

ProduktDatenJournal

**Von der Norm auf die Straße:
Praxisbericht zur JT 10.5 Einführung bei Mercedes-Benz**
Seite 24

Datengetriebene Entwicklung für ADAS/AD-Systeme
Seite 32

**Methodische Analyse
bestehender Wertschöpfungssysteme
zur Integration Digitaler Zwillinge**
Seite 42

2021-2

28. Jahrgang · Euro 20

CONTACT Elements

The world's best platform to design and operate smart products



Steuern Sie mit CONTACT Elements den Lebenszyklus Ihrer Produkte entlang des Digital Thread. Profitieren Sie von der hohen Durchgängigkeit der Elements Bausteine und kombinieren Sie diese je nach Bedarf. Nehmen Sie Updates früher produktiv und nutzen Sie dank offener Schnittstellen führende Open Source Software. Verbinden Sie unterschiedliche Systeme einfacher als je zuvor über Unternehmensgrenzen hinweg. CONTACT Elements: Mehr als die Summe seiner Teile.

energizing great minds

contact-software.com

 **CONTACT**
Software

Editorial



Als der prostep ivip Verein 1993 mit visionären Ideen gegründet wurde, stand die Industrie vor großen Herausforderungen und Veränderungen. Die geänderte Arbeitsteilung und Verlagerung von Wertschöpfung in der Zulieferkette – vom OEM hin zu Partnerunternehmen – und die gleichzeitige Verfügbarkeit von neuen Werkzeugen zur virtuellen Produktentwicklung wie 3D CAD, CAE, CAM etc. warf neue Fragestellungen zum Umgang mit Produktdaten auf, das methodische und prozessuale Vorgehen musste neu gedacht und Systemarchitekturen neu definiert werden. Offenheit der Systeme, Standards für die Zusammenarbeit, Parallelisierung und Automatisierung von innerbetrieblichen Prozessen bzw. Austausch und Umgang mit Produktdaten insgesamt waren zentrale Aspekte und maßgeblich für die Gründung des prostep Vereins.

Schnell wurde der prostep ivip mit seinen vielfältigen Aktivitäten in dieser Zeit für viele Mitglieder und andere Industrieunternehmen ein wichtiger Rat- und Taktgeber, aber zugleich auch Forum für den Austausch der unterschiedlichen Marktteilnehmer. Eine herausragende Bedeutung mit Leuchtturmcharakter für die PLM-Industrie hat hierbei sicherlich das prostep ivip Symposium, welches jetzt sein 25-jähriges Jubiläum feiert.

Auch heute führen zunehmende Vernetzung, steigende technologische Komplexität sowie politische und gesellschaftliche Veränderungen zu einer noch nie da gewesenen Dynamik in der Industrie. Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit zwingen Unternehmen, ihr Kerngeschäft zu optimieren und gleichzeitig ihre digitale Transformation mit Hochdruck voranzutreiben. Letzteres bedeutet: neue Geschäftsmodelle identifizieren, Prozesse effizienter und Produkte smarter machen sowie die Interaktion mit Kunden verbessern. Gerahmt wird diese Gemengelage von dem gesellschaftlichen und politischen Imperativ, nachhaltiger und ressourcenschonender zu wirtschaften und drängende Themen wie Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft entlang der Wertschöpfungsketten mit einzubeziehen.

Es zeigt sich eindrucksvoll, dass diejenigen Unternehmen, die frühzeitig in ihre digitale Transformation investiert haben, einen Schritt voraus sind und neue Anforderungen seitens des Gesetzgebers, der Kunden oder des Markts besser umsetzen können. Sie nutzen Ihre Marktvorteile und gestalten mit ihren Produkten und Dienstleistungen die Gesellschaft mit, sind krisenfest und bleiben jederzeit handlungsfähig. Die Integration von Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsinitiativen ist jedoch kein leichtes Unterfangen. Der Arbeit des prostep ivip Vereins kommt hierbei in Zeiten von Systems of Systems, Produkt-Plattformen, Services und geänderten Wertschöpfungsketten – wie bereits 1993 – eine zentrale Bedeutung zu.

Um den ganzen Strauß digitaler Möglichkeiten wie z. B. SaaS- und PaaS-Lösungen auszuschöpfen und so Treiber und nicht Getriebene der Digitalisierung zu sein, benötigen Unternehmen Enterprise-Architekturen, mit denen sie im Falle sich ändernder wirtschaftlicher oder gesetzlicher Anforderungen schnell Innovationen liefern und Anwendungen dynamisch anzupassen können. Gartner spricht hier von „composable enterprises“, die eine hohe unternehmerische Zukunftssicherheit besitzen. Auf der Ebene der Software-Systeme sind es offene Plattformen, die im Sinne einer „composable architecture“ unterschiedliche Systeme für durchgängige Datenflüsse integrieren.

Es bleibt festzuhalten, dass sowohl die Bedingungen der digitalen Transformation als auch ihre Möglichkeiten ein komplexes, aber auch ein sehr spannendes Gefüge ergeben, in dem wir uns alle orientieren und eigene Wege finden müssen. Die Jubiläumsveranstaltung des prostep ivip Symposiums in 2022 bietet hier den idealen Ort für Austausch und wir freuen uns sehr, endlich wieder live mit dabei zu sein.

Ihr
Maximilian Zachries
Managing Director CONTACT Software

24

Von der Norm auf die Straße: Praxisbericht zur JT 10.5 Einführung bei Mercedes-Benz

JT (Jupiter Tessellation) ist das neutrale und standardisierte 3D-Daten- und Visualisierungsformat, welches wir, die Mercedes-Benz AG, in Folge- und Lieferantintegrationsprozessen anstelle von nativen 3D-CAD-Datenformaten einsetzen. Der Einsatz neutraler, standardisierter Datenformate ist für uns der Schlüssel einer effizienten Zusammenarbeit mit unseren Partnern und Kern unserer „Strategy of Standards“.

32

Datengetriebene Entwicklung für ADAS /AD-Systeme

Die datengetriebene Entwicklung (Data Driven Development - DDD) ist ein Kernelement für die Entwicklung und Validierung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und autonom fahrender Fahrzeuge (AD). Gleichzeitig erzeugt ein datengetriebener Entwicklungsansatz PetaBytes an Daten und damit einhergehend erhebliche Herausforderungen bei der Datenerfassung, Datenverwaltung und Datenverarbeitung.

42

Methodische Analyse bestehender Wertschöpfungs- systeme zur Integration Digitaler Zwillinge

Den Einsatzmöglichkeiten digitaler Zwillinge entlang des gesamten Produktlebenszyklus sind praktisch keine Grenzen gesetzt. Sie können die Bereitstellung und Analyse aktueller Nutzungsdaten oder Betriebszustände, die Prognose zukünftigen Produktverhaltens, Echtzeit-Optimierungen von Prozessen oder virtuelle Umplanungen von ganzen Fabriken während des laufenden Betriebs ermöglichen.

Inhalt

- 3 Editorial
- 5 Kurz notiert

Neue Mitglieder

- 7 Mitsubishi
- 8 John Deere

Projekte

- 9 Digital Data Package (DDP)
- 14 FDX Projektgruppe ruft Implementor Forum ins Leben

Fachthemen

- 15 Machine Learning basierte Simulation für das Virtual Engineering in der Fahrzeugentwicklung
- 20 Das strategische Dreieck digitaler Souveränität
- 24 Von der Norm auf die Straße:
Praxisbericht zur JT 10.5 Einführung bei Mercedes-Benz
- 28 Nachhaltige 3D-Daten für die digitale Zusammenarbeit -
Teil 1: Herausforderungen im Wandel
- 31 Scientific Award
- 32 Datengetriebene Entwicklung für ADAS/AD-Systeme

Wissenschaft & Forschung

- 36 Ähnlichkeitsmetrik zum Abruf von 3D-Modellinformationen -
Eine vorläufige Studie
- 42 Methodische Analyse bestehender Wertschöpfungssysteme
zur Integration Digitaler Zwillinge
- 49 Termine
- 50 Präsenz zeigen im wichtigsten PLM-Journal!
- 52 Impressum

Kurz notiert ...

prostep ivip, PDES, Inc. und AFNeT geben Zusammenarbeit in MBx Interoperabilitätsforen bekannt

prostep ivip Association, PDES, Inc. und AFNeT Association haben eine Absichtserklärung (Memorandum of Understanding - MoU) bezüglich einer engeren Zusammenarbeit im Bereich der MBx-Interoperabilitätsforen unterzeichnet. Ziel dieser Zusammenarbeit ist es, die Entwicklung von MBx-Übersetzern zu beschleunigen und Benutzeranforderungen zu erfüllen.

Das MBx Interoperabilitätsforum ist ein gemeinsames Projekt von prostep ivip, PDES, Inc. und AFNeT. Die Unterzeichnung der MoU initiiert gemeinsame Aktivitäten mit Benutzergruppen, die Anwendungsfälle, Anforderungen und Testfälle bereitstellen, und Implementierungsgruppen, die empfohlene Praktiken und Lösungen entwickeln.

Das MBx-Interoperabilitätsforum will Funktionalitäten für den heutigen und zukünftigen Bedarf identifizieren und implementieren. Gleichzeitig soll das Vertrauen der Nutzer gestärkt werden, indem die Interoperabilität von Systemen und Informationsstandards für ISO 10303 Anwendungsprotokolle getestet wird. Das MBx-IF umfasst derzeit die CAx IF, EWIS-IF, CAE-IF und PDM-IF und soll künftig weitere technische Disziplinen einschließen.

Die bereits existierende Zusammenarbeit zwischen den drei Verbänden wird nun mit der Etablierung dieses Governance-Modells um MBx-IF erweitert. prostep ivip, PDES, Inc. und AFNeT wollen gemeinsam Pilotprojekte entwickeln, die für die Mitgliedsunternehmen aller drei Organisationen von Interesse sind, und die Harmonisierung von Normen sicherstellen.

„Mit der Bündelung der Kräfte aus den drei Spitzenverbänden wollen wir die industrielle digitale Transformation weltweit und branchenübergreifend mit einem einheitlichen Ansatz vorangetrieben“, sagt Dr. Henrik Weimer, Vorstandsvorsitzender von prostep ivip.

„Die Organisationen arbeiten seit vielen Jahren bei der Entwicklung und Erweiterung von Standards für die Dateninteroperabilität eng zusammen. Diese Absichtserklärung ist ganz einfach der nächste Schritt in der Entwicklung einheitlicher Ansätze, die die digitalen Transformationsbemühungen globaler Unternehmen und staatlicher Stellen unterstützen“, so Brian Chiesi, General Manager, PDES, Inc.

„Und ein einheitlicher Ansatz macht diese Transformation für alle Beteiligten unkompliziert, nachhaltig und effizient. Darüber hinaus erleichtert er die Implementierung digitaler Lösungen zur Bewältigung der weltweit wichtigsten branchenübergreifenden Herausforderungen, wie z.B. die Interoperabilität von konfigurierten Multisicht-Produktstrukturen“, betonte Pierre Faure, Präsident von AFNeT.

Über PDES, Inc.:

PDES, Inc. leitet ein internationales Konsortium aus Industrie, Behörden und Hochschulen, das sich für eine beschleunigte Entwicklung und Umsetzung von Standards einsetzt, die die Integration von Unternehmen und die Interoperabilität des Produktlebenszyklus-Managements ermöglichen. Ihre Mitglieder vertreten führende Hersteller, US-Regierungsbehörden, Softwareanbieter, Universitäten und Forschungseinrichtungen. PDES, Inc. unterstützt das Digital Enterprise durch die Entwicklung und Implementierung von Informationsstandards, um modellbasiertes Engineering, modellbasierte Fertigung und modellbasierte Nachhaltigkeit zu unterstützen. Das Testen von Implementierungen und der Datenaustausch anhand von Standards ist ein integraler Bestandteil von PDES, Inc.

Über AFNeT:

Die AFNeT ist ein Non-Profit-Verband, der seit mehr als 30 Jahren als branchenübergreifender „Think Tank“ mit einem „Do Tank“ arbeitet und Projekte zur digitalen Transformation und Standardisierung in vielen Branchen durchführt. Die Mitglieder von AFNeT vertreten führende Industrieunternehmen, KMU, französische Regierungsbehörden, Softwareanbieter, Universitäten und Forschungseinrichtungen. AFNeT fördert die Entwicklung, Erprobung und Verwendung einer Reihe kohärenter internationaler Standards zur Unterstützung vieler Unternehmensfunktionen, wie Systemtechnik, Konstruktion und PLM, BIM, intelligente Fertigung, SCM, Wartung und Instandhaltung.

Aktuelle Projekte entwickeln Wettbewerbsfähigkeit und Innovation in der Industrie durch den Aufbau von (ATLAS) oder Beitrag zur (Gaia-X) Zusammenarbeit in Industriesektoren (z. B. Luft- und Raumfahrt, Verteidigung, Automobil, Bahn, Schiffbau, Nuklear, Energie, Gebäude/AEC, Gesundheit usw.) um den digitalen Thread für erweiterte Unternehmensprozesse zu fördern. ◀

Smart Systems Engineering startet 2022 in Phase 5

Das Projekt SmartSE ist seit Jahren im kollaborativen Systems Engineering an der Schnittstelle zwischen OEMs und Zulieferern aktiv. Erste Ergebnisse wurden mit der produktiven Nutzung von FMI für die standardisierte Darstellung von Verhaltensmodellen erzielt. In dieser Hinsicht ist der disziplinübergreifende Einsatz von FMI sowohl für physikalische Verhaltensmodelle als auch für das Verhalten von Softwaremodulen/Komponenten in mechatronischen Produkten eine Erfolgsgeschichte. Dies wurde kürzlich in dem White Paper über virtuelle Steuergeräte (vECU's) demonstriert. Weitere Herausforderungen sind die unterschiedlichen Modellabstraktionen für verschiedene Simulationsaufgaben in heterogenen Modellumgebungen. Neben den technischen Herausforderungen erhöht dies auch die Schwierigkeit, die Simulationsqualität zu dokumentieren und nachzuvollziehen. Die SmartSE-Projektgruppe hat sich daher auch mit diesem Thema beschäftigt und die Ergebnisse in dem Whitepaper „Simulation-based Decision Making“ zusammengefasst.

Die vierte Phase des Projekts neigt sich nun dem Ende zu und alle Ergebnisse werden in ein V3-Update der SmartSE-Empfehlung einfließen. Zusätzlich wird die Synergie vieler der entwickelten Konzepte in den kommenden Monaten in Form von konkreten Demonstratoren demonstriert. Schließlich hat das Projekt beschlossen, weiterhin aktiv an systemtechnischen Problemen zu arbeiten. Daher wird es in einer Phase V fortgesetzt, die sich vor allem auf die Beherrschung der Simulation entlang einer Lieferkette, Simulationsqualität und Rückverfolgbarkeit sowie die Ergänzung von Systems Engineering und agiler Entwicklung konzentrieren wird. Jeder, der sich an den kommenden Diskussionen beteiligen möchte, ist eingeladen, an der SmartSE Phase 5 teilzunehmen!

JT Day 2022: Accelerate the Transformation - LIVE bei AUDI 27.4.22

Bereits zum 6. Mal veranstaltet der prostep IVIP Verein seinen JT Day - und lädt Sie zum branchenübergreifenden Treffen der JT Community am 27.04.2022 zu unserem Gastgeber AUDI AG nach Ingolstadt herzlich ein.

„Accelerate the Transformation“ lautet das Motto für den nächsten JT-Day, unter dem hochkarätige internationale Referenten über den praktischen Einsatz und den Nutzen des nationalen und internationalen Standardformats zum multidisziplinär einsetzbaren 3D-Backbone in den Engineering-Prozessen der heutigen Industrie berichten und einen Ausblick auf die Rolle von JT in künftigen Digitalisierungs-Szenarien geben werden.

Es freut uns sehr, Dr. Cornelius Menig als Keynote-Speaker begrüßen zu dürfen, der in seiner Rolle als Head of Business Partner Management Research and Development bei AUDI AG über die Bedeutung und den Einsatz von JT im Hause AUDI berichten wird.

Weitere spannende Vorträge von

- Bernd Watzal (Mercedes-Benz AG)
- Günther Fabian (AUDI AG)
- Bernd Feldvoss (AIRBUS)
- Rudolph Dotzauer (Continental)
- Dr. Alain Pfouga (prostep ivip)

und weiteren sind in Planung und werden in Kürze veröffentlicht.

Der JT Day wird traditionell vom JT Workflow Forum ausgerichtet und bietet neben dem Vortragsprogramm auch eine begleitende Ausstellung. Das JT Workflow Forum ist eine gemeinsame Projektgruppe des prostep ivip Vereins und des VDA, die darauf abzielt, das Format JT als Prozessformat in der Industrie zu etablieren. Die wesentliche Aufgabe des Projektes ist es, aktuelle und zukünftige Anforderungen an die Anwendung von JT zu spezifizieren und in Zusammenarbeit mit dem JT Implementor Forum in den Häusern der beteiligten Unternehmen zu validieren, sowie Prozesse in Use Cases zu dokumentieren und zu priorisieren.

Mehr zum JT Day am 27.04.2022 erfahren Sie auf der Homepage des prostep ivip Vereins, über LinkedIn (prostep ivip Association) und über unseren Newsletter.

Neue Mitglieder



Mitsubishi Electric Europe B.V.

Your Solution Partner for smart manufacturing

Mitsubishi Electric Europe B.V. ist eine 100%ige Tochtergesellschaft der Mitsubishi Electric Corporation, Japan. Damit gehört sie in der industriellen Automation zu den führenden Global Playern. Seit 100 Jahren ist Mitsubishi Electric Corporation Hersteller zuverlässiger, qualitativ hochwertiger Produkte für Industrie- und Privatkunden. Rund 146.500 Mitarbeitern arbeiten weltweit im Vertrieb, Forschung, Entwicklung und Fertigung. Die deutsche Niederlassung mit Sitz in Ratingen koordiniert u.a. für die Industrie Automation den Vertrieb, Service und Support in Deutschland, Österreich, Schweiz und Benelux.

Global partner, local friend

Weltweite Verfügbarkeit, lokaler Service: Mitsubishi Electric bietet als einer der wenigen Anbieter eine übergreifende leistungsstarke Produkt- und Lösungspalette vom Roboter, SPS, Drives System, HMI bis zur Software und individuellen Sonderkonzepten - alles aus einer Hand. Durch unser engmaschiges Partner-, Support- und Servicenetzwerk direkt vor Ort aber auch weltweit.

Strategische Weitsicht und Innovationskraft für die richtige Entscheidung

Schon 2003 hat Mitsubishi Electric auf die Marktanforderungen der digitalen Transformation reagiert und das e-F@ctory Konzept entwickelt. e-F@ctory verknüpft Informationen von Steuerungssystemen mit denen der IT-Systeme so, dass sie exakt auf MES- und Unternehmensapplikationen zugeschnitten sind. Dabei kommunizieren alle Bereiche mit Hilfe einer hochleistungsfähigen und leicht integrierbaren Technologie. Gemeinsam mit seinen Partnern werden Lösungen für die aktuellen Anforderungen an die Digitalisierung realisiert. Mitsubishi Electric arbeitet in allen wichtigen Gremien an der Weiterentwicklung der Industrie 4.0 mit und bringt diese in das e-F@ctory Konzept ein.

Mit künstlicher Intelligenz am Puls der Zeit

Mit der Marke MAISART (Mitsubishi Electric's AI creates the State-of-the-Art in Technology) fasst Mitsubishi Electric die ganze Bandbreite seiner künstlichen Intelligenz (KI)-Technologien zusammen. Unter dem Unternehmensgrundsatz „Original AI technology makes everything smart“ nutzt das Unternehmen eigene KI-Technologien und Edge Computing, um intelligenter Produkte und höhere Sicherheit, Benutzerfreundlichkeit und mehr Komfort im Alltag als zentrale KI-Plattform zu schaffen.

Denn Mitsubishi Electric bietet seinen Kunden zukunftsorientierte Ansätze. Cloud-Lösungen und das Internet der Dinge schaffen Mehrwert-Optionen in Form von vorausschauender Wartung, Serviceunterstützung durch Augmented Reality und vieles mehr.



Kontakt

Stefan Knauf
Division Manager
Industrial Automation
stefan.knauf@meg.mee.com
<https://www.mitsubishielectric.com>





JOHN DEERE

John Deere

John Deere ist ein weltweit führender Hersteller von Landtechnik, Baumaschinen, Motoren und intelligenten Software und Servicelösungen. Die John Deere GmbH & Co KG ist die Deutsche Geschäftseinheit von John Deere. Das Unternehmen stützt sich auf über 180 Jahre an Erfahrungen und Terrabyte an Präzisionsdaten um seine Kunden in der Land-, Forst- und Bauwirtschaft optimal zu unterstützen.

Seit 1956 ist John Deere mit der Übernahme der Firma Lanz auch in Europa als Landmaschinenhersteller vertreten und produziert und entwickelt noch heute in Mannheim im ehemaligen Lanzwerk seine „Mittleren Traktoren“. Seit der Übernahme der Wirtgen Gruppe im Jahr 2017 ist John Deere jetzt auch führend im Straßenbau weltweit und mit Produktions- und Entwicklungsstandorten in Europa vertreten. Mit seinen ca. 70.000 Mitarbeitern weltweit erwirtschaftet John Deere einen Umsatz von ca. 35,5 Mrd. \$ und einen Gewinn von ca. 2,5 Mrd. \$.

Die schnellen Technologiezyklen, die hohen Anteile an softwarebasierten Funktionalitäten, die Nachfrage nach immer mehr Vernetzung der Maschinen untereinander und mit ihrer Umwelt, sich schnell entwickelnde neue Möglichkeiten in den Bereichen künstlicher Intelligenz, Machine Learning, Automation und Autonomie verlangen auch nach stetig verbesserten Entwicklungsmethoden und -werkzeugen. Hier erhofft sich die Firma John Deere einen Vorteil bei der Mitarbeit in den zukunftsorientierten Projekten und Arbeitsgruppen der Prostep iViP.



Kontakt

Dr.-Ing.
Christian A. von Holst
Global Tractor Systems
Engineering Lead
John Deere GmbH & Co KG
+49 621 829-5171
vonholstdrchristian@johndeere.com
www.deere.com



Digital Data Package (DDP)

Dr. Momme Stürken, Schaeffler Technologies AG & Co. KG
Michael Kirsch, :em engineering methods AG



Motivation und Zielsetzung

In den Arbeitsgruppen des VDA und des prostep ivip Vereins werden gegenwärtig in vielen Projekten unterschiedliche Datenformate zur Unterstützung des Datenaustauschs in der Produktentwicklung entwickelt und gewartet. Diese Datenformate decken jedoch in der Regel nur dedizierte Use Cases eines disziplinspezifischen Datenaustauschbedarfs ab. Jedes Neutralformat hat dabei seinen eigenen Fokus und seinen Anwendungsbereich. Für Traceability und Configuration Management im Sinne von ISO 9001 und Automotive SPICE sind aber die Verknüpfungen zwischen den Daten ebenso wichtig wie die Daten selbst. Sie alle gehen heute im Datenaustausch verloren. Mit dem Digital Data Package wird nun die Bereitstel-

lung einer übergreifenden Lösung zur Unterstützung eines vernetzten und disziplinübergreifenden Datenaustauschs adressiert. Damit wird es nicht nur unternehmensintern möglich, eine durchgängig vernetzte, disziplinübergreifende Produktdokumentation zu erstellen, sondern auch in Kollaboration mit anderen Partnern, Kunden und Zulieferern, die wertvollen Produktdaten in ihrem semantischen Kontext auszutauschen.

Bild 1 illustriert, wie die heute separaten und voneinander losgelösten Formate in ein gemeinsames Paket gepackt und dort mit allen interdisziplinären Verknüpfungen gemeinsam ausgetauscht werden können. Ein Beipackzettel zum ausgetauschten Paket verschafft den notwendigen Überblick für den Empfänger.

Durch die Bereitstellung eines solchen Digital Data Package können Unternehmen, deren Arbeitsweisen und IT-Bebauungen sich möglicherweise grundlegend unterscheiden, einen minimalen digitalen Thread auf der Grundlage verknüpfter Datenaustauschstandards erstellen und so technische Daten eines digitalen Zwillings verknüpfen und austauschen.

Besonderheiten in der Methodik und Arbeitsweise

Im Gegensatz zur üblichen Aufteilung der VDA-Prostep-Konsortialprojekte in Anwender- (Workflow Forum) und Vendors-Projekte (Implementor Forum) wählte das DDP einen modernen agilen Entwicklungsansatz. In diesem Sinne finden sich unter den 15 Konsortialpart-

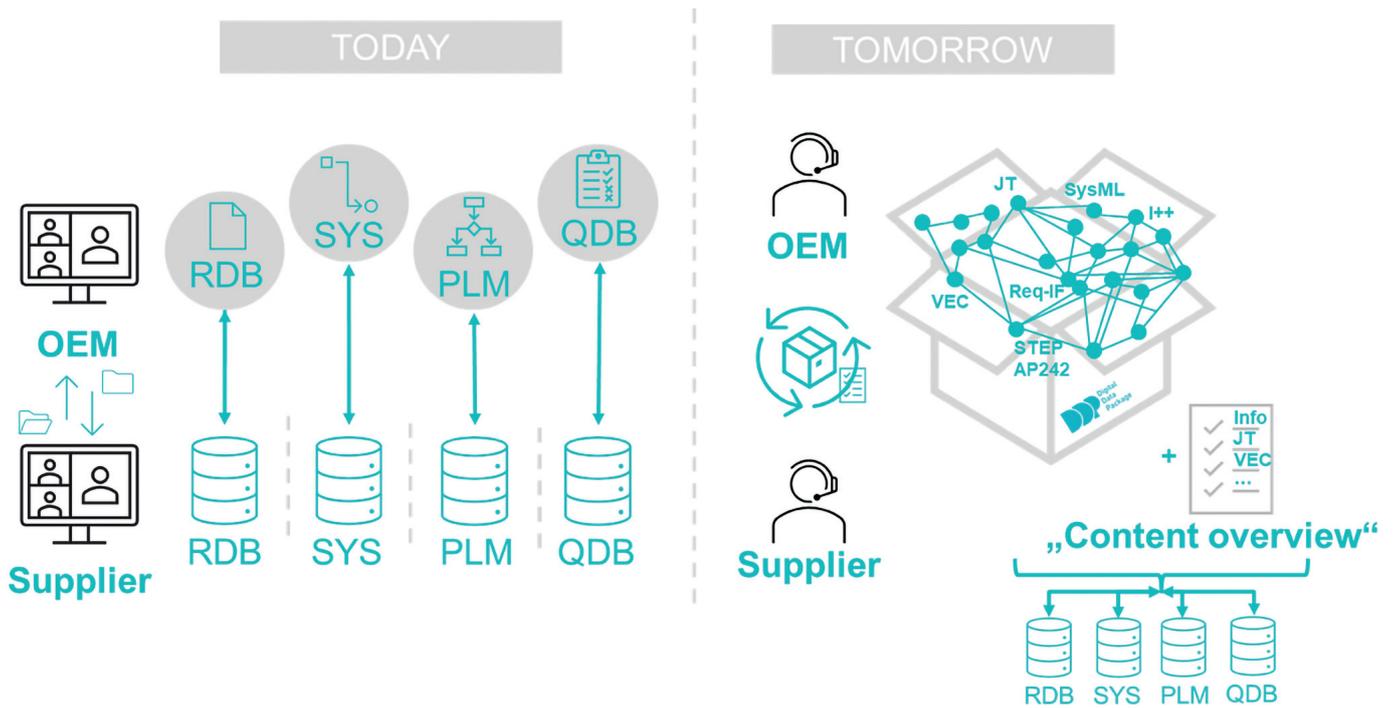


Bild 1: Grundlegende Idee für den Austausch von Digitalen Datenpaketen (DDP)

nen sowohl Anwenderunternehmen wie auch Vendoren und Systemintegratoren aber auch Forschungseinrichtungen (siehe Bild 2). In monatlichen Sprints mit Scrum-Methoden und regelmäßigen Workshops werden die Ergebnisse gemeinsam inkrementell und iterativ erarbeitet und mit allen Partnern abgestimmt.

Eine weitere Projekt-Besonderheit liegt in der intensiven und frühzeitigen Kollaboration mit anderen Projekten. So veranstaltete das DDP im März 2020 den ersten übergreifenden Workshop mit diversen Arbeitsgruppen (JT WF/IF, CAx-IF, PDM-IF, LOTAR, 3D MDM, PTM, SysML WF und ReqIF). Es folgen in den nächsten Monaten zahlreiche Online-Workshops (etwa mit VEC und ICF). Der Austausch von Ideen und Informationen und das Review der Datenmodelle und

Architektur erweist sich bis heute als ausgesprochen fruchtbar. Mittlerweile ist sogar ein gemeinsames projektübergreifendes Informationsmodell mit dem ICF entstanden.

Vorgehensweise, Anwendungsfälle und Minimum Viable Product

Das Projekt hat entsprechend der agilen Arbeitsweise einen Durchstich/MVP vorangetrieben, indem ausgehend von

Users: AIRBUS, AVL, BOEING, JOHN DEERE, PORSCHE, Mercedes-Benz, SCHAEFFLER, KROMBERG & SCHUBERT, ZF.
IT-Vendors / System Integrators: em engineering methods AG, ANARK, CONWEAVER, ELYSIUM, PROSTEP.
Universities: TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN, RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM.

Bild 2: Mitwirkende unternehmen beim Digital Data Package

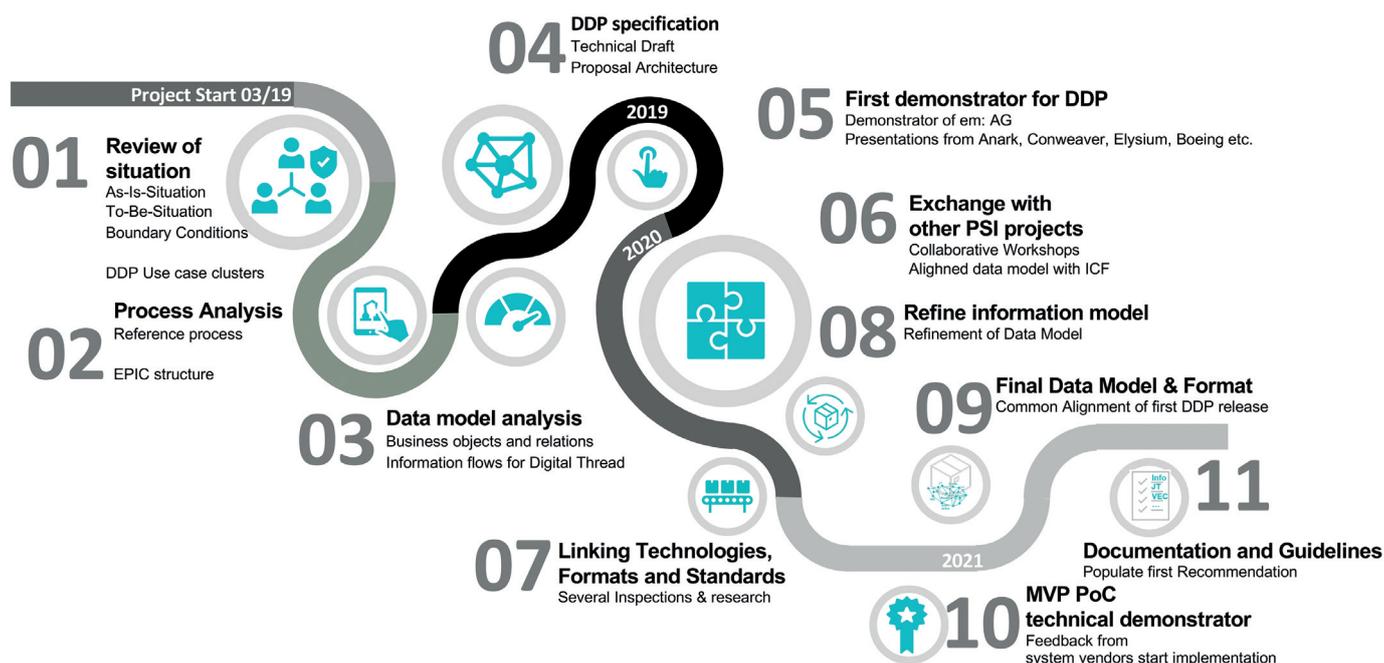


Bild 3: Roadmap des Digital Data Package

User Stories die entsprechenden Lösungskonzepte und Implementierungen entstanden (siehe Bild 3).

Auf Basis einer Bestandsaufnahme bei allen Konsortialpartnern zum aktuellen Stand und Bedarfen entlang der Wertschöpfungskette konnten die relevanten Anwendungsfälle identifiziert und priorisiert werden. Weiterhin wurden zum einen für alle Anwendungsfälle die jeweils erforderlichen Informationsobjekte identifiziert und zugeordnet. Zum anderen entstand ein Referenzprozesses, welcher den Pfad der Information aus den Quellsystemen über das Digitale Datenpaket bis hin zum Empfänger all-gemeingültig beschreibt. Damit war die Grundlage geschaffen für Erarbeitung fachlicher und technischer Konzepte. Nach der Validierung der Konzepte anhand eines Prototypen erfolgte der bereits beschriebene Austausch mit anderen Arbeitsgruppen und Projekten, um Feedback zu den fachlichen und technischen Konzepten erhalten. Für die Umsetzung wurden in gemeinsamen Workshops mit Anwendern, Vendors und Universitäten mögliche Technologien und Formate analysiert, anhand von Demonstratoren dargestellt und bewertet. Für die maschinenlesbare Repräsentation der Inhalte eines Digitalen Datenpakets wurden unter anderem

STEP, OSLC, SpecIF sowie eine Eigenentwicklung auf Basis XML verprobt. Für die menschenlesbare Präsentation der Inhalte wurden insbesondere PDF und HTML betrachtet.

Informationsmodell und Lösungsarchitektur

Wesentliche Anforderungen für ein integriertes und disziplinübergreifendes DDP sind:

- der vollständig modellbasierte Ansatz und somit die maschinenlesbare Repräsentation aller in einem Digitalen Datenpaket enthaltenen Elemente und Relationen,
- die menschlich lesbare Abbildung aller Elemente und Relationen sowie
- die Gewährleistung der Datenkonsistenz.

Statt auf einer Vielzahl proprietärer Datenformate basiert das Digitale Datenpaket auf standardisierten Neutralformaten wie z. B. ReqIF, SysML XML, STEP AP242, VEC etc. Auf diese Weise ist das DDP eng verzahnt mit den Ergebnissen aus Normungs-, Standardisierungs-Gremien und den Projekten im prostep ivip-Verein. Hierzu zählen - neben den Format-spezifischen Arbeitsgruppen wie z. B. JT WF und SysML WF - insbesondere das Standardization Stra-

tegy Board (SSB) als Leitgremium zur Definition relevanter Standards und Formate sowie das Integration Collaboration Framework (ICF) als domänenübergreifendes Integrations-Projekt, mit dem das DDP-Informationsmodell bereits harmonisiert wurde.

Bei der Erzeugung eines digitalen Datenpakets werden die relevanten Inhalte aus den Neutralformaten wie z. B. ReqIF, SysML, STEP AP242, VEC, etc. extrahiert und auf ein generisches Informationsmodell abgebildet. Auf diese Weise entsteht ein digitales Inhaltsverzeichnis des Digitalen Datenpakets - das „Dictionary“. Das Dictionary unterliegt dem Schema des Informationsmodells und kann somit leicht fachlich validiert werden. Beispielsweise wird erkannt, wenn z. B. ein Bauteil in mehreren Quelldokumenten referenziert wird. Weiter wird erkannt, wenn sich Elemente dokument-übergreifend aufeinander beziehen. Auf Basis des Dictionary wird ein menschenlesbares Inhaltsverzeichnis als Begleitzettel des Digitalen Datenpakets erzeugt. Das Inhaltsverzeichnis stellt alle Elemente des Digitalen Datenpakets mit ihren wesentlichen Eigenschaften und Verknüfungen dar. Die Visualisierung des Inhalts ermöglicht Empfängern, den Inhalt des Datenpakets im Zusammenhang zu verstehen und zu prüfen, ohne

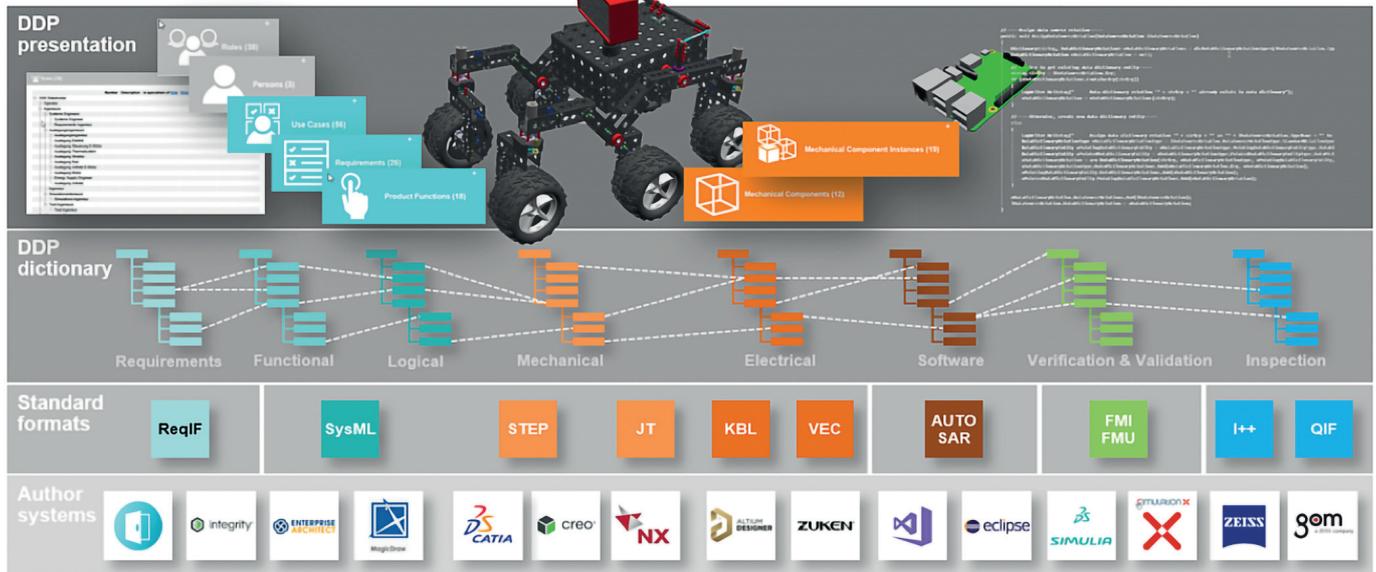


Bild 4: Architektur des Digital Data Package

dass sie über spezifische Viewer für die enthaltenen Neutralformate verfügen müssen.

Produktbezogene Informationen lassen sich hierbei übrigens gemäß des Verwendungszwecks, z. B. Produktion, Beschaffung etc., aus den neutralisierten Formaten in das Paket ziehen. Die Verwendungszwecke sind im DDP mit dem JIRA-Backlog verknüpft, und innerhalb des Dokuments kann man zwischen Purpose, Content und Standard navigieren.

In jedem DDP sind somit enthalten:

- die Originaldokumente bzw. Modelle auf Basis von Industriestandards wie z. B. ReqIF, STEP AP242, etc. sowie die zugehörigen Metadaten (Revision, Konfiguration etc.)
- das DDP-Dictionary mit allen relevanten Elementen und Relationen in maschinenlesbarer Form sowie
- das menschenlesbare Inhaltsverzeichnis.

Im DDP-Informationsmodell sind Elemente und Relationen aller Standards und Neutralformate berücksichtigt, die entlang des gesamten Produktlebenszyklus, beginnend mit dem V-Modell der Produktentstehung, zum Einsatz kommen (siehe Bild 5).

Ausblick

Auf Basis der erzielten Ergebnisse plant die DDP-Arbeitsgruppe bis Ende 2021 die Veröffentlichung einer Recommen-

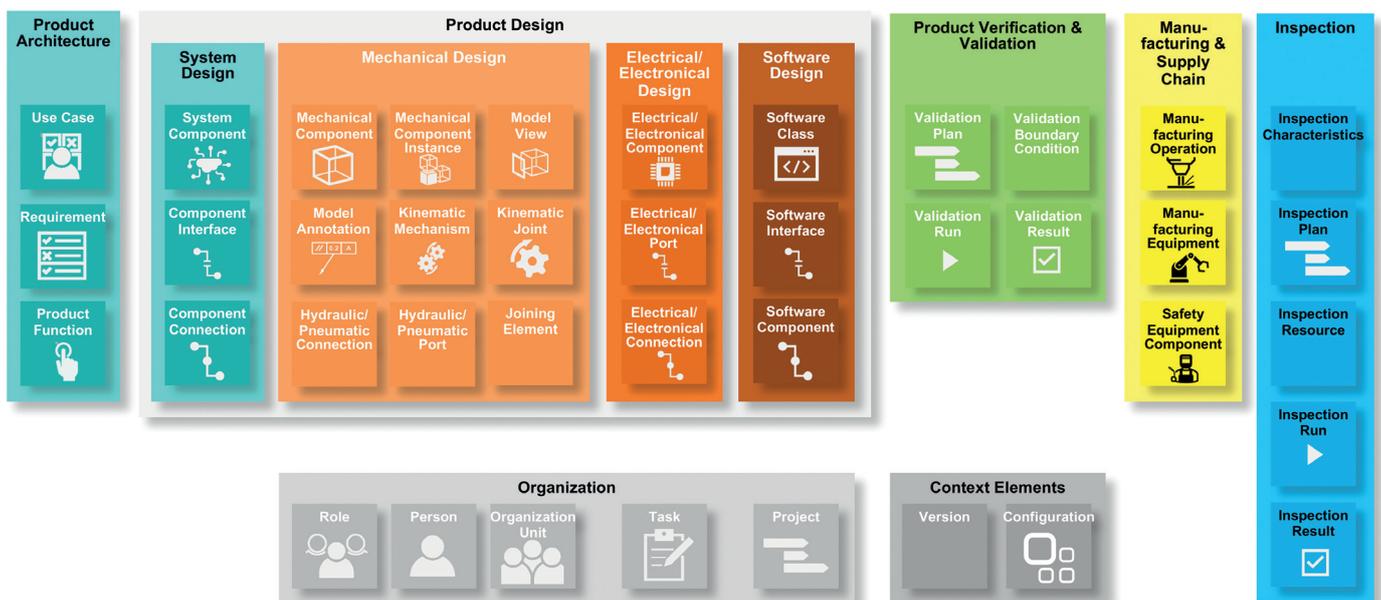


Bild 5: Informationsmodell des Digital Data Package

ation, welche die Anwendungsfälle, Informationsmodell, Abbildung der relevanten Standards und Formate sowie die Architektur des Digitalen Datenpakets spezifiziert.

Im kommenden Jahr 2022 soll eine Weiterführung des Projekts erfolgen, um die Erprobung des Digitale Datenpakets im praktischen Einsatz bei den Konsortialpartnern zu begleiten und die vorhandene Spezifikation weiter zu schärfen (siehe Bild 5). Weiterhin ist eine Detaillierung der Spezifikation für die Anwendungsfälle entlang des V-Modells vorgesehen, insbesondere Verifikation und Validierung (V&V). Außerdem soll die Betrachtung entlang des Produktlebenszyklus auf die gesamte Lieferkette erweitert werden, hier insbesondere mit einer Unternehmens- und Domänen-übergreifenden Fertigungsplanung, -konzeption und -durchführung.

Um das Digitale Datenpaket als neutrales Medium für eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit zu etablieren, müssen zudem im kommenden Jahr unternehmensspezifische Formulierungen, wie sie heute z. B. für Werkstoffe und Gewichte existieren, berücksichtigt werden. Auf diese Weise kann das DDP kurzfristig eingesetzt werden, bis auch diese Informationen in Gremien einheitlich spezifiziert und umgesetzt sind.

Erste konkrete bilaterale Kooperationen zwischen Konsortialpartnern werden auf Basis des DDP begleitet, wie z. B. zwischen Mercedes-Benz & AVL sowie zwischen John Deere und ZF. Schwerpunkt wird das Model-based System Engineering im Kontext des V-Modells sein, einschließlich Anforderungen, Systemarchitektur, interdisziplinärem Systementwurf und -absicherung.

Ergänzend dazu wird die Arbeitsgruppe die bereits angelaufenen Implementierungen bei den beteiligten Vendoren Anark, Conweaver, Elysium, PROSTEP AG aktiv unterstützen und begleiten. ◀



Kontakt

Dr. Momme Stürken
 Schaeffler Technologies AG & Co. KG
 +49 9132 82-3795
 momme.stuerken@schaeffler.com
 www.schaeffler.de



Kontakt

Michael Kirsch
 Teamleiter Model-Based Design
 & Digital Enterprise
 :em engineering methods AG
 michael.kirsch@em.ag



NEU-NEU-NEU-NEU-NEU



<https://shop.haufe.de/prod/das-1x1-der-strategie>



<https://www.amazon.de>



Dietmar Trippner

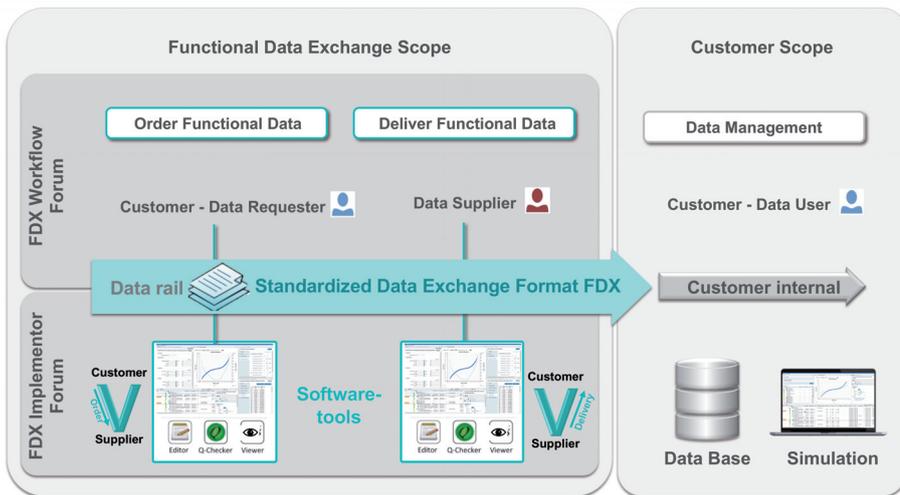
Das 1x1 der Strategie

liefert in verständlicher Form alle notwendigen Grundbausteine, um eigene Strategien erfolgreich entwickeln und umsetzen zu können. Die in diesem Buch aufgezeigte allgemeingültige Grundstruktur einer Strategie mit Methoden, Denk- und Handlungsansätzen lässt sich universell einsetzen – sowohl im persönlichen Umfeld als auch für die Entwicklung von Geschäftsstrategien.

NEU-NEU-NEU-NEU-NEU

FDX Projektgruppe ruft Implementor Forum ins Leben

Karl Michael Hahn, Stellantis; Guido Schneider, Peak Solution GmbH



Die Empfehlungen der prostep ivip/VDA FDX (Functional Data Exchange) Projektgruppe definieren ein einheitliches Datenmodell und maschinenlesbares Format für den standardisierten und vollständig nachvollziehbaren Austausch von Funktionsdaten (auch technische Daten genannt) einschließlich der zugehörigen Metadaten. Bei Funktionsdaten handelt es sich um die Kennwerte, Kennlinien oder Kennfelder verschiedener Typen von Bauteilen und Komponenten, wie z.B. Stoßdämpfer, Gummilager, Bremssysteme oder Gesamtfahrzeug. Diese werden aus Messungen und Simulationen gewonnen und für die Modellierung und Parametrisierung von physikalischen Tests und Simulationen benötigt. Ziel der FDX-Empfehlungen ist es, den Datenaustausch zwischen Automobilherstellern und Zulieferern möglichst effizient zu gestalten und eine hohe Qualität der bereitgestellten Funktionsdaten sicherzustellen. Die aktuellen Empfehlungen der FDX Projektgruppe (PSI 20) finden Sie zum Download auf <https://www.prostep.org/en/medialibrary/publications>

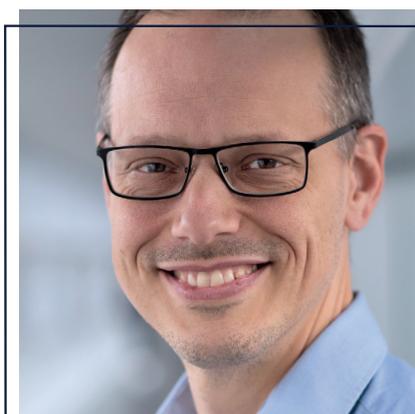
Basis für das FDX Format sind bewährte Branchenstandards, wie ASAM ODS, das zugehörige ATFX-Datenaustauschformat (XML) sowie das quelloffene Eclipse

openMDM-Anwendungsmodell, einschließlich der dazu gehörenden Programmierschnittstelle (API). Das ermöglicht den Anbietern von Softwarewerkzeugen und Entwicklungsdienstleistern von OEMs und Zulieferern die Empfeh-

lungen der FDX Arbeitsgruppe effizient umzusetzen und Funktionsdaten auf eine einheitliche Art und Weise für Versuche und Simulationen verfügbar zu machen.

Um die Nutzung von FDX in der Praxis zu fördern, wurde von der Projektgruppe Mitte 2021 ein prostep ivip Implementor Forum ins Leben gerufen. Anwender und Werkzeughersteller haben hier die Möglichkeit, im Dialog mit Spezialisten ihre Erfahrungen und Best Practices bezüglich der systemtechnischen Umsetzung der Empfehlungen auszutauschen und die Interoperabilität unterschiedlicher Produkte und Werkzeugketten anhand konkreter Anwendungsfälle gemeinsam zu testen.

Unternehmen, die sich an der Teilnahme im FDX Implementor Forum interessieren, sind herzlich eingeladen. ◀



Kontakt

Karl Michael Hahn
Stellantis
+49 6142 6922200
karl.michael.hahn@stellantis.com



Kontakt

Guido Schneider
Peak Solution GmbH
+49 911 80092730
g.schneider@peak-solution.de



Machine Learning basierte Simulation für das Virtual Engineering in der Fahrzeugentwicklung

Oliver Bleisinger, Lea Stuppy, Christian Malek, Fraunhofer IESE

Durch die zunehmende Vernetzung verschiedener IT-Systeme sowie der Digitalisierung von Prüfständen und Fahrzeugtests steigt die Verfügbarkeit von Messdaten in der Fahrzeugentwicklung. Zudem werden heute bereits B2B-Datenplattformen bzw. digitale Ökosysteme für den Austausch von Fahrzeugmessdaten etabliert, die eine Datenbasis für die Anwendung verschiedener Machine Learning basierter Simulationsmethoden liefern. So lassen sich zum Beispiel mit künstlichen neuronalen Netzen physikalische Simulationen durchführen, um verschiedene Prozesse im Virtual Engineering zu unterstützen. Neben der Nutzung von Machine Learning beim Engineering von Fahrzeugsystemen lassen sich auch kostengünstig Prädiktoren trainieren, die für die Regelung komplexer Prozesse oder zur Abteilerung von Handlungsempfehlungen beim autonomen Fahren eingesetzt werden können. Die Vision: Simulationsmodelle werden zukünftig nicht mehr manuell erstellt, sondern mittels Fahrzeugmessdaten und innovativer IT-Werkzeuge auf Knopfdruck erlernbar.

Virtual Engineering in der Fahrzeugentwicklung

Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung der Produkt- und Systementwicklung gewinnt das Virtual Engineering als Wettbewerbsvorteil stetig an Bedeutung. Unter Virtual Engineering wird häufig die Unterstützung von Entwicklungsprozessen mittels digitaler Modelle, z. B. durch 3D Modelle oder Verhaltens- bzw. Simulationsmodelle, verstanden. Während die Simulation in der Fahrzeugtechnik vor Jahrzehnten eine Anwendung für Spezialisten war, spielt sie heute eine herausragende Rolle bei der Verkürzung der Entwicklungszyklen für neue Fahrzeugmodelle und -komponenten. Neben der Simulation für die konstruktive Auslegung von Systemeigenschaften und Fahrzeugkomponenten wird diese im Virtual Engineering auch für Software-in-the-Loop Tests und das virtuelle Ausrollen neuer Software genutzt. Zudem ist eine spezielle Anwendung die Nutzung von Simulationsmodellen als Prädiktoren in Echtzeitanwendungen, also als Teil eines Produkts oder Systems während der Nutzungsphase.

Neben der Reduktion von Entwicklungszeiten für neue Produkte und Systeme wird auch die Bewertung alternativer

Lösungskonzepte in frühen Entwicklungsphasen ermöglicht. Das Virtual Engineering umfasst den vollständigen Entwicklungsprozess sowie die Nutzungsphase von Produkten, die erforderliche technische Infrastruktur und Strategien für das Datenmanagement.

Für die Simulation als Teil des Virtual Engineerings spielt die Modellbildung eine besondere Rolle, da die Erstellung geeigneter Modelle in der Regel mit Expertenwissen und - je nach Anwendungsfall - mit hohem zeitlichem und finanziellem Aufwand verbunden ist. Eine effektive Verkürzung von Entwicklungszeiten setzt daher eine effiziente Modellbildung im Virtual Engineering voraus. Während für die Modellbildung Beschreibungsmittel wie mathematische Gleichungen, Automaten, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Bondgraphen sowie Fuzzy Logic eingesetzt werden, gewinnt die Machine Learning (ML) basierte Modellbildung zunehmend an Bedeutung.

Das Fraunhofer IESE in Kaiserslautern untersucht daher gemeinsam mit verschiedenen Partnern in Forschungs- und Industrieprojekten den Einsatz von ML für die Modellbildung in der Simulation. Ziel der angewandten Forschung ist eine

Effizienzsteigerung und Kostensenkung im Virtual Engineering insbesondere in der Fahrzeugentwicklung sowie dem Industrie 4.0 Bereich.

Dabei werden folgende Anforderungen für ML-basierte Simulationsmethoden unter der Vision eines durchgängigen Virtual Engineerings betrachtet:

- Reduktion des Expertenwissens für die Modellbildung in den betrachteten Anwendungsszenarien
- Geringer Aufwand für die Modellbildung im Vergleich zu klassischen Simulationsverfahren
- Breite Akzeptanz der technischen Lösungen durch Anwender (sozio-technische Betrachtung)
- Passgenauigkeit zu existierenden Entwicklungsprozessen bzw. Simulationsworkflows
- Simulationsbeschleunigung im Vergleich zur Nutzung analytischer Simulationsmodelle
- Inhärenter Schutz des geistigen Eigentums durch die Simulationsmethoden
- Hohe Datenverfügbarkeit in der Praxis für die betrachteten Anwendungsszenarien
- Ausreichende Güte der Modellbildung

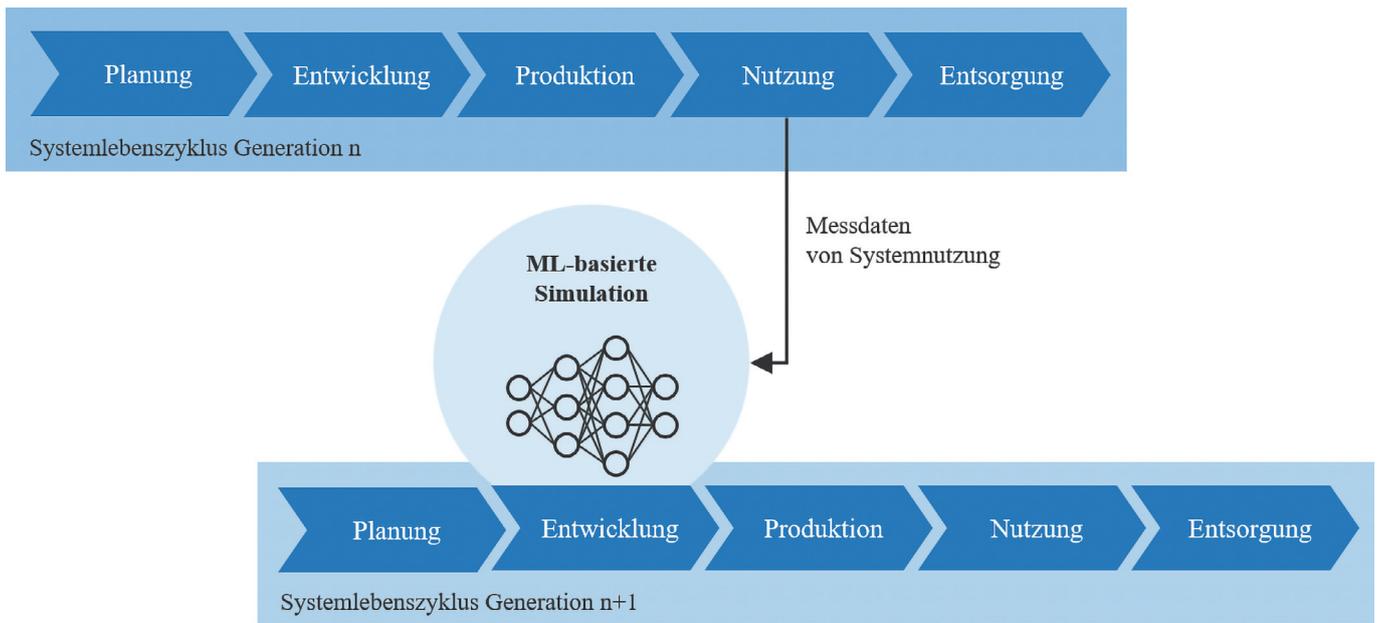


Bild 1: Verknüpfung der Nutzungs- und Entwicklungsphasen verschiedener Systemgenerationen im Systemlebenszyklus für die ML-basierte Simulation

Datenbasis für die ML-basierte Simulation

Ein besonderer Fokus bei der Erforschung der ML-basierten Simulationsmethoden und Entwicklung innovativer IT-Werkzeuge liegt dabei auf der Abbildung dynamischen Systemverhaltens. Hierbei werden insbesondere Zeitreihen mittels ML untersucht und mathematisch-physikalische Zusammenhänge aus Fahrzeugmessdaten extrahiert.

Als Messdaten werden vor allem Daten zum Verhalten des Gesamtfahrzeugs, z.B. der Fahrdynamik, sowie einzelner Systemkomponenten betrachtet. Besonders Messdaten von Fahrzeugen, die sich bereits in der Nutzungs- und nicht der Entwicklungsphase befinden (vgl. Bild 1), werden hierfür herangezogen. Dieser Ansatz ist vorwiegend deshalb praktikabel, da es sich bei der Entwicklung heutiger Fahrzeugmodelle häufig um sogenannte Anpassungs- oder Variantenkonstruktionen handelt, die zwischen zwei Systemlebenszyklen einen sehr hohen Gleichanteil bei den Komponenten aufweisen.

Zudem lassen sich durch diesen Ansatz auch Fahrzeug- und Komponentenmodelle aufbauen, für die Messdaten eingefahren oder auf B2B-Plattformen zugekauft werden können. Dies ist nicht nur bei der Betrachtung von Fahrzeugen von Mitbewerbern interessant, sondern

bietet insbesondere für KMUs und Start-Ups wirtschaftliche Chancen. Ihnen fehlt häufig der Zugang zu analytisch erstellten White Box Modellen und das Expertenwissen zu einzelnen Fahrzeugkomponenten - z.B. für das Entwickeln und Testen neuartiger Fahrfunktionen.

Fallstudie aus der E-Mobilität

Ein Anwendungsszenario für die ML-basierte Simulation im Kontext einer Fallstudie in der Fahrzeugentwicklung ist die Auslegung eines Energiemanagementsystems eines Hybridfahrzeugs.

Hierfür werden Simulationen eingesetzt, um die Auswirkungen der Softwareparametrierung auf die Reichweite des Hybridfahrzeugs bzw. dessen Ladezustand des Energiespeichers (State-of-Charge, SOC) vorherzusagen. Exemplarische Softwareparameter in Hybridfahrzeugen können z.B. einen SOC-Schwellenwert zum Starten des Verbrennungsmotors bei geringer Batteriekapazität, Drehmoment- und SOC-Schwellenwerte zum Abkoppeln des Verbrennungsmotors im Schubbetrieb oder SOC-adaptive Schwellenwerte für die Rekuperation in verschiedenen Modi darstellen.

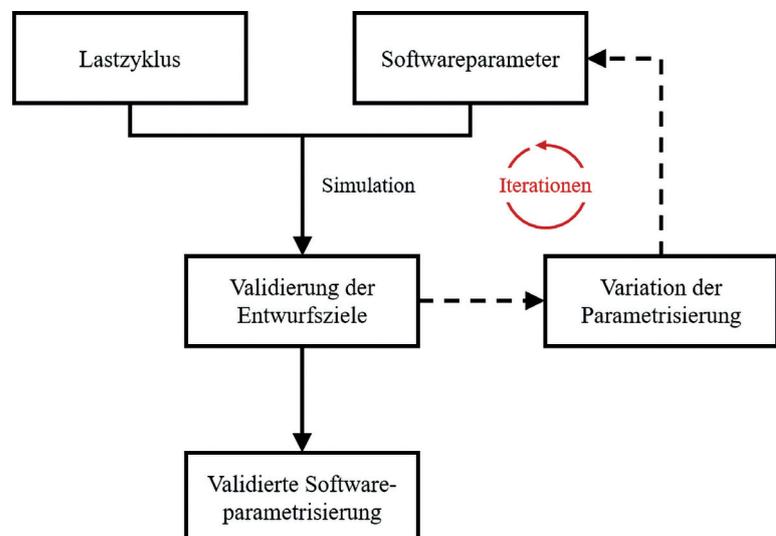


Bild 2: Optimierung der Softwareparametrierung durch iterative Simulation

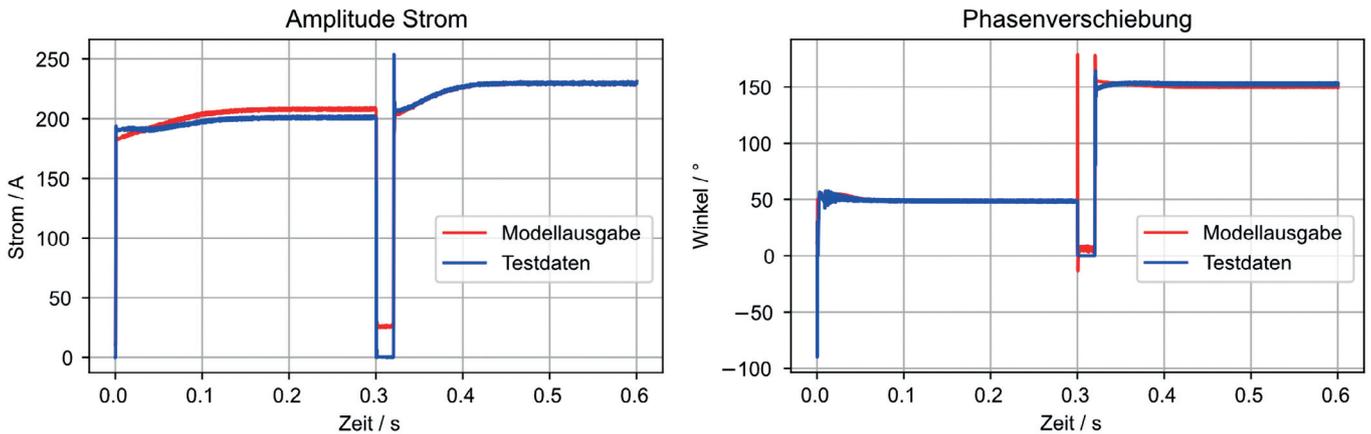


Bild 3: Vorhersageergebnisse für die E-Maschine für ein FNN-Modell

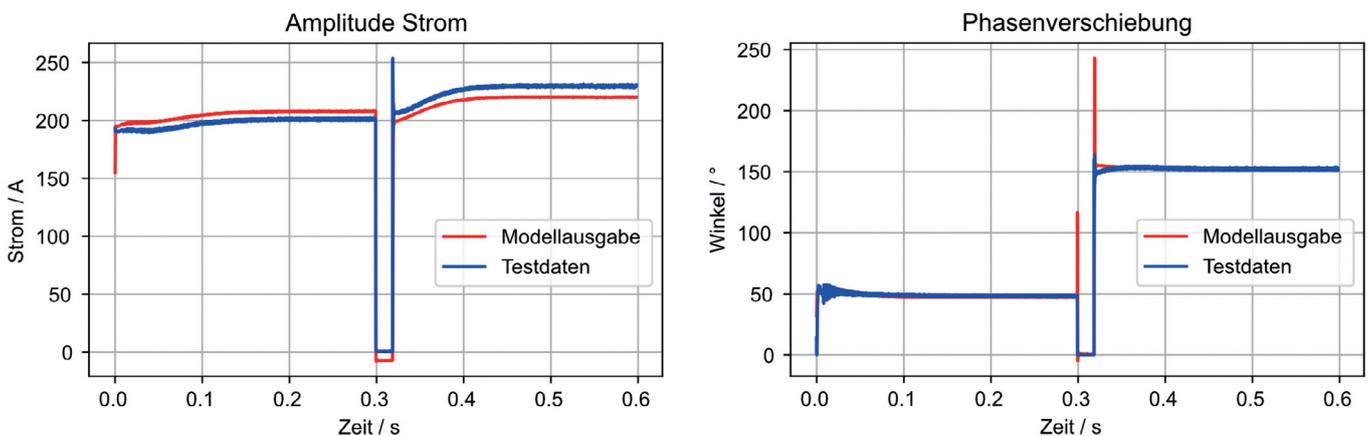


Bild 4: Vorhersageergebnisse für die E-Maschine für ein RNN-Modell

Da die mathematischen Modelle, die die relevanten physikalischen Wirkketten beschreiben, nichtlinear sind, ist es oft nicht trivial, die Parametrierung der Energiemanagementsoftware auf analytische Weise zu optimieren. Daher werden meist iterative Simulationen mit gegebenen Lastzyklen durchgeführt, um die Parameter abzustimmen (vgl. Bild 2). Daraus resultiert ein hoher Rechenaufwand für die iterative Ausführung der analytischen Simulationsmodelle, sofern die Modelle den Softwareentwicklern überhaupt zur Verfügung stehen. Die Fallstudie in Zusammenhang mit einem Anwendungsszenario aus der Industrie zeigt die Relevanz für eine SOC-Schätzung, um die Parametrierung der Energiemanagementsoftware zu testen. Für eine SOC-Schätzung müssen jedoch die Komponenten des Antriebsstrangs eines Fahrzeugs abgebildet werden. Eine der Kernkomponenten in der Wirkkette ist dabei die elektrische Maschine.

ML-basierte Simulation einer E-Maschine

Als Beispiel für die ML-basierte Simulation einer Antriebsstrangkomponente wird daher im Folgenden die Modellierung einer elektrischen Maschine (E-Maschine) vorgestellt. Die Modelle basieren auf verschiedenen Architekturen künstlicher neuronaler Netze (KNNs), die zu den Verfahren des überwachten Lernens gehören. Das bedeutet, dass die Modelle aus gegebenen Datensätzen den Wirkzusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen selbstständig erlernen müssen. Bei geeigneter Modellauswahl und ausreichenden Daten kann so das Verhalten eines dynamischen Systems – wie in unserem Beispiel eine E-Maschine – modelliert werden.

Die Trainingsdaten bestehen aus mehreren Fahrten, die mit dem gleichen Versuchsfahrzeug aufgezeichnet wurden. Da es sich um ein Elektrofahrzeug handelt, wurde darauf geachtet, ausreichend Daten in den unterschiedlichen

Fahrmodi – der Regeneration und während der Leistungsabgabe durch die E-Maschine – zu sammeln. Als Schnittstelle bei beiden Modellen wurden die Motordrehzahl und das Drehmoment als Eingangsgrößen festgelegt. Die vorherzusagenden kontinuierlichen Ausgangsgrößen (Zeitreihen) sind die Amplitude des Stroms, die Amplitude der Spannung und die Phasenverschiebung. Als Kostenfunktion wurde das mittlere Abweichungsquadrat (RMSE) gewählt, um große Fehler stärker abzustrafen. Die erste verwendete KNN-Architektur ist ein Feedforward Neural Network (FNN). Hierbei werden mehrere Schichten verwendet, die sequenziell verbunden sind und jeweils auf den Berechnungen der vorherigen Schichten aufbauen, wodurch eine sukzessive Abstraktion der Ergebnisse stattfindet. Die zweite Architektur ist ein Recurrent Neural Network (RNN), die sich hauptsächlich von der ersten Architektur durch Rückführungen im Berechnungsgraphen unterscheidet. Dadurch ist die Architektur in der Lage, die Reihenfolge der einzelnen Elemente

ebenfalls in der Vorhersage zu berücksichtigen.

Die Leistungsfähigkeit der Modelle ist im Wesentlichen von der Wahl der Hyperparameter abhängig. Dies bedeutet, dass z. B. die Anzahl der verwendeten Schichten von Neuronen und die Anzahl der Neuronen pro Schicht, aber auch die Wahl des verwendeten Optimierungsalgorithmus entscheidend für ein erfolgreiches Training der KNNs sind. Die Ermittlung geeigneter Hyperparameter für die beiden Modelle fand durch eine automatisierte Hyperparameteroptimierung statt. Dazu wurden im Vorfeld plausible Parameter vorgegeben, deren Kombinationen auf ihre Tauglichkeit untersucht wurden. Am Ende wurden die Parameterkombinationen, die im kleinsten Fehler der Modelle resultieren, ausgewählt.

Die Ergebnisse der Modelle befinden sich in gleichen Größenordnungen, wobei das FNN-basierte Modell genauere Ergebnisse bei der Prädiktion von Strom und Spannung erzielt als das RNN-basierte Modell. Bei der Vorhersage der Phasenverschiebung wiederum erzielte das RNN einen kleineren Fehler. In den Abbildungen (Bild 3 und Bild 4) ist ersichtlich, dass alle Größen grundsätzlich vorhergesagt werden können. Problematisch sind auftretende Transienten, die von den Modellen nicht korrekt vorhergesagt wurden. Der Zweck der Modelle war es, prototypisch zu untersuchen, ob ML-Verfahren fähig sind, Wirkzusammenhänge zur Abbildung dynamischen Systemverhaltens zu erlernen. Ziel war es nicht, die bestmöglichen Modelle zu entwickeln, wobei weitere Erprobungen zu genaueren Modellen führen sollten. Mit einem prozentualen mittleren Fehlerquadrat (RMSPE) von 5,13 % bei dem FNN-Modell respektive 6,39 % bei

dem RNN-Modell (Bild 5) liegen die Fehler in vergleichbaren Größenordnungen wie bei einfachen physikalischen Simulationsmodellen.

Forschungsprojekt AMOSCO

Ein Forschungsprojekt, das die ML-basierte Modellierung für die Simulation und Reglerentwicklung untersucht, ist das Projekt AMOSCO („AI-Based Vehicle Modelling for Simulation and Control Development“). Ziel von AMOSCO ist, die analytische Modellierung der Fahrzeugdynamik durch eine ML-basierte Modellierung abzulösen, indem dafür notwendige Algorithmen und IT-Werkzeuge entwickelt werden. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz werden Simulationen mittels Nutzungs- bzw. Fahrzeugmessdaten statt komplexen Differentialgleichungssystemen durchgeführt. Nicht nur Virtual Engineering Prozesse lassen sich dadurch unterstützen, sondern auch das Vorhersagen von Softwareparametern in Echtzeitanwendungen durch ML-basierte Simulationsmodelle, wie beispielsweise beim hochautomatisierten und autonomen Fahren, wird ermöglicht.

Vor allem für KMUs und Start-Ups, denen der Zugang zu Fahrzeug- und Komponentenmodellen fehlt, bietet AMOSCO wirtschaftliche Chancen. In modernen und hochvernetzten Fahrzeugen treffen viele Komponenten aufeinander und bilden ein komplexes System. Insbesondere für die virtuelle Untersuchung und Absicherung von Gesamtsystemeigenschaften eines Fahrzeugs, wie dem SOC in der oben genannten Fallstudie, muss das Verhalten der einzelnen Systemkomponenten in Modellen abgebildet werden. Wird das Verhalten relevanter Komponenten bei der Softwareentwicklung nicht berücksichtigt,

kann es sonst zu unerwünschten Wechselwirkungen zwischen der Software und weiteren Systemkomponenten kommen. Fehlt der Zugang zu relevanten Simulationsmodellen, müssen diese in der Regel manuell erstellt werden. Dies ist häufig mit hohem personellem und finanziellem Aufwand verbunden, sofern das nötige Expertenwissen überhaupt im Unternehmen verfügbar ist. Abhilfe schaffen ML-basierte Simulationsmethoden, die in AMOSCO untersucht werden.

Ziele in AMOSCO

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt AMOSCO beschäftigt sich mit vier zentralen Fragestellungen:

- Welche Zusammenhänge der Fahrzeugdynamik sind grundsätzlich erlernbar und welche lernenden Verfahren sind dafür geeignet?
- Welche Datenbasis wird benötigt und welche Modellgenauigkeit kann für die KI-basierte Simulation in der Fahrzeugdynamik erreicht werden?
- Wie sehen geeignete IT-Werkzeuge zum Erlernen von Simulationsmodellen aus und wie können diese prototypisch umgesetzt werden?
- Kann der erforschte Ansatz in Konzepte der modellprädiktiven Regelung beim hochautomatisierten und autonomen Fahren integriert werden?

Innerhalb der ersten beiden Forschungsfragen werden mehrere ML-Modelle getestet und evaluiert. Ebenso wird untersucht, welche Daten notwendig sind und bis auf welchen Grad die Dimensionen der Daten reduziert werden können. Insbesondere soll innerhalb der Datenvorverarbeitung eine Unterscheidung zwischen einzelnen Fahr Szenarien stattfinden, um die Daten mittels Clustering-Algorithmen einer Vorselektion zu unterziehen. Bei den Clustering-Algorithmen handelt es sich um ML-Algorithmen des unüberwachten Lernens. Dabei kann beispielsweise zwischen urbanem Fahren, Autobahnfahrten oder auch Einparkvorgängen unterschieden werden. Es wäre ebenso denkbar, die Unterscheidung noch feiner zu gestalten, indem kleinere Zeitspannen verwendet werden und somit Szenarien wie das Anfahren, Abbremsen, Beschleunigen oder auch Kurvenfahrten geclustert werden. Für das Clustering wird unter anderem eine spezielle Metrik für Zeitreihen, bzw. Messsignale der Sensorik, verwendet. Bei der Metrik handelt es

	NN Typ	Output	RMSE	RMSPE	ØRMSPE
E-Maschine	FNN	\hat{i}	6,38 A	3,06 %	5,13 %
		\hat{u}	9,38 V	7,57 %	
		φ	5,23°	4,76 %	
	RNN	\hat{i}	9,19 A	4,40 %	6,39 %
		\hat{u}	13,14 V	10,60 %	
		φ	4,58°	4,16 %	

Bild 5: Ergebnisse der ML-basierten Simulation

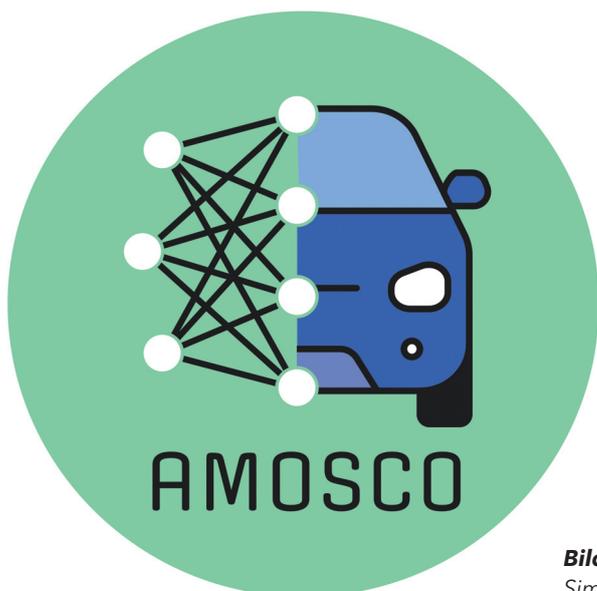


Bild 6: Logo von AMOSCO – „AI-Based Vehicle Modelling for Simulation and Control Development“

sich um Time Dynamic Warping, die dazu geeignet ist, ähnliche Signalverläufe einer bestimmten Zeitspanne zu gruppieren.

Nach der Vorselektion werden künstliche neuronale Netze die Fahrsituation genauer evaluieren und typische Folgezustände aufgrund der vorhandenen letzten Systemzustände ermitteln bzw. dynamisches Systemverhalten vorhersagen. Dazu werden verschiedene Netzarchitekturen auf ihre Güte untersucht, wobei der Hauptfokus auf RNNs liegt. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie Sequenzdaten sehr gut verarbeiten können und dadurch für Zeitreihen prädestiniert sind. In iterativen Zyklen erfolgt eine prototypische Entwicklung geeigneter IT-Werkzeuge für die automatisierte Anwendung der Vorselektion und Datenvorverarbeitung sowie dem Training der Netze. Zudem wird der Einsatz der ML-basierten Simulationsmodelle in verschiedenen Anwendungsszenarien mit Bezug zum Virtual Engineering und der modellprädiktiven Regelung (MPC) untersucht.

Aufgrund der Echtzeitanforderungen in der Regelung werden die Modelle zusätzlich auf unterschiedliche Weise gehandhabt. Für den Echtzeit-Ansatz werden „On-Board“-Modelle entwickelt, die auf Fahrzeugsteuergeräten ausführbar sind. Demgegenüber werden zur Unterstützung des Virtual Engineerings in der Fahrzeugentwicklung „Off-Board“-Modelle ohne Echtzeitanforderungen eingesetzt.

Zusammenfassung und Chancen

Die ML-basierte Simulation bietet der zukünftigen Fahrzeugentwicklung Chancen, um bei der Modellbildung Zeit und Kosten einzusparen. Um Simulationsmodelle in Zukunft nicht mehr manuell erstellen zu müssen, sondern mittels Fahrzeugmessdaten und ML zu generieren, werden innovative und experimentelle IT-Werkzeuge benötigt.

Gemeinsam mit Industriepartnern wird daher am Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering an der ML-basierten Simulation geforscht sowie dafür geeignete IT-Werkzeuge entwickelt. Die Fahrzeugentwicklung ist dabei nur ein Anwendungsfeld für die ML-basierte Simulation, weshalb in Zukunft auch weitere Anwendung erforscht werden. ◀



Kontakt



Oliver Bleisinger
 Fraunhofer-Institut für Experimentelles
 Software Engineering
 Geschäftsfeldleiter Automotive
 oliver.bleisinger@iese.fraunhofer.de



Kontakt



Lea Stuppy
 Fraunhofer-Institut für Experimentelles
 Software Engineering
 Wissenschaftliche Hilfskraft
 lea.stuppy@iese.fraunhofer.de

Das strategische Dreieck digitaler Souveränität

Dr. Patrick Müller, CONTACT Software

Aktuelle Trends in den Transformationsprozessen der diskreten Fertigung zeigen, dass die geschäftliche Souveränität von Unternehmen eng mit dem Product Lifecycle Management zusammenhängt. PLM wird damit zum Hebel für erfolgreiche Digitalisierungsinitiativen.

Souveränität steht für selbstbestimmtes Handeln und Entscheidungsautonomie. Das ist nicht nur im staatlichen und soziologischen Gefüge ein wünschenswerter Zustand, sondern auch für das betriebliche Handeln und Wirtschaftsräume. Digitale Souveränität ist inzwischen ein Leitgedanke in den Industriestrategien des Bundes und der EU und dabei eng mit dem Thema Nachhaltigkeit und dem Einsatz neuer Technologien verknüpft. Als zentrales Element der Innovation steht digitale Souveränität für die Zukunftssicherung, Resilienz und Wandlungsfähigkeit der hiesigen Industrie.

Auf dem Weg zur Industrie 5.0

Industrie 4.0 ist längst eine international wirksame „Marke“, die nun – als Klammer für eine europäische Industriestrategie – in die Industrie 5.0 übergeht. Kreislauf-

wirtschaft und Klimaschutz (Green Deal), der sichere Umgang mit Künstlicher Intelligenz (KI), die „Re-Fokussierung“ auf den Menschen und Digitaltechnologien stehen dabei im Fokus. In all diesen Feldern sind eindeutige Wechselwirkungen mit dem Product Lifecycle Management (PLM) zu erkennen. Aktuelle Ausschreibungen zur Innovationsförderung nennen beispielsweise explizit den CPO (Codex of PLM Openness) in Verbindung mit GAIA-X und sicheren IT-Infrastrukturen [1].

Bricht man diese Aspekte auch marktanalytisch auf den Bereich PLM [2, 3, 4] herunter, dann zeichnen sich zehn Kernfähigkeiten zur Sicherstellung geschäftlicher Souveränität ab, die im Sinne eines „Digital Enterprise PLM“ Schwerpunkte in aktuellen PLM-Projekten bilden:

- 1. Durchgängige Ende-zu-Ende-Prozesse:** Einsatz modularer und skalierbarer Software-Plattformen, die flexibel an Geschäftsanforderungen anpassbar sind und die im Unterschied zum klassischen PLM Ingenieurapplikationen, IT- und OT-Systeme in jede Richtung mit Produktinformationen versorgen. Verbindung von statischen Daten aus der Entwicklung und dynamischen Daten aus Vertriebs-/Produktions-/Nutzungsprozessen.
- 2. Daten- und Prozessmanagement:** Vermeidung ungesteuerter Dateibearbeitung (unmanaged copies), vermehrte Anwendung strukturierter Daten anstelle von „gekapselten Dokumenten“. Digitales Daten- und Prozessmanagement auch für weniger deterministische Alltagsabläufe rund um die aufwachsenden Produktdaten, für markenübergreifende Projekte und über Unternehmensgrenzen hinweg.

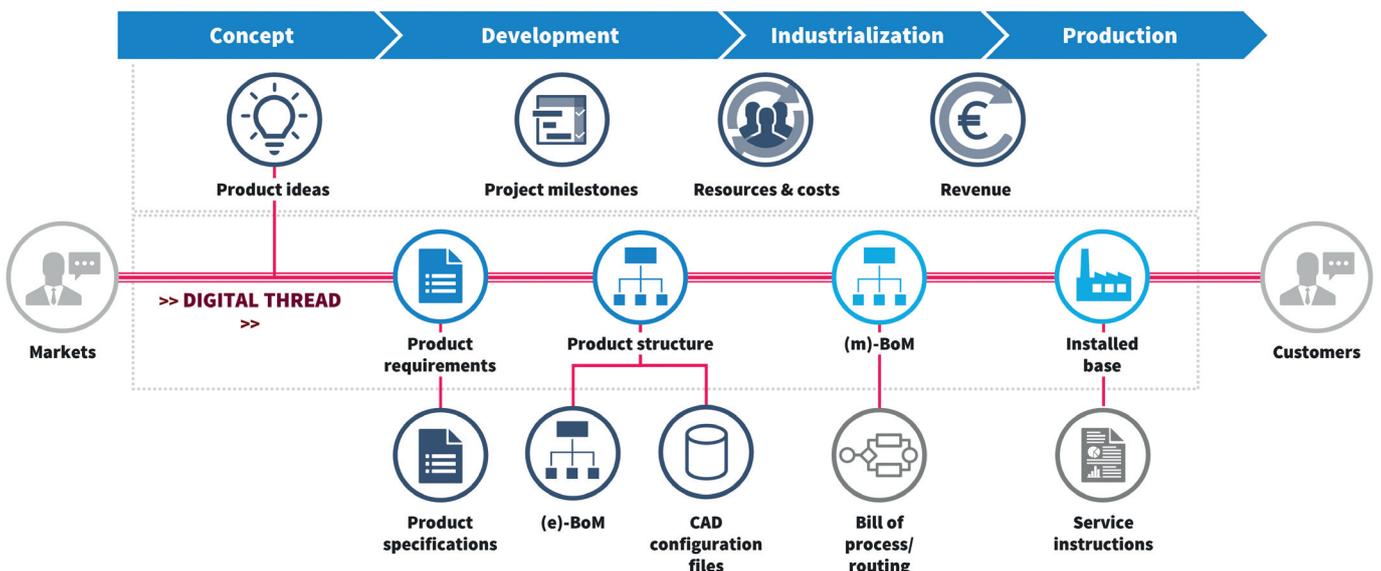


Bild 1: Strukturverwaltung im Digital Product Highway [5]

- 3. Konfigurationsmanagement:** Versionsverwaltung und Baselineing für nahezu alle Produktdaten (Stücklisten, Dokumente, Anforderungen, Stamm- und Klassifizierungsdaten, Variantenmodelle ...) mit Verbindung zu Software-Deployments. Bauzustandsverfolgung für Assets und digitale Zwillinge. Einbettung in System- und unternehmensübergreifende Kollaborations- und Änderungsprozesse. Stellt Nachweisfähigkeit, Nachvollzieh- und Rückverfolgbarkeit sowie Rekonstruierbarkeit von Design-Ständen sicher.
- 4. Neue Produktstruktur-Konzepte:** Systematischer Umgang mit Produktstrukturen (Bild 1) von generischen Strukturen über Anforderungen und Systemmodelle bis hin zu unterschiedlichen Stücklistentypen. Etablierung einer Material-orientierten Sichtweise für durchgängige Prozesse rund um die Produktkonfiguration, Los-Größe-1-Produktion und technische Dokumentation der jeweiligen Produktvarianten. Kontextuelle Zusammenstellung varianten- und auftragspezifischer Produktdaten in der Bill of Information, Anreicherung um Projektdaten.
- 5. Modellbasierte Verfahren:** Einführung und Verbindung von MBE (Model-based Engineering), CAE-Automation und formalen Modellierungstechniken zur funktionalen Absicherung, Baukastenpflege und simultanen Produktionsprozessplanung (Manufacturing Engineering). Design-for/to-X-Verfahren im digitalen Daten- und Prozessmanagement, zum Beispiel durch integrierte Produktkostenrechnung bei der Auslegung von Fertigungsstücklisten und Arbeitsplänen.
- 6. PLM & IoT:** Direkte Kopplung von PLM und MES. Digitaler Zwilling mit Übernahme von Daten aus dem virtuellen Produktmodell in der Fertigung und Produktnutzung. Digitale Zwillinge für das Asset Management in Produktion und Service. Hybride IT-Infrastruktur mit Integration interner Entwicklungssysteme (on-premise) und Cloud-basierter Systeme. Durchgängige Datenversorgung zwischen PLM, PIM etc.

7. Neues Produkt- und Leistungsverständnis: Fokus auf realen Kundenbedarf (outside-in) statt technisch dominierter Perspektive (inside-out). Etablierung neuer Geschäftsmodelle und eines die Entwicklungsleistung begleitenden Produktmanagements. Digitale Leistungserbringung auch im Service und Einführung partnerschaftlicher Modelle.

8. Big Data & Analytics: Gezielte Nutzung von dynamischen und Bewegungsdaten aus Produktherstellung und -betrieb. Neue Prozesse rund um das Stammdatenmanagement, analog zu klassischen Prozessen wie der internen Normung (Verwaltung von Standard- und Vorzugsbauteilen). PLM-Anbindung an BI-Lösungen sowie Einsatz von KI für automatisierte Übersetzungen im Datenmanagement, automatisierte Datenauswertungen oder das Process Mining.

9. Personalqualifizierung: Bereitstellung passender Software zur Aufgabenbewältigung. eLearning-Programme für neue PLM-Anwendungen und -Methoden. Gezieltes Projektmarketing zum Wert/Nutzen mit Blick auf die Effizienz im Gesamtprozess. Schaffung von Akzeptanz für die Einführung von KI und sicherheitstechnischer Maßnahmen. Einführung neuer Kompetenzen und Rollen.

10. Offene, modulare Architekturen: Einsatz offener Plattformen mit modularem Aufbau, vgl. Composable Architectures [3]. Interoperabilität, Erweiterbarkeit, Skalierbarkeit und Stabilität sind wichtiger als einzelne Funktionen. Dadurch kann die PLM-Umgebung schrittweise wachsen und (auch veraltete) Bestandssysteme integrieren. Kompatibilität mit Internet- und Cloud-Technologien. Anwendung des DevOps-Prinzips für Deployments von Software-Anpassungen in Cloud-Systeme beziehungsweise Endprodukte/-geräte.

PLM wächst bei Unternehmen, deren IT-Strategie auf durchgängig digitale Informationsflüsse ausgerichtet ist, in eine noch zentralere Rolle hinein. Hochgradige Systemverfügbarkeit, ständige Vernetzung und die Einbettung in die IT- und Geschäftsprozesse sichern einen souveränen Umgang mit Produktdaten in allen Phasen des Produktlebenszyklus ab und damit auch die Handlungsfähigkeit der Unternehmen.

PLM steuert die horizontalen Wertschöpfungsprozesse entlang der Produktentstehung und unterstützt zunehmend damit verbundene Führungsaufgaben (Portfoliomanagement, Projektsteuerung, Forecasts). Aktuelle Digitalstrategien verfolgen den Ausbau von Daten- und Prozessintegration, um die Kundenbetreuung vom Erstkontakt bis zur Lieferung von Produkten und Dienstleistungen durch digitale Diagnosen, eCommerce für Ersatzteile, automatische Rechnungsstellung und vieles mehr zu unterstützen. Hinzu kommt die vertikale Prozessgestaltung im Rahmen der Lieferantintegration, strategischer Einkäufe und Produktionssteuerung vom Shopfloor bis in die Geschäftsprozessebene.

Der digitale rote Faden (Digital Thread) steht dabei für die Verkettung der Ingenieurfachanwendungen, deren Anbindung an die umliegenden Unternehmensprozesse und den Aufbau digitaler Zwillinge. Ganz gleich, ob diese als virtuelles Produktmodell, Simulationsmodell, Abbild der Produktion oder als Fachanwendung für ein im Betrieb befindliches Asset verstanden werden: Ohne den „Digital Thread“ im PLM ist der Digitale Zwilling laut CIMdata [2] ein Waisenkind, das sein Dasein auf einer IT-Insel fristet und so wenig Nutzen stiften kann.

Marktumfeld

Bei der Auslegung der Digital- und PLM-Strategie hilft ein Blick auf die nahe Zukunft. Entwicklung und Produktion bleiben global verteilt, selbst wenn Unternehmen wegen unterbrochener Lieferketten und politischer Umwälzungen wieder mehr auf die jeweiligen Wirtschaftsräume in Europa, Asien oder den USA setzen. Die Kosten für Innovationen bestimmen mittelfristig weiterhin die Ingenieur-tätigkeit wie auch den IT-Betrieb.

Die Entwicklung wird noch stärker teile- und weniger dokumentenzentriert sein, damit eine durchgängige Arbeitsweise vom Vertrieb bis in die automatisierte Produktion – Stichwort kundenindividuelle Produktkonfiguration – möglich ist, ohne in der Komplexitätsfalle schlagartig an Skalierungs- und Konsolidierungsgrenzen zu stoßen. Durch Modelle für die mitlaufende Echtzeit-Simulation von Produktion und Produktnutzung sowie die Rückführung von Betriebs- und Bewegungsdaten für die Systemausle-



Digitalization Strategy

Which type of transformation is targeted? Digitalization by a means – not only as a “self-fulfilling prophecy”.



Digital Maturity

- **Data**, digitally available
- **Processes**, digitally managed
- **Employees**, digitally skilled
- **Customers, Partners & Suppliers**, digitally integrated



Process Patterns

Delivery strategy: Which order execution types (ETO, CTO, CTO+ etc.) are in focus?

Bild 2: Digitale Reife und Prozessfähigkeit als Transformationsziele

gung werden Closed-loop-Ansätze real. Die Trends in der virtuellen Produktentstehung lassen sich unter fünf Schlagworten zusammenfassen:

- **Digital:** Durchgängige Prozessketten auf Basis des „Digital Thread“ und „Digital Twin“ als jüngste Meilensteine der PLM-Idee
- **Virtuell:** Steigende Nutzung von 3D-Daten in Auslegungs-, Planungs- und Nutzungsprozessen (technische Berechnung und Produktauslegung, 3D-Master für die Produktion, 3D für die virtuelle Inbetriebnahme und digitale Zwillinge usw.)
- **Intelligent:** Einsatz von künstlicher Intelligenz im PLM-Prozess und auf Geschäftsebene [6] sowie in Fachanwendungen (Bauteilauslegung, Prozesssimulation)
- **Vernetzt:** Maximal verfügbare Internetanbindung und abgesicherter Cloud-Betrieb mit anpassbaren PLM-Lösungen (Plattform as a Service) und mobilen Apps
- **Zirkular:** Kreislaufwirtschaft, nicht nur im Sinne Materialnutzung, Produktwiederverwendung, Umnutzung und digitaler Retrofits, sondern insbesondere auch für geschlossene Informati-onszyklen rund um das Produkt

Digitale Reife und Transformation

Viele Fertigungsunternehmen stellen fest, dass eine PLM-Fähigkeit wie oben beschrieben wesentlich für die Umsetzbarkeit ihrer jeweiligen Digitalstrategie ist. Digitale Zwillinge ohne sinnvolle PLM-Anbindung bleiben „Waisenkinder“ und ohne ein konsistentes Stammdatenmanagement ist beispielweise die Nachweisführung über eingesetzte Substanzen in einer Kreislaufwirtschaft nur mit großem Aufwand möglich. Eine Stand-

ortbestimmung zur digitalen Reife hilft Unternehmen zu erkennen, wo sie aktuell stehen und wie sie ihre Ziele erreichen können.

Dazu kann in Kernbereichen das Maß der digitalen (a) Datenverfügbarkeit, (b) Workflow-, Projekt- und Datenaustauschprozesse, (c) Anbindung von Partnern, Lieferanten, Kunden und (d) Personalqualifizierung erhoben werden. Die digitale Reife zu steigern, erfordert ein Vorgehensmodell zur strategischen Ausrichtung, den Willen zur Umsetzung, Kommunikation und Wissensaufbau im Unternehmen und final die technische Realisierung [7].

Aktuelle Projekte zeigen, dass die Digitalisierung nicht (mehr) als Selbstzweck verstanden wird (Bild 2). Digitalstrategien werden stattdessen über die Engineering IT hinaus ausgearbeitet, auf die Unternehmensfähigkeit abgestimmt und als Transformationsvorgang verstanden, in dem Ziele von der Produkt- und Portfolioebene in PLM-Fähigkeiten übersetzt werden. Die Zielbilder greifen dabei zumeist Untermengen der zehn Kernfähigkeiten für das Digital Enterprise PLM auf.

Zielbildentwicklung

Grundsätzlich wird ein formeller Rahmen benötigt, in dem die Strategie ausgehend von der Standortbestimmung und Zielbildentwicklung ausbalanciert werden kann. Als Hilfsmittel kann das strategische Dreieck dienen, dass über seine Eckpunkte „Prozessmuster“, „Kombinierbare Architekturen“ und „IT-Betrieb“ einen Handlungsrahmen für die PLM-Strategie und die Ausbaustufen aufspannt.

Mit der Idee „integriert und smart automatisiert“ zu arbeiten, bietet dieses Dreieck auch für einzelne Anwendungsbereiche oder Teilprozesse konkrete Anknüpfungspunkte: zum Beispiel für ein kreislaufforientiertes Stammdatenmanagement, ein integriertes Simulationsmanagement zur Reduktion physischer Prototypen oder Variantenabsicherung, für die Informationslogistik zwischen PLM und Produktionssteuerung oder die Anbindung strategischer Einkaufs- und Vertriebssysteme.

Die Neugestaltung der PLM-unterstützten Prozessmuster in diesen Bereichen und die Art der Auftragsdurchführung (CTO, ETO, CTO+ usw.) trägt maßgeblich zu mehr Effizienz bei. Eine modular aufgebaute Systemarchitektur erfüllt den technologischen Anspruch an Interoperabilität und Anpassbarkeit. Mit dem IT-Betrieb wird dem DevOps-Prinzip oder der sogenannten „ET/IT/OT Convergence“ Rechnung getragen, um als Unternehmen agil und gleichermaßen resilient mit den sich verändernden Marktanforderungen umgehen zu können.

Ausblick

Nach der fachlichen Ausweitung von PDM zu PLM, dem Systems Engineering, Integrationen mit dem digitalen Zwilling und Digital Thread stehen nun neue Themen an. Jetzt schon das sogenannte „Metaverse“ [8] anzukündigen, wäre wohl verfrüht. Sicher ist, dass das Verschmelzen digitaler Prozesse mit der Virtualisierung und dem vollständigen Eintauchen in virtuelle Welten zunehmen wird. Im industriellen Umfeld fehlt aber noch eine stärkere Verknüpfung mit den Aspekten der Kollaboration,

Entwicklung und Lieferfähigkeit. Klar ist auch, dass der KI-Einsatz im digitalen Daten-, Prozess- und Konfigurationsmanagement steigen wird. Die Cloud wird durch neue Software-as-a-Service-Angebote für Unternehmen immer attraktiver, da sie den Transformationsprozessen direkt zugutekommt. Forschungsprojekte werden künftig mit ihrer Arbeit Wasserstofftechnologien, digitale Infrastrukturen und Industrie 5.0 adressieren. Dadurch werden sich auch für PLM Erweiterungen ergeben, die einen Beitrag zu all diesen Themen und digitaler Souveränität leisten werden. ◀

Quellen:

- [1] BMBF: GAIA-X-Anwendungen in Wertschöpfungsnetzwerken. Bekanntmachung 2021.
- [2] P. Bilello: Digital Twin, It requires a Digital Thread. PLM Road Map 2020.
- [3] Gartner: Manufacturing Digitalization Roadmap for Agility and Revenue Generation. Predicts 2021.
- [4] J. W. Fischer: Die digitale Transformation bedeutet viel mehr als Digitalisierung. Transfer 2019.
- [5] M. Triepels et al.: Marel's Digital Highway. A reference case. prostep ivip Symposium 2021.
- [6] Europäische Kommission: Industrie 5.0
- [7] V. Nolte, T. Sindram: White Paper. Eine Interviewstudie zum Erfolgsfaktor Mensch in Data Science Projekten. mosaik 2021.
- [8] M. Ball: The Metaverse



Kontakt



Dr. Patrick Müller
Director Innovation Strategy
CONTACT Software
+49 421 20153-0
patrick.mueller@contact-software.com

OPENCLM

DIE CONFIGURATION LIFECYCLE MANAGEMENT LÖSUNG VON PROSTEP



Bessere
Transparenz



Höhere
Effizienz



Bessere
Compliance



Höhere
Datenqualität



Mehr
Flexibilität

openclm.prostep.com



Lesen Sie dazu auch unser
neuestes Whitepaper!



Kostenloser Download
www.prostep.com/whitepaper

Folgen Sie uns auf Social Media.



Von der Norm auf die Straße:

Praxisbericht zur JT 10.5 Einführung bei Mercedes-Benz

Bernd Watzal, Mercedes-Benz AG



JT (Jupiter Tessellation) ist das neutrale und standardisierte 3D-Daten- und Visualisierungsformat, welches wir, die Mercedes-Benz AG, in Folge- und Lieferantenintegrationsprozessen anstelle von nativen 3D-CAD-Datenformaten einsetzen. Der Einsatz neutraler, standardisierter Datenformate ist für uns der Schlüssel einer effizienten Zusammenarbeit mit unseren Partnern und Kern unserer „Strategy of Standards“. Diese Strategie setzen wir konsequent fort: Nur fünf Monate nach Veröffentlichung der aktualisierten DIN SPEC 91383 werden wir im Zuge des nächsten EDM-Releases die neue Fileformatversion JT 10.5 am 22.11.2021 einführen.

Motivation & Ziele

Aktuell ist die JT-Fileversion 9.5 bei uns produktiv im Einsatz. Dieses Standardformat (ISO 14306 und DIN 91383) ist bei unseren Folgeprozessen etabliert. Mit der Einführung einer neuen Version gehen wir nun, nach insgesamt acht Jahren, einen großen Schritt weiter in Richtung Zukunftsfähigkeit und schaffen damit eine stabile Basis für die kommenden Jahre.

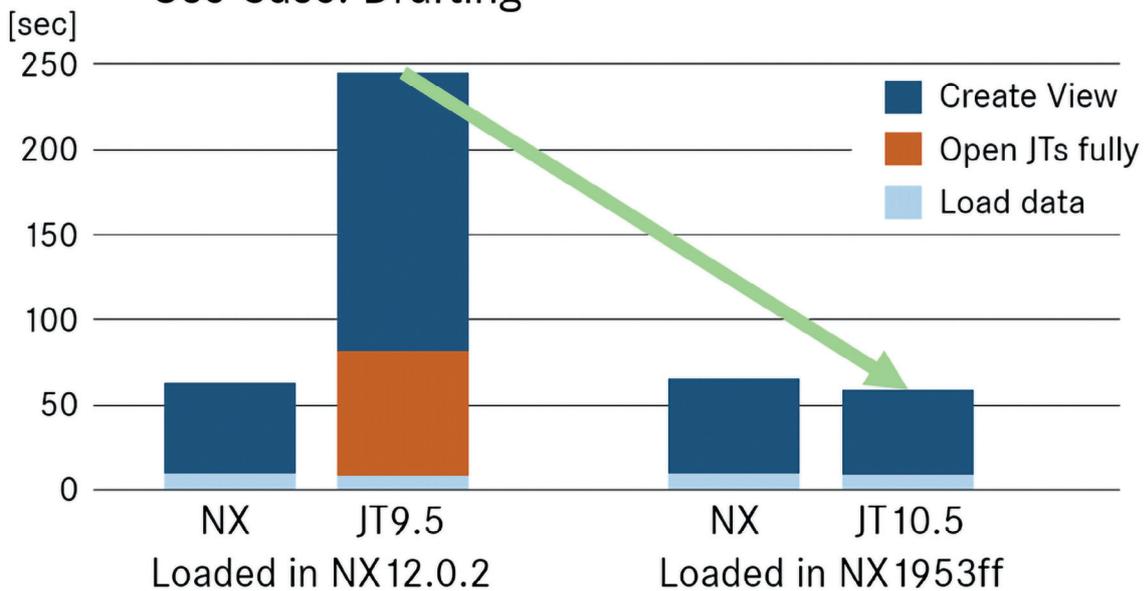
Neben vielen kleineren Neuerungen bringt die Version 10.5 signifikante Verbesserungen im CAD-Umfeld im Zusammenspiel mit NX mit sich:

- Wir können unseren Anwendern eine gesteigerte Performance bieten: JT-Daten werden initial deutlich schneller geladen. Der Mechanismus des automatisierten Nachladens „on demand“ (smart lightweight loading in NX) greift dann auch für JT 10.5 Daten.

- Anwender können mit diesen JT-Daten in ihrer Konstruktionsumgebung in gleicher Weise arbeiten wie mit NX-Native Daten. Im Handling gibt es kaum noch Unterschiede. Um diese Angleichung im Handling zu erreichen, haben wir lange und intensiv mit Siemens zusammengearbeitet. Siemens bezeichnet diese tiefe Integration treffend mit „JT as first class citizen in NX“.

JT in NX - Performance Improvement

Use Case: Drafting



Der große Vorteil aus IT-technischer Sicht ist, dass dabei keine Konvertierung stattfindet. Die JT-Daten werden von NX unmittelbar verwendet.

Was mussten wir vorbereitend tun, um JT 10.5 einführen zu können?

Tool-Readiness

Unerlässlich ist es, alle internen Prozesse, in denen JT-Daten verarbeitet werden, im Vorfeld abzusichern. Da JT mittlerweile das führende Format in unseren Folgeprozessen ist, geht mit einem solchen Formatwechsel ein hoher Absicherungsaufwand einher.

Wir haben über 100 Tools, u.a. Viewer, Absicherungs- und Simulationstools sowie Spezialsoftware in den verschiedenen Bereichen (Mercedes-Benz Cars, VAN, Daimler Truck, EvoBus etc.) im Einsatz, welche Produkt- und Betriebsmit-

teldaten im Format JT verarbeiten. Diese Tools mussten wir zunächst erfassen, um die Ansprechpartner über den geplanten Formatwechsel zu informieren. Verbunden damit war die Aufforderung, das Tool zu testen und abzusichern, dass ihr Prozess JT-Daten im Format 10.5 verarbeiten kann.

Den ersten Testlauf haben wir bereits im Herbst 2019 durchgeführt. Im Zuge der JT 10.5 Readiness wurden etliche Tools auf neuere Versionen gehoben, Prozessrisiken identifiziert und adressiert. Mittlerweile sind unsere Prozesse abgesichert und auf die Verarbeitung von JT 10.5 Daten vorbereitet.

Readiness CAD-JT Konverter

Jeder JT-basierter Datenaustausch beginnt bei unseren Lieferanten mit einem Konvertierungsvorgang von ihrem CAD-System ins Format JT. Neben der Readiness der intern verwendeten Tools

stellt die Readiness der am Markt etablierten CAD-JT Konverter für uns daher eine weitere Voraussetzung für eine erfolgreiche und reibungslose JT 10.5 Einführung dar. Eine Erkenntnis hierbei war, dass Readiness im Falle von Konvertern zweierlei bedeutet:

1. Die Fähigkeit, JTs im Format 10.5 erzeugen zu können.
2. Die Fähigkeit, 10.5-er JTs mit der sog. Smart Topologic Table (kurz: STT) erzeugen zu können.

Die STT stellt für uns die wesentliche Neuerung im Datenformat JT 10.5 dar, denn sie verbindet tessellierte Daten mit der exakten Geometrie und ist Voraussetzung für die eingangs erwähnten signifikanten Verbesserungen im CAD-Umfeld.

Anfang 2021 haben wir die Konverterhersteller kontaktiert und erste Verproben mit ihnen und ausgewählten

Lieferanten durchgeführt. Ziel war auch hier, zunächst herauszufinden, welche Konverter 10.5- und STT-ready sind, und den Herstellern entsprechend Feedback geben zu können. Diese Readiness-Aktivität hat in Zusammenarbeit mit unseren Partnern ebenfalls dazu geführt, dass alle uns bekannten Konverter mittlerweile 10.5- und STT-ready sind.

JT 10.5 Qualifikation - die Generalprobe!

Mit der Infoveranstaltung am 16.09.2021 begann der Startschuss für die Probeläufe mit unseren JT-Lieferanten. Wir nennen diesen schon seit Jahren etablierten Absicherungsprozess „Mercedes-Benz JT-Qualifikation“. Er kommt einer Generalprobe gleich und ist vor dem ersten produktiven Datenaustausch zu durchlaufen.

Unsere Lieferanten bereiten dabei reale Daten nach denselben Vorgaben auf wie im produktiven Datenaustausch, nur diesmal eben im Format JT 10.5 und mit STT. Bei der JT 10.5 Qualifikation gehen

die Daten zur Prüfung an den CAx-Support für Suppliers. Der Lieferant bekommt Rückmeldung über etwaige Mängel und notwendige Anpassungen seiner Daten. So hat er im Vorfeld und ohne Einfluss auf seine Lieferantenbewertung die Möglichkeit, Know-how aufzubauen und seinen Datenaufbereitungsprozess hinsichtlich JT 10.5 und der von uns geforderten Datenqualität abzusichern.

Sind alle Anforderungen erfüllt, erhält der Lieferant die JT 10.5 Qualifikation und damit verbunden die Freigabe, mit unserer Firma ab 22.11.2021 produktive Daten im Format JT 10.5 auszutauschen.

Innen- und Außenkommunikation

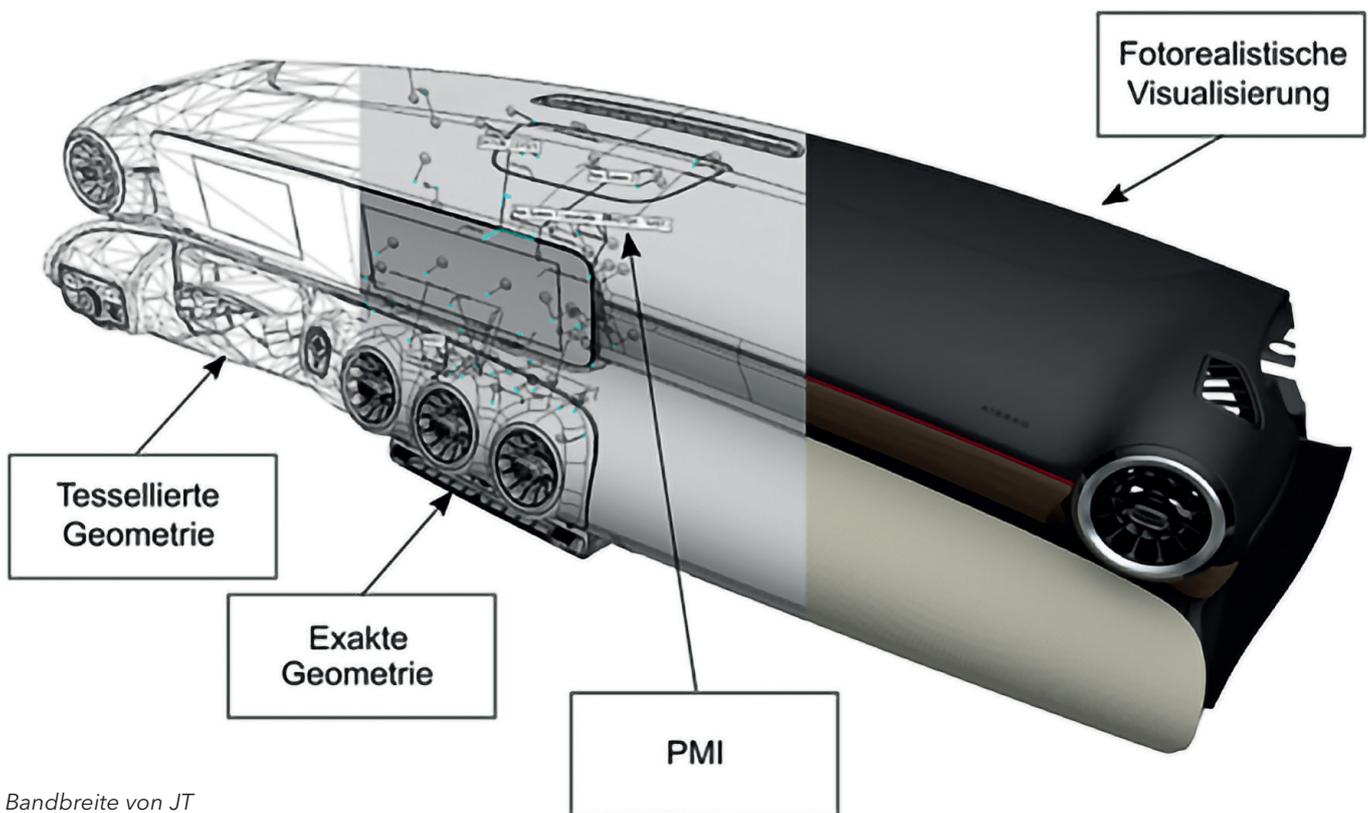
Im ersten Halbjahr haben wir das Vorhaben der JT 10.5 Einführung zunächst intern unseren Anwendern und Fachbereichen vorgestellt. Im Vordergrund stand dabei der mit dem neuen JT-Format verbundene Nutzen für die Anwen-

Nach Abschluss der internen Abstimmungen war uns wichtig, unmittelbar in die Außenkommunikation zu gehen und unseren Partnern die 10.5 Einführung frühzeitig anzukündigen. Um umfassend darüber zu informieren und Fragen zur JT 10.5 Einführung im Vorfeld zu klären, haben wir zu insgesamt drei Infoveranstaltungen eingeladen. Darüber hinaus stellen wir fortlaufend aktuelle Informationen zum Thema auf unserer Informationsplattform PuSh.ED (<https://pushed.daimler.com/>) bereit.

Erkenntnisse und Erfahrungen

Die bisherigen Erkenntnisse lassen sich in zwei Punkten zusammenfassen:

- Die eigentliche Herausforderung liegt nicht in der Erzeugung von JT-Daten im Format 10.5, sondern in der Erzeugung einer STT, die in NX korrekt funktioniert. Automatisierte und verlässliche Prüfmöglichkeiten sind daher für uns und auch für unsere Business Partner von großer Bedeutung.



Bandbreite von JT

■ Eine weitere Herausforderung stellt die Erzeugung der erforderlichen Datenqualität dar. Diese wird unabhängig von der JT 10.5 Einführung von unserer Seite umfassender überprüft, da die Anforderungen an die Datenqualität mit der fortschreitenden Digitalisierung und Automatisierung steigen und ihr eine höhere Bedeutung als in der Vergangenheit zukommt.

Diese beiden Herausforderungen sind ein weiterer Grund, weswegen wir es für unerlässlich erachten, dass alle JT-Lieferanten und die Konverterhersteller zur Absicherung die Mercedes-Benz JT-Qualifikation absolvieren.

Hochlaufphase und Ausblick

Ab dem 22. November 2021 beginnt die produktive Hochlaufphase. Die Erfahrung zeigt, dass man auch bei umfassenden Vorbereitungen und Absicherungen im Vorfeld immer mit Anlaufschwierigkeiten

rechnen muss. Wir stehen in der Hochlaufphase bereit, im Bedarfsfall zu unterstützen und einzugreifen, bis die Prozesse ihren Regelbetrieb eingenommen haben.

Für das Jahr 2022 planen wir, Bestandsdaten im Format JT 9.5 bedarfsgesteuert nach 10.5 zu migrieren.

Fazit

Nach acht Jahren intensiver JT 9.5 Nutzung stellt die Einführung der JT-Version 10.5 einen bedeutenden Schritt für die durchgängige End-to-End Nutzung von 3D-Daten dar, sowohl in unseren internen Prozessen als auch im Datenaustauschprozess. Wir freuen uns darüber und sind auch stolz darauf, als erster OEM das neue Standardformat JT 10.5 zusammen mit unseren Partnern und Lieferanten produktiv einzuführen. Damit sind wir für kommende Digitalisierungsvorhaben bestens aufgestellt, intern und im Entwicklungsverbund mit unseren Lieferanten. ◀



Kontakt

Bernd Watzal
Mercedes-Benz AG
+49 176 30924482
bernd.watzal@daimler.com



prostep ivip Web-Seminare

Austausch - Information - Inspiration

Ein weiterer Service des prostep ivip Vereins für seine Mitglieder*: die kostenlose Teilnahme am monatlichen Web-Seminar! Die Veranstaltungsreihe findet zumeist am letzten Freitag eines Monats statt und besteht aus einer halbstündigen Präsentation; im Anschluss erfolgt eine Diskussionsrunde innerhalb der internationalen Teilnehmergruppe.

Mehr Informationen zu den Web-Seminaren und die Möglichkeit zur Anmeldung erhalten Sie bei Sarah.Giese@prostep.com bzw. im Netz unter www.prostep.org.

*Die Web-Seminare stehen teilweise auch Nicht-Mitgliedern offen

WEB SEMINAR

Die Termine für 2022:

- 28. Januar 2022** Cax-IF
offen
- 25. Februar 2022** CSE
Nur für Mitglieder
- 25. März 2022** CPO
Nur für Mitglieder
- 29. April 2022** FDx
Nur für Mitglieder
- 20. Mai 2022** ICF
offen
- 24. Juni 2022** SmartSE
Nur für Mitglieder
- 30. September 2022** DDP
Nur für Mitglieder
- 28. Oktober 2022** New Project Proposals
offen
- 28. November 2022** ReqIF
offen

Teil 1: Herausforderungen im Wandel

Nachhaltige 3D-Daten für die digitale Zusammenarbeit

Dr.-Ing. Alexander Christ, Elysium GmbH; Bernd Feldvoss, Airbus

In Zeiten von Homeoffice, virtuellen Veranstaltungen und täglichen virtuellen Meetings spielt die digitale Zusammenarbeit eine immer wichtigere Rolle. Neue Technologien und Plattformen treffen auf vielfältige Herausforderungen. Der folgende Beitrag adressiert die Kernherausforderungen in der digitalen Zusammenarbeit von Unternehmen mit dem Fokus auf nachhaltige 3D-Daten. Er reflektiert die Erfahrungen der letzten beiden Jahre und dient als Zwischenbericht zur Bestandsaufnahme. Weitere Teile mit einer dezidierten Zielformulierung und der Vorstellung neuer Lösungsansätze sollen folgen.

Digitale Zusammenarbeit auf dem Vormarsch

Die digitale Zusammenarbeit befindet sich im Wandel. Dieser Wandel ist zu begrüßen, öffnet er doch die Tür für innovative Lösungsansätze, die notwendige Adaption neuer Technologien und den effizienteren sowie nachhaltigeren Umgang mit Ressourcen in unseren Wertschöpfungsnetzwerken. Gerade im Zuge der Corona-Pandemie sind innerhalb der letzten beiden Jahre neue Arbeitsrealitäten entstanden, die vermehrt auf digitale Zusammenarbeit setzen.

Digitale Zusammenarbeit soll primär die Wettbewerbsfähigkeit und Ertragskraft von Unternehmen absichern sowie agile Anpassung auf geänderte Rahmenbedingungen ermöglichen. In diesem Kontext existieren unternehmensintern als auch entlang der Lieferketten komplexe soziotechnische Systeme, um definierte Outputs zu erzeugen. Kernthemen sind die effiziente Bereitstellung von Informationen und der Einsatz geeigneter Kommunikationsmittel. Des Weiteren sind Aspekte wie Know-how-Schutz und gesetzliche Restriktionen zu beachten.

Heutzutage wird eine Vielzahl an Werkzeugen zum Management und Austausch von Daten sowie zur Kommunikation ins Feld geführt. Oftmals sind mehrere Dutzend Werkzeuge pro Unternehmen anzufinden. Überlegen Sie einmal für sich selbst an wie vielen virtuellen Meetings Sie innerhalb des letzten Monats teilgenommen haben und wie viele Werkzeuge hierfür zum Einsatz kamen. Diese Werkzeuge sind mehr oder weniger gut in die bestehenden IT-Systemlandschaften der Unternehmen eingebettet und stoßen auf eine dementsprechende Akzeptanz der Anwender. Oftmals wird hier nicht das volle technologische Potenzial gehoben, da der Dreiklang aus Werkzeugen, Prozessen und Methoden fehlt.

Herausforderungen in der digitalen Zusammenarbeit

Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen

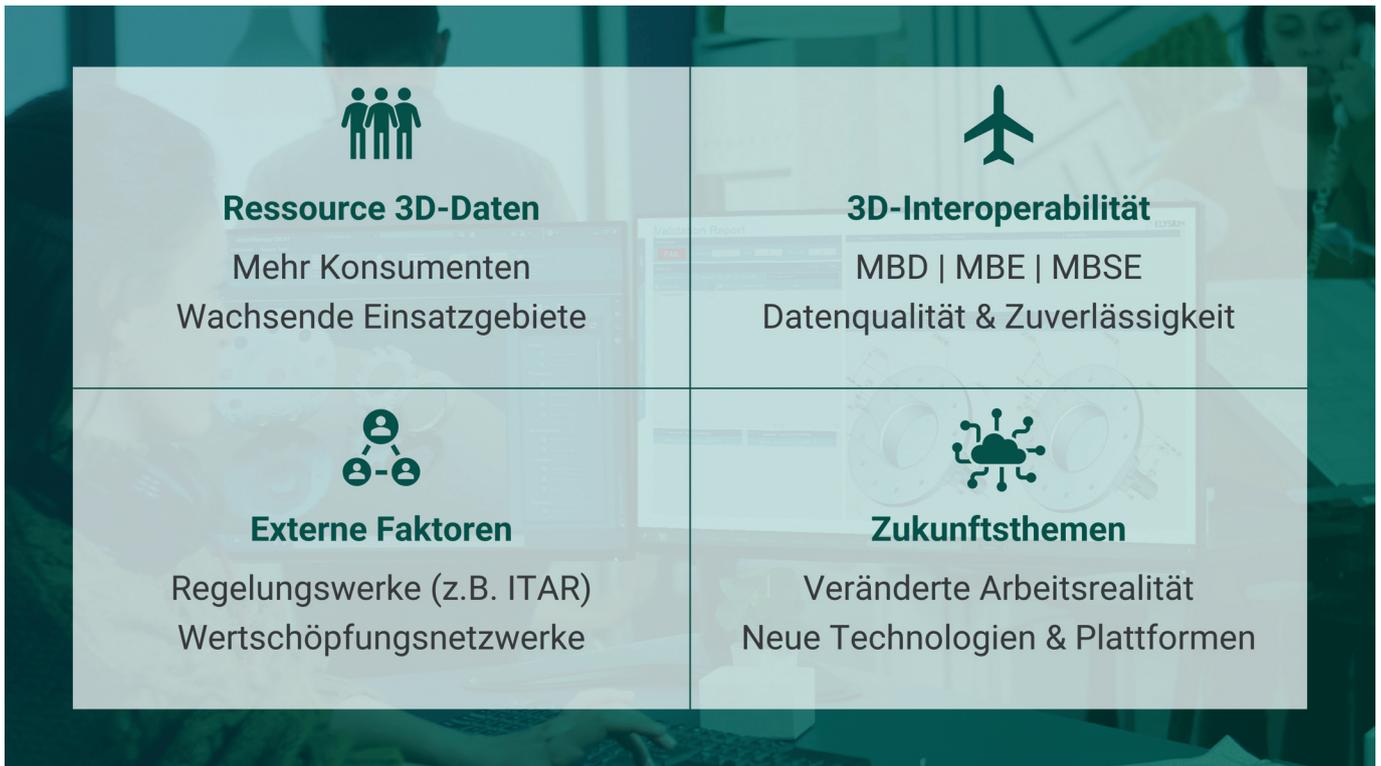
Im Kontext der Nachhaltigkeit müssen Unternehmen verantwortungsvoll mit Ihren Ressourcen umgehen. 3D-Daten stellen durch ihre zentrale Rolle im Produktentstehungsprozess einen großen Hebel dar. Neben der Produktrepräsentation dienen Sie auch als Kommunika-

tionsmittel für semantische Inhalte, u. a. zur geometrischen Produktspezifikation. 3D-Daten erfreuen sich zunehmender Beliebtheit und finden in immer mehr Gebieten Einsatz, einhergehend mit einer kontinuierlich steigenden Anzahl an Anwendern [4].

Lange hatte die 1:10-Regel aus dem 3D-Engineering Bestand. Als Daumenregel setzt sie die Datenerzeuger in das Verhältnis zu Datenkonsumenten [1]. Durch Digitalisierung und Plattformisierung verschiebt sich das Verhältnis zunehmend Richtung 1:100 [8]. Den Datenerzeugern kommt somit in Zukunft eine immer wichtigere Rolle zu und auch der Wert der Ressource 3D-Daten steigt. Neben dem reinen Sammeln und Verwalten von Daten, sollten sich Unternehmen zunehmend Gedanken um die zielführende Auswertung und Nutzbarmachung von Daten machen. Hierzu zählen auch der Erwerb und die Pflege von Datenkompetenzen für die digitale Zusammenarbeit, sowie die Qualität der Daten.

Zuverlässige 3D-Daten / 3D-Interoperabilität

Modellbasierte Ansätze, von MBD (Model-Based Definition) [6] bis MBSE



Herausforderungen in der digitalen Zusammenarbeit

(Model-Based Systems Engineering) [5], greifen diese Ideen auf und skizzieren einen Weg für die Durchgängigkeit von 3D-Daten sowie deren Wiederverwendung in nachgelagerten Prozessen. Der 3D-Master wird somit zum strategischen Bestandteil der digitalen Zusammenarbeit.

Oftmals geraten die modellbasierten Vorhaben jedoch früh ins Straucheln. Der Umstieg von 2D auf 3D zum Beispiel, hin zu einer modellbasierten Zusammenarbeit, erscheint den meisten als sinnvoll. Neben der technischen Dimension muss der Umstieg als Wandel mit vielfältigen Herausforderungen verstanden werden, von der Unternehmenskultur über geänderte Zielsetzungen bis hin zu operativen Maßnahmen. Widerstände führen häufig dazu, dass Unternehmen heutzutage eher modellzentriert als modellbasiert arbeiten. Im Zweifelsfall funktioniert es eben immer noch mit der 2D-Zeichnung.

Doch auch Unternehmen, die den Umstieg auf 3D gemeistert haben, sehen sich mit einer Vielzahl an Schwierigkeiten in der digitalen Zusammenarbeit konfrontiert. Zu den größten Problemen zählt die mangelnde Qualität

von 3D-Daten. Sie führt zu zusätzlichen Kosten, operativen Mehraufwänden zur Datenreparatur und Verzögerungen. Korrupte Datensätze, mangelhafte Inhalte und nicht erfüllte Lieferbedingungen sind an der Tagesordnung. Zudem müssen Unternehmen Ihr Know-how im Datenaustausch mit anderen schützen. Die Vereinfachung von 3D-Daten ist allerdings noch zu oft mit hohen manuellen Aufwänden verbunden.

Digitale Zusammenarbeit erfordert nun mal zuverlässige 3D-Daten. Neben einer Verifikation zur Absicherung der Datenqualität ist auch eine Validierung, also eine inhaltliche Überprüfung hinsichtlich Änderungen, notwendig. Hierfür sind automatisierte Mechanismen zu etablieren, die eine hohe Benutzerfreundlichkeit aufweisen und eine nahtlose Kommunikation kritischer Fehler und signifikanter Änderungen ermöglichen.

Externe Einflussfaktoren

Erschwert wird eine nachhaltige Zusammenarbeit auf Basis von 3D-Daten auch durch externe Einflussfaktoren. Firmenfusionen, wechselnde Stakeholder und verschärfte Lieferbedingungen erfordern die schnelle Anpassung an geänderte Rahmenbedingungen. Die erforderli-

chen Änderungsprozesse und die Festigung neuer Strukturen brauchen Zeit. Für Unternehmen und deren Mitarbeiter heißt das auch immer wieder aufs Neue Vertrauen aufbauen zu müssen, als Grundlage jeder Art der Zusammenarbeit.

Darüber hinaus sind im internationalen Handel und in bestimmten Branchen strikte Regelungswerke, Qualitätsvorgaben und Sicherheitsstandards zu berücksichtigen, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Verarbeitung und den Austausch von 3D-Daten haben. Zudem können geänderte Handelsabkommen und Exportkontrollvorschriften Auswirkungen auf die digitale Zusammenarbeit entlang der Lieferketten haben [4].

Nachhaltigkeit als Zukunftsthema

Wir werden uns zukünftig neuen Arbeitsrealitäten mit flexiblen Arbeitszeiten und mobilem Arbeiten stellen müssen. Dies hat direkte Auswirkungen auf unsere Arbeitsweise, die Kommunikation in der Zusammenarbeit und den wertschöpfenden Prozess der Ideenfindung. Eine Studie über den Arbeitsalltag von Microsoft-Mitarbeiter in den USA in der ersten Jahreshälfte 2020 beschreibt die Auswir-

kungen von Homeoffice auf die Zusammenarbeit und Kommunikation. Es kommt zu einem Anstieg der asynchronen Kommunikation. Teams werden statischer und agieren zunehmend isoliert. Dies erschwert einen durchgängigen Informationsfluss und wirkt sich negativ auf die digitale Zusammenarbeit aus [10].

Unsere Aufgabe wird es sein Antworten auf vielerlei Fragestellungen zu finden und diese kontrovers zu diskutieren:

- Wem gehören eigentlich die Daten in Kollaborationsszenarien?
- Wer ist in sich schnell ändernden Wertschöpfungsnetzwerken für die Qualität und Zuverlässigkeit von 3D-Daten verantwortlich?
- Wie kann die Nachhaltigkeit von 3D-Daten ermittelt und abgesichert werden?
- Welche zukünftige Rolle spielen bestehende Standards und Neutralformate wie JT, STEP AP242 und QIF?
- Welchen realistischen Beitrag können Unternehmen für eine digitale und nachhaltige Zusammenarbeit leisten?

Sicher scheint, die Menge an erzeugten und auszutauschenden Daten nimmt weiterhin zu. In Zeiten des Digitalen Zwillinges findet sich die digitale Zusammenarbeit mit Datenströmen und Echtzeitanforderungen aus der Produktion und der Produktnutzung konfrontiert. Physische Objekte (Maschinen, Systemkomponenten, Sensoren) und Ihre virtuellen Instanzen werden in die Kommunikation mit einbezogen [9]. Hier muss eine geeignete Infrastruktur geschaffen werden, die einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen ermöglicht und mehr als nur den CO₂-Fußabdruck berücksichtigt.

Neue Technologien und Plattformen bahnen sich an und müssen im Kontext der digitalen Zusammenarbeit gestaltet werden. Hierbei sind Aspekte wie Datensouveränität und IT-Sicherheit zu beachten. Bei der Integration cloud- und servicebasierter Lösungen sind deren Robustheit und Skalierbarkeit zu prüfen. Beim Einsatz von 3D-Daten müssen etablierte Standards weiterentwickelt und miteinander harmonisiert werden, aber auch in den Kontext vernetzter Daten und föderativer Systeme gebracht werden. Kurzum: es liegt ein langer Weg vor uns, um die digitale Zusammenarbeit nachhaltig zu gestalten.

Aufruf zur Zusammenarbeit

Und dieser Weg ist zielführend, wenn möglichst viele aktiv daran mitwirken. Nachhaltige Innovationen entstehen eben durch Zusammenarbeit. Doch auch innovative Lösungen müssen in standardisierte und nachhaltige Lösungen überführt werden, um langfristig bestehen zu können.

Möglichkeiten zur Teilnahme gibt es aktuell auf verschiedenen Ebenen. Der prostep ivip Verein bietet seinen Mitgliedern über die Implementorforen und Anwenderprojekte einen leichten Zugang zur Mitarbeit. Die Projektgruppe Digital Data Package (DDP) beispielsweise beschäftigt sich mit der domänenübergreifenden Zusammenarbeit und dem Datenaustausch im Kontext MBSE [7].

Das Catena-X Automotive Network fokussiert ein offenes Ökosystem für einen sicheren und effizienten Datenaustausch entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette unter Wahrung der Datensouveränität [3]. Bei GAIA-X handelt es sich um ein europäisches Projekt zur Schaffung der nächsten Generation einer sicheren und vernetzten Dateninfrastruktur für Staaten, Unternehmen und die Bevölkerung [2].

Gestalten Sie den Wandel aktiv mit. ◀

Literatur:

- [1] Biedert, J.; Christ, A. (2019): Modularization of 3D Engineering Data. Daimler EDM CAE Forum 2019
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): Der Deutsche Gaia-X Hub. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>
- [3] Catena-X Automotive Network e.V. (2021): Catena-X Automotive Network. <https://catena-x.net/de/>
- [4] Christ, A.; Feldvoss, B. (2021): Digital Collaboration - Sustainable 3D Data as Competitive Advantage. Elysium Academy Webinar
- [5] Eigner, M. (2021): System Lifecycle Management - Engineering Digitalization (Engineering 4.0). Springer Vieweg, Wiesbaden. ISBN: 978-3-658-33874-9
- [6] International Organization for Standardization (2021): Technical Product Documentation - Digital Product Definition Data Practices. ISO 16792:2021
- [7] prostep ivip Verein (2021): Digital Data Package (DDP). <https://www.prostep.org/projekte/digital-data-package-ddp/>
- [8] Schindler, M.-C.; Liller, T. (2011): PR im Social Web. Das Handbuch für Kommunikationsprofis. O'Reilly, Köln. ISBN: 978-89721-563-4
- [9] Stark, R.; Anderl, R.; Thoben, K.-D.; Wartzack, S. (2020): WiGeP-Positionspapier - Digitaler Zwilling. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 115, No. s1, pp. 47-50. <https://doi.org/10.3139/104.112311>
- [10] Yang, L.; Holtz, D.; Jaffe, S. et al. (2021): The Effects of Remote Work on Collaboration among Information Workers. Nature Human Behaviour. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01196-4>



Kontakt

Dr.-Ing. Alexander Christ
CVO - Strategie &
Geschäftsfeldentwicklung
Elysium GmbH
+49 6171 7033-596
alexander.christ@elysium-europe.com



Kontakt

Bernd Feldvoss
Technology Specialist
PLM Data Exchange
AIRBUS
+49 40 743-78589
bernd.feldvoss@airbus.com



prostep ivip Scientific Award

Für Ingenieur*innen mit Schwerpunkt virtuelle Produktentstehung: Jetzt bewerben!

SCI EN TIF IC

AWARD 2022

Sie sind (angehende/r) Ingenieur*in und beschäftigen sich in Ihrer Master- oder Doktorarbeit mit der virtuellen Produktentstehung? Sie möchten Ihre Ideen Vertretern führender Hersteller und IT-Unternehmen vorstellen?

Dann nutzen Sie jetzt Ihre Chance!

Der prostep ivip Verein fördert PLM-Köpfe von morgen mit 1.000 Euro (Diplom-/Masterarbeit) oder 4.000 Euro (Doktorarbeit) mit der Verleihung des prostep ivip Scientific Award!

Wer kann sich für die Auszeichnung bewerben?

Interessent*innen, die ihre Master- oder Doktorarbeit bis zum 31. Januar 2022 an einer Universität zu einem Thema der virtuellen Produktentstehung abgeschlossen haben.

Zur Einreichung sind Arbeiten in deutscher oder englischer Sprache zugelassen, sofern sie nicht unter die Bedingungen der Geheimhaltung fallen. Bitte senden Sie hierzu die benotete Arbeit und das dazugehörige Gutachten des betreuenden Professors.

Die Jury des prostep ivip Scientific Award entscheidet, welche Einreichungen mit dem Scientific Award geehrt wird. Zum Kreis der Entscheider gehören Dr. Henrik Weimer, AIRBUS (Vorstandssprecher), Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin, Armin Hoffacker, BOSCH sowie Philipp Wibbing, UNITY.

Der prostep ivip Scientific Award wird im Rahmen des prostep ivip Symposiums 2022 verliehen.

Neben dem Preisgeld (1.000 € Diplom-/Masterarbeit bzw. 4.000 € Doktorarbeit) bieten wir dem/der Gewinner*in im Bereich Doktorarbeit die Möglichkeit, selbst Teil des prostep ivip Symposiums zu werden und im Rahmen des „Scientific Tracks“ über die Ergebnisse der Doktorarbeit zu berichten. Eine einmalige Chance, einen bleibenden Eindruck beim fachkundigen Publikum und somit potenziellen künftigen Arbeitgebern zu

hinterlassen! Selbstverständlich übernimmt der prostep ivip Verein die Reisekosten der Scientific Award-Gewinner*innen.

Einsendeschluss zur Bewerbung um den Scientific Award 2022 ist der 31. Januar 2022!

Senden Sie Ihre benotete Arbeit und das dazugehörige Gutachten an:

Dr. Alain Pfouga
Geschäftsführer prostep ivip
alain.pfouga@prostep.org

sowie:

Nora Tazir
Technical Program Manager prostep ivip
nora.tazir@prostep.org

Gerne steht Frau Tazir Ihnen auch bei Fragen zum Scientific Award zur Verfügung.



Kontakt

Nora Tazir
prostep ivip Verein
nora.tazir@prostep.org



Kontakt

Dr. Alain Pfouga
prostep ivip Verein
alain.pfouga@prostep.org



Datengetriebene Entwicklung für ADAS/AD-Systeme

Dr.-Ing. Armin Engstle, ADAS/AD Software and Controls, AVL Software and Functions GmbH
 DI Thomas Guntschnig, ADAS/AD Tools and Methods, AVL List GmbH

Die datengetriebene Entwicklung (Data-Driven Development - DDD) ist ein Kernelement für die Entwicklung und Validierung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und autonom fahrender Fahrzeuge (AD). Gleichzeitig erzeugt ein datengetriebener Entwicklungsansatz PetaBytes an Daten und damit einhergehend erhebliche Herausforderungen bei der Datenerfassung, Datenverwaltung und Datenverarbeitung. Der vorliegende Artikel stellt AVL's Dynamic Ground Truth System™ (DGT) sowie die Big Data and Analytics Plattform (AAP) vor. Diese integrierte Lösung ermöglicht die Validierung von ADAS und AD Fahrzeugen in realen Fahrsituation bzw. auf Basis von Realfahrdaten. Die wichtigsten Anforderungen an Speicher- und Rechenleistung für die Einführung dieser Validierungslösung werden beschrieben und die Bedeutung von Metadaten wird anhand eines Beispiels aus der Kalibrierung erläutert.

Data-Driven Development - Ground Truth-Daten als Referenz

Die statistische Auswertung großer Mengen repräsentativer Realfahrdaten zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Fahrerassistenzsystem (ADAS)-Sensoren und deren Algorithmen wird umso entscheidender, je höher der Automatisierungsgrad (SAE-Level 0 bis 5) eines Fahrzeugs ist. Dabei ist der objektive Vergleich der Sensorsignale gegen eine hochgenaue Umgebungsreferenz beziehungsweise Dynamic-Ground-Truth (DGT)-Daten die einzige Möglichkeit, eine kosteneffiziente und verlässliche Sensorikentwicklung und -validierung zu realisieren. Herstellerunabhängige, standardisierte Ground-Truth-Referenzsensoren sind gleichwohl eine Grund-

voraussetzung für die Homologation/Typprüfung zukünftiger automatisierter Fahrzeuge, da die entsprechenden Zertifizierungsbehörden ihre Bewertung immer auf ein eigenes Umgebungsbild stützen werden.

ADAS/AD Realfahrdaten-Validierungsumgebung

Zum Aufbau einer Realfahrdaten-Validierungsumgebung werden drei Hauptbestandteile benötigt:

1. Datenerfassung/-aufzeichnung:

Die Datenerfassung erfolgt über ein hochpräzises Referenzsensoren-system (vgl. Bild 2) mit einem 360° Sichtfeld (DGT-System) zur Aufzeichnung eines unabhängigen Referenzbildes der

Umgebung rund um das Testfahrzeug (Ego-Fahrzeug). Für die Datenerfassung wird ein ausreichend großer Datenspeicher benötigt, um den Datenstrom sowohl des Referenzsensoren-systems als auch des Fahrzeugsensoren-systems zeit-synchron aufzuzeichnen.

2. Analyseplattform (Speicher und Rechenleistung):

Die Analyseplattform besteht aus einem Datenmanagementsystem, das die Datenspeicherung im Rechenzentrum oder in der Datencloud organisiert. Außerdem unterstützt sie das (Meta-)Datenmanagement und die erforderliche Analyse großer Datenmengen.

3. Datenanalyse:

Die Datenanalyse wird von einem Wahrnehmungsalgorithmus prozessiert, der automatisch dynamische Objekte wie Fußgänger, Radfahrer oder Autos und statische Objekte wie Verkehrsschilder, Straßenlinien und Straßenränder im DGT-Datenstrom erkennt, sie klassifiziert und mit hoher Präzision in Bezug auf das Ego-Fahrzeug positioniert.

Bild 1 beschreibt den Prozessablauf der Datenerfassung, des Daten-Uploads sowie der Datenverwaltung im Datenzentrum und der Datennachbearbeitung am Arbeitsplatz des Validierungsingenieurs.

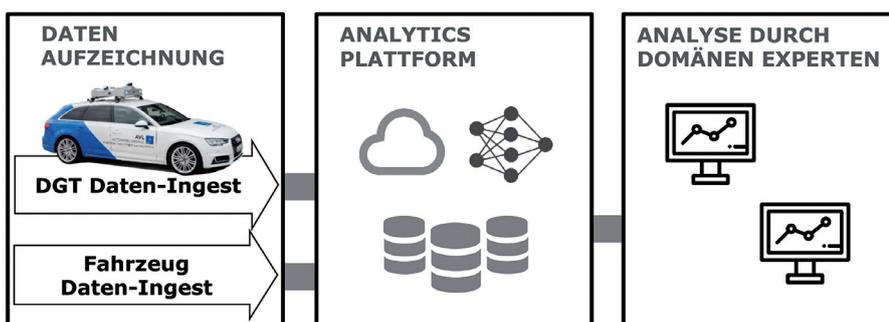


Bild 1: Prozessbeschreibung reale Fahrdatenvalidierung mit Referenzsystem



Bild 2: DGT-Sensoraufbau (links) und Montage am Testfahrzeug (rechts)

Für die Erfassung von Ground Truth Referenzdaten wird das DGT-System wie eine handelsübliche Dachbox auf dem Fahrzeugdach montiert. Ein Kabelbaum mit zwei Kabeln, eines für die Stromversorgung (230 W @ 12 Volt) und eines für den Datenaustausch (1/10 Gbit Ethernet), verbindet das DGT-System mit dem 12V Bordnetz und dem Datenlogger im Fahrzeug. Der generierte Datenstrom berücksichtigt Lidar- und Kameradaten sowie hochpräzise Positionsdaten von einem differentiellen Global Positioning System (dGPS). Durch die Kombination dieser Sensoren wird eine zeitsynchrone und präzise Darstellung der Fahrzeugumgebung sichergestellt. Die Abtastfrequenz des DGT-Systems liegt bei 10 Hz, somit wird pro 100 ms ein Bild der Umgebung aufgenommen.

Der Sensoraufbau sowie das Montagekonzept des DGT-Geräts sind in Bild 2 dargestellt.

Anforderungen an Speicher und Rechenleistung

Insbesondere durch die 4 hochauflösenden Kameras (1x 8,9 Mpixel; 3 x 3,2 Mpixel) erzeugt die Sensorik des DGT-Systems einen massiven Datenstrom von ca. 1 TByte pro Stunde. Der Datenstrom der Fahrzeugsensoren (SUT) wird gleichzeitig parallel aufgezeichnet und erzeugt

ähnlich große Datenmengen. In einer 8-Stunden-Schicht kann somit eine Gesamtdatenmenge von ca. 20 TByte pro Fahrzeug generiert werden. Wenn man bedenkt, dass globale Fahrkampagnen typischerweise aus etwa 20–25 Fahrzeugen bestehen, kann eine Gesamtdatenmenge von 0,5 PByte pro Tag erzeugt werden. Aufgrund dieses enormen Datenvolumens ist die gesamte Validierungsumgebung wie Datenlogistik, Datenspeicherung und -verarbeitung, die für eine Leistung im großen Maßstab ausgelegt ist, von zentraler Bedeutung für eine erfolgreiche Validierung.

Zur Verarbeitung der Daten ist eine leistungsstarke CPU- und GPU-basierte Rechenplattform erforderlich, da komplexe Convolutional Neural Networks (CNNs) zur Erkennung, Klassifizierung (2D Begrenzungsrahmen) und Positionierung (3D Begrenzungsrahmen) aller statischen und dynamischen Objekte eingesetzt werden.

Für die in Bild 2 beschriebene Standard-Sensorik (4 Kameras, 3 Lidare) kann die Rechenzeit mit ca. 250 ms pro Frame auf dem AVL Cluster (DELL C4140; 2*Intel 6248, 768 GB RAM, 4*Nvidia V100 32 GB) angegeben werden. Das bedeutet, dass die Verarbeitung der Daten aus einer 8-stündigen Aufnahmeschicht auf

dieser definierten HW-Plattform 20 Stunden in Anspruch nimmt. Dieser Bedarf an Rechenleistung skaliert jedoch offensichtlich mit der Anzahl der Fahrzeuge, die in einer globalen, realen Fahrkampagne Daten aufzeichnen. In diesem Sinne bezieht sich das Statement „You haven't proofed it unless you scaled it“ sowohl auf die gesamte HW-Infrastruktur als auch auf die Big-Data-SW-Plattform, welche die Daten verwaltet.

Datenmanagement am Beispiel Kalibration

Im folgenden Kapitel wird die Bedeutung und Notwendigkeit einer benutzerfreundlichen, aber leistungsfähigen automobilen Datenplattform am konkreten Beispiel der DGT-Systemkalibrierung beschrieben.

Um die geforderte maximale Genauigkeit beim Vergleich von Referenzdaten vs. Fahrzeugsensordaten zu gewährleisten, ist eine präzise extrinsische Kalibration des Koordinatensystems des DGT-Systems mit dem Koordinatensystem des Fahrzeugs unabdingbar.

Da eine maximale Winkelabweichung von einem Grad zwischen den beiden Koordinatensystemen (Referenzsystem vs. Fahrzeug) eine trigonometrische Verfälschung von 1,75 Meter bei 100 Meter

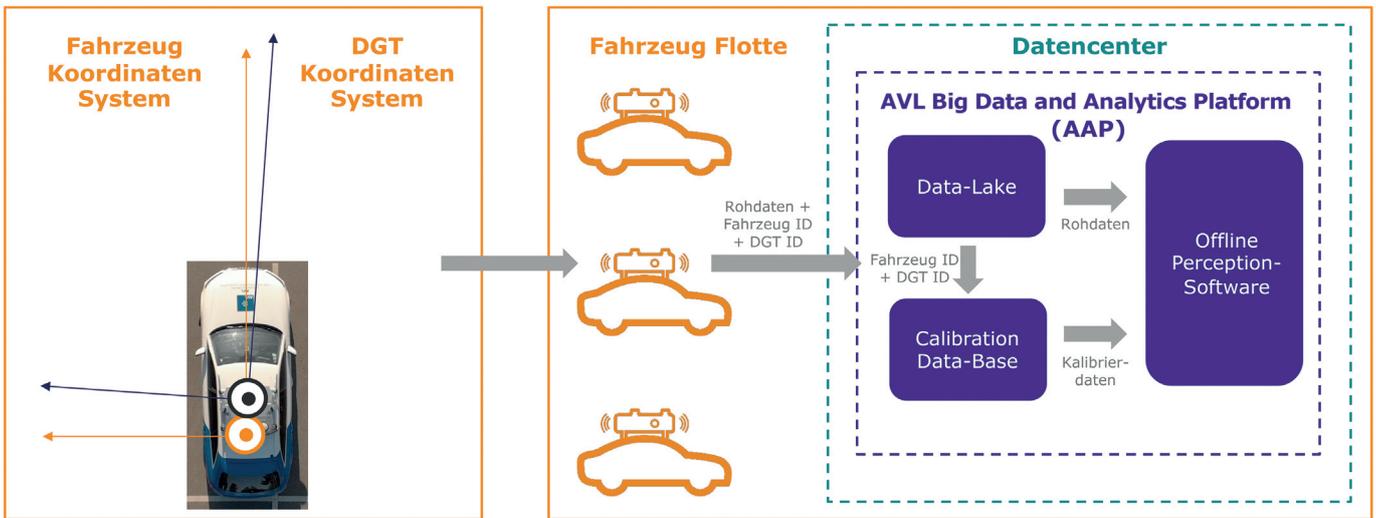


Bild 3: Auswirkung der Winkelabweichung zwischen DGT-System und Fahrzeugkoordinatensystem (links) und entsprechende Metadatenverwaltung in der AVL Big Data and Analytics Platform (AAP)

Abstand zwischen Ego- und Zielfahrzeug ergibt, ist eine hochpräzise Kalibrierung des Referenzsystems auf dem Fahrzeugdach eine Grundvoraussetzung, um überhaupt von „Ground Truth“-Referenzdaten sprechen zu können.

Der extrinsische Kalibrationsdatensatz muss an die vom DGT-System erzeugten Sensor-Rohdaten angehängt werden, da die Offline-Perception-Software, welche die 2D- und 3D-Begrenzungsrahmen der erkannten Objekte berechnet, die Kalibrationsinformationen berücksichtigen muss.

Um das Datenmanagement zu vereinfachen, trägt der Datenstrom aus den Testfahrzeugen jedoch nur die jeweilige Fahrzeug-ID und die DGT-ID. Nach der Datenaufnahme werden die Rohdaten mit den jeweiligen Fahrzeug- und DGT-IDs mit dem korrekten Kalibrationsdatensatz abgeglichen, der in einer Datenbank gespeichert ist. Er wird der in Bild 3 dargestellten Offline-Perception-Software zur Verfügung gestellt.

Datenmanagement und -verarbeitung

Eine Herausforderung bei der Verarbeitung und Analyse großer und vielfältiger Datenmengen wie z.B. Lidar-Punktwolken und Rohdatenströmen von Kameras, ist die Skalierbarkeit. Bild 4 zeigt die Architektur der AVL Big Data and Analy-

tics Platform (AAP), die Skalierbarkeit in allen Phasen der „data-to-insight chain“ ermöglicht, einschließlich Daten-Ingest und -speicherung, Datenanalyse, explorative Suche und Drilldown großer Datensätze. Die zugrunde liegende IT-Infrastruktur ist Container-basiert und kann sowohl on-premise als auch in der Cloud betrieben werden.

Der Daten-Ingest ist der Prozess des Transports und der Umwandlung von Rohdaten (z. B. Lidar- und Kameradaten) und der zugehörigen Metadaten (z.B. Kalibrierungsdaten, Fahrzeug-ID, DGT-ID), welche in ROS-Bag-Dateien gespeichert sind und vom DGT-System sowie dem SUT-Fahrzeug bereitgestellt werden. Die Umwandlung ist notwendig, um die Daten zu harmonisieren, sie zeitlich zu synchronisieren und anschließend eine Datenanalyse mit hohem Durchsatz und Suchfunktionen mit geringer Latenz zu realisieren.

Der Data-Ingest muss große Mengen gleichzeitig erfasster Daten ermöglichen, z. B. eine komplette Testkampagne, bei der TBytes an Daten von verschiedenen DGT-Systemen und SUT-Fahrzeugen erzeugt werden (insgesamt bis zu 80 TBytes an Daten pro Fahrzeug pro Woche). Die generierten Daten werden auf Datenloggern im Fahrzeug gespeichert und, sobald das Fahrzeug wieder in der Garage ist, über eine Upload-Station in das Datacenter hochgeladen.

Sobald die Daten eingelesen worden sind, können die weiteren Verarbeitungsschritte durchgeführt werden. Da es sich bei den aufgenommenen Kamerabildern in der Regel um personenbezogene Daten handelt, wird zur Sicherstellung des Datenschutzes gemäß DSGVO eine Videoanonymisierung durchgeführt, bei der Gesichter und Nummernschilder unmittelbar nach der Aufnahme verpixelt werden.

Die Offline-Perception-Software von AVL erzeugt aus den aufgezeichneten DGT-Rohdaten ein unabhängiges Referenzbild der Fahrzeugumgebung. Die Software erkennt und klassifiziert dynamische und statische Objekte wie z.B. Fußgänger, Radfahrer, Motorräder, Autos, Verkehrsschilder, Straßenlinien und Straßenränder. Darüber hinaus können eine genaue Positionierung und Bestimmung der Geschwindigkeit und Beschleunigung der erkannten Objekte („Tracking“, Fahrspurerkennung und Fusion) realisiert werden. Das Ergebnis ist ein Datenstrom im Open Simulation Interface Format (OSI; <https://opensimulationinterface.github.io/osidocumentation/>), der zur Validierung des SUT- Sensors und Perception Systems verwendet wird.

Auto-Tagger-Algorithmen ermöglichen eine automatisierte Identifikation von Fahrscenarien, z.B. für die Extraktion von Szenarien zum Aufbau eines Szenarien-Katalogs, für die statistische Analyse des

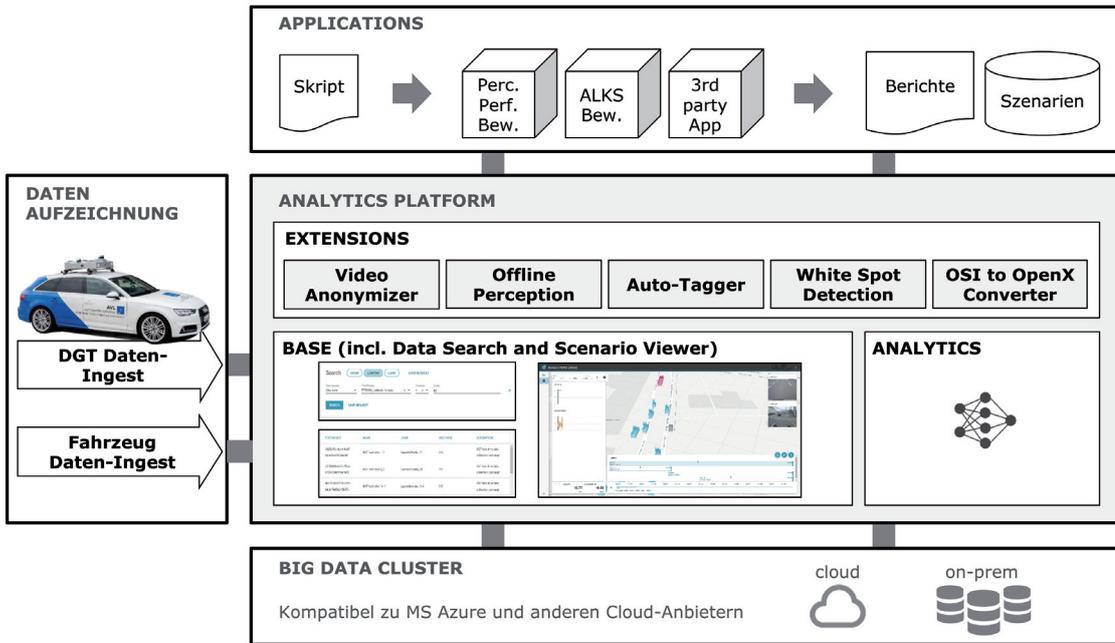


Bild 4: Überblick über die AVL Big Data und Analytics Plattform (© AVL)

Fahrverhaltens oder die Optimierung von Fahrstrecken während Datenerfassungskampagnen.

Die extrahierten Szenarien können dann in OpenX-Dateien (z.B. OpenScenario, OpenDrive) konvertiert werden, die für szenariobasierte Tests z. B. in einer Simulationsumgebung verwendet werden können.

Ein Szenario-Viewer sorgt für die visuelle Interpretation der Fahrscenen, indem er die aufgezeichneten Sensor-Rohdaten (z. B. LIDAR-Punktwolken), Kamerasensordaten, Wetterinformationen, Karteninformationen und generierte OSI-Daten anzeigt.

Zusätzlich zu den vorgefertigten Datenverarbeitungsmodulen können kundenspezifische Python-Skripte zur Datenanalyse erstellt und auf der skalierbaren IT-Infrastruktur ausgeführt werden.

Zusammenfassung

Datengetriebene Entwicklung (Data-Driven Development - DDD) ist ein Schlüsselement für die Entwicklung und Validierung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und autonomer Fahrzeuge (AD). Ein tragfähiger DDD-Prozess verlangt den Aufbau einer realen Fahrdatenumgebung, bestehend aus einem hochpräzisen Datenerfassungssystem, einer leistungsfähigen Daten-

plattform (Datenverwaltung & -organisation) sowie weitreichenden Datenanalysemöglichkeiten. Die wichtigsten Anforderungen an die Gesamtarchitektur einer solchen Lösung werden im vorliegenden Artikel beschrieben und die

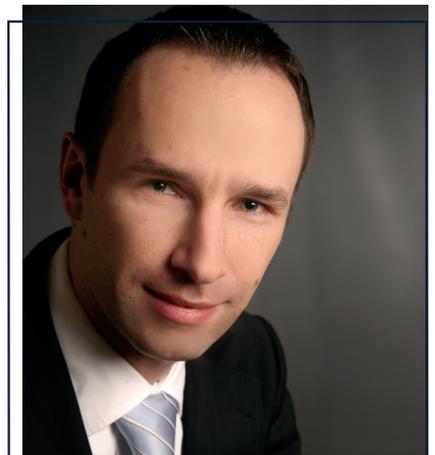
Bedeutung von Ground-Truth-Daten für eine objektive Bewertung der Genauigkeit der Sensoren und des Wahrnehmungssystems des Fahrzeugs vorgestellt.



Kontakt

Dr.-Ing. Armin Engstle
Segmentleiter ADAS
Innovation Lighthouse
ADAS/AD Software and Controls
AVL Software & Functions GmbH
armin.engstle@avl.com





Kontakt

DI Thomas Guntschnig (MBA)
Portfolio- & Partner Manager
ADAS/AD Tools and Methods
AVL List GmbH
thomas.guntschnig@avl.com



Eine vorläufige Studie

Ähnlichkeitsmetrik zum Abruf von 3D-Modellinformationen

Batin Latif Aylak, Thea Maria Susanna Denell, Jörg Brünnhäuser, Murat İnce, Okan Oral, Kai Lindow

Abstrakt

Die Modellklassifizierung spielt eine wichtige Rolle bei der ordnungsgemäßen Verwaltung und Wiederverwendung von 3D-CAD-Modellen in der Industrie und kann dazu beitragen, den Produktdesignprozess zu beschleunigen. Traditionelle Methoden beruhen auf der manuellen Modellklassifizierung durch ausgebildete menschliche Experten. Dies ist jedoch eine langwierige und fehleranfällige Aufgabe. Daher besteht ein Bedarf an Werkzeugen und Techniken zum automatischen Vergleich von 3D-CAD-Modellen. Allerdings sind klassifikationsbasierte Ansätze nicht ideal für die Anwendung ähnlicher 3D-Modelle aus der Datenbank, wenn das gesuchte Modell nicht zu einer der Klassen in der Datenbank gehört. In dieser Arbeit wird eine neue Methode zur Darstellung des 3D-CAD-Modells als eine Folge orthogonaler 2D-Ansichten vorgestellt. Wir schlagen vor, die Unterschiede in diesen 2D-Ansichten als Metrik zur Messung der Ähnlichkeiten eines gesuchten Modells und der bestehenden Datenbank zu messen. Die Leistungsbewertung wird in Form von MSE und SSIM dargestellt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die von uns vorgeschlagene Methode unter Verwendung von MSE und SSIM fähig ist, eine Genauigkeit von 60 % und 100 % zu erreichen, bezogen auf den Abruf von 3D-CAD-Modellen.

Einleitung

Die Wiederverwendung vorhandener 3D-CAD-Modelle spielt eine entscheidende Rolle im Produktlebenszyklus und beim Rapid Prototyping neuer 3D-CAD-Modelle. Der Produktdesignprozess ist eine kreative und arbeitsintensive Aufgabe und beinhaltet oft die Wiederverwendung bereits existierender Designs. Studien belegen, dass im Durchschnitt etwa 80 Prozent der Produktentwürfe Ähnlichkeiten mit bestehenden 3D-CAD-Modellen/Objekten aufweisen und von diesen inspiriert werden können [1]. Etwa 60 Prozent der Zeit, die die Designer während des Produktdesignprozesses aufwenden, wird für den Abruf der richtigen Informationen verwendet, die für die jeweilige Aufgabe relevant sind [1]. Die meisten Unternehmen speichern ihre existierenden 3D-CAD-Konstruktionen in unstrukturierten Datenbanken, was die Informationsbeschaffung zu einem schwierigen und mühsamen Prozess macht [2]. Ein möglicher Ansatz ist, ein Klassifizierungsschema zur Kategorisierung der 3D-CAD-Modelle für eine bessere Verwaltung und Charak-

terisierung der vorhandenen 3D-CAD-Objekte zu verwenden. Jedoch hat sich die Klassifizierung von 3D-CAD-Modellen durch menschliche Experten als ein zeitaufwendiger und manueller Prozess erwiesen und ist daher anfällig für Fehler im Designprozess. Daher braucht es bei der Entwicklung präzise und automatische Techniken, welche für die Speicherung von 3D-CAD-Modellen in einer besser organisierten Form sich gut für eine effiziente Informationsbeschaffung eignen.

Eine frühere Arbeit, die neuronale Netze zur Klassifizierung von 3D-Teilen unter Verwendung des Forminformationsmodells, wurde in [3][4] vorgestellt. In ihrer Arbeit stellten die Autoren 3D-Teile als drei projizierte Ansichten mit geradlinigen Polygonen dar. In anderen Studien wurden formbasierte maschinelle Lernverfahren zur Klassifizierung von 3D-CAD-Objekten vorgestellt, bei denen formangepasste Vorlagen verwendet wurden [5], [6]. Die Autoren in [7] präsentierten die Verwendung von Oberflächenkrümmungen zur Identifizierung von Herstellungsprozessen von netzbasierten CAD-Objekten unter Nutzung von Support-Vector-Machine-Algorithmen. Ihr Ziel war es, zwischen Objekten zu unterscheiden, die durch verschiedene Prozesse hergestellt wurden, indem sie die Oberflächenkrümmungen in Form von Formdeskriptoren verwendeten. Ein ähnlicher Ansatz zur Formklassifizierung mit dem Bayes'schen Rahmen wurde in [8] entwickelt. In deren Arbeit wurden mehrere unabhängige Klassifikatoren auf der Grundlage der Klassenhierarchie mit Formdeskriptoren kombiniert. Abgesehen von der Forminformation schlugen die Autoren in [9] die Verwendung von Farbinformationen für ein inhaltsbasiertes 3D-Modell-Abrufsystem vor. Sie führten an, Hopfield-Netze für die Analyse des Farbinhalts und der entsprechenden Merkmale zur Unterscheidung zwischen 3D-CAD-Modellen zu nutzen. Die Autoren in [10] nutzen eine auf Krümmungsfunktionen basierende Merkmalsextraktionstechnik, um eine große Anzahl von Merkmalen für jede Form im Datensatz zu extrahieren. Danach verarbeiteten sie diese Merkmale mit einem Verfahren zur Dimensionalitätsreduktion (Hauptkomponentenanalyse (HKA)), um die Anzahl nützlicher Merkmale zu reduzieren. Für die Klassifizierung verwendeten die Autoren ein mehrschichtiges Perzeptron-basiertes neuronales Netz.

Nr.	Klassenbezeichnung	Teile dieser Klasse
1	Schrauben	Teil1 - Teil10
2	Abstandshalter	Teil11 - Teil20
3	T-Mutter	Teil21 - Teil30
4	Schalter	Teil31 - Teil40
5	Dübel	Teil41 - Teil50
6	Scharniere	Teil51 - Teil60
7	Lüfter	Teil61 - Teil70
8	Schlitzmuttern	Teil71 - Teil80
9	Drehknopf	Teil81 - Teil90
10	Düse	Teil91 - Teil100

Tabelle 1: Verteilung der verschiedenen im Datensatz vorhandenen Klassen.

Andere Forscher haben Ansätze basierend auf Ebenenvergleichen zum Abrufen von 3D-Modellen aus einer Datenbank vorgeschlagen. Die Idee entstammt der Tatsache, dass die meisten mechanischen Teile sichtbare Hauptebenen haben. Diese ebenenbasierten Ansätze sind sehr empfindlich gegenüber Skalierung und Drehung. Dies erforderte eine Posen-Normalisierung und lokale Skalierung der Modelle, um eine Rotationsinvarianz zu erreichen [11, 12]. In [13] wurde ein System zur Informationsbeschaffung für Kfz-Teile vorgestellt, bei dem ein Vergleich zwischen neuen und den vorhandenen Teilen in der Datenbank für Kfz-Teile durchgeführt wurde. Die Autoren dieser Arbeit nutzen dafür eine Ähnlichkeitsbewertung, die eine Kombination aus der histogrammbasierten Ähnlichkeit, den Unterschieden der Oberflächenbereiche und den Unterschieden der Verteilung der Tessellationsbereiche ist. Diese Studie verglich ihre auf Ähnlichkeit basierende Technik auch mit der von menschlichen Beobachtern wahrgenommenen visuellen Ähnlichkeit und stellte fest, dass ihr Ansatz zu einer besseren Leistung führt. In einer der früheren Arbeiten, in denen Deep-Learning-Modelle für die Suche nach 3D-CAD-Modellen verwendet wurden, stellten die Autoren ein 3D-CAD-Modell als eine Reihe von orthogonalen 2D-Ansichten dar [14]. Für die Merkmalsextraktion verwendeten sie ein vorab trainiertes und dichtes Residual Network (ResNet). Sie führten eine Machbarkeitsstudie für eine Information-Retrieval-Aufgabe durch. Die Autoren in [15] schlugen eine neue Technik vor, bei der anstelle der geometrischen Ähnlichkeiten zwischen 3D-CAD-Modellen ein Prozessskelettmodell zur Strukturierung der Prozessdaten, auf der Grundlage des Makroprozesses der vorhandenen Teile, genutzt wird.

In den meisten der bisher zitierten Arbeiten wurde eine Kombination aus Formbeschreibungsmerkmalen und einem Klassifizierungsmodell für die Informationsbeschaffung verwendet. Ziel dieser vorläufigen Arbeit ist es, ein einfaches und effektives Verfahren für Informationsbeschaffung im Zusammenhang mit der Wiederverwendung von 3D-CAD-Modellen vorzuschlagen. Anstatt das 3D-CAD-Modell direkt zu klassifizieren, haben wir ein gegebenes 3D-Modell in orthogonale 2D-Ansichten dargestellt und Ähnlichkeitsmessungen an diesen 2D-Darstellungen vorgenommen. Anstatt die Aufgabe als Klassifizierung von 3D-CAD-Modellen zu behandeln, schlagen wir vor, sie als Informationsbeschaffungsaufgabe zu formulieren. Dies gibt uns die

Flexibilität, ähnliche Objekte aus der Datenbank abzurufen, wenn ein Objekt nicht in der Datenbank vorhanden ist.

Methoden

In dieser Arbeit wird ein einfaches und effektives Verfahren zum Abrufen ähnlich aussehender 3D-CAD-Modelle aus einer Datenbank nahegelegt, wenn ein neues 3D-Modell vorgestellt wird. Das Ziel ist es, das ähnlichste 3D-CAD-Modell in der Datenbank zu finden. Wir stellen hier einen einfachen Ansatz vor, um die strukturellen Ähnlichkeiten bei der Suche nach einem ähnlichen Objekt aus der Datenbank der verfügbaren 3D-CAD-Modelle zu berücksichtigen.

Traditionell wurde ein 3D-Objekt mit sechs verschiedene 2D-Ansichten (vorne, hinten, links, rechts, oben und unten) dargestellt. Ähnliche Objekte haben ähnliche 2D-Projektionen entlang der sechs Ansichten. In dieser Arbeit nutzen wir diese sechs Projektionen, um die Ähnlichkeit zwischen Objekten zu berechnen, anstatt das 3D-Netz zu verwenden, wie es in anderen Arbeiten in der Literatur dargestellt wird.

Datensatz

In dieser Arbeit verwenden wir eine Teilmenge der Mechanical Components Benchmark (MCB), eines umfangreichen Datensatzes von 3D-Objekten mechanischer Komponenten [17]. Der Datensatz besteht aus 68 Objektklassen. Leider sind nicht alle Objekte des Datensatzes korrekt ausgerichtet und weisen aufgrund einer Vielzahl kontinuierlicher/diskreter Symmetrien eine inkonsistente Ausrichtung aus. Um sicherzustellen, dass alle Objekte in dieser Studie konsistente Ausrichtungen haben, haben wir manuell Objekte ausgewählt, die ähnlich ausgerichtet waren. In dieser vorläufigen Studie wurden nur 10 Klassen ausgewählt. In jeder Klasse wählten wir 10 verschiedene 3D-CAD-Objekte aus. Diese Auswahl ergab insgesamt 100 3D-CAD-Modelle mit den Bezeichnungen Teil1 bis Teil100 im Datensatz. Einzelheiten zu den ausgewählten Klassen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Bild 1 zeigt einige Beispiele für die 3D-CAD-Modelle im Datensatz.

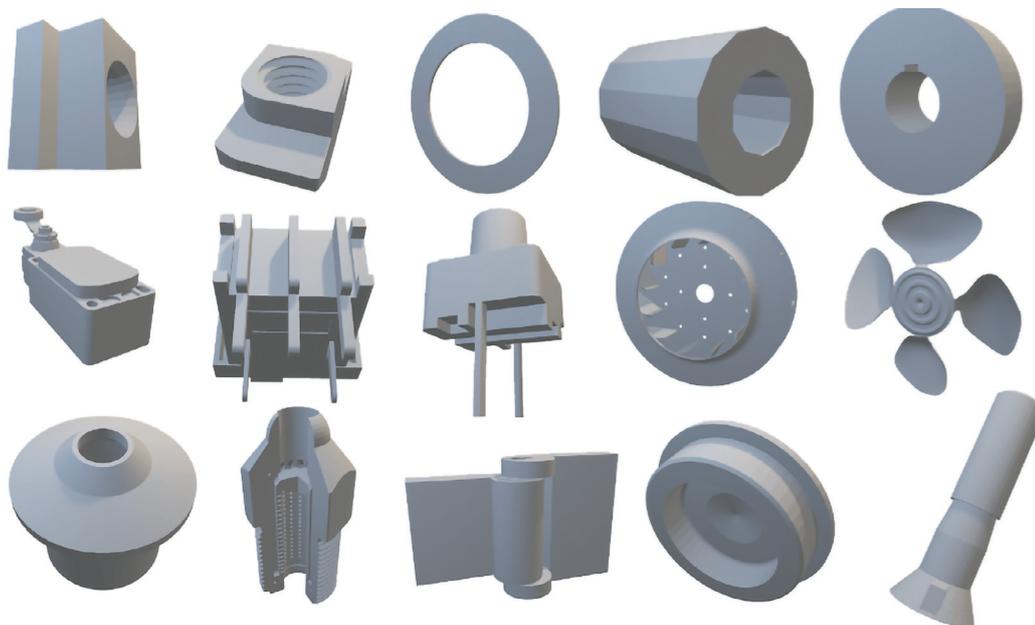


Bild 1: Zufällige Beispiele für die 3D-CAD-Modelle

Von jedem 3D-CAD-Objekt im Datensatz nutzen wir die orthogonalen 2D-Projektionen der sechs Ansichten, diese sind dargestellt in Bild 2. Dies wurde durch ein Python-Skript mit vordefinierten Ansichten erreicht. Das Ergebnis war ein Datensatz mit insgesamt 6600 2D-Ansichten. Diese Ansichten wurden als .png-Dateien auf der Festplatte gespeichert und für Trainings- und Bewertungszwecke verwendet. Die Bilder wurden auf eine Auflösung von 192x144 heruntergerechnet. Dies geschah, um die Rechenkosten und den Speicherbedarf zu reduzieren.

Ähnlichkeitsmessung

Um die Ähnlichkeit zwischen dem neuen 3D-CAD-Modell und denen in der bestehenden Datenbank zu messen, schlagen wir die Messung der mittleren quadratischen Abweichung und des Index struktureller Ähnlichkeit vor. Details werden im Folgenden vorgestellt.

Mittlere quadratische Abweichung (MSE)

Die mittlere quadratische Abweichung zwischen zwei Feldern ist definiert als der Durchschnitt der Summe der elementweisen

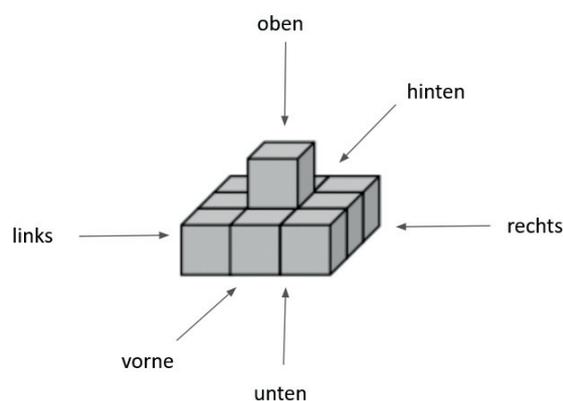
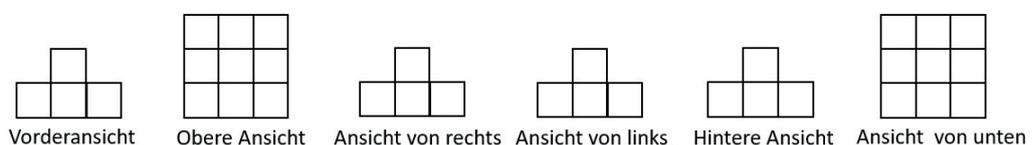


Bild 2: Beispiel für die orthogonale 2D-Projektion eines 3D-CAD-Modells.
Oben: 3D-CAD-Modell.
Unten: 2D-Projektionen



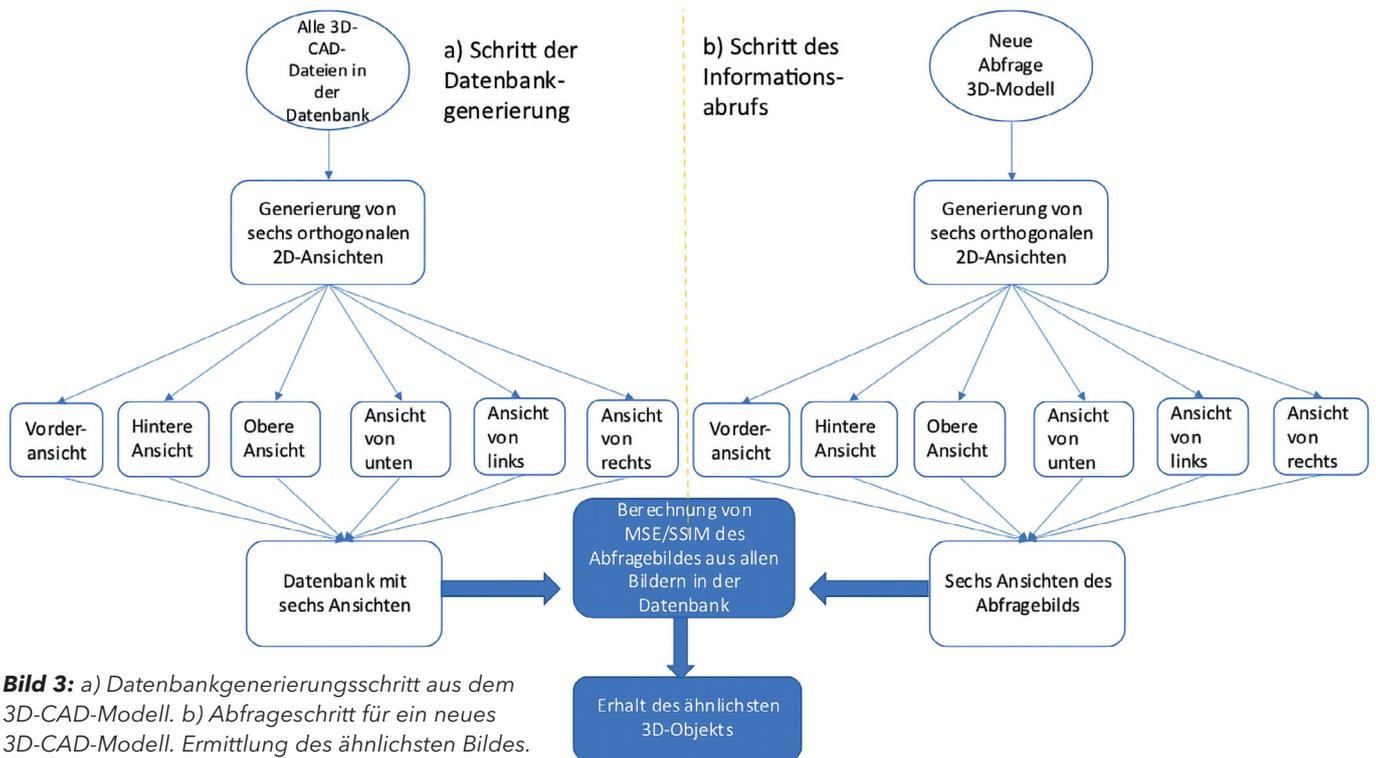


Bild 3: a) Datenbankgenerierungsschritt aus dem 3D-CAD-Modell. b) Abfrageschritt für ein neues 3D-CAD-Modell. Ermittlung des ähnlichsten Bildes.

quadratischen Differenzen der Felder [16]. Im Falle von 2D-Bildern wird er als Summe der quadratischen Differenzen der Pixelwerte berechnet. Für zwei Bilder, X und Y, wird MSE wie folgt berechnet:

$$MSE = \left(\frac{1}{N}\right) \sum (x - y)^2$$

Dabei ist N die Gesamtzahl der Pixel im Bild. MSE ist ein Verfahren zur Messung der punktuellen Differenz und liefert ein Maß dafür, wie nahe sich zwei Objekte auf einer globalen Skala sind. Sie lässt jedoch lokale Strukturen außer Acht und ist daher für Fälle wie die visuelle Qualitätswahrnehmung ungeeignet.

Um herauszufinden, wie nahe zwei Objekte beieinander liegen, wurde MSE für jede der sechs Ansichten berechnet, und der endgültige MSE-Wert wurde aus dem Durchschnitt der sechs Werte gebildet. Dieser Endwert wurde als Maß für den Abstand zwischen zwei 3D-CAD-Objekten verwendet. Der niedrigste MSE-Wert zeigt die größte Ähnlichkeit an und andersherum.

Index struktureller Ähnlichkeit (SSIM)

Die zweite Metrik, der Index struktureller Ähnlichkeit (SSIM) [17], basiert auf der Quantifizierung des Wahrnehmungsunterschieds zwischen zwei Bildern und wurde genutzt, um die Verschlechterung der Bildqualität zu quantifizieren, die durch Datenkomprimierung, Datenübertragungsverluste oder zusätzliches Rauschen entstehen kann. Er orientiert sich an der Funktionsweise des menschlichen Wahrnehmungssystems, das in der Lage ist, strukturelle Elemente in den Bildern zu erkennen und diese Informationen zur Unterscheidung zwischen zwei Bildern zu nutzen. SSIM versucht, dieses Verhalten nachzubilden, indem er die Luminanz, den Kontrast und die Struktur der

beiden Bilder vergleicht und diese Vergleiche zu einer einzigen skalaren Größe zwischen -1 und +1 kombiniert. Ein Wert von +1 zeigt an, dass die beiden verglichenen Bilder ähnlich sind, und -1 bedeutet, dass die Bilder sehr unterschiedlich sind. Die Werte sind in der Regel zwischen [0, 1] normalisiert. Weitere mathematische Details sind in [17] zu finden.

Für den Vergleich zweier 3D-Objekte wird der SSIM für jede der sechs Ansichten berechnet und dann der endgültige Wert aus dem Durchschnitt aller SSIMs ermittelt. Dieser Endwert wurde zur Messung der Ähnlichkeit zwischen zwei 3D-Objekten verwendet.

Workflow

In diesem Abschnitt stellen wir den vorgeschlagenen Arbeitsablauf vor. Im ersten Teil werden wir alle in der Datenbank vorhandenen 3D-CAD-Modelle verarbeiten und für jedes sechs orthogonale 2D-Ansichten erzeugen. Diese 2D-Ansichten werden in Form von Bildern gespeichert, wie in Bild 3 (a) dargestellt. Dies ist der Schritt der Datenbankgenerierung. Bild 3 (b) zeigt den Schritt des Informationsabrufs, bei dem wir für ein Abfragebild zunächst orthogonale Ansichten erzeugen und als Bilder speichern. Anschließend berechnen wir für jedes Bild in der Datenbank dessen MSE/SSIM. Dieses Ähnlichkeitsmaß wird dann verwendet, um das ähnlichste Element aus der Datenbank abzurufen.

Ergebnisse und Diskussion

In dieser Arbeit haben wir einen effizienten Ansatz vorgestellt und evaluiert, um die 3D-CAD-Objekte in einer Datenbank zu finden, die einem neuen 3D-CAD-Modell am nächsten liegen. Um die Leistung unseres Ansatzes zu bewerten, wurde eine

Leave-One-Out-Kreuzvalidierung durchgeführt, bei der jedes der 100 3D-CAD-Modelle als Testabfragemodell und die übrigen 99 3D-CAD-Modelle als in der Datenbank vorhandene Modelle behandelt wurden. Für jede Iteration wurden MSE und SSIM zwischen dem Testmodell und den übrigen Modellen in der Datenbank berechnet. Daraus ergaben sich 99 MSE- und SSIM-Werte für jedes 3D-CAD-Objekt. Dieser Vorgang wurde für alle 3D-CAD-Modelle im Datensatz wiederholt. Um die endgültigen Ergebnisse zu erhalten, berechneten wir die Mittelwerte für jede Metrik der 10 Modelle je Klasse.

Die Tabellen 2 und 3 zeigen den durchschnittlichen MSE und SSIM pro Klasse.

Bei MSE stehen kleinere Werte für eine größere Ähnlichkeit zwischen zwei 3D-Objekten. Die hervorgehobenen Werte in Tabelle 2 zeigen die niedrigste Abweichung pro Klasse in jeder Zeile. Da MSE nur den pixelweisen Unterschied und nicht die in den Bildern vorhandenen Strukturen berücksichtigt, führte es in unserer Bewertung zu einer sehr schlechten Leistung. In unserer Auswertung führte MSE im Durchschnitt für 6 von 10 Klassen dazu, dass die nächstgelegenen 3D-CAD-Objekte aus der Datenbank zurückgegeben wurden. Unsere Ergebnisse stimmen mit anderen Studien in der Literatur überein, die zeigen, dass MSE für die Suche nach 3D-Modellen keine gute Metrik zu sein scheint [17].

Da SSIM jedoch die strukturellen Ähnlichkeiten bei Vergleichen berücksichtigt, führt es zu einer viel besseren Genauigkeit. In unserer Auswertung gehörte bei allen 10 Klassen das am nächsten liegende 3D-CAD-Objekt zur entsprechenden Klasse. Die

Tabelle 3 zeigt die entsprechenden Ergebnisse, wobei höhere Werte (pro Zeile) die höchste Ähnlichkeit anzeigen. Diese Ergebnisse zeigen, dass SSIM eine gute Metrik für die Suche nach relevanten 3D-Objekten aus einer Datenbank ist. Frühere Studien zu diesem Datensatz haben eine Gesamtgenauigkeit von etwa 90,79 % ergeben [16]. Ihr auf Deep Learning basierendes neuronales Netzwerkmodell RotationNet hatte eine Genauigkeit von 97 %. Obwohl die von uns vorgeschlagene Technik eine bessere Abrufgenauigkeit für unseren Datensatz erzielt, handelt es sich nur um einen kleinen Teil des ursprünglichen Datensatzes. Weitere Studien werden sich auf die Erweiterung des Datensatzes konzentrieren.

Wir haben eine einfache und effiziente Lösung für die Suche nach ähnlichen 3D-CAD-Objekten in einer Datenbank vorgestellt. Obwohl der Ansatz für diesen Datensatz einfach und effizient ist, lässt er sich möglicherweise nicht auf größere Datensätze mit Millionen/Billionen von CAD-Objekten übertragen. Weitere Studien werden sich auf die Effektivität unseres Ansatzes bei einem größeren Datensatz mit sowohl einer großen Anzahl von Klassen als auch einer großen Anzahl von Objekten pro Klasse konzentrieren. Dies könnte jedoch ein weiteres Problem darstellen, da sich die Rechenzeit erhöht und sich somit die Geschwindigkeit der Suche verringert. Eine mögliche Lösung besteht darin, die Dimensionalität des Eingabebildes zu reduzieren, wodurch sich die Rechenkosten verringern könnten. In dieser Arbeit mussten wir eine niedrigere Auflösung der 2D-Ansicht verwenden, um die Experimente zu beschleunigen. Künftige Studien werden sich auf die Verwendung von Bildern mit höherer Auflösung und die Untersuchung ihrer Auswirkungen auf die Leistung der Modelle konzentrieren.

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6	Klasse 7	Klasse 8	Klasse 9	Klasse 10
Klasse 1	0.819	0.805	0.766	0.799	0.784	0.813	0.807	0.828	0.793	0.773
Klasse 2	0.805	0.801	0.798	0.814	0.824	0.791	0.791	0.799	0.805	0.791
Klasse 3	0.766	0.798	0.720	0.779	0.812	0.764	0.757	0.768	0.797	0.792
Klasse 4	0.799	0.814	0.779	0.731	0.818	0.786	0.778	0.795	0.814	0.793
Klasse 5	0.784	0.824	0.812	0.818	0.776	0.781	0.776	0.777	0.829	0.812
Klasse 6	0.813	0.791	0.764	0.786	0.781	0.716	0.794	0.788	0.783	0.769
Klasse 7	0.807	0.791	0.757	0.778	0.776	0.794	0.714	0.776	0.774	0.761
Klasse 8	0.828	0.799	0.768	0.795	0.777	0.788	0.776	0.834	0.788	0.779
Klasse 9	0.793	0.805	0.797	0.814	0.829	0.783	0.774	0.788	0.755	0.806
Klasse 10	0.773	0.791	0.792	0.793	0.812	0.769	0.761	0.779	0.806	0.719

Tabelle 2: MSE pro Klasse nach der Auswertung. Die Hervorhebungen (am niedrigsten) zeigt die jeweils beste Ähnlichkeit an

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6	Klasse 7	Klasse 8	Klasse 9	Klasse 10
Klasse 1	0.91915298	0.8048761	0.76553804	0.7991202	0.78440271	0.81299945	0.80701944	0.82807129	0.79324591	0.77307215
Klasse 2	0.8048761	0.92095578	0.7977557	0.81422322	0.82383037	0.79076545	0.79141764	0.79906202	0.80474439	0.79127303
Klasse 3	0.76553804	0.7977557	0.85956109	0.79910976	0.81225334	0.76400529	0.75708009	0.76822861	0.79655655	0.79249322
Klasse 4	0.7991202	0.81422322	0.79910976	0.83097839	0.81759398	0.78604049	0.77790843	0.79514683	0.81359827	0.79284797
Klasse 5	0.78440271	0.82383037	0.81225334	0.81759398	0.87626115	0.78110032	0.77585609	0.77711366	0.82854425	0.81184156
Klasse 6	0.81299945	0.79076545	0.76400529	0.78604049	0.78110032	0.81628223	0.79424389	0.78830057	0.78305541	0.76851708
Klasse 7	0.80701944	0.79141764	0.75708009	0.77790843	0.77585609	0.79424389	0.81437641	0.7760794	0.77383468	0.76084061
Klasse 8	0.82807129	0.79906202	0.76822861	0.79514683	0.77711366	0.78830057	0.7760794	0.93411797	0.78816304	0.77929601
Klasse 9	0.79324591	0.80474439	0.79655655	0.81359827	0.82854425	0.78305541	0.77383468	0.78816304	0.85547036	0.80600765
Klasse 10	0.77307215	0.79127303	0.79249322	0.79284797	0.81184156	0.76851708	0.76084061	0.77929601	0.80600765	0.83040342

Tabelle 3: SSIM pro Klasse nach der Auswertung. Die Hervorhebungen (am höchsten) zeigt die jeweils beste Ähnlichkeit

Fazit

Wir schlagen einen neuen Ansatz für die Suche nach ähnlichen 3D-CAD-Modellen aus einer Datenbank mit bestehenden 3D-CAD-Modellen vor. Anstatt 3D-Modelle direkt zu verwenden, extrahierten wir orthogonale 2D-Ansichten, um einen Ähnlichkeitsvergleich für diese Ansichten durchzuführen. Wir berechneten die Leistung auf der Grundlage des MSE und SSIM von jedem 3D-Modell. Da MSE lokale Strukturen und Muster in den Bildern nicht berücksichtigen kann, ist die Abrufgenauigkeit für diese Anwendung geringer. SSIM berücksichtigt die lokalen Strukturen und Muster im Bild in Form von Luminanz und Kontraktion und führte daher zu einer besseren Abrufgenauigkeit für diese Aufgabe.

In dieser vorläufigen Arbeit wurden die Ergebnisse unseres Ansatzes an einem kleineren Datensatz vorgestellt. In zukünftigen Arbeiten werden wir den Datensatz erweitern, um mehr Klassen und Muster pro Klasse einzubeziehen. In dieser Arbeit konzentrierten wir uns auf SSIM zur Nutzung der lokalen Strukturen in den 3D-CAD-Modellen. SSIM wurde direkt auf dem Bild berechnet, allerdings enthält nur ein kleiner Teil des Bildes die relevanten Informationen. In einem nächsten Schritt planen wir, modernste, auf Deep Learning basierende Computer-Vision-Modelle zur Merkmalsextraktion und Dimensionalitätsreduktion einzusetzen. Wir erwarten, dass die berechneten Merkmale eine bessere Repräsentativität aufweisen und dazu beitragen werden, sowohl die Genauigkeit zu verbessern als auch die Berechnungs- und Schlussfolgerungszeit zu reduzieren. ◀

Literaturverzeichnis:

- [1] Gunn, T. G. (1982). The mechanization of design and manufacturing. *Scientific American*, 247(3), 114-131.
- [2] Bai, J., Gao, S., Tang, W., Liu, Y., & Guo, S. (2010). Design reuse oriented partial retrieval of CAD models. *Computer-Aided Design*, 42(12), 1069-1084.
- [3] Qin, F. W., Li, L. Y., Gao, S. M., Yang, X. L., & Chen, X. (2014). A deep learning approach to the classification of 3D CAD models. *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, 15(2), 91-106.
- [4] Wu, M. C., & Jen, S. R. (1996). A neural network approach to the classification of 3D prismatic parts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 11(5), 325-335.
- [5] Ip, C. Y., Regli, W. C., Sieger, L., & Shokoufandeh, A. (2003, June). Automated learning of model classifications. In *Proceedings of the eighth ACM symposium on Solid modeling and applications* (pp. 322-327).
- [6] Yiu Ip, C., & Regli, W. C. (2005). Content-based classification of CAD models with supervised learning. *Computer-aided Design and Applications*, 2(5), 609-617.
- [7] Ip, C. Y., & Regli, W. C. (2005, June). Manufacturing classification of CAD models using curvature and SVMs. In *International Conference on Shape Modeling and Applications 2005 (SMI'05)* (pp. 361-365). IEEE.
- [8] Barutcuoglu, Z., & DeCoro, C. (2006, June). Hierarchical shape classification using Bayesian aggregation. In *IEEE International Conference on Shape Modeling and Applications 2006 (SMI'06)* (pp. 44-44). IEEE.
- [9] Wei, W., Yang, Y., Lin, J., & Ruan, J. (2008, December). Color-based 3d model classification using hopfield neural network. In *2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering* (Vol. 1, pp. 883-886). IEEE.
- [10] Wang, W., Liu, X., & Liu, L. (2013). Shape matching and retrieval based on multiple feature descriptors. *Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing*, 23(1), 60-67.
- [11] Chen, Q., Fang, B., Yu, Y. M., & Tang, Y. (2015). 3D CAD model retrieval based on the combination of features. *Multimedia Tools and Applications*, 74(13), 4907-4925.
- [12] Zheng, X. J., Wang, Y. S., Teng, H. F., & Qu, F. Z. (2009). Local scale-based 3D model retrieval for design reuse. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(3-4), 294-303.
- [13] Renu, R., & Mocko, G. (2016). Retrieval of solid models based on assembly similarity. *Computer-Aided Design and Applications*, 13(5), 628-636.
- [14] Zhang, C., & Zhou, G. (2019). A view-based 3D CAD model reuse framework enabling product lifecycle reuse. *Advances in Engineering Software*, 127, 82-89.
- [15] Huang, B., Zhang, S., Huang, R., Li, X., & Zhang, Y. (2019). An effective retrieval approach of 3D CAD models for macro process reuse. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(5-8), 1067-1089.
- [16] Kim, Sangpil and Chi, Hyung-gun and Hu, Xiao and Huang, Qixing and Ramani, Karthik (2020), A Large-scale Annotated Mechanical Components Benchmark for Classification and Retrieval Tasks with Deep Neural Networks, *Proceedings of 16th European Conference on Computer Vision (ECCV)*
- [17] Gintautas Palubinskas (2017) Image similarity/distance measures: what is really behind MSE and SSIM?, *International Journal of Image and Data Fusion*, 8:1, 32-53, DOI: 10.1080/19479832.2016.1273259



Kontakt



Batin Latif Aylak
+90 2163 333127
batin.latif@tau.edu.tr



Kontakt



Thea Denell
+49 30 006-214
thea.denell@ipk.fraunhofer.de

Methodische Analyse bestehender Wertschöpfungs-systeme zur Integration Digitaler Zwillinge

Anne Seegrün, Pascal Lünemann, Kai Lindow, Fraunhofer IPK Geschäftsfeld Virtuelle Produktentstehung



Herausforderungen bei der Integration Digitaler Zwillinge

Den Einsatzmöglichkeiten digitaler Zwillinge entlang des gesamten Produktlebenszyklus sind praktisch keine Grenzen gesetzt. Sie können die Bereitstellung und Analyse aktueller Nutzungsdaten oder Betriebszustände, die Prognose zukünftigen Produktverhaltens, Echtzeit-Optimierungen von Prozessen oder virtuelle Umplanungen von ganzen Fabriken während des laufenden Betriebs ermöglichen. Je nach Anwendungsfall können digitale Zwillinge Funktionen zur Visualisierung, Interaktion oder Simulation realisieren. Eine besondere Herausforderung bei der Konzeption Digitaler Zwillinge besteht darin, dass die zum Aufbau benötigten Daten aus den verschiedensten Entwicklungsdisziplinen stammen. Am Produktlebenszyklus beteiligte, hochverteilte Domänen, wie die Produktentwicklung, die Fertigung oder der Service, arbeiten mit unterschiedlichsten Organisationsformen, Rollen, Aufgaben, Prozessen, IT-Systemen sowie Daten- und Informationsmodellen [1]. Für den Aufbau einer digitalen Zwillingungslösung müssen Informationen zu einem Produkt-Service-System – teilweise über Unternehmensgrenzen hinweg – aus verschiedenen Datensilos verfügbar gemacht, zueinander in Beziehung gesetzt und in ihrer Aktualität verwaltet werden [2]. Um eine konsequente Umsetzung von Digitalen Zwillingen sicherzustellen, ist ein durchgängiger und transpa-

renter Daten- und Informationsfluss unerlässlich. Der Digital Thread – der s.g. „rote Faden“ der digitalen Wertschöpfung – ermöglicht die unternehmensweite Verbindung von Produkt- und Prozessdaten heterogener Systeme und stellt den Zugriff auf verstreute Daten über den gesamten Produktlebenszyklus sicher. Die Durchgängigkeit der digitalen Wertschöpfung bildet so die Grundlage für die Entstehung eines Digitalen Zwillinges.

Begriffsverständnis Digitale Wertschöpfung und Digitaler Zwilling

Insbesondere im Produktionskontext hat sich die Wertstromanalyse als probates Mittel zur Erfassung relevanter Material-, Energie- und Informationsflüsse und zur Optimierung von Wertschöpfungsprozessen erwiesen. Während in der praktischen Anwendung dieser Methode stoffliche Ströme häufig detailliert berücksichtigt werden, nehmen Informations- bzw. Datenflüsse hier in der Regel eine untergeordnete Rolle ein. Die digitale Transformation der Industrie hin zu datenzentrierten Wertschöpfungsmodellen erfordert dagegen eine stärkere Berücksichtigung der Datendurchgängigkeit und -flüsse. Mit der Abbildung von Datenflüssen lässt sich ein ganzheitliches Modell der digitalen Wertschöpfung generieren [1]. Diese auf der Nutzung digitaler Technologien basierende Wertschöpfung kann mithilfe des methodischen Vorgehens der Datenflussana-

lyse modelliert werden. Dabei werden bestehende Arbeitsweisen zur Wertschöpfung im gesamten Unternehmen, ausgewählten Abteilungen oder spezifischen Bereichen erfasst, um die tatsächlich erfolgende Wertschöpfung - auch abseits von Prozessvorgaben - aufzunehmen. Es werden die wertschöpfenden Aktivitäten, die ausführenden Personen, die verwendeten Werkzeuge und die veränderten und erzeugten Modelle oder Daten berücksichtigt. Im betrachteten Teil des Produktentstehungsprozesses werden diese entlang des Datenflusses systematisch analysiert und durch die Datenflüsse zwischen den Aktivitäten in einen Zusammenhang gesetzt (Bild 1). Dabei gilt es, sich auf die wertschöpfenden Aktivitäten zu fokussieren, und nicht wertschöpfende Aktivitäten zu vermeiden. Anschließend können anhand von Indikatoren die Durchgängigkeit des Entwicklungsumfelds bewertet und Schwachstellen systematisch aufgezeigt und optimiert werden. Durch die Abbildung der digitalen Wertschöpfung in einer Datenflussarchitektur können bestehende Arbeitsweisen analysiert, Probleme und Verbesserungspotentiale identifiziert sowie Zielbilder und Soll-Arbeitsweisen entwickelt werden. Mit der Datenflussarchitektur wird die Komplexität rund um den Digital Thread abgebildet und so die Ausgangsbasis für die Konzeption von Digitalen Zwillingen geschaffen. [3]

Der Digitale Zwilling ist eine digitale Repräsentation (im Sinne vom Abbild der Realität) eines spezifischen Produktes oder

Objektes, das sein physisches Pendant über den gesamten Lebenszyklus begleitet (Bild 2). Diese digitale Repräsentation ist einem individuellen Produkt im Feld zugeordnet und wird mit dessen realen Daten von Sensoren und anderen Datenquellen angereichert und versorgt. Innerhalb dieser digitalen Repräsentation werden ausgewählte Merkmale, Zustände und Verhalten der Produktinstanz oder des Systems wiedergegeben und Modelle, Informationen und Daten lebenszyklusphasenübergreifend miteinander verknüpft. Ein Digitaler Zwilling wird aus einem Digitalen Master erzeugt, der als Schablone für ein reales Asset aufzufassen ist und gestalt-, funktions- und verhaltensbeschreibende Modelle beinhaltet. Der digitale Schatten wird als Menge von Betriebs-, Zustands- oder Prozessdaten des realen Gegenstücks verstanden. Der Digitale Zwilling enthält demzufolge Verknüpfungen von Mastermodellen und Schattendaten. Durch diese Verknüpfung können Lebenszyklusinformationen wie Fertigungs-, Montage-, Mess-, Betriebs-, Rekonfigurations- oder Instandhaltungsdaten systematisch zur Verfügung gestellt und zu werthaltigen Informationen aufbereitet werden. Um die z.T. verstreuten Produkt- und Prozessdaten heterogener Systeme durch den Digitalen Zwilling bereitzustellen und auswerten zu können, sind diese zunächst einmal innerhalb der digitalen Wertschöpfung zu verorten. Die Analyse bestehender Wertschöpfungssysteme mithilfe der Datenflussanalyse kann hier methodisch unterstützen. [1, 4, 5]

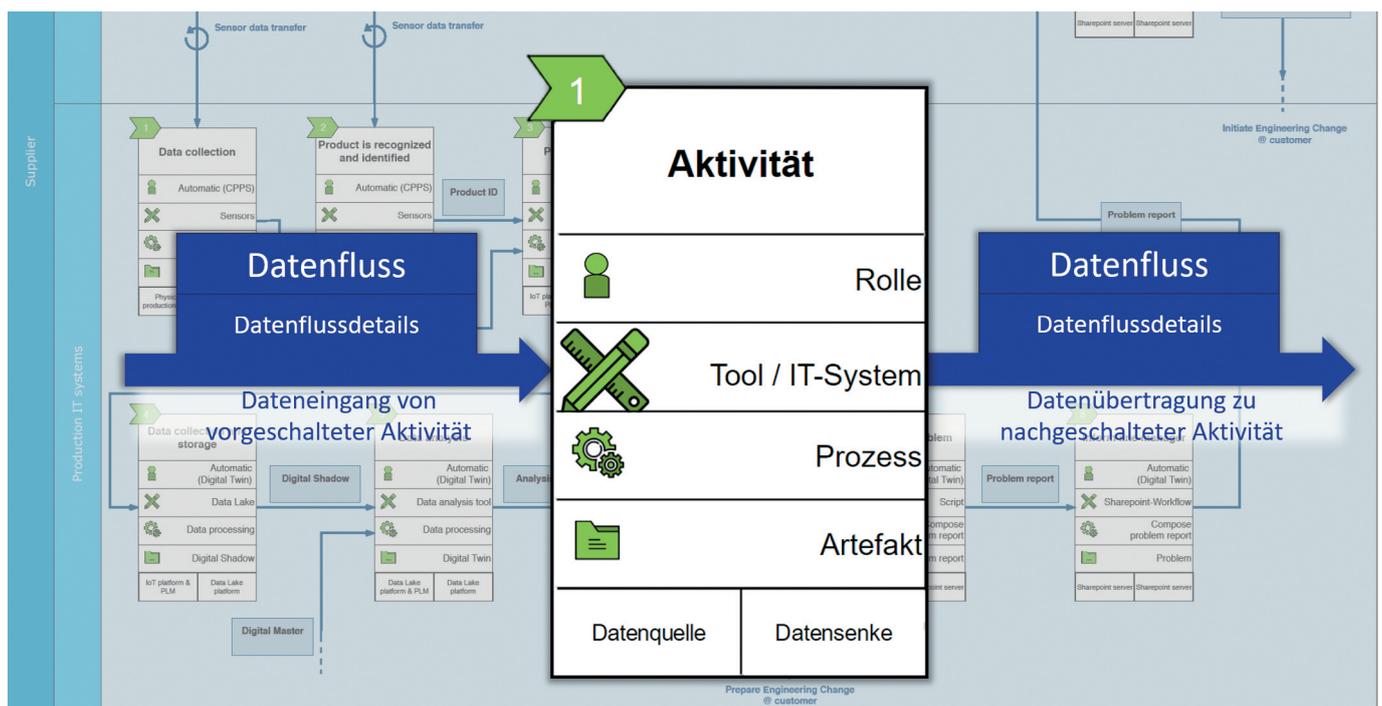


Bild 1: Struktur der Datenflussarchitektur

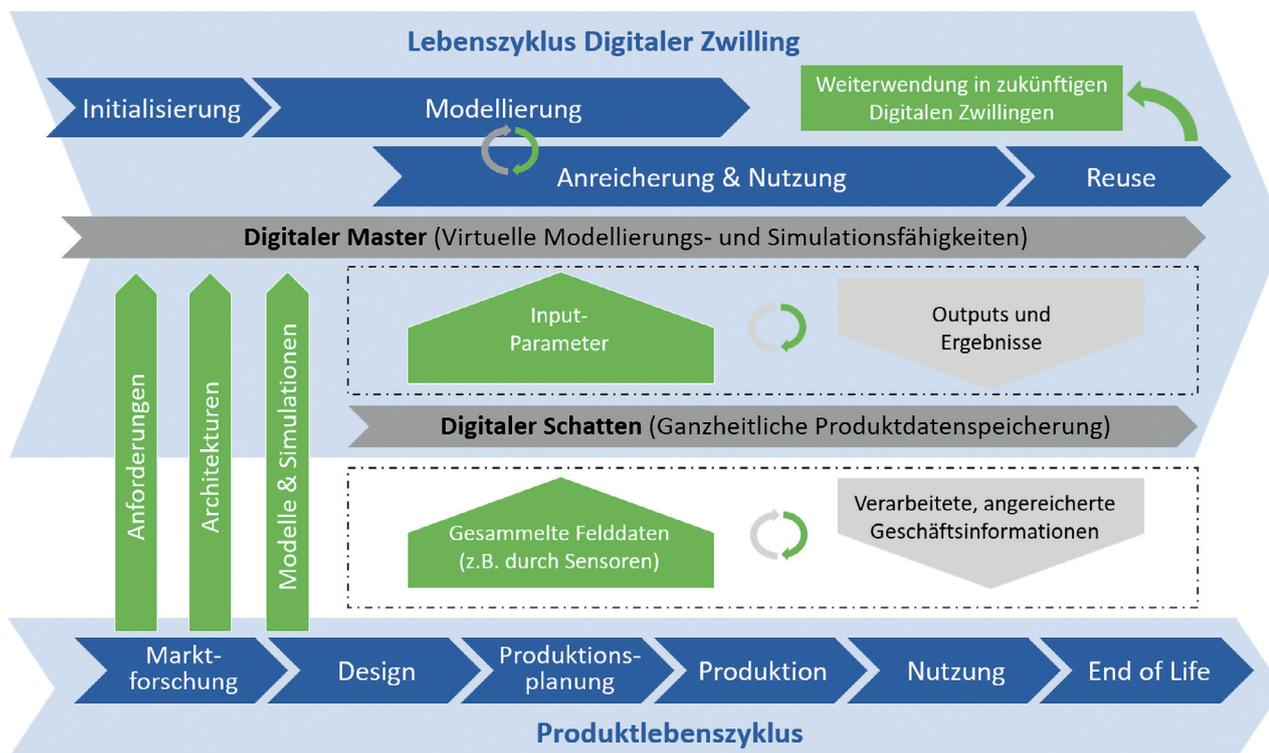


Bild 2: Lebenszyklus von Produkten und Digitalen Zwillingen

Methodisches Vorgehen zur Einführung Digitaler Zwillinge in bestehende Wertschöpfungssysteme

Unternehmen müssen sich bei der Konzeption von Digitalen Zwillingen verschiedenen Herausforderungen stellen. Datendurchgängigkeit, gewachsene Systemlandschaften und unternehmensübergreifende Zusammenarbeit stellen hohe Anforderungen an die Robustheit, Flexibilität und Erweiterbarkeit der zu entwickelnden Lösung. Bei der Integration Digitaler Zwillinge in bestehende Wertschöpfungssysteme müssen auf Basis der gegebenen Ist-Situation entsprechende infrastrukturelle Lücken identifiziert und notwendige Lösungskonzepte erarbeitet werden. Für die Entwicklung eines individuellen Fahrplans für die Integration Digitaler Zwillinge in die unternehmerische IT-Architektur und Infrastruktur bedarf es eines methodischen Vorgehens.

Eine mögliche Orientierungshilfe bietet das in Bild 3 dargestellte Referenzmodell, das als generalisiertes Vorgehen zur Einführung Digitaler Zwillinge in bestehende Wertschöpfungssysteme zu verstehen ist. Ein entsprechendes Projekt zur Konzeption und Integration Digitaler Zwillinge beginnt in der Regel mit der Initialisierung und Konkretisierung des Vorhabens. In dieser Phase ist die Ausgangssituation zu beschreiben, die notwendige Unterstützung im Unternehmen aufzubauen und ein unternehmensweites Verständnis zu schaffen. Darüber hinaus werden hier bereits exemplarische Anwendungsfälle identifiziert, um aufzuzeigen, welche konkreten Mehrwerte ein Digitaler Zwillings für das Unternehmen generieren kann. Die Anwendungsfälle werden im Rahmen der Zielbildentwicklung detailliert und ergeben zusammen mit der Spezifikation von Projektrisiken, der

Aufstellung des Projektteams und der Kosten- und Budgetplanung für das Vorhaben die Ausgangsbasis zur eigentlichen Beschreibung von Anforderungen an den Digitalen Zwillings. In der Phase der Anforderungsbeschreibung werden die Anwendungsfälle für den Digitalen Zwillings spezifiziert und die Ist-Wertschöpfung analysiert. Die Beschreibung der aktuellen Prozess- und Systemlandschaft anhand von ausgeübten Aktivitäten, beteiligten Rollen, verwendeten Werkzeugen sowie veränderten und erzeugten Modellen oder Daten erlaubt die Ableitung eines Soll-Wertschöpfungsmodells, das sich durch die Integration einer Digitalen Zwillingslösung ergibt. In der Systementwicklung erfolgt die Umsetzung des Konzepts. Gefolgt von der Systementwicklung und Anforderungvalidierung in der Entwicklungs- und Testphase kann die Einführung des Digitalen Zwillings im Unternehmen erfolgen. [6]

Durch den Einsatz von Digitalen Zwillingen ist es möglich, den Informations- und Datenfluss in greifbare Wertschöpfung zu überführen. Der Digitale Zwillings vereint die dafür notwendige Produktlebenszyklusperspektive und kann durch die Bereitstellung und Auswertung zuverlässiger Daten und Informationen aus dem Produktleben die Entwicklung, Produktion, Nutzung und das Recycling von Produkten, Systemen und/oder Services optimieren und neue Geschäftspotentiale erschließen. Um konkrete Mehrwerte und anvisierte Nutzenpotentiale aus dem Digitalen Zwillings erschließen zu können, ist die Verfügbarkeit und Verortung von Daten und Informationen im Produktlebenszyklus eine notwendige Voraussetzung. Eine ganzheitliche Analyse von unternehmensspezifischen Prozessen, IT-Systemen sowie virtuellen und physischen Modellen ist daher elementar. Die Abbildung der digitalen Ist- und Soll-Wertschöpfung in der

Phase der Anforderungsbeschreibung des Referenzmodells legt hierfür den Grundstein. Am Beispiel des Forschungsprojekts „MRO 2.0 – Maintenance, Repair and Overhaul“ wird im Folgenden aufgezeigt, wie mithilfe der Datenflussanalyse die Integration Digitaler Zwillinge in ein bestehendes Wertschöpfungs-system methodisch unterstützt wird.

Methodisches Vorgehen zur Anforderungsbeschreibung

Um die Industrie beim produktionstechnischen Wandel voranzutreiben, setzt das Forschungsprojekt „Maintenance, Repair and Overhaul“ – kurz MRO – auf neue Werkstoffe, additive Fertigung und Digitalisierung und wird im Rahmen des Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert. Das Projekt zielt darauf ab, neue Wartungs- und Instandhaltungskonzepte für den Reparaturprozess von Gasturbinenschaufeln bei Siemens Energy in Berlin zu entwickeln. Hierdurch sollen die Produktivität der Wartungs- und Instandhaltungsprozesse gesteigert, Stillstandzeiten vermieden und eine Verbesserung der Bauteileigenschaften erzielt werden. Ein Schwerpunkt des Vorhabens besteht in der Entwicklung und dem Aufbau Digitaler Zwillinge. Mit der Bereitstellung und Auswertung von Daten aus dem Produktleben einer Turbinenschaufel, sollen Ingenieure und Werker in ihrer täglichen Arbeit unterstützt werden. Durch den Einsatz Digitaler Zwillinge wird der Reparaturprozess der Gasturbinenschaufeln von der Befundaufnahme über die Selbststeuerung des Beschichtungsprozesses bis hin zur Maschinendatenerfassung und der Einführung von Werker-Assistenzsystemen digitalisiert. Als datenbereitstellendes und -auswertendes System kann der Digitale Zwillings beispielsweise die Bauteilinspektion auf Basis von 3D-Modellen erleichtern, optimale Reparaturmaßnahmen durch KI-gestützte Schadens-



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung

analysen ableiten oder die Auslegung von Beschichtungsprozessen durch entsprechende Simulationsmodelle vereinfachen.

Gemäß des Referenzmodells für die Einführung Digitaler Zwillinge wird im Folgenden das methodische Vorgehen in der Phase der Anforderungsbeschreibung am Beispiel des MRO-Forschungsprojekts näher beschrieben. Zunächst wurden im entsprechenden Arbeitspaket zukünftige Einsatzszenarien von Digitalen Zwillingen entwickelt, um die jeweiligen Funktionsbedarfe einzugrenzen. Zur Identifikation der Einsatzszenarien wurden User Stories in der Form „Ich als <Rolle> möchte <Funktion> um <Mehrwert>“ aufgenommen. Exemplarisch kann hierfür folgende User Story genannt werden: „Als Werker*in möchte ich für den jeweiligen Arbeitsschritt relevante Informationen bereitgestellt bekommen, um zeitaufwendige Suchvorgänge zu vermeiden.“ Die von insgesamt 7 Personengruppen aufgenommenen User Stories wurden anschließend

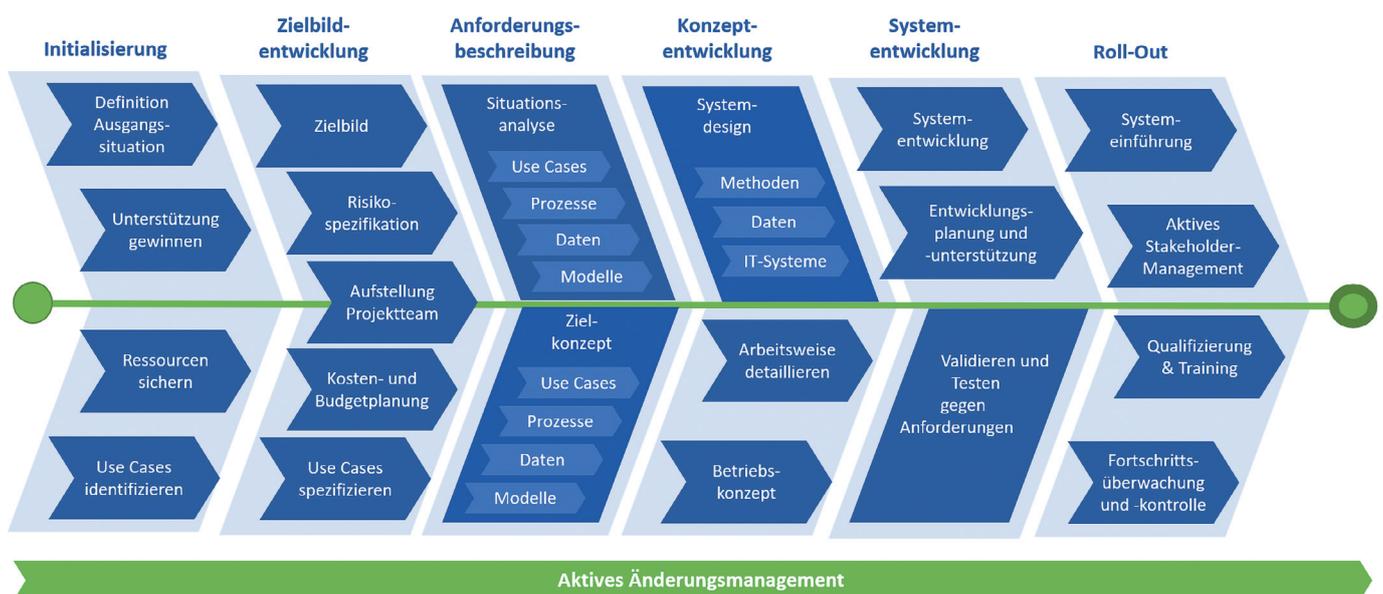


Bild 3: Referenzmodell für die Einführung Digitaler Zwillinge

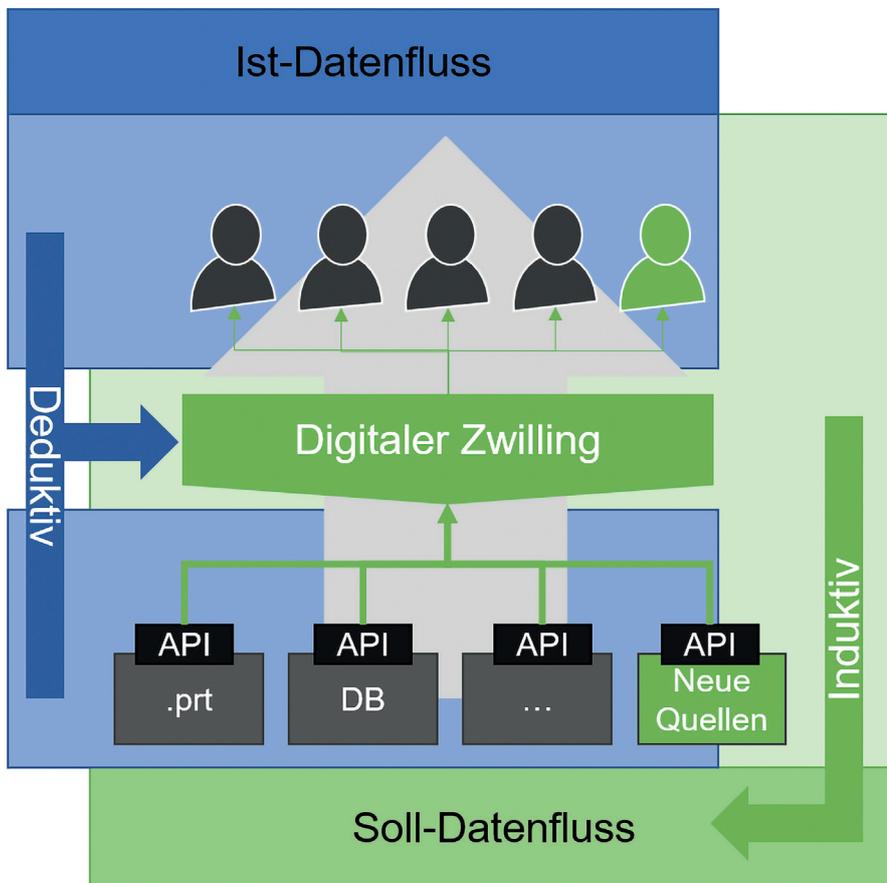


Bild 4: Konzeption Digitaler Zwillinge mit der Datenflussanalyse

entsprechend ihrer technologischen Umsetzbarkeit und des potentiellen Mehrwerts priorisiert. 21 der insgesamt 33 identifizierten User Stories wurden durch Funktionsabläufe in Szenarien detailliert und in Kern- und Anwendungsfunktionen unterschieden. Zeitgleich wurden die bestehenden Arbeitsweisen zur Wertschöpfung im MRO-Prozess erfasst, um die tatsächlich erfolgende Wertschöpfung – auch abseits von Prozessvorgaben – aufzunehmen. Mithilfe der Datenflussanalyse wurde hierbei die Ist-Wertschöpfung in Prozessen, Rollen, Werkzeugen/IT-Systemen, Artefakten, Datenquellen und -senken beschrieben und als Ist-Datenflussmodell visualisiert. Im Abgleich mit dem Ist-Datenfluss wurden die in den Szenarien erhobenen Kern- und Anwendungsfunktionen in einem Use Case Diagramm auf existierende und neu zu etablierende IT-Systeme verteilt und der Digitale Zwilling als Träger dieser Funktionen weiter spezifiziert. Auf Basis dieses ersten Digitalen Zwillinges wurden in insgesamt drei Workshops mit relevanten Stakeholdern die nötigen Veränderungen am bestehenden Wertschöpfungssystem identifiziert und definiert. Die Modellierung des zukünftigen Wertschöpfungssystems im Soll-Datenfluss ermöglichte wiederum die Bestimmung datengenerierender und -haltender Systeme, die Identifikation anzubindender Datenbanken (Cloud-, ERP-, MES- und PLM-Systeme), die Ableitung zu entwickelnder Schnittstellen und die Definition zu erarbeitender Schattendaten und -modelle (Bild 4). Durch die Abbildung der

digitalen Soll-Wertschöpfung im Datenflussmodell konnte ein Zielbild für die digitale Durchgängigkeit aufgezeichnet werden, das den Ausgangspunkt für die Umsetzung des Zwillinges im MRO-Prozess bildet.

Zusammenfassung & Ausblick

Für den Aufbau eines Digitalen Zwillinges müssen Produktlebenszyklusinformationen aus unterschiedlichen Datensilos verteilter Disziplinen verfügbar gemacht, zueinander in Beziehung gesetzt und in ihrer Aktualität verwaltet werden. Die datentechnische Verknüpfung der Systeme, mit dem Ziel einer effizienten Informations- und Datendurchgängigkeit, stellt hierbei eine besondere Herausforderung dar. Gleichwohl ist die Verfügbarkeit erforderlicher Daten und Informationen für die Konzeption und Entwicklung von Digitalen Zwillingen eine notwendige Voraussetzung. Erst durch die Analyse der digitalen Wertschöpfung in Prozessen, Rollen, Werkzeugen/IT-Systemen, Artefakten, Datenquellen und -senken wird der Digitale Zwilling dazu befähigt, Daten aus dem gesamten Produktlebenszyklus zu aggregieren und den Digital Thread eines Unternehmens in greifbare Wertschöpfung zu transformieren. [6]

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Datenflussanalyse methodisch dabei unterstützen kann, Ist-Arbeitsweisen zu analysieren, Verbesserungspotentiale zu identifizieren sowie Zielbilder und Soll-Arbeitsweisen für den Einsatz Digitaler Zwillinge zu entwickeln. Durch die Abbildung der digitalen Wertschöpfung wird die Ausgangsbasis für die Konzept- und Systementwicklung eines Digitalen Zwillings geschaffen. Am Beispiel des Forschungsprojektes „MRO 2.0 – Maintenance, Repair and Overhaul“ wurde aufgezeigt, wie mithilfe des methodischen Vorgehens der Datenflussanalyse der Grundstein für die Umsetzung eines Digitalen Zwillingskonzeptes innerhalb eines bestehenden Wertschöpfungssystems gelegt wird. Die Modellierung einer zukünftigen Soll-Arbeitsweise im Datenfluss ermöglicht die Bestimmung datengenerierender und -haltender Systeme, die Identifikation anzubindender Datenbanken, die Ableitung zu entwickelnder Schnittstellen sowie die Definition zu erarbeitender Schattendaten und -modelle.

Das in diesem Beitrag vorgestellte methodische Vorgehen fokussiert die Phase der Anforderungsbeschreibung und bildet lediglich die Grundlage für die Umsetzung von Digitalen Zwillingen in den Phasen der Konzept- und Systementwicklung. In einem nächsten Schritt gilt es, bestehende Entwicklungsmethoden zu bündeln und zu einer ganzheitlichen Entwicklungsmethodik zu erweitern. Diese soll eine methodische Hilfestellung bei der Einführung Digitaler Zwillinge von der Initialisierung bis zum Roll-Out ermöglichen. ◀

Literatur:

- [1] Lünemann, P.; Riedelsheimer, T.; Wehking, S.; Lindow, K. (2019): Vom Prozess zur Aktivität. In: ProduktDatenJournal (2), S. 34-38.
- [2] Wagner L. „Kein Digital Twin ohne digitale Durchgängigkeit“ In: Eigner M. (eds) ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Sonderausgabe Digitaler Zwilling. Carl Hanser München. 2020.
- [3] Riedelsheimer, T.; Lünemann, P.; Lindow, K.; Stark, R. (2017): Betrachtung des Entwicklungsumfeldes durch die methodische Datenflussanalyse. In: ProduktDatenJournal (2), S. 52-56.
- [4] WiGeP „WiGeP-Positionspapier Digitaler Zwilling“ In: Eigner M. (eds) ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Sonderausgabe Digitaler Zwilling. Carl Hanser München. 2020.
- [5] Stark R., Damerau T. „Digital Twin“ In: The International Academy for Production Engineering, Chatti S., Tolio T. (eds) CIRP Encyclopedia of Production Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. 2019.
- [6] Riedelsheimer T., Lünemann P., Wehking S., Dorfhuber L. „Digital Twin Readiness Assessment: Eine Studie zum Digitalen Zwilling in der fertigen Industrie“. msg, Fraunhofer IPK, 2020.



Kontakt



Kai Lindow
+49 30 39006-214
kai.lindow@ipk.fraunhofer.de



Kontakt



Pascal Lünemann
+49 30 39006-188
pascal.luennemann@ipk.fraunhofer.de



Kontakt



Anne Seegrün
+49 30 39006-365
anne.seegrue@ipk.fraunhofer.de

prostep ivip

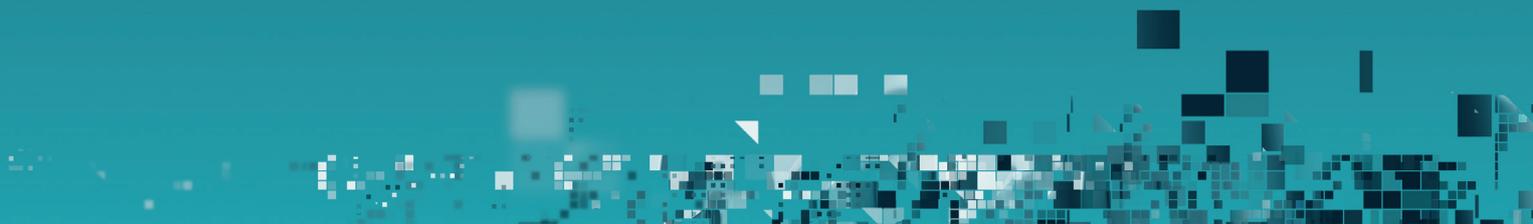


SYM POSIUM 2022

1-2 June 2022
ICS Stuttgart

INNOVATIONS

for Systems Creation



Termine

Social Media



Noch schneller werden Sie nur über unsere sozialen Medien informiert! Folgen Sie uns bereits? Der prostep ivip Verein ist auf LinkedIn, XING und auf Twitter vertreten!



Januar

28.01.2022 prostep ivip Web Seminar CAx Implementor Forum (Cax-IF)

Februar

25.02.2022 prostep ivip Web Seminar Collaborative Systems Engineering (CSE) Checklist (nur für Mitglieder)

März

25.03.2022 prostep ivip Web Seminar Code of PLM Openness (CPO) (nur für Mitglieder)

29.03.2022 Technical Steering Committee (TSC) (nur für Mitglieder)

April

20.04.2022 ProduktDaten Journal: **Redaktions- und Anzeigenschluss**

27.04.2022 JT Day 2022: Accelerate the Transformation AUDI, Ingolstadt

29.04.2022 prostep ivip Web Seminar - Functional Data eXchange (FDX) (nur für Mitglieder)

Mai

20.05.2022 prostep ivip Web Seminar - Integration Collaboration Framework (ICF)

31.05.2022 prostep ivip Mitgliederversammlung

SYMPOSIUM 2022

Juni

01./02.06.2022 **prostep ivip Symposium 2022, ICS Stuttgart**

21.06.2022 Technical Steering Committee (TSC) (nur für Mitglieder)

24.06.2022 prostep ivip Web Seminar Project Schedule Management (PSM) (nur für Mitglieder)

Juli

29.07.2022 prostep ivip Web Seminar Smart Systems Engineering (SmartSE) (nur für Mitglieder)

September

30.09.2022 prostep ivip Web Seminar: Digital Data Package (DDP) (nur für Mitglieder)

Oktober

27.10.2022 Technical Steering Committee (TSC) (nur für Mitglieder)

28.10.2022 prostep ivip Web Seminar New Project Proposals

November

28.11.2022 Web Seminar ReqIF

Newsletter

Schon (wieder) angemeldet?

Durch die neue Datenschutzverordnung mussten wir viele Registrierungen löschen. Gehen Sie auf Nummer sicher - und melden sich bitte einfach an:



<https://www.prostep.org/newsletter-einwilligung>

Schon gewusst?

In jedem Newsletter veröffentlichen wir neben den Vereinsveranstaltungen auch Eventhinweise unserer Mitglieder (Auswahl vorbehalten).

Kontakt:
psev@prostep.org

Präsenz zeigen im wichtigsten PLM-Journal!



Etabliert und wegweisend seit 1994: das ProduktDaten Journal von prostep ivip! Zweimal jährlich präsentieren hier Experten aus Industrie und Wissenschaft neueste Entwicklungen und Projekte.

prostep ivip – Ihr Digitalisierungspartner:

40 % Anwender, 40 % Systemadministratoren und 20 % Forschung & Entwicklung

So erreichen Sie zu 100 % Top-Management, IT und Business unserer Mitglieder!

Wissenstransfer ist das höchste Ziel des Thinktanks prostep ivip. Nutzen Sie unsere Netzwerke – und treffen Sie mit einer Anzeige genau Ihre Zielgruppe: Die Entscheider der Top-Unternehmen der Automobil-, Flugzeug- und allgemeinen Fertigungsindustrie sowie Forschung!

Das ProduktDaten Journal erscheint mit 2.200 Exemplaren als bilinguale Sommer- und Winterausgabe. Neben den hochkarätigen wissenschaftlichen Inhalten des ProduktDaten Journals bietet sich Ihnen künftig die Möglichkeit, in werblicher Form noch gezielter auf Ihr Unternehmen oder Ihre Produkte aufmerksam zu machen.

Hier finden Sie alle Informationen zu Ihrer möglichen Anzeige im nächsten ProduktDaten Journal!

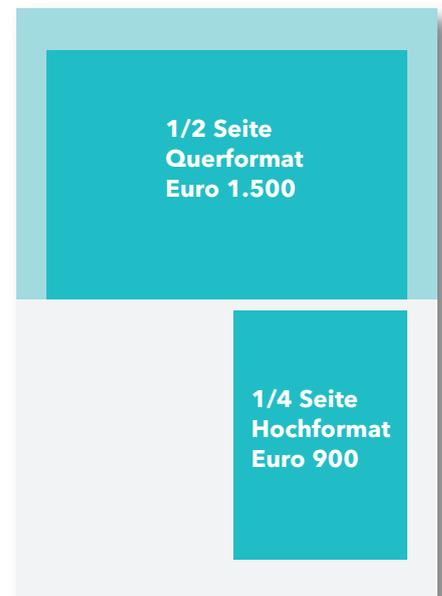
Anzeigenformate und -preise gültig ab 01.01.2019



1/1 Seite angeschnitten DIN A4 oder im Satzspiegel 180 x 256 mm. Platzierung auf den Umschlagseiten U2, U3 oder U4, maximal 3 Anzeigen pro Heft, 4-farbig.
Euro 2.500,00



1/2 Seite Hochformat angeschnitten 101,5 x 297mm oder im Satzspiegel 180x256 mm oder **1/2 Seite Querformat** angeschnitten 210 x 146 mm oder im Satzspiegel 180 x 225 mm. Platzierung im redaktionellen Teil, maximal 1 Anzeige pro Heft, 4-farbig.
Euro 1.500,00



1/4 Seite im Satzspiegel 86,5 x 125 mm. Platzierung im redaktionellen Teil, maximal 2 Anzeigen pro Heft, 4-farbig.
Euro 900,00

Kontakt

Telefon +49 6151 9287-446
Telefax +49 6151 9287-326
psev@prostep.org

prostep ivip Verein
Dolivostraße 11
64293 Darmstadt
www.prostep.org

Hinweise für Autoren

Vorab

Bitte im Vorfeld Zusendung eines Abstracts zum Artikel

Text/Artikel

- Rubriken **Neue Produkte, Neue Mitglieder**:
1/2 Seite, ca. 1.200 Zeichen (inkl. Leerzeichen) + 1 Grafik
- Richtwert pro Seite:
3.500 Zeichen (inkl. Leerzeichen) + 1 Grafik
- Projektbeiträge:
14.000 Zeichen (inkl. Leerzeichen) + 4 Grafiken
- Wissenschaft & Forschung:
17.500 Zeichen (inkl. Leerzeichen) + 5 Grafiken
- In der Beitragsüberschrift keine Produktnamen verwenden
- Formatierung des Textes auf Überschrift, Einleitung, Zwischenüberschriften und Aufzählungen beschränken.
- Bitte als Kontakt den Namen des Autors, Firma/Organisation, Titel, Telefon und/oder E-Mail-Adresse angeben, gerne auch mit Foto
- Bitte eine englische Version des Textes gleich mitschicken.
- Layout:
Korrekturumlauf möglich sowohl für die deutsche als auch englische Version

Fotos/Grafiken

- Text und Fotos/Grafiken getrennt abspeichern
- Bitte die Bildzuordnung im Text deutlich machen, eindeutige Bildunterschrift
- Grafiken in **deutscher** und **englischer Sprache** erstellen!
- Grafikformate: TIFF, JPG, Powerpoint für Grafiken, EPS
- Auflösung: mind. 300 dpi

Und außerdem...

- Stellen Sie ein konkretes Projekt, nicht das Produkt in den Vordergrund!

Wir behalten uns aus redaktionellen Gründen vor, Ihren Beitrag auch in einer späteren Ausgabe zu veröffentlichen.

Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass sich die Redaktion aus Layout-/Umfangsgründen Kürzungen vorbehält.

**Rufen Sie uns
einfach an:**

prostep ivip e.V.
Telefon +49 6151 9287-446
psev@prostep.org

Impressum

ProduktDatenJournal, ein Journal zu
Anwendungen, Produkten, Standards
in der Produktdatentechnologie

Herausgeber

prostep ivip e.V.

Redaktion

prostep ivip e.V.
Dr. Alain Pfouga (Redaktionsleitung)
Dolivostraße 11
64293 Darmstadt
Telefon: +49 6151 9287-446
psev@prostep.org

Layout und Produktion

prostep ivip e.V.
in Zusammenarbeit mit
Müller-Stoiber & Reuss
Poststraße 9
64293 Darmstadt

Erscheinungsweise

halbjährlich

Bezug

für Mitglieder des prostep ivip e.V.
kostenlos

Verfälschung und Schutzrechte

Nachdruck – auch auszugsweise –, Vervielfältigung oder sonstige Verwertung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers unter ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gekennzeichnete Artikel stellen die Meinung des Autors, nicht unbedingt die der Redaktion dar. Alle Unterlagen, insbesondere Bilder, Zeichnungen, Prospekte etc., müssen frei von Rechten Dritter sein. Mit der Einsendung erteilt der Verfasser / die Firma automatisch die Genehmigung zum kostenlosen weiteren Abdruck in allen Publikationen des Herausgebers, bei dem auch das Urheberrecht für veröffentlichte Manuskripte verbleibt.

Copyright by prostep ivip e.V.

ISSN 1436-0403