



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

PAiCE

PAiCE-Monitor 2018

Kurzfassung

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Stand

März 2019

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

Bildnachweis

getty Images

Jorg Greuel / Titel

Westend61 / S. 4, S. 11

yoh4nn / S. 9

iStockphoto

izusek / S. 6

Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Referat Öffentlichkeitsarbeit

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice:

Telefon: 030 182722721

Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Inhalt

Einleitung	2
Cluster Robotik – Servicerobotik für Industrie, Dienstleistung und Endkunden	3
Cluster 3D – Additive Fertigung in der Produktion	5
Cluster Engineering – Disziplinen- und phasenübergreifendes Engineering für Industrie 4.0	7
Cluster Logistik – Logistiknetzwerke in der Fertigung	9
Cluster Kommunikation – Systemarchitekturen für die industrielle Kommunikation	11
Ansprechpartner bei Projektträger und Begleitforschung	13

Einleitung

Industrie, Forschung und Politik treiben die horizontale und vertikale Vernetzung von Produktion und Logistik mit der Leitvision „Industrie 4.0“ massiv voran. Die umfassende Digitalisierung der Prozesse in Entwicklung, Fertigung, Transport und Nutzung bietet zum einen die Chance, die Effizienz beim Einsatz von Arbeit, Ressourcen und Kapital weiter zu steigern. Zum anderen werden die Möglichkeiten ausgebaut, privaten und gewerblichen Kunden individualisierte Projekte bedarfsgerecht und zeitnah anbieten zu können. Damit wird die Grundlage geschaffen, die internationale Spitzenstellung des produzierenden Gewerbes in Deutschland zu halten und zu stärken.

Mit dem Technologieprogramm PAiCE (Platforms | Additive Manufacturing | Imaging | Communication | Engineering) unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) innerhalb der Digitalen Agenda der Bundesregierung die Umsetzung der Leitvision „Industrie 4.0“ in die unternehmerische Praxis. In 17 Projekten arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen daran, den Einsatz innovativer digitaler Technologien in Produktion und Logistik in großen, praxisnahen Pilotprojekten zu erproben. Die PAiCE-Projekte sind in den Jahren 2016 bis 2018

gestartet und laufen bis zum Jahr 2021. Die über hundert Partner in den Projekten werden vom BMWi mit insgesamt 50 Mio. EUR gefördert. Zusammen mit den Eigenanteilen der Projektpartner hat PAiCE ein Investitionsvolumen von über 100 Mio. EUR.

PAiCE setzt dabei die Arbeit aus den Vorläuferprogrammen Next Generation Media, AUTONOMIK und AUTONOMIK für Industrie 4.0 fort. Dort wurden Basistechnologien für die dezentrale oder sogar autonome Prozesssteuerung in der Industrie erprobt, und es wurde untersucht, welche neuen Anforderungen sich daraus an Geschäftsmodelle, Arbeitsorganisation und die rechtliche Behandlung von Haftung, Zertifizierung und Datenschutz ergeben. Die Projekte in PAiCE gehen jetzt den nächsten Schritt und beschäftigen sich mit dem Aufbau von digitalen Industrieplattformen und der Kollaboration von Unternehmen über diese Plattformen. Sie tun das in fünf Clustern: Robotik, 3D, Engineering, Logistik und Kommunikation. In diesem Bericht werden die Cluster einschließlich ihres Marktumfelds der Start-up-Szene, dem aktuellen Stand der Technik und der Forschungslandschaft vorgestellt.

Cluster Robotik

Servicerobotik für Industrie, Dienstleistung und Endkunden

Gleich sechs Projekte des Technologieprogramms PAiCE widmen sich dem Thema Servicerobotik: Das sind zum einen die Plattformprojekte RoboPORT, ROBOTOP und SeRoNet sowie das Projekt BakeR, in dem ein Baukastensystem für Reinigungsroboter entwickelt wird. Dazu kommen das Projekt QBiiK, das einen autonomen Logistikroboter mit Greifsystem umsetzt, und das Projekt AutARK, in dem ein körpernahes Assistenzsystem für die Mensch-Roboter-Kollaboration in der Montage umgesetzt wird.

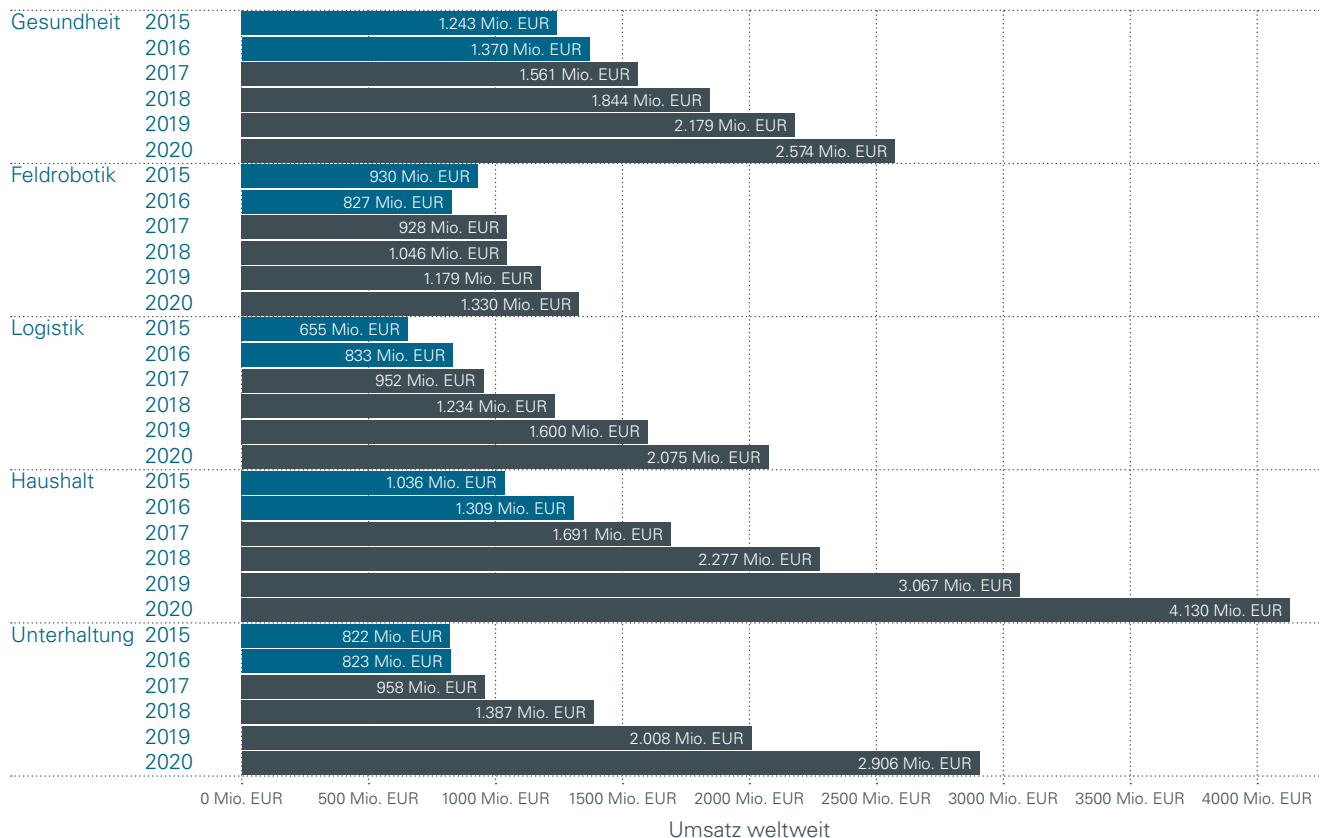
Im Zentrum der Robotik-orientierten PAiCE-Projekte steht die Schaffung von Plattformen für Servicerobotik-Lösungen in den verschiedenen relevanten Anwendungsgebieten. Hintergrund dieser Bemühungen ist, dass für die Erschließung eines Massenmarktes vor allem Anschaffungskosten und der Integrationsaufwand deutlich gesenkt und (intelligente) Fähigkeiten stärker auf die Nachfrage durch die Nutzer ausgerichtet werden müssen.

