.

„Der Digitale Zwilling fungiert als Single Source of Truth für die Echtzeit-Synchronisation zwischen physischen Assets und digitalen Modellen. Er etabliert die notwendige Transparenz zur Prozessoptimierung und sichert die Agilität innerhalb einer hochkomplexen, global vernetzten Wertschöpfungskette.“

Prof. Dr. Clemens Faller

HINTERGRUND

Definition und technologisches Fundament

Das moderne „Digitale Zwillingssystem“ nach dem Verständnis des Fraunhofer IOSB (2026) beschreibt eine umfassende Infrastruktur zur Erstellung, Verwaltung und synergetischen Nutzung virtueller Abbilder. Es handelt sich hierbei nicht um eine isolierte Simulation, sondern um ein cyber-physisches System, das Geometrie-, Kinematik- und Logikdaten integriert.

Ein strategisch valider Digitaler Zwilling im Werkzeugbau erfordert die Aggregation spezifischer Teilmodelle:

- ☞ Modellbasierte Selbstbeschreibungen: Diese ermöglichen die Autoidentifikation und Autokonfiguration. Assets melden sich eigenständig mit ihren Parametern an übergeordneten Systemen (MES/IoT) an.
- ☞ Skill-Beschreibungen (Fähigkeiten): Spezifische Fertigungsverfahren wie MAG-Schweißen, Fräsen oder Materialflussfunktionen wie Stetigfördern werden inklusive ihrer logischen Attribute hinterlegt. Dies erlaubt eine agile Rekonfiguration von Produktionsanlagen.
- ☞ Datenbasierte Verhaltensmodelle: Durch Machine Learning gewonnene Modelle des Normalverhaltens erlauben eine präzise Anomalieerkennung während des Betriebs.
- ☞ Die Digitale Fabrik (VDI 4499): Integration digitaler Modelle von Anlagen, Gebäuden und technischer Infrastruktur durch ein durchgängiges Datenmanagement.
- ☞ Cyber-Sicherheit & Management: Integrale Verwaltung von Zugriffsrechten, Zertifikatshandling und Versionsmanagement zur Sicherung der Datenintegrität.

Diese technologische Tiefe ist die Grundvoraussetzung, um dem steigenden wirtschaftlichen Transformationsdruck in der Zulieferindustrie zu begegnen.

Ausgangslage der Automobilzulieferer: Transformationsdruck und Datenkomplexität

Die Branche steht unter einem beispiellosen Anpassungsdruck. Während OEMs massiv in neue Antriebstechnologien investieren, ist die Diskrepanz im Werkzeugbau und

Aftersales-Umfeld alarmierend: Während ca. 35 % der Investitionen in die Antriebstechnik fließen, werden für das Werkzeugumfeld oft nur 3 % aufgewendet. Diese Unterinvestition ist als strategisches Versagen zu bewerten, da sie die Prozesssicherheit in einer Zeit gefährdet, in der die technische Komplexität (E-Mobilität, Software-Updates) exponentiell steigt.

Bisherige Defizite manifestieren sich in:

- 🌀 Inkompatiblen Insellösungen: Datenflüsse enden an Unternehmensgrenzen, was eine unternehmensübergreifende Optimierung verhindert.
- 🌀 Redundanten Datenströmen: Mangels Standardisierung werden Daten mehrfach generiert, was die Fehlerquote erhöht und wertvolle Ingenieurskapazitäten bindet.
- 🌀 Fehlender Bidirektionalität: Ein echter Rückfluss von Erkenntnissen aus dem Aftersales in die Entwicklung findet kaum statt.

So-What-Layer: Ohne die Auflösung dieser Datensilos und die Etablierung einer durchgängigen, bidirektionalen Datenpflege riskieren Zulieferbetriebe den Verlust ihrer technologischen Souveränität und Wettbewerbsfähigkeit. Der Digitale Zwilling ist kein „Nice-to-have“, sondern die *conditio-sine-qua-non* für das Überleben im Automotive-Ökosystem.

Strategische Handlungsfelder im Werkzeugbau

Um messbaren Mehrwert zu generieren, müssen Zulieferer vier zentrale Handlungsfelder besetzen:

- 🌀 Interoperabilität via Verwaltungsschale (AAS) & Serviceportal
- 🌀 Durchgängiges Datenmanagement (PLM, ERP, PDM)
- 🌀 3D-Visualisierung & Extended Reality (XR)
- 🌀 Generative Fertigung (Additive Manufacturing)

Interoperabilität via Verwaltungsschale (AAS) & Serviceportal

Die Asset Administration Shell (AAS) dient als standardisierte Schnittstelle (Header/Body-Konzept), um Assets in den Cyberspace zu integrieren. Synergetisch verknüpft mit einem Serviceportal (nach Krause 2023) fungiert sie als zentrale Schnittstelle für die gesamte Wertschöpfungskette.

Impact-Faktoren: Standardisierter Datenaustausch zwischen OEM und Zulieferer, herstellerunabhängige Kommunikation, digitale Souveränität.

Durchgängiges Datenmanagement (PLM, ERP, PDM)

Die Integration bestehender Systeme ist essenziell, um Medienbrüche zu eliminieren. Ziel ist ein „roter Faden“

durch die Datenbankinfrastruktur von der Konstruktion bis zur Entsorgung.

Impact-Faktoren: Höhere Datenvalidität, Reduzierung von Prozessfehlern, effiziente Ersatzteillogistik durch transparente Historien.

