

PAiCE-MONITOR

Engineering

Impressum

Herausgeber

Begleitforschung PAiCE
iit – Institut für Innovation und Technik in der
VDI / VDE Innovation + Technik GmbH
Peter Gabriel
Steinplatz 1
10623 Berlin
gabriel@iit-berlin.de
www.paice.de

Autoren

Dr. Tom Kraus | 030 310078-5615 | kraus@iit-berlin.de
Dr. Matthias Künzel | 030 310078-286 | kuenzel@iit-berlin.de

Gestaltung

Loesch*Hund*Liebold Kommunikation GmbH
Hauptstraße 28 | 10827 Berlin
paice@lhk.de

Bildnachweis

pavlodargmxnet – stock.adobe.com (Titel, S. 4)

Stand

November 2019

Gefördert durch:

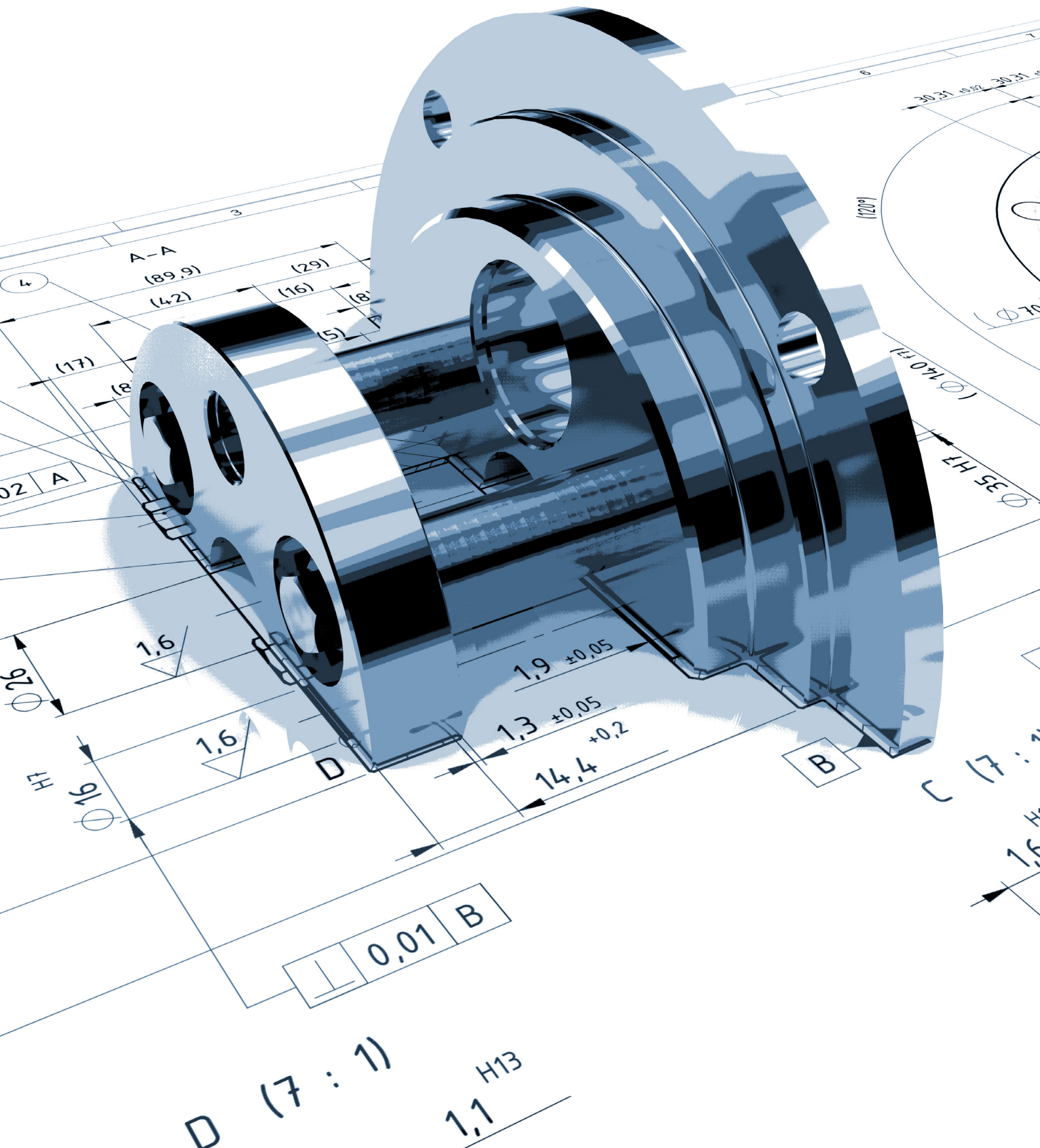


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Einleitung	5
1 Marktanalyse	6
2 Start-up-Umfeld	8
3 Stand der Technik	11
4 FuE-Entwicklung	13
5 Projekte des Clusters Engineering	17
DEVKOS – Durchgängiges Engineering für sichere, verteilte und kommunizierende Mehrkomponentensysteme	18
EMuDig 4.0 – Effizienzschub in der Massivumformung durch Integration digitaler Technologien im Engineering der gesamten Wertschöpfungskette	20
INTEGRATE – Offene Plattform für kooperatives Engineering	22
VariKa – Vernetztes Produkt- und Produktions-Engineering am Beispiel variantenreicher Fahrzeugkarosserien	24
Ansprechpartner bei Projektträger und Begleitforschung	26



Einleitung

Das Engineering verändert sich derzeit rasant. Treiber der Entwicklung ist der Wandel hin zu den digitalen und vernetzten Produktionssystemen in der Industrie 4.0. Die für das Engineering der Zukunft erforderlichen technischen, methodischen und juristischen Entwicklungen stehen dabei erst am Anfang.¹ Zukünftige, disziplinübergreifend integrierte Engineering-Werkzeuge benötigen Standards zum Datenaustausch auf allen Gestaltungsebenen, die gleichzeitig eine Abstraktion von Funktionen und Fähigkeiten jeweils untergeordneter Ebenen ermöglichen. Es ist auch absehbar, dass die bereits heute stark arbeitsteilige Fertigung und die zunehmende Mehrteiligkeit von Systemen (Integration von Zulieferteilen) zukünftig noch stärker in unternehmensübergreifenden Engineering-Prozessen abgebildet werden. So können Zulieferteil und Endprodukt besser aufeinander abgestimmt, die Grundlage für neuartige Dienstleistungen geschaffen, die Ressourceneffizienz gesteigert und neuartige Produkteigenschaften erzielt werden. Auch das Produktlebenszyklusmanagement erfordert gerade bei langlebigen Produkten eine neuartige Herangehensweise.

Die aktuellen Herausforderungen im Engineering-Bereich werden in vier PAiCE-Projekten adressiert:

- Standards zum Datenaustausch im Engineering: INTEGRATE, DEVEKOS
- Engineering und Daten im prozessübergreifenden Entwurf: VariKa, DEVEKOS
- Engineering und Daten bei Bestandsmaschinen: EMuDig4.0, VariKa

Der vorliegende PAiCE-Monitor wird von einem interaktiven Online-Tool, dem Technologieradar, begleitet. Dieser bietet einen aktuellen Überblick über internationale Forschungsprojekte und Start-ups aus dem Themenbereich Engineering. Unter folgendem Link kann der Technologieradar eingesehen werden:

www.iit-berlin.de/technologieradar-engineering

¹ Künzel, Matthias; Schulz, Jens; Gabriel, Peter: Engineering 4.0: Grundzüge eines Zukunftsmodells (Studie im Auftrag des BMWi); Berlin; 2016. Online verfügbar unter <http://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/autonomik-engineering%2040.pdf> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

1 Marktanalyse

In den 1980er-Jahren begann die Entwicklung von rechnergestützten Werkzeugen für einzelne Schritte des Engineerings (Computer-Aided Engineering/CAE). Das Spektrum solcher Tools reicht von der klassischen rechnergestützten Konstruktion (Computer-Aided Design/CAD) über den Entwurf elektronischer Schaltungen und Bauelemente (Electronic Design Automation/EDA) bis hin zu numerischen Simulationen etwa für Belastungen, Bewegungsabläufe oder thermische Prozesse. Diese Werkzeuge wurden meist von damals neu gegründeten Software-Entwicklungsunternehmen entwickelt oder von Systemintegratoren, die ihr Produktportfolio erweiterten bzw. abrundeten. Angesichts der Verkürzung von Entwicklungszyklen und der praktizierten Rückführung von realen Betriebsdaten an die Hersteller wird heute der Konstruktionsprozess immer stärker als ein Teil des gesamten Produktlebenszyklus erachtet. Daher werden Software-Tools zur mechanischen Konstruktion auch immer häufiger dem Product Lifecycle Management/PLM zugerechnet. Weiterhin erstreckt sich der Anwendungsbereich von PLM-Tools über das Produktdatenmanagement/PDM und digitale Planungstools zur Auslegung von Produkt- und Systemverbänden bis hin zum Service und Recycling-Management.

Der globale, branchenübergreifende Markt für PLM-Tools wird laut einer Studie² in 2018 auf 17 Mrd. EUR geschätzt, wobei 28 Prozent auf Nordamerika, 36 Prozent auf den aus Europa, Afrika und den Nahen Osten bestehenden Wirtschaftsraum sowie 24 Prozent auf den asiatisch-pazifischen Wirtschaftsraum entfallen. Beim Vergleich der Branchenanteile zeigt sich, dass der Markt global gesehen vom Automobilsektor (24 Prozent), den maschinenbaunahen Industrien (20 Prozent), dem Luftfahrt- und Rüstungssektor (17 Prozent) sowie dem High-Tech- und Elektronik-Sektor (17 Prozent), dominiert wird.

Der aktuelle Weltmarkt für CAE-Tools als Unterkategorie der PLM-Tools, wird in einer weiteren Studie³ mit etwa 6 Mrd. EUR für 2018 angegeben. Laut dieser Quelle kann in den kommenden Jahren mit einem weiteren kontinuierlichen Wachstum von ca. 10 Prozent p. a. gerechnet werden, wonach für 2025 ein Marktvolumen von 11-12 Mrd. EUR prognostiziert wird. Eine andere Studie⁴ kommt mit einem für 2026 prognostizierten Marktvolumen von 12 Mrd. EUR zu einem ähnlichen Ergebnis. Diese Entwicklung wird maßgeblich getrieben durch sich stetig erweiternde technologische Möglichkeiten in den Bereichen der virtuellen Produktentwicklung, des 3D-Drucks und dem modellbasierten Engineering auf Basis von digitalen Zwillingen. Die Unternehmen versprechen sich durch die Nutzung etwa Effizienzsteigerungen und die Senkung der Folgekosten durch spätere Re-Designs oder Rückrufaktionen.

Ein anderer, die Produktionssteuerung betreffender Typ industrieller Software sind Manufacturing execution systems/MES, zu Deutsch auch Prozessleitsysteme, die für einen optimalen Betrieb von Anlagen von Bedeutung sind. Dabei setzen MES Steuerungsvorgaben um, die in der Regel von einem übergeordneten Ressourcenplanungs-System (Enterprise Resource Planning/ERP) vorgegeben werden. Heute eingesetzte MES sind häufig über viele Jahre oder sogar Jahrzehnte inkrementell verbessert worden, jedoch noch nicht darauf ausgelegt, größere Datenmengen von IoT-Sensor-Daten einzubinden und intelligent zu nutzen.

2 Quadrant Knowledge Solutions: Market Outlook: Product Lifecycle Management (PLM), 2018-2023, Worldwide; 2018. Online verfügbar unter <https://www.ptc.com/en/products/plm/quadrant-knowledge-solutions-report> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

3 Grand View Research: Computer Aided Engineering (CAE) Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (FEA, CFD, Multibody Dynamics, Optimization & Simulation); 2019. Zusammenfassung des Berichts online verfügbar: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/computer-aided-engineering-cae-market> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

4 Researchandmarkets.com: Global Computer Aided Engineering (CAE) Market Size, Market Share, Application Analysis, Regional Outlook, Growth Trends, Key Players, Competitive Strategies and Forecasts, 2018 To 2026: 2019. Zusammenfassung des Berichts online verfügbar: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4749564/global-computer-aided-engineering-cae-market> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

Zugleich sind diese Systeme oft sehr anwendungsspezifisch, sodass es hier viele Nischenanbieter gibt. Der aktuelle Weltmarkt für MES-Tools wird in einer Studie⁵ mit etwa 9 Mrd. EUR für 2018 angegeben und das Wachstumspotenzial aufgrund der sich erweiternden technologischen Möglichkeiten mit ca. 13,5 Prozent p. a. für den Zeitraum 2019-2025 hoch eingeschätzt.

Toolanbieter

Die meisten heutigen Engineering-Toolanbieter haben sich in einzelnen Anwendungsfeldern entwickelt. Beispielhaft seien hier für die mechanische Konstruktion (CAD) die wichtigsten Toolanbieter und deren Marktanteil (MA) in 2016⁶ genannt: Autodesk (MA: 29 Prozent, u. a. AutoCAD), Dassault Systèmes (MA: 23 Prozent, u. a. Catia, SolidWorks), Siemens (MA: 12 Prozent, u. a. Solid Edge) und PTC (MA: 9 Prozent, u. a. Creo). Alle genannten Software-Systeme stammen ursprünglich aus dem Anwendungsbereich Maschinen- und Fahrzeugbau. Sie unterscheiden sich durch den Umfang ihrer 3D-Fähigkeit, die Anbindung von Simulationmöglichkeiten, die Integration in Gesamtpakete sowie die verfügbaren Schnittstellen. Zugleich haben alle genannten Anbieter auch für das Produktdatenmanagement Tools im Portfolio. Die umfassendsten Portfolios an PLM-Tools, die auch das unternehmensübergreifende Engineering und digitale Planungstools zur simulativen Auslegung von Produkt- und Systemverbänden beinhalten, finden sich laut einer Studie⁷ bei PTC, Dassault Systèmes und Siemens.

Engineering-Dienstleister

Grundsätzlicher Treiber für die Externalisierung von Engineering-Dienstleistungen ist eine stärkere Ausdifferenzierung des Wertschöpfungsprozesses. Dazu gehört die effektive Nutzung hochspezialisierter (und kompetenzintensiver) Spezialsoftware sowie das zunehmende Outsourcing bei großen Unternehmen (beispielhaft für die letztgenannte Entwicklung ist die Automobilindustrie). Hinzu kommen geänderte Ertragsmodelle, eine stärkere temporäre Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams über Unternehmensgrenzen hinweg sowie die Automatisierung einfacher Tätigkeiten.

Der Markt für Technologie-Beratung und Engineering-Services in Deutschland ist in den letzten Jahren stetig gewachsen. Eine Studie⁸ konstatierte im Jahr 2016 Wachstumserwartungen von durchschnittlich 4,6 bis 4,8 Prozent pro Jahr bis 2022, ausgehend von einer Marktgröße von 9,8 Mrd. EUR im Jahr 2015. Insgesamt ist dieser Markt uneinheitlich strukturiert – auf der einen Seite stehen Systemdienstleister mit mehreren tausend Mitarbeitern. Allein die deutschen TOP 3 – Bertrand AG, IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr, EDAG engineering GmbH – setzten 2018 mit insgesamt mehr als 25.000 Mitarbeitern 2,7 Mrd. EUR um. Am anderen Ende der Skala stehen Einzelunternehmen (Ingenieurbüros). Eine Konsolidierung dieses Marktes ist absehbar, da vor allem große Auftraggeber die Zahl ihrer Dienstleister reduzieren und zugleich immer größere Aufgabenpakete vergeben. Davon betroffen sind vor allem mittelgroße Anbieter. Kleinere Akteure, die entweder hochspezialisiert sind oder primär für kleinere Unternehmen arbeiten (typische Nischenakteure), dürften sich dagegen am Markt halten können.

5 IndustryARC: Manufacturing Execution System (MES) Market: By Offering; By Deployment Type; By Industry; & By Geography – Forecast (2019-2025); 2019. Zusammenfassung des Berichts online verfügbar: <https://www.industryarc.com/Report/15573/manufacturing-execution-system-mes-market.html> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019)

6 Jon Peddie Research, Business Advantage: Computer-aided design (CAD) market revenue share worldwide, in 2016, by vendor; 2017. Zahlen der Marktanteile online verfügbar unter <https://www.statista.com/statistics/779090/worldwide-cad-market-revenue-share/> (zuletzt abgerufen am 06.11.2019).

7 Quadrant Knowledge Solutions: Market Outlook: Product Lifecycle Management (PLM), 2018-2023, Worldwide; 2018. Online verfügbar unter <https://www.ptc.com/en/products/plm/quadrant-knowledge-solutions-report> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

8 Schlaug, Michael; Lürßen, Hartmut: Führende Anbieter von Technologie-Beratung und Engineering Services in Deutschland. Lünen-donk-Sonderanalyse 2016, Lünen-donk GmbH; 2016. Online verfügbar unter <https://www.luenendonk.de/portfolio/luenendonk-sonder-analyse-2016-fuehrende-anbieter-von-technologie-beratung-und-engineering-services-in-deutschland/> (zuletzt abgerufen am 05.11.2019).

2 Start-up-Umfeld

Viele der heute etablierten sektorspezifischen Engineering-Werkzeuge haben einen langwierigen Entwicklungsprozess durchlaufen. In diversen Bereichen des Engineerings sind jahre- oder sogar jahrzehntelange Erfahrungen und Kompetenzen durch die betreffenden Anbieter aufgebaut worden, die von neugegründeten Unternehmen kaum aufzuholen sind. Ganz anders stellt sich die Situation bei Lösungen dar, die etablierte Engineering-Fähigkeiten dank neuer technologischer Möglichkeiten sinnvoll ergänzen. Beispiele sind intelligente, vernetzte Lösungen für vorausschauende Wartung oder auch neue Möglichkeiten zur Virtualisierung oder Mensch-Maschine-Kollaboration in der digitalen, vernetzten Fabrik.

Investitionstätigkeit

Um regionale Schwerpunkte bei Investitionen in Start-ups zu erkennen, wurde die Datenbank von Crunchbase analysiert.⁹ Dabei wurde der Umstand genutzt, dass die Datenbank eine umfangreiche Sammlung weltweiter Investitionen und Risikokapitalbeteiligungen bereitstellt und die beteiligten Unternehmen Tätigkeitsfeldern zuordnet. Dabei wird eine Investition in den nachfolgenden Analysen als eine Investition in ein Start-up gewertet, wenn sie spätestens im fünften Kalenderjahr nach dem Gründungsjahr des Unternehmens getätigt wurde. Das zusammengefasste Ergebnis für die Jahre 2017-2018 zeigt Abbildung 1.

Eine klare Abgrenzung des „Engineering“-Tätigkeitsfeldes zu anderen im Technologieprogramm PAiCE behandelten Themenschwerpunkten wie Robotik oder 3D-Druck ist immer eindeutig möglich. Für die Start-up-Analyse wurden Investitionen in Unternehmen, zu deren Tätigkeitsfeld gemäß Datenbank auch der Bereich „Robotik“ gehört, nicht berücksichtigt und herausgefiltert. Dies ist damit begründet, dass bei einem wesentlichen Anteil dieser Unternehmen nicht die Automatisierung von Fertigungsprozessen, sondern eher andere Bereiche, vor allem Logistik und Lagermanagement, im Vordergrund stehen. Hingegen werden Unternehmen, zu deren Tätigkeitsfeld auch der 3D-Druck gehört, in der nachfolgenden Analyse berücksichtigt, da die betreffenden Unternehmen in der Regel die Entwurfsphase und damit eindeutig einen Teil des Fertigungsprozesses adressieren. Das PAiCE-Projekt VariKa, in dem Methoden zur Bewertung der Betriebsfestigkeit von 3D-gedruckten Bauteilen und von Schweißverbindungen mit Strangpressprofilen im Automobilbereich entwickelt werden, kann ebenfalls sowohl der Kategorie „Engineering“ als auch „3D-Druck“ zugeordnet werden.

Es muss auch betont werden, dass in der hier erstellten Analyse etwa inhabergeführte Unternehmensstrukturen, die ausschließlich mit Eigenkapital bzw. ergänzend auch mit staatlichen Fördermaßnahmen aufgebaut wurden, häufig unsichtbar bleiben und somit nicht alle Investitions- und Unternehmenskulturen abgebildet werden können.

Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, dass der mit Abstand höchste Kapitalanteil im betrachteten Zeitraum mit über anderthalb Milliarden Euro auf die USA, der zweithöchste Anteil von ca. 631 Mio. EUR auf China entfällt. Beim Ländervergleich nimmt Deutschland in den Jahren 2017 und 2018 mit Investitionen in Höhe von 31,8 Mio. EUR hinter Indien (73,5 Mio. EUR), Großbritannien (54,4 Mio. EUR) und Kanada (32,1 Mio. EUR) weltweit den siebten Platz ein. Insgesamt liegt bei der Zahl der Investment-Runden Europa mit einem kleinen Abstand vor Nordamerika an der Spitze. In Asien finden tendenziell eher wenige, aber dafür umfangreiche Investments statt. Bei der Anzahl der unterschiedlichen Start-ups, in die Investitionen

⁹ Suchfilter auf Fallebene (Firmen): „Industrial engineering“ ODER „Mechanical engineering“ ODER „Industrial Automation“ ODER Mechanical Design. Ausgenommen wurden Investitionen in Unternehmen, die in der Crunchbase-Datenbank dem Bereich „Robotik“ zugeordnet wurden.

geflossen sind, liegt Europa deutlich an der Spitze, obwohl das Investitionskapital, das zwischen 2017 und 2018 nach Nordamerika und Asien geflossen ist, deutlich größer war.

In Nordamerika und Asien flossen wesentliche Anteile der Gesamtinvestitionssummen in den Jahren 2017 und 2018 in einige wenige Unternehmen. Besonders umfangreiche Investitionen von über einer Milliarde Euro (1.053 Mio. EUR) flossen im Zeitraum 2017/2018 in vier Investitionsrunden in das technologieaffine und 2015 gegründete Bauunternehmen Katerra, das Gebäudekomponenten und komplette Gebäude mittels moderne Fertigungsmethoden und Automatisierung in einer Fabrikumgebung herstellt. Hauptinvestor war dabei der japanische Technikkonzern SoftBank mit seinem strategisch-ausgerichteten „Vision Fund“. Das chinesische Automotive-Start-up Singulato Motors, das Elektrofahrzeuge herstellt, erhielt Investitionen in Höhe von 439 Mio. EUR von namentlich nicht bekannten Investoren. Die höchsten Investitionen in einzelne europäische Start-ups bewegten sich 2017 und 2018 auf einem deutlich niedrigeren Niveau: So flossen etwa 11,0 Mio. EUR Kapital einer europäischen Kapitalanlagegesellschaft in das 2015 gegründete britische Unternehmen CloudNC, das mithilfe von KI-Methoden

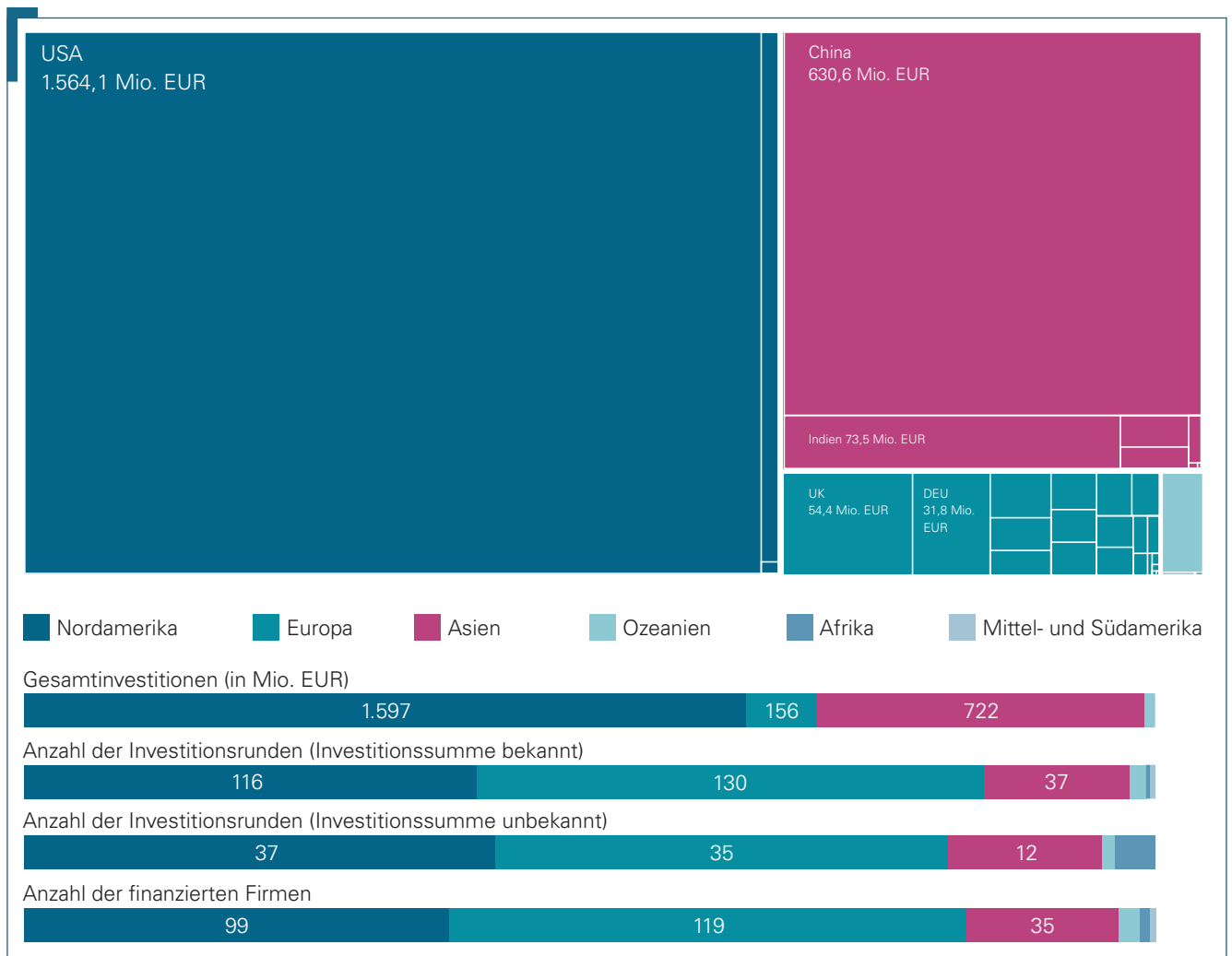
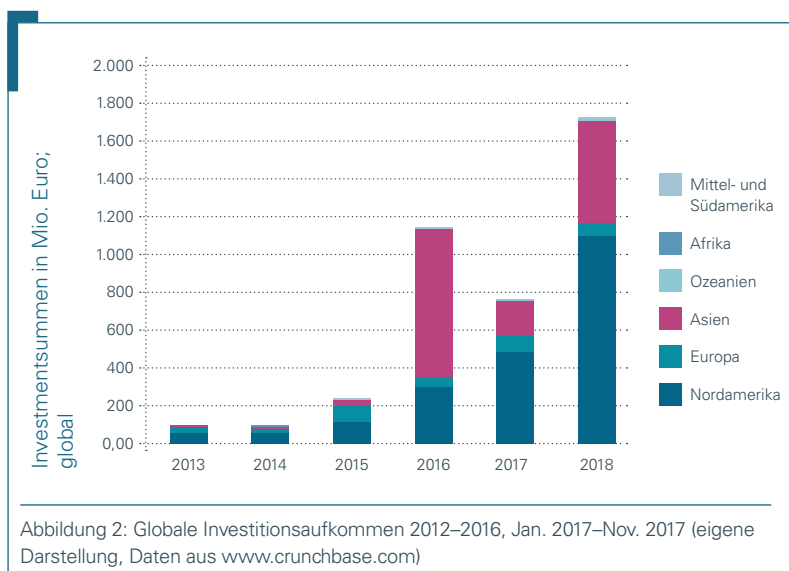


Abbildung 1: Investitionen im Bereich Engineering in den Jahren 2017 und 2018. Ausgenommen wurden Investitionen in Unternehmen, die in der Crunchbase-Datenbank dem Bereich „Robotik“ zugeordnet wurden (eigene Darstellung, Daten aus www.crunchbase.com).

Fertigungsprozesse automatisieren möchte. In das deutsche Unternehmen Nexwafe, das einen effizienten Herstellungsprozess für Silizium-Wafer zum Einsatz in Solarzellen entwickelt hat, flossen in zwei Investitionsrunden 10,0 Mio. EUR, die zu einem maßgeblichen Anteil von der Erdölfördergesellschaft Saudi Aramco bereitgestellt wurde.

Die Entwicklung der letzten fünf Jahre zeigt, dass die globalen Investitionen in junge Unternehmen mit „Engineering-Fokus“ insbesondere ab 2016 sehr stark angewachsen sind (siehe Abbildung 2). Verantwortlich sind dafür insbesondere die Investitionen in nordamerikanische und asiatische Start-ups, die zusammengenommen in den Jahren 2016 bis 2018 jedes Jahr zwischen 87 und 96 Prozent der globalen Investitionssummen im Engineering-Bereich auf sich vereinten. Während von 2013 bis 2015 noch zwischen 27 und 36 Prozent der globalen Investitionen in junge europäische Engineering-Unternehmen flossen, lag der Anteil entsprechend zwischen 2016 und 2018 bei 4 bis 12 Prozent.

Dabei ist anzumerken, dass die Investitionen in junge europäische Unternehmen seit 2013 durchaus gewachsen sind. Während sich allerdings in Europa die Investitionen im Zeitraum von 2013 bis 2018 etwas mehr als verdoppelt haben, haben sie sich in Nordamerika mit dem Faktor 18 und in Asien mit dem Faktor 47 vervielfacht. In entsprechende Start-ups anderer Weltregionen wurde im betrachteten Zeitraum nur marginal investiert.



Die Investitionen in deutsche Start-ups sind von 2013 bis 2017 von Jahr zu Jahr gewachsen (2013: 0,1 Mio. EUR, 2014: 3,1 Mio. EUR, 2015: 8,2 Mio. EUR, 2016: 9,9 Mio. EUR, 2017: 25,4 Mio. EUR). Im Jahr 2018 wurden Investitionen in Höhe von 6,4 Mio. EUR in junge, deutsche Unternehmen mit Engineering-Fokus verzeichnet, was im Vergleich zu den Vorjahren einen Rückgang bedeutet. Dabei wurden 2018 jedoch auch nur in sechs von zehn Investitionsrunden konkrete Beträge veröffentlicht, in den drei vorausgegangenen Jahren war das jeweils bei über 75 Prozent der Investitionsrunden der Fall.

3 Stand der Technik

Die Definition von Engineering und damit einhergehend auch der Stand der Technik durchlaufen gegenwärtig eine Transformationsphase: Das Phasenmodell mit sequenziellem Vorgehen wird durch eine Systembetrachtung mit simultanem Vorgehen ersetzt. Bisher wurde Engineering stark von der Produktentstehungsphase geprägt; eine systemische und rückgekoppelte Betrachtung von Produkt, Fertigung, Nutzung sowie damit verbundenen Dienstleistungen wird zunehmend wichtiger.

Durch die unterschiedliche Lebensdauer von Komponenten komplexer Systeme (insbesondere bei langlebigen Investitionsgütern) müssen für die große Menge der Bestandsanlagen in der Produktion sinnvolle Migrationspfade eröffnet werden.¹⁰ Alle vier dem Themencluster Engineering zugehörigen Projekte leisten wichtige, praxisnahe Beiträge zu diesem industriepolitischen Schlüsselthema. Die Projekte zeigen, wie mit den Herausforderungen in der betrieblichen Praxis, etwa fehlenden standardisierten Datenformaten und implementierten Erfassungsmethoden, umgegangen werden kann und wie digitale Unterlagen in bestehenden Produktionsanlagen eingesetzt und ausgetauscht werden können. Dabei sind nicht zuletzt die Potenziale der Migration bestehender Produktionsanlagen zu berücksichtigen.

Standardisierte Formate

Ausgehend von der historisch gewachsenen Vielfalt an Engineering-Werkzeugen mit ihren meist mehr oder minder proprietären Datenformaten, hat sich der AutomationML e. V. zum Ziel gesetzt, die Entwicklung und Verbreitung eines standardisierten Datenaustausches im Engineering-Prozess von industriellen Automatisierungssystemen, insbesondere durch die Spezifikation allgemein kompatibler Datenschnittstellen, voranzutreiben. „Ziel der Vereinstätigkeit ist es dabei, durch den standardisierten Datenaustausch erhebliche Effizienzen und damit Kosten- und Zeiteinsparungen zu realisieren, indem Daten aus unterschiedlichen Gewerken des Engineering-Prozesses problemlos zwischen verschiedenen Engineering-Systemen über definierte Schnittstellen transferiert werden können ...“¹¹. Ausgehend von bestehenden, offenen, etablierten Standards ist es das Ziel, ein XML-basiertes Top-Level-Format, das anerkannte Standards für wichtige technische Aspekte enthält, zu realisieren. Die Spanne reicht vom einfachen Datenexport über Verschlüsselung bis hin zu Versionsmanagement und dem Austausch von Bibliotheken. Das AutomationML-Format nimmt im PAiCE-Projekt INTEGRATE eine wichtige Rolle ein und der AutomationML e. V. wurde von Partnern des PAiCE-Projekts INTEGRATE initiiert.

Neben dem Austausch und der Interaktion von Entwurfsdaten stellen die Kommunikation und Interaktion von Betriebsdaten eine wichtige Rolle bei der Digitalisierung. Als offener Standard hat sich hier OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) über die letzten Jahre entwickelt und etabliert. Ein wesentliches Element von OPC ist die Abstrahierung von konkreten Kommunikationslösungen wie Profibus oder TCP/IP. OPC ist heute eine Sammlung von Standards (IEC 62541) für den Datenaustausch im Bereich der Industrieautomation. OPC UA beschreibt sowohl den Datentransport als auch Schnittstellen und die Semantik der Daten als service-oriented-architecture. OPC UA beinhaltet weitreichende hierarchische Sicherheitsmechanismen. Wie bei AutomationML ist die Herstellerunabhängigkeit eine Schlüsseleigenschaft von OPC UA. Ähnlich wie bei AutomationML trägt eine Non-Profit-Organisation – in diesem Fall die OPC foundation – die Koordination und

¹⁰ Künzel, Matthias; Schulz, Jens; Gabriel, Peter: Engineering 4.0: Grundzüge eines Zukunftsmodells (Studie im Auftrag des BMWi); Berlin; 2016. Online verfügbar unter <http://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/autonomik-engineering%2040.pdf> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

¹¹ Vereinssatzung AutomationML e.V. in der Fassung vom 08.04.2009; §2(1)

Weiterentwicklung. In Deutschland treibt der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) gemeinsam mit seinen Mitgliedern die Entwicklung von OPC UA Companion Specifications für die Produktions- und Robotiksteuerung maßgeblich voran, um mittelfristig eine hersteller-unabhängige Integrierbarkeit und Konfigurierbarkeit von Komponenten im Automatisierungsbereich zu ermöglichen. Auf der automatica 2018 wurde unter der maßgeblichen Beteiligung des PAiCE-Projektes DEVEKOS erstmalig ein OPC UA-Demonstrator ausgestellt, der zeigte, wie OPC UA künftig in der Produktionstechnik eingesetzt werden kann: Dabei wurden Komponenten und Systeme von über 20 verschiedenen Herstellern in einer Montagezelle zur automatisierten Herstellung von Fidget-Spinnern integriert.

Digitaler Zwilling

Das Leitbild des digitalen Zwillings hat sich als Bezeichnung für eine durchgängige digitale Beschreibung von Objekten, Anlagen und Systemen durchgesetzt. Trotz unterschiedlicher Auffassung über die genaue technische Ausgestaltung und entsprechenden Abweichungen in publizierten Definitionen enthält dieses virtuelle Abbild nach der allgemeinen Auffassung eine Beschreibung der Elemente und der Dynamik des zugehörigen realen Produktes, Prozesses oder Dienstes sowie relevante Zustandsinformationen über den Lebenszyklus. Der digitale Zwilling kann somit die Funktion einer Echtzeit-Repräsentation seines realen Gegenstücks erfüllen, als Speicher relevanter Lebenszyklus-Informationen fungieren oder für Simulationen unterschiedlichster Art eingesetzt werden. Der digitale Zwilling wird daher perspektivisch eine enorm wichtige Rolle in allen Lebenszyklus-Phasen spielen, vom Entwurf über die Inbetriebnahme und den Betrieb bis hin zum Rückbau.

Die individuelle Festlegung, welche Daten mittels digitaler Zwillinge berücksichtigt werden oder welche Prozesse simulierbar sein sollen, wird heute fast ausschließlich nach technischen Gesichtspunkten vorgenommen. Unabhängig davon wird das Engineering auch zukünftig wesentlich über den ökonomischen Erfolg von Produkten und Services entscheiden. Die Erfolgskriterien sind jedoch einem Wandel unterworfen: Nicht allein Preis, Qualität und Funktionalität eines Produktes sind die Schlüsselfaktoren. Vielmehr werden zunehmend auch die Voraussetzungen für spätere Geschäftsmodelle im Engineering geschaffen, indem begleitende Services und neuartige Möglichkeiten der Produkterweiterung angelegt werden. Hier hat eine aktuelle Studie¹² der PAiCE-Begleitforschung mit der Erweiterung des digitalen Zwillings auf nicht-technischen Daten zukünftige Entwicklungspfade aufgezeigt.

¹² Künzel, Matthias; Kraus, Tom; Straub, Sebastian: Kollaboratives Engineering – Grundzüge und Herausforderungen der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit beim Engineering von Produkten und begleitenden Services; Studie der Begleitforschung zum BMWi-Programm PAiCE; Berlin; Februar 2019. Online verfügbar unter <https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/2019-04-01-paice-studie-engineering.html> (zuletzt abgerufen am 12.11.2019).

4 FuE-Entwicklungen

Rahmenbedingungen

Der im vorigen Kapitel avisierte Umbruch beim Engineering wird durch eine Reihe von Rahmenbedingungen geprägt, die die laufenden FuE-Arbeiten und auch die Weiterentwicklung von Wertschöpfungsprozessen wesentlich auszeichnen:

- Mechanik, Elektronik und Software weisen **völlig unterschiedliche Innovationszyklen und Lebensdauern** auf. Deshalb gilt es, einen wirtschaftlichen Migrationspfad zu beschreiben, der das (Re-)Engineering/Retrofit solcher Investitionsgüter einschließt.
- Das Engineering soll zukünftig, zumindest weitgehend, ohne physische Funktionsmuster bzw. Prototypen auskommen, ist also idealerweise weitgehend bis vollständig softwarebasiert. **Simulation sowie virtuelle, mixed und augmented Reality** werden damit unverzichtbare Schlüsselfähigkeiten.
- Zum Engineering gehört es auch, bereits die **technischen Voraussetzungen für Services** für Diagnose, Wartung etc. zu schaffen, die unter Umständen erst später im Laufe einer iterativen Entwicklung definiert werden. Auch die nachträgliche Implementierung solcher Services im Rahmen von Anlagen-Retrofits kann durch das Engineering unterschützt werden.
- **Künstliche Intelligenz (KI)** wird als neu verfügbare und zu integrierende Fähigkeit im Engineering Berücksichtigung finden. Besondere Herausforderungen an die aktuell verfügbaren Methoden des maschinellen Lernens entstehen allerdings aus der (auch zukünftig) beschränkten Zahl von verfügbaren Daten, insbesondere in industriellen Anwendungen. KI-basierte Verfahren werden zwar zunehmend, etwa für die Überwachung und die vorausschauende Wartung von repetitiven Maschinenabläufen und -prozessen, eingesetzt. Jedoch handelt es sich dabei fast immer um Anwendungen des maschinellen Lernens auf Fälle, für die es ausreichend Referenzdaten gibt. Um wesentliche Fortschritte etwa bei der „Online“-Prozessoptimierung für komplexere Systeme und eine entsprechende Robustifizierung zu erreichen, müssen datenbasierte Ansätze des maschinellen Lernens mit wissens- bzw. modellbasierten algorithmischen Ansätzen kombiniert und zielgerichtet eingesetzt werden. Dies ist aufgrund der typischerweise knappen Datenlage, die durch vorübergehende Zustände, rückgeführte Steuer-Inputs und sich ändernde Prozessbedingungen erzeugt wird, unumgänglich und erfordert zielgerichtete Untersuchungen sowohl im Bereich der Grundlagenforschung als auch der angewandten Forschung. Vielversprechende Ansätze gibt es hier im Bereich des bestärkenden Lernens (Reinforcement Learning).
- Neben technischen Fragestellungen sind Forschungsaufgaben im Bereich der **Arbeitswissenschaften** zu beleuchten: Heterogene Teams, Agilität und quasiparallele Arbeit stellen neue Herausforderungen dar.
- Die Frage der Datenhaltung im zukünftigen Engineering zeigt beispielhaft die **enge Interaktion zwischen den Betrachtungsebenen**. Hier werden sowohl technische Aspekte als auch wirtschaftliche und rechtliche Faktoren über die zukünftige Entwicklung entscheiden. Sowohl **Plattformkonzepte** als auch **Peer-to-peer-Lösungen** erscheinen erfolgversprechend und gehen jeweils mit prinzipbedingten Vor- und Nachteilen einher.

FuE-Trends

Eine aktuelle Analyse der europäischen FuE-Aktivitäten im Kontext Engineering liefert ein sehr breites Spektrum von laufenden Verbundprojekten. Aus der Detailbetrachtung ausgeschlossen wurden in einem ersten Schritt Projekte im Bereich Biotechnologie („tissue engineering“ etc.) sowie Projekte im Bereich Materialwissenschaften/Nanotechnologien. Im verbleibenden Projektpool zeichnen sich folgende Schwerpunktthemen ab:

- Simulation und Analyse (in der Regel im Kontext bestimmter Anwendungen) einschließlich Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit,
- Softwareentwicklung (z. B. Software-as-a-Service, Testing),
- Engineering für ausgewählte Anwendungsfelder,
- Projekte mit Bezug zur additiven Fertigung.

Im europäischen Maßstab ist auffällig, dass sich die Forschung stark auf Produktionstechnik in einem weiten Branchenspektrum konzentriert. Neue Verfahren wie Additive Manufacturing sind stark verbreitete Themen. Engineering-Aspekte werden in solchen Projekten eher am Rande mitbetrachtet, nicht aber als Kern eines Projekts. Hier zeigt sich auch die unterschiedliche Herangehensweise: In Deutschland wurde der Grundstein durch Industrie 4.0 aus der Informatik herausgelegt. In den anderen europäischen Staaten steht das Wiedererstarken der Fertigungstechnik im Mittelpunkt (vgl. l'Alliance industrie du futur, europäische Vanguard-Initiative). Fokussierte Engineering-Projekte, wie sie im Technologieprogramm PAiCE gefördert werden, sind daher auf europäischer Ebene kaum vertreten.

Eine Initiative und zwei Projekte auf europäischer Ebene mit Bezug zu Engineering und PAiCE seien an dieser Stelle vorgestellt:

PPP Factories of the Future (PPP-FoF)

Webseite: www.effra.eu

Diese Public-Private-Partnership auf europäischer Ebene wurde 2008 gestartet. Seitdem wurden mehr als 200 Verbundprojekte mit mehr als 1.000 Partnern durch das 7. EU-Forschungsrahmenprogramm und Horizon 2020 im Rahmen von „Factories of the Future“ gefördert. Die private Seite wird durch European Factories of the Future Research Association (EFFRA) vertreten, in der etwa hundert Unternehmen, Forschungseinrichtungen sowie Vereine und Cluster als Mitglieder vertreten sind. Das übergeordnete Ziel der PPP besteht darin, die Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit der Industrie in der Europäischen Union durch Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsmaßnahmen zu verbessern, die zur Entwicklung neuer wissensbasierter Produktionstechnologien und -systeme in mehreren Sektoren führen.

Die im März 2019 veröffentlichte Vision für eine Produktionspartnerschaft in Horizon Europe stellt für das verarbeitende Gewerbe Prioritäten heraus, die unter der gemeinsamen Überschrift „Co-Creation durch verarbeitende Ökosysteme“ zusammengefasst sind:

- exzellente, verantwortungsbewusste und intelligente Fertigungssysteme,
- geringer ökologischer Fußabdruck und Kreislaufwirtschaft,
- kundenorientierte Wertschöpfungsnetzwerke.
- parallele Produkt- und Fertigungstechnik,
- Innovation durch Menschen.

Die technologischen Schwerpunkte werden dabei in den folgenden Feldern gesetzt:

- fortschrittliche, intelligente Material- und Produktverarbeitungstechnologien und Prozessketten (additive Fertigung, Fügen, Formen, Strukturieren, Oberflächenschneiden usw.),
- intelligente mechatronische Systeme, Geräte und Komponenten,
- intelligentes und autonomes Handling, Robotik, Montage- und Logistiktechnologien,
- Recyclingtechnologien und Lebenszyklusanalysen,
- Energie- und Stromversorgungstechnologien: Speicher-, Verteilungs- und Verwaltungslösungen,
- Simulation und Modellierung (digitale Zwillinge), die die Materialverarbeitungsebene bis hin zum Fertigungssystem sowie die Fabrik- und Wertschöpfungsnetzwerkebene abdecken,
- robuste und sichere industrielle Echtzeit-Kommunikationstechnologien und verteilte Steuerungsarchitekturen.
- Datenanalyse, künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen und Bereitstellung digitaler Plattformen für das Datenmanagement und den Datenaustausch,
- neue geschäftliche und organisatorische Ansätze, einschließlich Verknüpfungen mit regulatorischen Aspekten wie Sicherheit, Dateneigentum und Haftung.

Derzeit werden aus den oben genannten Elementen Schwerpunktmaßnahmen abgeleitet, um die erforderlichen Forschungs- und Innovationsmaßnahmen zu detaillieren und zu priorisieren.

Weitere Informationen:

www.effra.eu/sites/default/files/190312_effra_roadmapmanufacturingppp_eversion.pdf

Future Directions of Production Planning and Optimized Energy and Process Industries (FUDIPO)

Webseite: www.fudipo.eu

- Koordinator: Maelardalens Hoegskola, Hogsskolenplan 1, 72123 Västerås, SWE
- Insgesamt elf Verbundpartner (deutsche Beteiligung: Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau Bayreuth)
- Laufzeit: 01.10.2016 bis 30.09.2020

Das Projekt adressiert – im Unterschied zu den PAiCE-Projekten – die energieintensive Prozessindustrie (Zielbranchen: Raffinerien, Keramikindustrie, Papierindustrie, Chemieindustrie). Das Projekt kann somit komplementäre Erfahrungen zu den PAiCE-Projekten liefern. Zusätzlich werden im Projekt FUPIDO auch Energieaspekte berücksichtigt.

Das Projekt integriert maschinelle Lernfunktionen im großen Umfang in verschiedenen kritischen Prozessindustrien. Damit sollen signifikante Verbesserungen der Energie- und Ressourceneffizienz sowie eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit ermöglicht werden.

Das Projekt wird drei größere standortweite Systemdemonstratoren sowie zwei kleine Technologiedemonstratoren entwickeln. Zu diesem Zweck bringt FUDIPO fünf Endverbraucherindustrien in den Sektoren Zellstoff und Papier, Raffinerie und Stromerzeugung, eine Automatisierungsindustrie (LE), zwei Forschungsinstitute und eine Universität zusammen. Als Ergebnis wird ein Satz von Werkzeugen für Diagnose, Datenabgleich und Entscheidungsunterstützung, Produktionsplanung und Prozessoptimierung einschließlich modellbasierter Steuerung angestrebt. Die Vorgehensweise besteht darin, physikalische Prozessmodelle zu konstruieren, die dann kontinuierlich mit „guten Daten“ und „schlechten Daten“ zur Fehlerdiagnose angepasst werden. Nach dem maschinellen Lernprozess kann die Klassifizierung von Daten automatisiert werden. Bediener und Prozessingenieure interagieren mit dem System, um die Systemleistung zu erlernen und zu verbessern. Die Plattform soll eine offene Plattform als Basisfunktionalität sowie erweiterte Funktionen als Add-ons umfassen. Die Basisplattform kann mit großen Automatisierungsplattformen und Datenbanken verbunden werden. Die Modellbibliothek wird auch verwendet, um die Auswirkungen von Prozessänderungen zu bewerten. Durch den Einsatz bewährter Simulationsmodelle mit neuen Komponenten und die Anbindung an das entwickelte Prozessoptimierungssystem entsteht ein genaues Bild von den tatsächlichen Betriebsabläufen der modifizierten Anlage.

RE-manufaCturing and Refurbishment LARge Industrial equipMent

Webseite: noch nicht verfügbar

- Koordinator: HARMS & WENDE GmbH & Co. KG; DE
- Insgesamt 21 Verbundpartner (davon drei deutsche)
- Laufzeit: 01.10.2019 bis 31.03.2023

Die Idee von RECLAIM ist es, Technologien und Strategien für die Sanierung großer Industrieanlagen zu demonstrieren. Im Rahmen des Projektes werden IoT-Sensoren, neuartige Vorhersage- und Prozessoptimierungstechniken genutzt, um die Lebensdauer der Maschine zu verlängern und damit die Produktivität zu steigern. Innovative Fog-Computing- und Augmented-Reality-Techniken werden mit verbesserten Methoden zur Überwachung des Anlagenzustands sowie zur Fehlerinspektion und -diagnose kombiniert, die den effektiven Materialeinsatz sowie die Wartungskapazitäten optimieren und letztendlich wirtschaftliche Verbesserungen erreichen sollen. Das Projekt wird in fünf realen Industrieumgebungen demonstriert, um den Lebenszyklus der Industrieanlagen zu bewerten und die Machbarkeit des Ansatzes für die Integration und Skalierung auf andere Industriesektoren aufzuzeigen.

Das Projekt ist kurze Zeit vor dem Redaktionsschluss dieser Publikation gestartet. Eine weitere Verfolgung dieses Projektes im Rahmen der Begleitforschung von PAiCE ist beabsichtigt.

5 Projekte

Alle vier PAiCE-Projekte in dem Themencluster Engineering leisten wichtige, praxisnahe Beiträge zu industriepolitischen Schlüsselthemen. Die Projekte zeigen, wie mit den Herausforderungen in der betrieblichen Praxis, etwa fehlenden standardisierten Datenformaten und implementierten Erfassungsmethoden, umgegangen werden kann und wie digitale Unterlagen in bestehenden Produktionsanlagen eingesetzt und ausgetauscht werden können. Auch die Potenziale der Migration bestehender Produktionsanlagen gilt es zu berücksichtigen.

Der Fortschritt der sechs Förderprojekte seit Beginn des Technologieprogramms PAiCE wird auf den folgenden Seiten dargestellt.

DEVEKOS



Durchgängiges Engineering für sichere, verteilte und kommunizierende Mehrkomponentensysteme

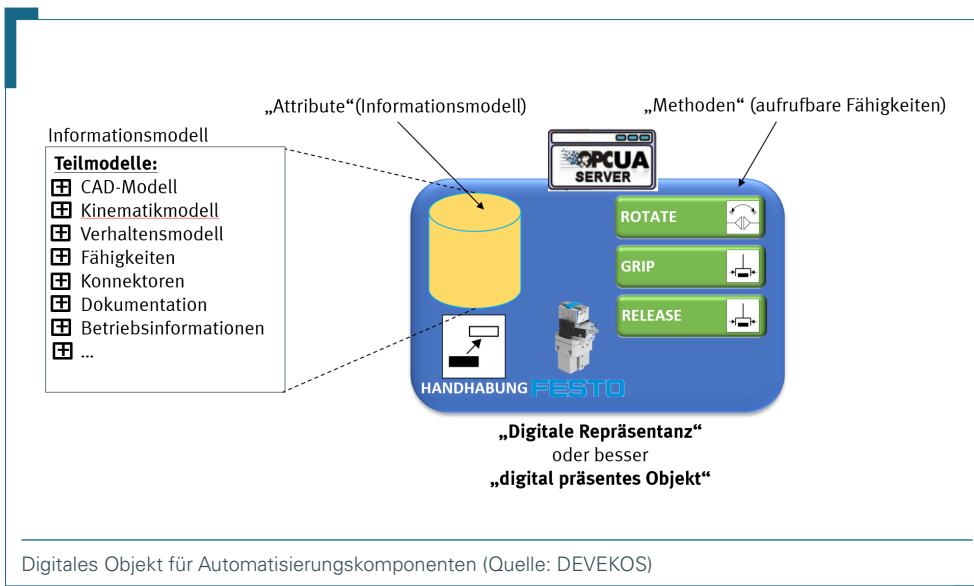
Kurzsteckbrief

Ziel des Projekts DEVEKOS ist es, herstellerübergreifende Standards für sämtliche zur Automatisierung von Maschinen oder Anlagen beitragenden Komponenten zu entwickeln, um Engineering- und Produktionsprozesse intelligenter, flexibler und effizienter zu machen. Die Automatisierungskomponenten sollen automatisch und in Echtzeit herstellerübergreifend zusammenarbeiten. Dafür will das Projekt standardisierte Schnittstellen schaffen, die auch eine effiziente Zusammenarbeit in der Entwicklung zwischen den Gewerken Vertrieb, Mechanik, Elektrik und Software ermöglichen.

www.devekos.org

Aktuelles aus dem Projekt

Kern der technologischen Entwicklungen für die Industrie 4.0 ist, die Automatisierungskomponenten und die daraus zusammengesetzten Maschinen und Anlagen als digitale Objekte zu begreifen. Diese digitalen Objekte beschreiben sich in einem Informationsmodell selbst und bieten ausführbare Fähigkeiten zur Ansteuerung an. Diese neue technische Sicht auf Automatisierungssysteme bietet enormes herstellerübergreifendes Standardisierungspotential und wird dazu beitragen, die Engineering- und Produktionsprozesse intelligenter, flexibler und effizienter zu machen. Im Projekt DEVEKOS werden solche digitalen Objekte für Automatisierungskomponenten und daraus zusammengesetzte Systeme für die Engineeringphase in AutomationML und die Betriebsphase in OPC UA entwickelt. Auf dieser Basis baut das Konsortium vollständige objektbasierte Maschinenarchitekturen und demonstriert dies in praxisnahen Beispielen.



Neue, objektbasierte Maschinenarchitektur: Nachdem 2018 die erste objektbasierte OPC UA Maschinenarchitektur im VDMA OPC UA Demonstrator realisiert wurde, geht es in DEVEKOS aktuell vor allem darum, die neue objektbasierte I4.0-Maschinenarchitektur in den Anwendungsprojekten bei den Maschinenbau-Partnern umzusetzen. Die virtuelle Inbetriebnahme steht im Mittelpunkt des Anwendungsprojektes der Harro Höfliger Verpackungsmaschinen GmbH. Um die Durchlaufzeiten im Engineeringprozess zu verkürzen, soll der CODESYS Depictor des Projektpartners 3S evaluiert werden. Hierfür wurde ein Teilprozess einer Harro Höfliger Anlage digital modelliert und virtuell in Betrieb genommen. Die Plattform „ourplant“ der Häcker Automation GmbH verfolgt das Ziel, einen Online-Store anzubieten, in welchem Maschinen konfiguriert und erworben werden können. Im Anwendungsprojekt werden hierfür integrierte Antriebskomponenten zur Verfügung gestellt. Diese passen nahtlos in die OPC-UA-Architektur.

Die Komponentenhersteller im Konsortium entwickeln intensiv neue, konsequent digital gedachte Automatisierungskomponenten, die dank integrierter CPU ihr digitales Objekt (technisch realisiert über OPC UA) direkt auf der Komponente tragen. Durch die Zusammensetzung zu Mehrkomponentensystemen werden völlig neue, flexible und verteilte Steuerungsarchitekturen in Maschinen möglich werden. Die OPC-UA-basierte Kommunikationslösung der neuen Architektur ist bisher noch nicht echtzeitfähig und verursacht einen nicht unerheblichen Ressourcenverbrauch auf industriellen Steuerungen. Das Konsortium arbeitet an einer Weiterentwicklung mit Hilfe des 2018 veröffentlichten Teil 14 des OPC-UA-Standards „Publish-Subscribe“ (PubSub). Dazu ist DEVEKOS auch Gründungsmitglied der neuen VDMA-Arbeitsgruppe SOArc (Service oriented architecture for real time control).

Neues, durchgängiges Engineering: Die herstellerübergreifende Standardisierung der Fähigkeiten von Automatisierungskomponenten wird vom Konsortium weiter betrieben. Dazu wird aktuell gemeinsam mit dem VDI die Gründung einer Arbeitsgruppe sondiert. Für die digitale Beschreibung von Automatisierungskomponenten setzt DEVEKOS auf die Standardisierung des AutomationML e. V. und arbeitet dort aktiv in Arbeitsgruppen mit. Auf dieser Basis werden in DEVEKOS AutomationML-Beschreibungen für Automatisierungskomponenten erstellt. Diese Beschreibungsmodelle sollen von Engineeringtools herstellerübergreifend verwendet werden können. So soll die Zusammenarbeit mit Hilfe des durchgängigen Engineerings über die Entwicklungsdomänen im Maschinenbau hinweg einfacher und effizienter werden. In Zusammenarbeit mit den Anwendern wird am fortiss ein Pilot-Engineeringtool entwickelt, mit dessen Hilfe in der frühen Engineeringphase ein Maschinenkonzept entworfen und über AutomationML in die Domänen zur Ausarbeitung übergeben werden kann. CODESYS engagiert sich für die 3D-Simulation zur virtuellen Inbetriebnahme.

Konsortium

FESTO AG & Co. KG (Konsortialführung), ASYS Automatisierungssysteme GmbH, CODESYS GmbH, elrest Automationssysteme GmbH, fortiss GmbH, Häcker Automation GmbH, Harro Höfliger Verpackungsmaschinen GmbH, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, NewTec GmbH, SCHAEFF Maschinen GmbH & Co. KG, Softing Industrial Automation GmbH, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart

Ansprechpartner

Johannes Hoos, FESTO AG & Co. KG
johannes.hoos@festo.com

EMuDig 4.0

EMuDig4.0

Effizienzschub in der Massivumformung durch Integration digitaler Technologien im Engineering der gesamten Wertschöpfungskette

Kurzsteckbrief

EMuDig 4.0 will in der Massivumformung eine Vernetzung zwischen Herstellungsprozess, Produktinformationen, Maschinen, Anlagen und Werkzeugen ermöglichen. Dazu werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette digitale Technologien und Methoden integriert, die den besonderen Anforderungen rund um die Schmiedetechnologie genügen. Ziel ist es, durch Analyse der generierten Produktionsdaten weitere Erkenntnisse über den Prozess zu gewinnen und damit die Gesamtanlageneffizienz zu steigern.

www.massivumformung.de/forschung/emudig-40

Aktuelles aus dem Projekt

Im Projektschwerpunkt „Predictive Maintenance“ wurden weitere Erkenntnisse zum Einsatzverhalten und zur Instandhaltung der Schmiedepressen erlangt, die beim Condition Monitoring System der SMS group GmbH bei den Anwendungspartnern Hirschvogel Automotive Group und OTTO FUCHS KG zum Einsatz kamen. Hierzu wurden die Aggregate erneut mit weiterer Hardware, insbesondere Sensorik, ausgestattet. Die Überwachung der Maschinenfunktion und die Vorhersage der nächsten Reparatur sind nun in Echtzeit über einen Webbrowser möglich. Aufgrund der positiven Ergebnisse wird momentan versucht, die Effektivität der Schmiedepressen weiter zu erhöhen.

Im Entwicklungsschwerpunkt „Predictive Quality“ wurde am Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH) der Technischen Universität Dresden zunächst ein Konzept für eine Factory Cloud erstellt und auf die Anforderungen der Anwendungspartner angepasst. Darauf aufbauend wurde die erforderliche Hardware-Infrastruktur bei den Anwendungspartnern erweitert. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) der Universität Stuttgart wurden Routinen entwickelt, die das Zusammenführen und Strukturieren von Prozessdaten aus einer Vielzahl von Maschinen- und Anlagendaten ermöglichen. Dies erfolgt über eine Web-Applikation. Mithilfe einer weiteren App können unterschiedliche, statistische Datenanalysen durchgeführt werden, die es dem Anwender erlauben, eine Datenanalyse über die gesamte Prozesskette durchzuführen und somit datenbasierte Aussagen zwischen Prozessparametern und Produkteigenschaften zu treffen. Als Anwender werden z. B. die Arbeitsvorbereitung oder die Konstruktion angesehen. Aktuell finden Optimierungen des Systems statt, um eine höhere Bedienerfreundlichkeit zu erreichen.

Durch den Einsatz eines selbstlernenden Modells wurde außerdem in Zusammenarbeit des IAS mit dem Anwendungspartner OTTO FUCHS KG ein Assistenzsystem für das Produktionsumfeld entwickelt und eintrainiert. Auf Basis der erreichten Bauteilqualität wird dem Maschinenbediener während der Produktion vorgeschlagen, wie die Maschineneinstellung zu ändern ist, um die Qualität zu optimieren. Das System wird momentan im realen Produktionsumfeld getestet und weiterentwickelt. Die Erweiterung der zu berücksichtigenden Maschinenparameter stehen dabei im Vordergrund.



Einsatz des Assistenzsystems für Maschinenbediener in der Schmiede der OTTO FUCHS KG
(Quelle: Otto Fuchs)

Als Testumgebung wurde an der Universität Stuttgart am Institut für Umformtechnik (IFU) eine Modellfabrik aufgebaut. Hier wurde zur Rückverfolgung einzelner Aluminiumteile der Einsatz von Lasermarkierungen untersucht. Die prinzipielle Eignung wurde dabei unter Beweis gestellt. Begrenzende Merkmale für den Einsatz in einer hochproduktiven Umgebung sind aktuell noch Taktzeiten wie auch Kundenabsprachen zu Akzeptanz solcher Markierungen. Darüber hinaus wurden die aufgezeigten Assistenzsysteme sowie die Cloud-Konnektivität in erster Linie in der Modellfabrik prototypisch entwickelt. Ebenso wurden Augmented-Reality-Brillen für den Einsatz von Assistenzsystemen eingesetzt und getestet.

Im Schwerpunkt „Produktionswerkzeuge“ hat die Fachhochschule Südwestfalen einen digitalen Werkzeugpass als Assistenzsystem realisiert. Ziel ist die Verbesserung der sogenannten Standmengenprognose, damit über die prognostizierte, verbleibende Werkzeuglebensdauer ein sicheres Abarbeiten eines Fertigungsauftrages ohne Werkzeugausfall erfolgen kann. Neben dem reinen Werkzeugverschleiß werden auch Schmiermittelsprühmengen und Produktionsunterbrechungen berücksichtigt. Das System befindet sich derzeit in der Erprobung beim Anwendungspartner Hirschvogel Automotive Group.

Konsortium

OTTO FUCHS KG (Konsortialführer), Hirschvogel Automotive Group, SMS group GmbH, FH Südwestfalen – Labor für Massivumformung, Universität Stuttgart – Institut für Umformtechnik und Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme, TU Dresden – Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH)

Ansprechpartner

Lukas Kwiatkowski, OTTO FUCHS KG
Lukas.Kwiatkowski@otto-fuchs.com

INTEGRATE

Offene Plattform für kooperatives Engineering



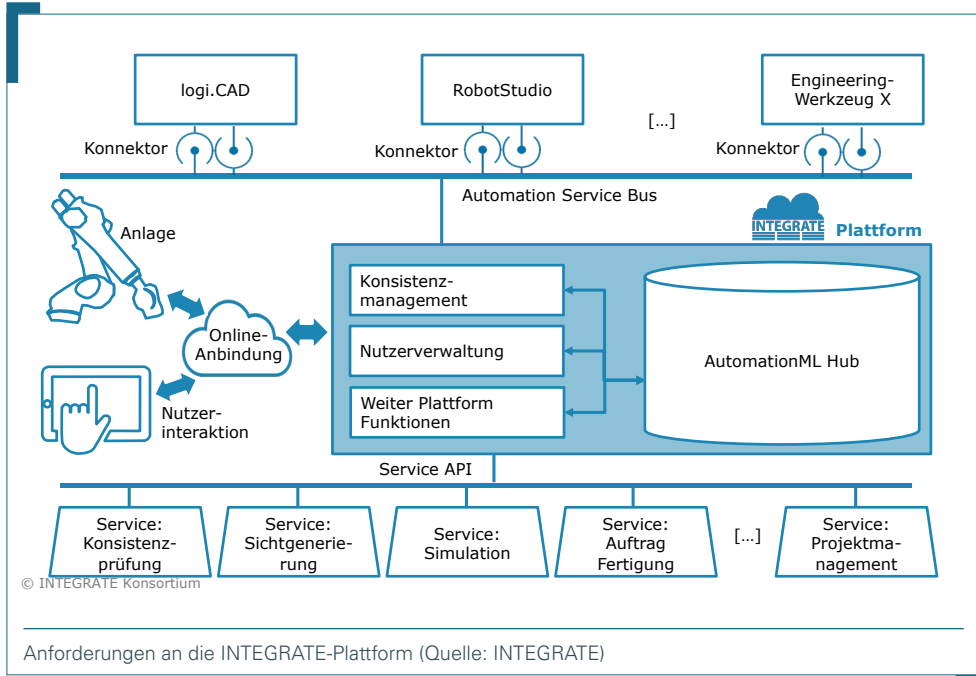
Kurzsteckbrief

Im Projekt INTEGRATE wird eine offene Plattform für unternehmens- und herstellerübergreifendes kooperatives Engineering entwickelt. Alle an einem Produktionsprozess beteiligten Engineering-Werkzeuge können über die Plattform miteinander kommunizieren und so sicher und synchron Daten austauschen, Drittanbieter können eigene Dienste anbieten und integrieren. Grundvoraussetzungen wie Datensicherheit und Rechte-Management werden von der Plattform gesteuert. Der Entwurfsprozess soll so deutlich flexibler und schneller werden.

www.integrate.ovgu.de

Aktuelles aus dem Projekt

Innerhalb der aktuellen Projektphase sind die gesammelten Anforderungen an die INTEGRATE-Plattform in die Spezifikation und die prototypische Realisierung der Plattform eingeflossen. Im Mittelpunkt stand dabei die Umsetzung der aufgestellten Szenarien, welche die INTEGRATE-Plattform unterstützen soll. Diese Szenarien dienen dem Engineering von Anlagen, die sich sowohl vertikal als auch horizontal in Industrie-4.0-Umgebungen integrieren sowie die Einbindung von Drittanbietern in Engineering-Umgebungen über offene Service-Schnittstellen erlauben.



Anforderungen an die INTEGRATE-Plattform (Quelle: INTEGRATE)

Im Wesentlichen besteht die erarbeitete Architektur aus vier Komponenten. Dies sind die Shared Services, der Webserver inklusive REST Framework, die INTEGRATE-Plattform Logik und die INTEGRATE REST Ressource Implementation. Insbesondere die REST API-Schnittstelle stellt den technischen Zugang dar, an den sich die unterschiedlichen Beteiligten am Engineering an die INTEGRATE-Plattform anschließen können. Dabei wurde an der Implementierung des technischen Kerns und der Konzipierung und Implementierung von Diensten, die über die INTEGRATE-Plattform angeboten werden können, gearbeitet. Ein Beispiel hierfür sind Dienste, die die Authentifikation und Autorisierung über die Plattform übernehmen. Sowohl die Funktion der Plattform, die Schnittstelle als auch die von der Plattform angebotenen Dienste wurden durch ein für den AutomationML-Editor entwickeltes Plugin getestet. Dieses INTEGRATE-Plugin für den AutomationML-Editor ermöglicht eine Anbindung zwischen der INTEGRATE-Plattform und dem AutomationML-Editor und bietet Funktionen zum Laden, Editieren und Hochladen von AutomationML in die INTEGRATE-Plattform.

Auf dieser technischen Basis wurden unterschiedliche Erprobungsszenarien für den industriellen Einsatz der INTEGRATE-Plattform getestet. Im Fokus stand dabei das Szenario „Engineering-Plattform“ für das Automation-Engineering. Hierbei werden der Datenaustausch, die Konsistenzhaltung und die simulative Absicherung von Planungsständen aus Werkzeugen der Elektro-, Antriebs- und Automatisierungsplanung mit Hilfe der INTEGRATE-Plattform realisiert. Als weiterer Use Case im Rahmen des Szenarios „Engineering-Unterstützung“ wurde die Verwendung der INTEGRATE-Plattform zur Visualisierung von Änderungen in Virtual-Reality-Szenen getestet, die im Rahmen der Layoutplanung von Anlagen ausgetauscht werden.

Parallel zu den technischen Arbeiten präsentierten die Konsortialpartner der Öffentlichkeit die prototypische Realisierung der INTEGRATE-Plattform für den angestrebten Datenaustausch. Die Präsentation fand unter anderem im Oktober 2018 auf der 5. AutomationML User Conference und den Tagen der Digitalen Technologien im Mai 2019 statt. Interessierte Nutzer konnten im Rahmen eines Workshops auf der 5. AutomationML PlugFest eigene Konnektoren zur Plattform entwickeln. Weiterhin werden die Ergebnisse des Projektes über die Industrial Interest Group (I3G) öffentlich gemacht. So steht den Mitgliedern der I3G ein Zugang zur Cloud-basierten INTEGRATE-Plattform zu Testzwecken zur Verfügung.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die entwickelte Lösung in den vielfältigen Anwendungsfeldern des Engineerings, bei denen ein zuverlässiger Datenaustausch in einer heterogenen Werkzeuglandschaft nötig ist, eingesetzt werden kann. Beispiele für eine Anwendung mit einem hohen Innovationspotential sind die Antriebsauslegung im Rahmen des klassischen Engineering-Workflows, die Roboterplanung oder die Verwendung von VR-Technologien bei der Layoutplanung.

Konsortium

inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH (Konsortialführung), ABB AG, FZI Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie, logi.cals automation solutions & services GmbH, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Ansprechpartner

Daniel Wolff
INPRO Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH
daniel.wolff@inpro.de

VariKa



Vernetztes Produkt- und Produktions-Engineering am Beispiel variantenreicher Fahrzeugkarosserien

Kurzsteckbrief

Autos werden heute mit zahlreichen Individualisierungsmöglichkeiten angeboten. Diese Optionen beeinflussen auch den Bauraum der Batterie – so braucht ein hybrid angetriebenes Fahrzeug einen anderen Batterieträger als ein rein batterieelektrisch betriebenes Fahrzeug. Im Projekt VariKa werden Methoden entwickelt, mit denen eine variantenreiche Fertigung geringer Stückzahlen wirtschaftlich umsetzbar ist. Entwickelt, erarbeitet und erprobt werden diese Methoden anhand eines variantenreichen Batterieträgers und der zugehörigen Prozesskette. Der Batterieträger entsteht in Mischbauweise aus bearbeiteten Halbwerkzeugen und 3D-gedruckten Verbindungselementen. Die im Projekt entwickelten Methoden erlauben, eine Schwingfestigkeitsbewertung an additiv gefertigten Bauteilen unter Berücksichtigung der Fertigungseinflüsse sowie die Bewertung von Schweißverbindungen zwischen additiv gefertigten Knoten und Metallprofilen durchzuführen. Eine Bewertung von einfachen crashartigen Belastungen rundet die Methodenentwicklung ab. VariKa demonstriert, welche Potenziale die Kombination aus additiver Fertigung („additive manufacturing“, AM) mit vorrichtungslosem Fügen für die Fertigung von Fahrzeugkomponenten besitzt.

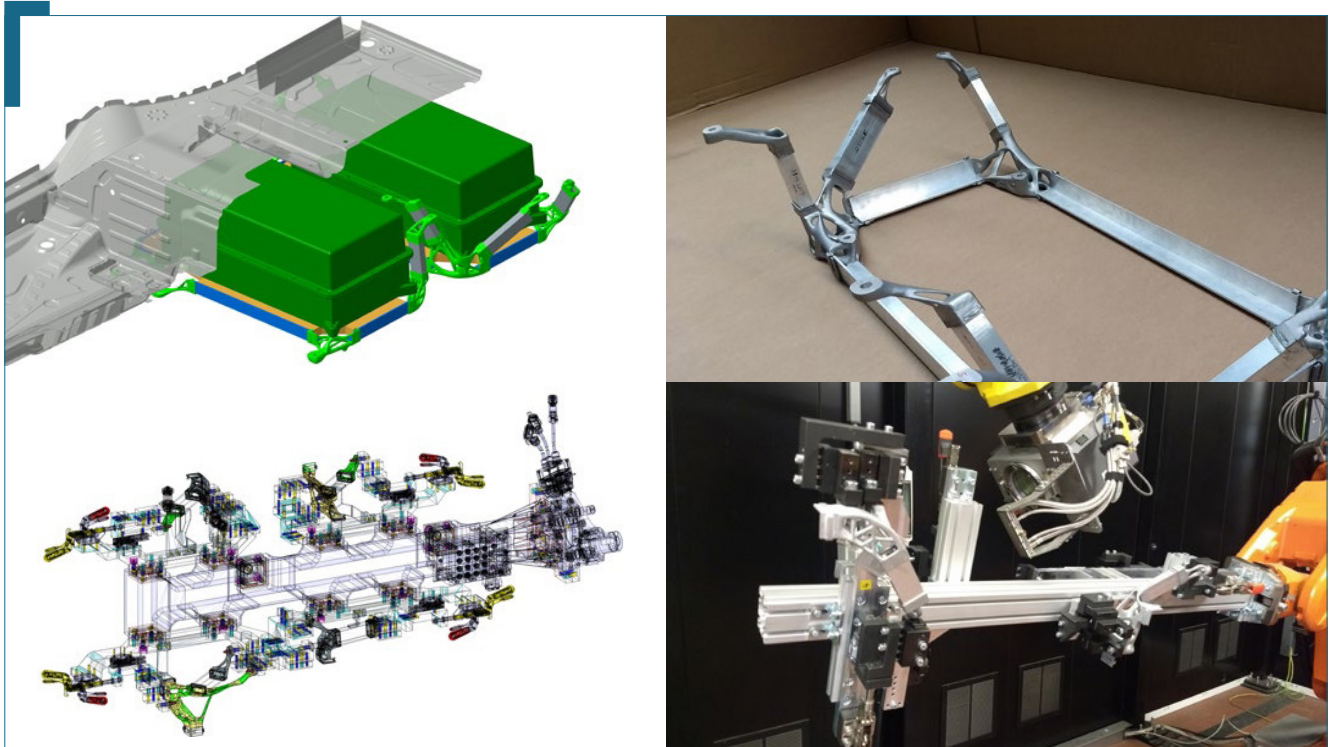
www.varika.de

Aktuelles aus dem Projekt

In der ersten Projektphase wurde die Konzeptkonstruktion des gesamten Batterieträgers abgeschlossen und eine Hilfsvorrichtung zu dessen Aufnahme im Dauerlaufversuch konstruiert und angefertigt. Seither lag der Fokus auf den technologischen Randbedingungen wie der Modellierung des AM-Werkstoffs AlSi10Mg, der fertigungsgerechten Gestaltung der Bauteile sowie der Optimierung der erforderlichen Fügevorgänge.

Erfahrungen aus Praxistests: In mehreren Iterationsschleifen aus AM-Fertigung und Fügeversuchen wurden wertvolle Erkenntnisse über die fügegerechte Gestaltung vor allem der AM-Bauteilgeometrien gewonnen: Das vorrichtungslose Fügen erfordert teilweise weniger komplexe Geometrien zur Sicherstellung einer definierten Bauteilposition. Gleichzeitig lassen sich nicht alle wünschenswerten Positionierhilfen in jeder Fertigungsposition eines Bauteils realisieren. Dies erfordert spezifische AM-taugliche Geometrien, die vorzugsweise unabhängig von der Baurichtung realisierbar sind. Parallel erfolgten Versuchsreihen zur Ermittlung geeigneter Schweißparameter zum Fügen der AM- und stranggepressten Bauteile. Schliffproben der ausgebildeten Schweißgefüge wurden begleitend im Labor analysiert, deren Ergebnisse flossen in die Arbeiten zur Modellbildung ein.

Ergebnisse aus Computersimulationen: Im Projekt wurde auch die Modellierung des AlSi10Mg-Materials mithilfe von Computersimulationen fortgeführt. Das reine Materialverhalten ist dabei insbesondere im plastischen Teil als anisotrop anzusehen, also als abhängig von der Richtung. Das AM-Material weist in dieser Hinsicht damit eher Eigenschaften von Hölzern statt von Metallen auf. Die Auswirkungen der vorhandenen Poren wurden untersucht und es wurde damit begonnen, ein Modell zur Berücksichtigung der Poren zu entwickeln. Für eine vereinfachte Modellierung und Schwingfestigkeitsbewertung der Laserstrahlschweißten Verbindungen an klassisch gewalzten Aluminiumblechen und additiv gefertigtem Aluminiumstrukturen, werden sogenannte RBE3-Elemente eingesetzt. Die Kalibrierung dieser Modellierung wird in Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Versuchsdaten weitergeführt.



Hinterer Abschnitt des Batterieträgers als CAD-Modell und reales Muster / Quelle: EDAG Engineering GmbH, FFT Produktionssysteme GmbH
 Geometriegreifer zum Fügen von Einzelbauteilen des hinteren Trägerabschnitts als CAD-Modell und reales Muster / Quelle: FFT Produktionssysteme GmbH

Entwicklung variationsreicher Greifer: Der Fertigungspartner FKM konzipierte und realisierte vorrichtunglose Fügeworkzeuge in Form von spezifischen Geometriegreifern, die geometrisch variable Einzelbauteile bzw. Teilabschnitte aufnehmen können und so eine schnelle Adaption der Fertigung an eine Variantenänderung des zu fertigenden Batterieträgers erlauben. Der Roboter positioniert den Greifer und damit die Bauteile dabei optimal für jeden Schweißvorgang. Das Fügekonzept für den gesamten Batterieträger ist zweistufig ausgelegt: Profilabschnitte und AM-Strukturknoten werden zunächst aus Einzelteilen zu Struktur-Teilabschnitten gefügt. Im zweiten Schritt entsteht der komplette Batterieträger durch Verbinden dieser Teilabschnitte.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte: Projektbegleitend wird die Wirtschaftlichkeit des Ansatzes von VariKa, vergleichend mit konventionellen Fertigungs- und Fügemethoden, untersucht. In diese Untersuchung fließen aktuelle Erkenntnisse aus dem Projekt ein. Es zeichnet sich ab, dass die Wirtschaftlichkeit der Mischbauweise additiv und konventionell gefertigter Teile in Kleinserie immer eine Betrachtung des konkreten Einzelfalls erfordert. Je mehr Funktionen im Bauteil integriert werden können, und dadurch Einzelteile und Fügeoperationen entbehrlich werden, desto wirtschaftlicher wird die in VariKa betrachtete Mischbauweise und verschiebt die break-even-Stückzahl nach oben. Geometrie und Abmessung der AM-Bauteile als bestimmende Größen für Zykluszeit und Füllung des zur Verfügung stehenden AM-Bauraums sind daher auch unter AM-spezifischen Fertigungsaspekten aufeinander abzustimmen.

VariKa leistet auch einen Beitrag zur Verbesserung der Durchgängigkeit der digitalen Prozesskette und bewirkt eine deutliche Verkürzung der Rüst-/ Antwortzeiten bei Variantenänderungen des zu fertigenden Bauteils.

Konsortium

EDAG Engineering GmbH (Konsortialführer), Opel Automobile GmbH, FFT Produktionssysteme GmbH & Co. KG, FKM Sintertechnik GmbH, Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Ansprechpartner

Martin Hillebrecht, EDAG Engineering GmbH
martin.hillebrecht@edag.com

Ansprechpartner bei Projektträger und Begleitforschung

Projektträger DLR

Gerd Hembach | gerd.hembach@dlr.de

Dr. Sabine Hemmerling | sabine.hemmerling@dlr.de

Begleitforschung

Leitung der Begleitforschung, Kurzstudien

Peter Gabriel | gabriel@iit-berlin.de

Stellvertretende Projektleitung, Monitoring

Dr. Steffen Wischmann | wischmann@iit-berlin.de

Projektbüro

Nicola Rosenbusch | rosenbusch@iit-berlin.de

Fachgruppe Geschäftsmodelle, Verwertungsunterstützung

Birgit Buchholz | buchholz@iit-berlin.de

Fachgruppe Recht

Sebastian Straub | straub@iit-berlin.de

Fachgruppe Architekturen

Dr. Inessa Seifert | seifert@iit-berlin.de

Dr. Lisa Risch (DIN) | lisa.risch@din.de

Standards, Normen

Dr. Lisa Risch (DIN) | lisa.risch@din.de

Ergebnistransfer

Ute Rosin (LHLK) | u.rosin@lhlk.de

Lynn Rohwer (LHLK) | l.rohwer@lhlk.de