Marktanalyse

Die Servicerobotik ist ein Wachstumsmarkt. Der internationale Dachverband der Robotik-Industrie und Robotik-Forschungsinstitute, die „International Federation of Robotics“ (IFR), schätzt, dass zwischen 2018 und 2020 weltweit knapp 400.000 Serviceroboter im professionellen – also nicht privaten – und knapp 43 Mio. Serviceroboter im Endkonsumentenbereich zum Einsatz kommen und im selben Zeitraum in den Segmenten jeweils ca. 23 Mrd. bzw. ca. 16 Mrd. EUR umgesetzt werden. Die IFR geht dabei von Wachstumsraten im zweistelligen Prozentbereich in den kommenden Jahren aus.

Betrachtet man die Marktabschätzungen der Servicerobotik im gesamten professionellen (zivilen) Bereich, kristallisieren sich drei Anwendungsgebiete heraus, die ein hohes Marktpotenzial versprechen (siehe Abbildung 1). Die höchsten

Abbildung 1: Marktpotenzial in den fünf umsatzstärksten Segmenten der Servicerobotik



Das Jahr 2018 stellt eine vorläufige Schätzung dar. Die Umsatzzahlen für die Jahre 2019–2021 basieren auf einer Interpolation der geschätzten Gesamtumsätze für die drei Jahre unter Annahme einer konstanten jährlichen Wachstumsrate in den einzelnen Segmenten.

Umsätze wurden 2017 in der Medizin mit knapp 1,6 Mrd. EUR erzielt. Feldrobotik und Logistik zeichnen sich durch ähnlich hohe Marktanteile aus (ca. eine Mrd. EUR in 2017), wobei für die Logistik in den nächsten Jahren ein deutlich stärkeres Wachstum vorhergesagt wird.

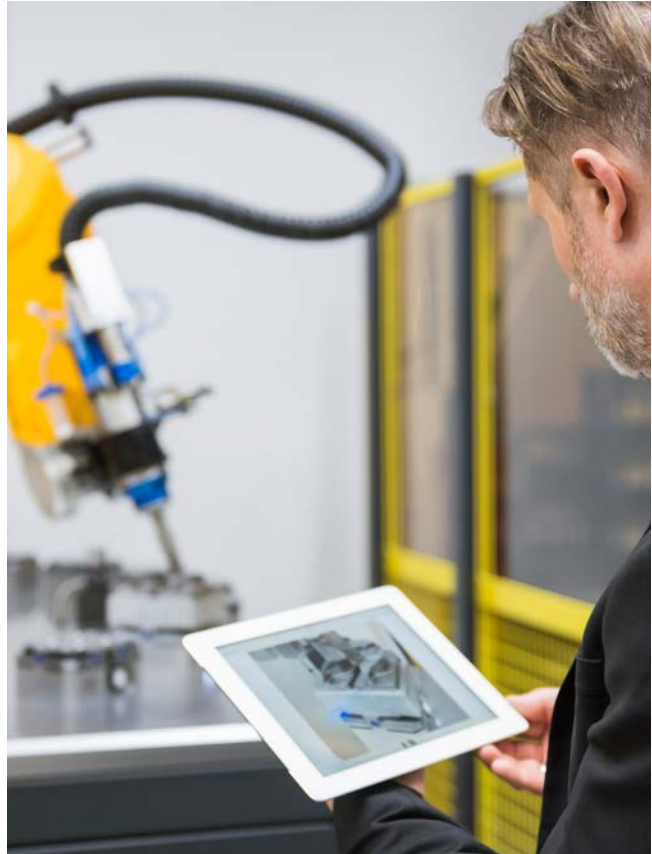
Start-up-Umfeld

Hierzulande wird sehr zurückhaltend in Robotik-Start-ups investiert. Im Vergleich zu Europa fielen im asiatischen Raum die Investitionssummen im Jahr 2016 knapp zweieinhalbmal und im amerikanischen Raum ca. zehnmal so hoch aus. Noch stärker treten länderspezifische Unterschiede auf. Die bekannten Investitionssummen beliefen sich in den USA auf das über hundertfache und in China auf das knapp zwanzigfache von Deutschland.

Auch wenn die Investitionen in Start-ups in Deutschland deutlich geringer ausfallen, existieren in den professionellen Bereichen zahlreiche Start-ups mit teilweise erheblichen Investitionen, der Endkonsumentenmarkt wird jedoch nur von vereinzelt Start-ups adressiert (bspw. Kinematics TinkerBots oder Babybe).

Stand der Technik

Im Bereich **Gesundheit** wurden bedeutende Fortschritte beim Führen von Diagnosegeräten, besonders in der Radiologie und Biopsie, erzielt. Auch in der Rehabilitation erreichen insbesondere Exoskelette mittlerweile einen hohen technischen Reifegrad und sind bereits prototypisch im Einsatz. In der **Feldrobotik** werden erste prototypische Roboter eingesetzt, um eine optimale Aussaat zu erzielen, Bewässerung und Ernte mit autonomen Fahrzeugen durchzuführen, eine intelligente Zaunumsetzung beim Abgrasen der Viehweiden durchzuführen, Gebiete automatisch und regelmäßig mithilfe von Drohnen zu kartografieren, die Tiefsee sowie das Weltall zu erkunden und zu beobachten sowie Wartungsarbeiten durchzuführen. Die größten Fortschritte in den letzten Jahren wurden in der **Logistik** erzielt. Gerade in Lagerhäusern ist der Einsatz von fahrerlosen Transportfahrzeugen mittlerweile weit verbreitet und konnte sich gut am Markt etablieren. Außerhalb von Lagerhallen teilen sich autonome Logistiksysteme sehr häufig Arbeitsbereiche mit dem Menschen. Die Gewährleistung der Sicherheit in der Mensch-Roboter-Interaktion bei gleichzeitig hoher Effizienz stellt eine sehr große Herausforderung dar. Das **Haushaltssegment** dominiert der Staubsaugerroboter. Daneben



werden weitere Einsatzmöglichkeiten für Roboter im Haushalt erprobt, etwa als Haushaltshilfe und Assistent im Alltag, zur Übernahme weiterer Reinigungsarbeiten oder Überwachung (Haus, Kinder, ältere/beeinträchtigte Personen, Haustiere). Dabei handelt es sich aktuell um Prototypen bzw. Nischenprodukte. Im Bereich Unterhaltung wird, neben dem Einsatz als Spielzeugroboter, die Nutzung von einfachen Robotern mit nur wenigen Bewegungsfreiheitsgraden bei Freizeitgestaltung, Unterhaltung und privater Bildung in Kombination mit Multimedia-Services als Schnittstelle zur Cloud erprobt.

FuE-Entwicklungen

Auf europäischer Ebene wurde das bisher größte Budget für Robotik-Projekte von der EU-Kommission bereitgestellt. Das umfangreichste Programm ist die Public-Private-Partnership SPARC. Mit einem Gesamtfördervolumen von 700 Mio. EUR und einem angestrebten zusätzlichen Industriebeitrag von 2,1 Mrd. EUR für den Zeitraum 2014 bis 2020 handelt es sich nach eigenen Angaben um das größte zivile Robotik-Programm der Welt.

Cluster 3D

Additive Fertigung in der Produktion

Die additive Fertigung, im weiteren Verlauf als 3D-Druck bezeichnet, hat in den vergangenen Jahren eine dynamische Entwicklung durchlaufen und erfährt eine große Popularität. Der 3D-Druck steht für mehr Flexibilität in der Produktion, weil die Technologie eine wirtschaftliche Herstellung kleiner Losgrößen, eine schnellere Time-to-Market-Abwicklung in der Produktentwicklung und die Individualisierung von Produkten, etwa Implantaten, ermöglicht. Innerhalb des Technologieprogramms PAiCE sind vier Projekte dem Cluster 3D zugeordnet, von denen sich drei Projekte (Add2Log, DigiKAM, SAMPL) der Entwicklung von Plattformlösungen zur Vernetzung der partizipierenden Akteure in 3D-Druck-Wertschöpfungsnetzwerken widmen. Die drei Projekte sehen jeweils unabhängige und durchgängige Plattformlösungen vor, um die Geschäftsprozesse zwischen Druckauftraggebern, Druckdienstleistern und weiteren Akteuren zu koordinieren. Das vierte Projekt widmet sich der mobilen, dreidimensionalen Datenerfassung für den 3D-Druck von Ersatzteilen und für die Bauteilidentifikation (M3D). Übergreifendes Ziel aller geförderten 3D-Druckprojekte ist die optimale Einbettung von 3D-Drucktechnologien in digitale Wertschöpfungsketten der Industrie 4.0.

Marktanalyse

Der globale Umsatz im Jahr 2016 betrug 5,2 Mrd. EUR und hat sich damit innerhalb eines Vierjahreszeitraums gegenüber 2012 beinahe verdreifacht. Auf den mit Produkten

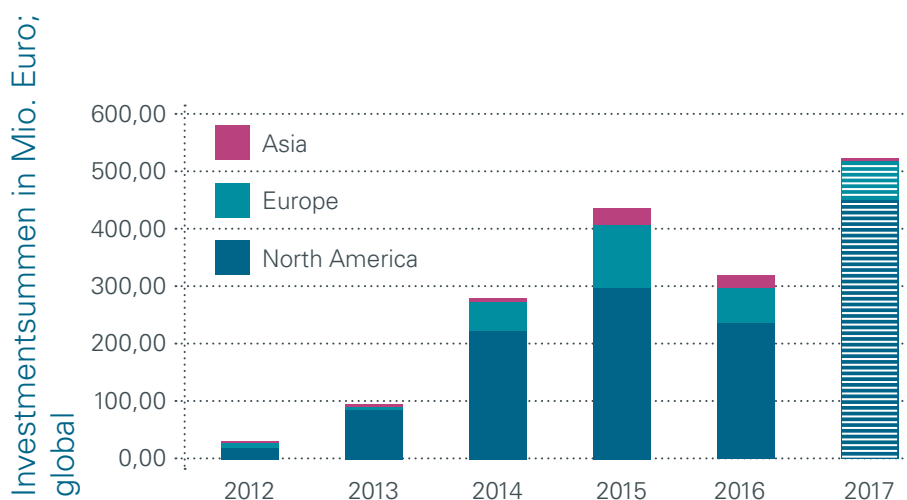
generierten Umsatz – dazu gehören etwa Maschinen, System-Upgrades, Materialien, Software, Laser etc. – entfielen 2016 2,3 Mrd. EUR, von denen 1,5 Mrd. EUR allein auf den Verkauf von 3D-Druckern und deren System-Upgrades zurückgingen. Den größeren Anteil von 2,9 Mrd. EUR setzten 2016 jedoch die 3D-Druck-Dienstleister durch Druckdienstleistungen, Beratungen, Seminare, Ausbildungsangebote und Auftragsforschung etc. um.

Start-up-Umfeld

Die 3D-Druck-Branche, die industrielle Produktionsverfahren und -wege von Grund auf revolutionieren könnte, ist noch sehr jung. Offene technologische Fragestellungen und die Existenz unerschlossener Nischenmärkte bilden einen fruchtbaren Nährboden für die Entstehung von Start-ups.

Seit die globale jährliche Investition zum ersten Mal in 2014 die 100-Millionen-Euro-Marke übertraf, flossen in jedem vollständigen Geschäftsjahr 68 bis 78 Prozent der globalen Gesamtinvestitionen in nordamerikanische Start-ups, die zum allergrößten Anteil aus den USA stammen (siehe Abbildung 2). Der Anteil von Investitionen in europäische Start-ups lag im gleichen Zeitraum dagegen bei 18 bis 25 Prozent und der in asiatische Start-ups bei 2 bis 7 Prozent. Auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau bewegten sich 2014 bis 2016 gemäß den vorliegenden Daten die Investitionen in deutsche Start-ups (2014: 2,6 Mio. EUR,

Abbildung 2: Globale Investitionsaufkommen 2012 – 2016, Jan. 2017 – Nov. 2017



2015: 7,9 Mio. EUR, 2016: unbekannt). 2016 wurde für keine der drei Investment-Runden eine Investitionssumme veröffentlicht. Es zeichnet sich jedoch ab, dass die Investitionssumme in deutsche Start-ups im Jahr 2017 deutlich höher ausfallen wird als in 2015.

Stand der Technik

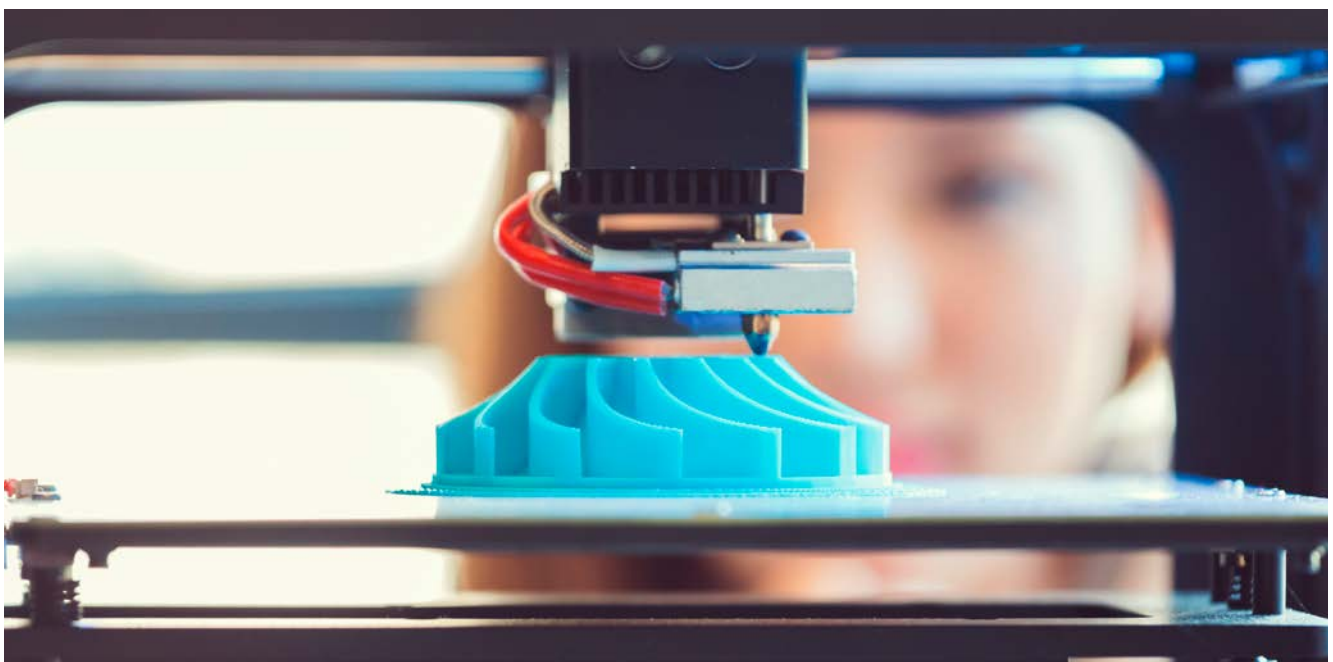
3D-Drucktechnologien werden bereits heute in unterschiedlichsten Branchen eingesetzt, etwa in der Kunststoff- und der chemischen Industrie, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobil- und Luftfahrtindustrie sowie in der Pharma- und Medizintechnikbranche. Der aktuelle Stand der Technik kann jedoch noch nicht mit klassischen Produktionsverfahren mithalten. Die Verfügbarkeit von Maschinen und Materialien, die reproduzierbare Druckergebnisse ermöglichen, stellt weiterhin eine Herausforderung dar. Insbesondere „verdruckbare“ (zertifizierte) Materialien sind bisher nur eingeschränkt erhältlich und gedruckte Bauteile, die auf Basis gleicher Druckparameter hergestellt wurden, weisen zum Teil unterschiedliche Bauteileigenschaften oder Geometrien auf. Auch die Maschinenproduktivität und Integrationsmöglichkeiten in bestehende Fertigungsprozesse zählen aktuell noch zu den „kritischen Erfolgsfaktoren“ für eine zeitnahe Implementierung des 3D-Drucks in Unternehmen. Bei Weiterentwicklungen der 3D-Drucktechnologie von morgen sollten zudem die Themen Qualitätssicherung, Normen und Standards, Arbeitsschutz sowie

Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz im Auge behalten werden.

FuE-Entwicklungen

Zwischen 2012 und 2017 ist der wissenschaftliche Output an Fachartikeln zum Themenbereich additive Fertigung länderübergreifend jährlich gestiegen. Dies deutet auf einen intensiven Ausbau der Forschungsaktivitäten hin. In Deutschland ansässige Wissenschaftler gehörten zu den publikationsstärksten – hinter denen aus den USA, China und Großbritannien.

Die Förderung von additiven Fertigungsverfahren in Deutschland findet insbesondere im Kontext spezifischer Anwendungsbereiche und im Rahmen der institutionellen Förderung sowie der Projektförderung des Bundes statt. Zu den aktuellen Fördermaßnahmen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gehören etwa das Projekt „Additiv-Generative Fertigung – Die 3D-Revolution zur Produktherstellung im Digitalzeitalter“ (Laufzeit bis 2020; Gesamtbudget: ca. 45 Mio. EUR), das im Rahmen des Regionalförderprogramms „Zwanzig20“ gefördert wird, sowie die Fördermaßnahme „Additive Fertigung – Individualisierte Produkte, komplexe Massenprodukte, innovative Materialien – ProMat_3D“ (Laufzeit bis 2022; Gesamtbudget: ca. 40 Mio. EUR), die Bestandteil der neuen Hightech-Strategie der Bundesregierung sind.



Cluster Engineering

Disziplinen- und phasenübergreifendes Engineering für Industrie 4.0

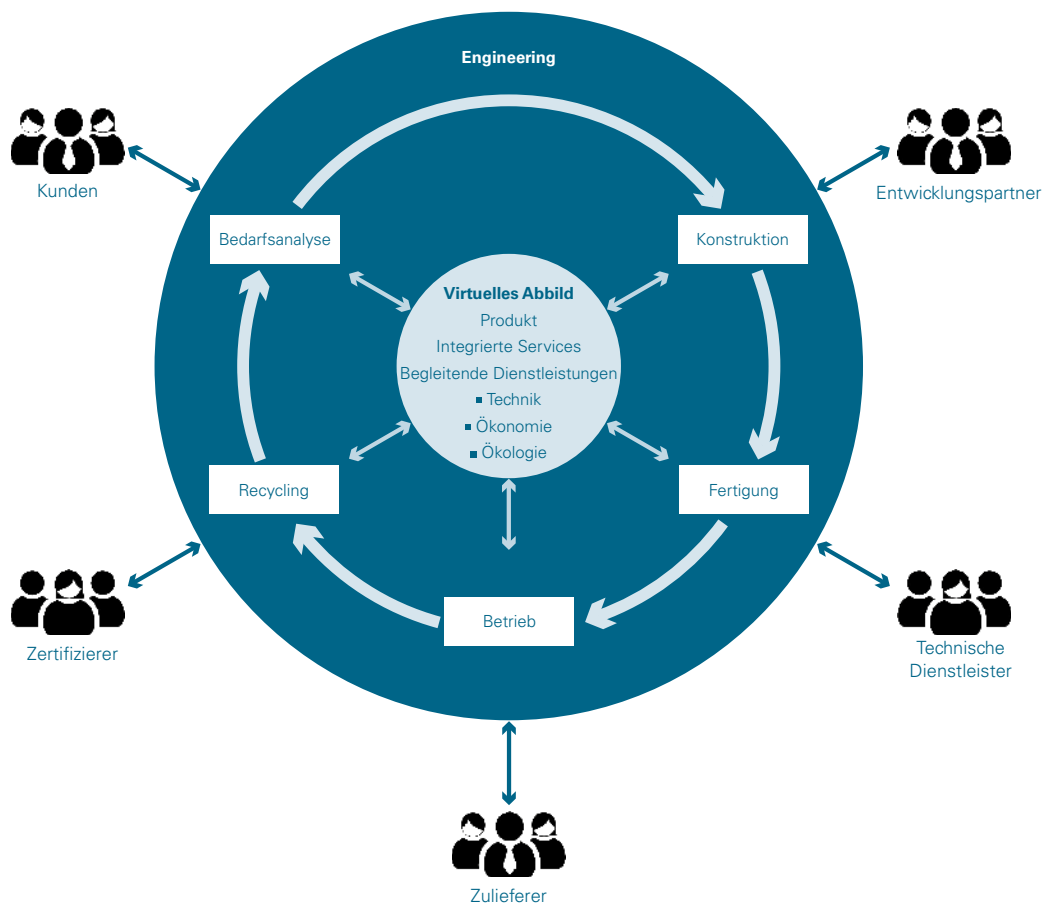
Der Wandel hin zu den digitalen und vernetzten Produktionssystemen in Industrie 4.0 schließt eine Veränderung des Engineerings mit ein. Zentral ist die Herausforderung, die tradierten Grenzen zwischen den einzelnen Engineering-Gebieten (Mechanik, Elektrik etc.) zu überwinden. Zukünftige disziplinübergreifend integrierte Engineering-Werkzeuge benötigen Standards zum Datenaustausch auf allen Gestaltungsebenen, die gleichzeitig eine Abstraktion von Funktionen und Fähigkeiten jeweils untergeordneter Ebenen ermöglichen. Auch das Produktlebenszyklusmanagement benötigt gerade bei langlebigen Produkten eine neuartige Herangehensweise. Die aktuellen Herausforderungen werden von vier PAiCE-Projekten angenommen: Zur Etablierung von Standards zum Datenaustausch im Engineering forschen INTEGRATE und DEVEKOS. Das Thema Engineering und Daten im prozessübergreifenden Entwurf haben sich VariKa und DEVEKOS zu eigen gemacht. Zum Engineering und Daten bei Bestandsmaschinen arbeiten die Projekte EMuDig4.0 und VariKa.

Marktanalyse

Die ersten Schritte hin zu einer Vernetzung von Engineering-Leistungen mit der Fertigung wurden mit dem Computer-Aided Manufacturing (CAM) vor mehr als 30 Jahren gegangen. Diese Lösungen waren meist proprietär und nicht mit den Fähigkeiten heutiger Lösungen vergleichbar. Zukünftig ist eine Aufteilung des Marktes in drei Rollen (Geschäftsmodelle) zu erwarten, wobei Mischformen und Mehrfachbesetzungen von Rollen durch ein und denselben Anbieter zumindest im Standardgeschäft zu erwarten sind.

Da sind zum einen die Anbieter von CAE-Lösungen (Toolanbieter). Der aktuelle Weltmarkt für CAE-Tools einschließlich Simulation wird in Studien mit etwa 4,5 Mrd. EUR angegeben, wobei mehr als die Hälfte auf mechanische Konstruktion (CAD) entfällt.

Abbildung 3: Die Feedback-Architektur des Engineering 4.0



Als Dienstleister agieren die bereits heute zahlreichen Engineering-Firmen. Der Markt für Technologie-Beratung und Engineering-Services in Deutschland ist im Jahr 2014 um 5 Prozent auf 9,3 Mrd. EUR gewachsen. Weitere Wachstumserwartungen liegen bei etwa 5 Prozent pro Jahr.

Völlig neu ist die Rolle des Plattformbetreibers. Hier ist sowohl der Eintritt von CAE-Werkzeuganbietern zu erwarten, die ihre Werkzeugpalette mit einer Integrationsschicht versehen (bottom-up) als auch der Eintritt von generischen Plattformbetreibern aus anderen Branchen („Seiteneinsteiger“). Studien beziffern diesen Markt auf aktuell 8,5 Mrd. EUR und nahezu 25 Mrd. EUR für 2022.

Start-up-Umfeld

Die heute etablierten sektorspezifischen Engineering-Werkzeuge haben ihre Wurzeln meist in den 1980er und 1990er Jahren. Die seitdem durch die betreffenden Anbieter aufgebauten Erfahrungen und Kompetenzen sind im Rahmen einer Unternehmensneugründung kaum aufzuholen. Anders stellt sich die Situation bei Lösungen dar, die ergänzend oder komplementär zu etablierten Engineering-Fähigkeiten aufgestellt sind. Beispielhaft hierfür ist das Themenfeld Virtual Reality/Augmented Reality zu nennen.

Bei den Investitionen stellt nach den USA China den zweithöchsten Kapitalanteil; nach der Zahl der Firmen und der Investment-Runden liegen aber Nordamerika und Europa in diesem Markt etwa gleichauf an der Spitze.

Stand der Technik

Das avisierte zukünftige Engineering als ein den Produktlebenszyklus durchgängig begleitender Feedback-Prozess ist weiterhin ein Zukunftsmodell. Dieses bezieht unternehmensübergreifend alle Akteure der Wertschöpfungskette ein, liefert eine ganzheitliche Sicht auf das Produkt, bildet die integrierten Services und die Dienstleistungen ab und berücksichtigt technische, ökonomische und ökologische Aspekte gleichermaßen.

Der gegenwärtige Stand der Technik ist von diesem Modell signifikant entfernt. Die auf dem Markt erhältlichen Komponenten unterschiedlicher Hersteller sind häufig weder miteinander kompatibel, noch gibt es standardisierte Funktions- und Fähigkeitsbeschreibungen. Herstellerübergreifende Standards für Automatisierungsfunktionen stehen erst am Anfang der Verbreitung, sodass ein Datenfluss zwischen Komponentenherstellern, Maschinenbauern und -betreibern behindert wird. Drittanbieter müssen ihre Dienste im Produktionsprozess an bestehende Schnittstellen adaptieren.

Die in den PAiCE-Projekten DEVEKOS und INTEGRATE vorangetriebenen herstellerunabhängigen Ansätze OPC-UA und AutomationML stellen für die Überwindung dieser Kommunikationshürden einen zukunftssträchtigen Ansatz dar. Mit dem internationalen Standard IEC 62 714 konnte bei AutomationML bereits eine wichtige Etappe bei der Standardisierung des Datenaustauschs erreicht werden.

FuE-Entwicklungen

Im europäischen Maßstab ist auffällig, dass sich die Forschung stark auf Produktionstechnik in einem weiten Branchenspektrum konzentriert. Neue Verfahren wie Additive Manufacturing oder adaptive Produktionsumgebungen sind stark verbreitete Themen. Engineering-Aspekte werden in solchen Projekten eher am Rande mitbetrachtet, nicht aber als Kern eines Projekts. Hier spiegelt sich auch die unterschiedliche Herangehensweise wider: In Deutschland wurde der Grundstein für Industrie 4.0 aus der Informatik heraus gelegt. In den anderen europäischen Staaten steht das Wiedererstarken der Fertigungstechnik im Mittelpunkt, etwa bei der französischen Strategie *industrie du future* und der europäischen Vanguard-Initiative. Auf Engineering spezialisierte Projekte, wie sie in PAiCE gefördert werden, sind daher auf europäischer Ebene kaum vertreten.



Cluster Logistik

Logistiknetzwerke in der Fertigung

Auch in der digital vernetzten Fertigung müssen Rohstoffe, Werkstücke und Produkte zu oder zwischen den Produktionsstätten und zu den gewerblichen oder privaten Kunden bewegt werden. In vielen Industrie-4.0-Konzepten spielt die Logistik daher eine wichtige Rolle. In PAiCE befassen sich zwei Projekte mit diesem Thema: iSLT.NET und SaSch. Sie beschäftigen sich mit der Konzeption und der Erprobung von IT-gestützten Logistiknetzwerken für die Fertigung.

Marktanalyse

Der hohe Kostendruck im Wettbewerb und der Wunsch vieler Unternehmen nach einem größeren Outsourcing von Logistikaktivitäten haben dazu geführt, dass viele Logistikdienstleister über direkt beauftragte Transporte und Lagerungen hinaus Mehrwertdienste anbieten. Das können einfache Montage- und Konfektionsarbeiten sein, aber auch die eigenständige Planung und Steuerung von Logistikprozessen. In der Fachliteratur hat sich dafür der Begriff der Kontraktlogistik bzw. der Third Party Logistics (3PL) eingebürgert. Teilweise besitzt der Dienstleister überhaupt keine eigenen Logistikressourcen mehr (Fourth Party Logistics, 4PL). Für die Umsetzung von Industrie 4.0 ist die Kontraktlogistik damit ein zentrales Element.

Die Kosten für Leistungen der industriellen Kontraktlogistik liegen in Deutschland bei 74 Mrd. EUR (Stand 2016), in Europa bei 430 Mrd. EUR. Die Bedeutung Deutschlands für das produzierende Gewerbe überträgt sich damit auch auf die Logistik. Weltweit liegen die großen Märkte für die Kontraktlogistik, zu der neben den Verkehren für die Industrie auch die Transporte für den Handel stehen, neben Europa in Nordamerika, hier insbesondere in den USA, und in Südostasien, hier insbesondere in China.

Start-up-Umfeld

In den letzten Jahren ist weltweit ein starker Anstieg bei der Anzahl und den Finanzierungsvolumina von Logistik-Start-ups zu verzeichnen. Das 2013 gegründete US-Unternehmen Flexport etwa vermittelt Unternehmen über ein Online-Dashboard Logistikleistungen von Partnern, vorwiegend für die See- und Luftfracht. Das noch überwiegend in den USA tätige Start-up hat seit 2014 insgesamt 204 Mio. USD Finanzierungskapital erhalten. Mit großen Summen finanziert werden derzeit auch andere Unternehmen, die Online-Plattformen anbieten. Neben Flexport sind das zum Beispiel auch der deutsche Frachtvermittler FreightHub. Zuspruch finden auch Plattformen für die Datenanalyse, wie die

norwegische Xeneta, die Versendern und Reedereien detaillierte Analysen von Frachtraten im Markt ermöglicht.

Insgesamt ist der Großteil der softwarebasierten Logistik-Start-ups in den USA, Europa und Asien angesiedelt. Dabei spielen neben den USA, China, Deutschland und Frankreich vor allem solche Nationen eine Rolle, die auch über eine größere Industrieproduktion verfügen. Weil in den USA die Risikokapitalfinanzierung traditionell stark ausgeprägt ist, ist auch der durchschnittliche Betrag der Finanzierungen pro Unternehmen in Nordamerika mit 6,68 Mio. EUR höher als in Asien (5,92 Mio. EUR) und Europa (4,66 Mio. EUR).

Deutsche Logistikunternehmen engagieren sich zurzeit nur verhalten bei Start-ups. Mittlerweile haben aber auch erste Unternehmen aus der Logistikbranche eigene Acceleratoren gegründet und folgen damit Vorbildern aus anderen Branchen.

Stand der Technik

Insbesondere für 3PL- und 4PL-Konzepte spielt die IKT eine entscheidende Rolle: Zentrale ERP- und Lagermanagementsysteme sind in der Logistikwirtschaft Stand der Technik. Dasselbe gilt für Logistikplanungssysteme. Cloud-Technologien sind ebenfalls bewährt und werden auch zunehmend in der Praxis eingesetzt. Sie bilden in der Regel die Basis für die häufig zu findenden Online-Marktplätze und Middleware-Systeme zur Steuerung von Logistikprozessen.

Technologien zur Datenerfassung von Waren, Behältern und Transportmaschinen (Barcode, 2D-Code und RFID für die Identifikation, Lokalisierung über Satelliten, Sensoren zur Zustandsüberwachung) sind seit Langem erprobt und befinden sich bereits vielfach im Einsatz.

Eine Herausforderung bleibt die Indoor-Navigation, etwa in Lagerhallen, da Satellitensignale in Industriegebäuden kaum zu empfangen sind. Für die Lokalisierung in Gebäuden gibt es zwar zahlreiche technische Ansätze wie WLAN-Karten oder Beacons. Sie sind aber häufig in den für die Funkkommunikation schwierigen Industrieräumen wenig verlässlich oder setzen eine sehr umfangreiche und teure Infrastruktur voraus.

Prädiktive Datenanalysen sind im produzierenden Gewerbe und im Handel weit verbreitet und wären auch in der Logistikplanung sinnvoll. Hier fehlt es aber noch an logistikspezifischen Prognosemethoden.

Bei den Assistenzsystemen sind mobile Geräte für die Mitarbeiter bereits sehr weit verbreitet. Die licht- oder sprachgesteuerte Kommissionierung sind erprobte, aber noch relativ wenig verbreitete Konzepte. Für am Körper tragbare Endgeräte (Wearables) wie Smartwatches sowie für Augmented-Reality-Lösungen, heute typischerweise eine Datenbrille, gibt es schon technisch valide Konzepte, reale Praxiseinsätze sind aber noch selten.

FuE-Entwicklungen

Die größte Disruption der Logistikbranche durch die Informationstechnik wird nicht so sehr durch technische Neuerungen, als vielmehr vor allem durch eine Prozessinnovation erwartet: Managementsysteme für Logistikprozesse werden direkt mit den realen Objekten in Produktions- und Logistikumgebungen verbunden, wobei eine hohe Zuverlässigkeit erforderlich ist. In konkreten Anwendungsbeispielen ist häufig doch noch über aufwendige Entwicklungsarbeiten sicherzustellen, dass gängige Daten- und Kommunikationsstandards eingehalten werden, Objekte tatsächlich automatisch identifiziert werden können und die Kommunikation den Vorgaben an Latenz und Bandbreite genügt. Optimierungsverfahren für sehr große Netzwerke oder Verfahren, die mehrere Planungsebenen einbeziehen, sind gegenwärtig noch ein Thema der angewandten Forschung in der Mathematik.

Die meisten deutschen Technologieprojekte zu Logistikplattformen, die überwiegend vom BMWi unterstützt werden, waren und sind daher anwendungsnah und realisieren jeweils einzelne Pilotprojekte mit Vorbildcharakter für die jeweilige Branche. Dazu gehören unter drei aktuelle Projekte in PAiCE: iSLT.NET (Management von modularen Sonderladungsträgern), SaSch (Verfolgung und Monitoring von Transportstücken in der Lieferkette) und Add2Log (Fertigung von Ersatzteilen im 3D-Druck durch die ausliefernden Logistikdienstleister). In diesen Projekten geht es neben Fragen der technischen Anpassung und Erweiterung auch darum zu erproben, welche Betriebs- und Geschäftsmodelle für die Plattformen geeignet sind.

Cluster Kommunikation

Systemarchitekturen für die industrielle Kommunikation

Die Industrieautomatisierung setzt heute weitgehend auf der digitalen Steuerung von Maschinen, Anlagen und Logistikkomponenten sowie auf deren Vernetzung mit übergeordneter Planungs- und Steuerungs-Software auf. Diese „industrielle Kommunikation“ bringt spezifische Besonderheiten und Anforderungen an Qualität der Datenübertragung und Echtzeitfähigkeit mit sich, denn Verfahren, Technologien und Systemarchitekturen der gängigen Kommunikationstechnik können nicht eins zu eins übertragen werden. Im Programm PAiCE befasst sich das Leuchtturmprojekt IC4F daher mit der Entwicklung einer Referenzarchitektur für die industrielle Kommunikation.

Marktanalyse

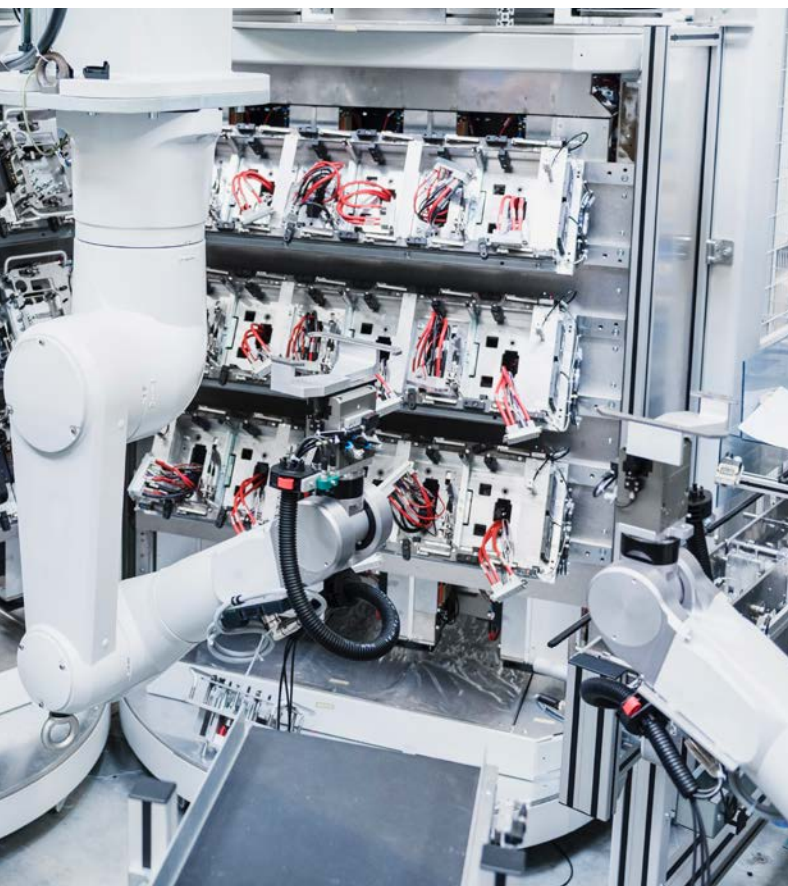
Die industrielle Kommunikation ist ein Segment des Marktes für Automatisierungstechnik, das heißt für solche Produkte und Dienstleistungen, mit denen technische Anlagen in Produktion, Logistik, Energieerzeugung und -versorgung sowie Verkehr weitgehend ohne menschliche Eingriffe gesteuert werden können. Die Automatisierungstechnik ist eine der Stärken der deutschen Wirtschaft. Deutsche Unternehmen der Elektroindustrie setzten 2016 für Automationstechnik (ohne elektrische Antriebe) 40,9 Mrd. EUR um, davon gingen 71 Prozent in den Export.

Die Automatisierungsbranche ist wie der gesamte Anlagen- und Maschinenbau mittelständisch geprägt, große Anbieter wie Siemens sind die Ausnahme. Mit der zunehmenden horizontalen und vertikalen Vernetzung der Produktions- und Logistiksysteme in Industrie 4.0 entstehen aber neue Produkte (z.B. Industrial IoT-Plattformen) und Dienstleistungen (z.B. Erfassung und Analyse der Prozess und Maschinen-daten) für die industrielle Kommunikation und es treten neue Wettbewerber in den Markt ein. Prinzipiell besteht der Markt für die industrielle Kommunikation aus drei Bereichen: Das ist zunächst der etablierte Markt der Netzwerkgeräte und -komponenten. Hinzu kommen die Telekommunikationsdienste und als dritter Bereich die vergleichsweise neuen Cloud-basierten Industrial IoT Systeme für weiterreichende Mehrwertdienste. Vor allem in den letzten beiden Segmenten positionieren sich zunehmend Unternehmen, die nicht mehr aus der Automatisierungstechnik kommen, sondern zunehmend Unternehmen aus der Zuliefererbranche (z.B. Bosch SI) und auch traditionelle Telekommunikationsunternehmen aus der IKT-Industrie.

Start-up-Umfeld

Die meisten Start-ups im Bereich der industriellen Kommunikation bieten entweder Hardware- oder Softwareprodukte an, die sich mit vergleichsweise begrenztem Aufwand entwickeln und produzieren lassen, während das Angebot von Telekommunikationsdiensten wegen der sehr hohen Kosten für die Infrastrukturen den großen und etablierten Telekommunikationsunternehmen vorbehalten bleibt. Neugründungen, die Hardware für IT-Netzwerke entwickeln, kommen fast durchgehend aus den USA (ohne Differenzierung nach Hardware für Industrie- und sonstige Anwendungen). Im Jahr 2016 gingen zum Beispiel alle 17 öffentlich bekannten Finanzierungsrunden in diesem Segment an 14 Unternehmen aus den Vereinigten Staaten. Investiert wurden 244 Mio. EUR.

Auch bei Start-ups, die sich mit dem kommenden Mobilfunkstandard 5G beschäftigen und damit sehr Hardware-nah sind, ist das Bild ähnlich. Neben fünf im Jahr 2016 finanzierten Unternehmen aus den Vereinigten Staaten stehen zwei aus Europa (Großbritannien, Frankreich) und eines aus der Türkei, und die Investments in die amerikanischen Unternehmen überragen mit 31 Mio. EUR bei Weitem die in die anderen Firmen.



Ein etwas abgewandeltes Bild ergibt sich für die Finanzierung von Unternehmen, die sich mit Netzwerksicherheit beschäftigen. Auch wenn hier die USA im Jahr 2016 ebenfalls das Feld beherrschten, gab es doch auch Investments in anderen Ländern, namentlich Israel, Großbritannien, der Schweiz, Japan, China und Deutschland. Das Investitionsvolumen betrug insgesamt 1,5 Mrd. EUR und lag damit sehr deutlich über den Finanzierungssummen für Netzwerk-Hardware und 5G.

Schwach besetzt ist dagegen das Feld der Finanzierung von Gründungsunternehmen, die cloudbasierte Plattformen für das Industrial Internet of Things anbieten. In 2016 gab es hier lediglich zwei kleine Investments über insgesamt 299.000 EUR in die schwedische Evthings (mobile Anwendungsplattform) und in die südkoreanische ulalaLAB (IIoT-Plattform). Grund für das schwache Engagement der Investoren dürfte sein, dass in diesem Segment bereits große finanzstarke Akteure aus der Automatisierungstechnik und der IT-Branche am Markt tätig sind und Start-ups nur geringe Chancen eingeräumt werden, sich erfolgreich zu etablieren.

Stand der Technik

Kommunikationssysteme sind essenziell auf gemeinsame technische Standards angewiesen. Der Stand der Technik spiegelt sich daher direkt in den aktuellen Industriestandards und Normen wider.

Für die leitungsgebundene Kommunikation werden die bisherigen seriellen Feldbusse zunehmend durch Systeme abgelöst, die mehr oder weniger auf dem bei IT-Netzwerken gängigen Ethernet-Standards aufsetzen. Je nach benötigter Durchlaufzeit der Nachrichten haben sich verschiedene Klassen von Realtime-Ethernet-Verfahren und -Standards entwickelt, die zum Teil auch nicht mehr kompatibel zu den ursprünglichen Ethernet-Standards sind. Obwohl es schon seit Jahren praxisreife Lösungen gibt, sind die Entwicklungen in diesem Feld bei Weitem noch nicht abgeschlossen.

Noch anspruchsvoller ist die Anpassung gängiger Standards für die drahtlose Kommunikation an die Industrieanforderungen. Auch bei der Funkkommunikation werden gängige Verfahren wie WLAN oder Bluetooth entsprechend erweitert, um deterministische Laufzeiten und eine hohe Robustheit zu erreichen. Für die Maschinen- oder Anlagensteuerung, bei der die Anforderungen an Echtzeit und Robustheit sehr hoch sind, sind die Verfahren noch nicht geeignet.

Für die Architektur von Systemen für die industrielle Kommunikation ist derzeit OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture) der vorherrschende Ansatz, der sich in den letzten Jahren insbesondere in Europa durchgesetzt hat. Insbesondere bei deutschen Maschinenbauern und Automatisierungstechnikern gilt OPC-UA als zentrale Kommunikationstechnologie für Industrie 4.0, weil Maschinen mit Steuerungen verschiedener Hersteller problemlos in einem System koordiniert werden.

FuE-Entwicklungen

Viele Forschungsprojekte widmen sich zurzeit gezielt der Weiterentwicklung der Kommunikationstechnologien für industrielle Anwendungen. Dabei spielt insbesondere der zukünftige Mobilfunkstandard 5G eine zentrale Rolle, weil die drahtlose Kommunikation in vielen Anwendungsszenarien unverzichtbar ist, heutige Mobilfunkstandards aber nur sehr bedingt den Ansprüchen von Industrienetzen genügen.

Eine grundlegende Frage ist derzeit die Verteilung der Rechenleistung im System. Das Modell des Edge Computing setzt zusätzlich oder auch anstatt einer zentralen Cloud-Kommunikationseinheit für die Datenspeicherung und -verarbeitung auf verteilte Kommunikationsknoten (Edges), an denen zeitkritische Berechnungen lokal durchgeführt werden können. Somit wird die zentrale Cloud-Instanz entlastet und die sensiblen Prozessdaten gelangen nicht nach außen, sondern verbleiben im Unternehmen, wo sie lokal verarbeitet werden. Auf diese Weise wird nicht nur eine höhere technische Effizienz erreicht, sondern es werden auch Bedenken hinsichtlich des Schutzes von internen Betriebsdaten ausgeräumt.

In Deutschland greifen zum einen die Programme „5G – Industrielles Internet“, „5G – Taktils Internet“, und „Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung diese Forschungsthemen auf. Deutlich anwendungsnäher als die dort geförderten Vorhaben ist das PAiCE-Projekt IC4F (Industrial Communication for Factories), das zahlreiche Unternehmen aus der Telekommunikation und der Automatisierungstechnik sowie Forschungseinrichtungen zusammenbringt und seine Projektergebnisse in mehreren Use Cases erproben wird.

Ansprechpartner

Projektträger und Begleitforschung

Projektträger DLR

Gerd Hembach, gerd.hembach@dlr.de

Matthias Kuom, matthias.kuom@dlr

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

Uwe Seidel, seidel@iit-berlin.de

Sebastian Straub, straub@iit-berlin.de

Fachgruppe Architekturen

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

Filiz Elmas (DIN), filiz.elmas@din.de

Standards, Normen

Filiz Elmas (DIN), filiz.elmas@din.de

Roman Grahle (DIN), roman.grahle@din.de

Ergebnistransfer

Ute Rosin (LHLK), u.rosin@lhk.de

Lynn Rohwer (LHLK), l.rohwer@lhk.de