3D-Visualisierung & Extended Reality (XR)

Nutzerzentrierte Schnittstellen wie Mixed Reality (MR) optimieren den Field Service. Durch Techniken wie Model Targets und QR-Code-Integration werden 3D-Daten (STEP/gITF) direkt am physischen Werkzeug visualisiert.

Impact-Faktoren: Erhebliche Zeitersparnis bei Wartungen, Reduzierung der Fehlerraten durch interaktive Anleitungen, ortsunabhängiger Support (Remote Assist).

Generative Fertigung (Additive Manufacturing)

Die Integration der generativen Fertigung in das Konzept des Digitalen Zwillings revolutioniert das Rapid Tooling und die Ersatzteilversorgung. Bauteile werden auf Basis digitaler Scans oder CAD-Daten direkt am Point of Need realisiert.

Impact-Faktoren: Minimierung von Lagerkosten, Sicherung der Verfügbarkeit für Altfahrzeuge, Optimierung von Bauteilgewichten durch Funktionsintegration.

Vorgehensmodell zur Umsetzung: Von der Vision zur Realität

Die Implementierung erfordert ein methodisch fundiertes Vorgehen, um technische Architektur und Geschäftsmodell synergetisch zu verzahnen:

- 🌀 Phase 1 (Erkenntnis & Konzeption): Systematische Analyse der Unternehmensebenen (Strukturen, Prozesse, Geschäftsmodell) nach dem Zwiebelprinzip, um kritische Transformationsziele zu derivieren.
- 🌀 Phase 2 (Design & Architektur): Festlegung einer skalierbaren Architektur. Hierbei ist der Einsatz des MVC-Frameworks (Model View Controller) kritisch: Durch die Entkopplung der Datenlogik (Model) von der Nutzerschnittstelle (View) wird sichergestellt, dass Informationen endgeräteunabhängig (Tablet, VR-Brille, PC) konsistent bereitgestellt werden.
- 🌀 Phase 3 (Realisierung & Test): Einsatz von Werkzeugen wie FA³ST (Fraunhofer Advanced Asset Administration Shell Tools). Dies ermöglicht auch KMU die Erstellung standardkonformer Zwillinge, ohne tiefgreifendes Expertenwissen über die zugrunde liegenden IT-Standards besitzen zu müssen. Begleitende Validierungstests sichern die Prozessstabilität.

ZUSAMMENFASSUNG UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Standardisierung über die Verwaltungsschale und die synergetische Verknüpfung mit immersiven Medien und generativen Verfahren ist der einzige Pfad zur digitalen Souveränität. Zulieferer, die den Digitalen Zwilling als strategisches Rückgrat begreifen, werden die Effizienzpotenziale der Industrie 4.0 nicht nur verwalten, sondern aktiv zur Marktführerschaft nutzen.

Zur Sicherung der digitalen Zukunftsfähigkeit werden folgende strategische Maßnahmen empfohlen:

Handlungsempfehlungen für die AZI:

- 🌀 AAS als Standard verankern: Nutzen Sie die Verwaltungsschale als zentralen Anker für alle Asset-Informationen und verknüpfen Sie diese mit einem zentralen Serviceportal.
- 🌀 Unternehmensübergreifende Kollaboration: Etablieren Sie bidirektionale Datenflüsse mit Partnern, um Redundanzen zu eliminieren und die Transparenz zu maximieren.
- 🌀 Visualisierung forcieren: Integrieren Sie 3D-Daten konsequent in den Digitalen Zwilling als Basis für XR-Anwendungen.
- 🌀 Generative Fertigung integrieren: Optimieren Sie Ihre Ersatzteillogistik und das Rapid Tooling durch die Anbindung von 3D-Druck-Verfahren an den Digitalen Zwilling.
- 🌀 Modulare Skalierung: Implementieren Sie den Digitalen Zwilling schrittweise in bedarfsabhängigen Modulen, um den ROI frühzeitig nachzuweisen.
- 🌀 Cyber-Sicherheit als Fundament: Investieren Sie in robustes Identitätsmanagement und sicheres Zertifikatshandling zur Wahrung der Datensouveränität.
- 🌀 SME-Tools nutzen: Reduzieren Sie die Komplexität der Implementierung durch standardisierte Toolkits wie FA³ST, um die Transformationsgeschwindigkeit zu erhöhen.

QUELLEN:

Fraunhofer IOSB (2026): Digitale Zwillinge für Industrie 4.0 – Schlüsselkonzepte und Werkzeuge (FA³ST).

Krause, C. (2023): Konzept zur Digitalen Transformation für den Automotive Aftersales unter Fokussierung des Digitalen Zwillings und interaktiver Nutzerschnittstellen (Dissertation, Universität Duisburg-Essen).

ZVEI / Plattform Industrie 4.0: Referenzarchitekturmodell (RAMI 4.0).

VDI 4499 Blatt 1: Digitale Fabrik – Grundlagen.

Digital Twin Consortium: Definition und Synchronisationsstandards

HERAUSGEBER



GESCHÄFTSSTELLE TRAIBER.NRW

c/o Bergische Universität Wuppertal
TMDT - Institute for Technologies and Management
of Digital Transformation

Lise-Meitner-Str. 27, 42119 Wuppertal
Telefon: 0202 439 1164
E-Mail: koordination@traiber.nrw
www.traiber.nrw

INHALTLICHE VERANTWORTUNG

PROF. DR. DIPL.-ING. CLEMENS FALLER

DIPL.-ING. BRITTA WEIßERT

AKIS RUHR - Interdisziplinäres Institut für Angewandte KI und Data Science Ruhr
Hochschule Bochum, Kettwiger Str. 20, 42579 Heiligenhaus

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie