



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

AUTONOMIK für Industrie 4.0

Ergebnisse



Impressum

Herausgeber

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

Text

Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0
Alfons Botthof und Peter Gabriel (VDI/VDE-IT)

Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

Stand

September 2016

Druck

Spree Druck Berlin GmbH

Bildnachweis

SCHUNK GmbH & Co. KG (Titel); Festo AG (S. 5+6)
Bosch (S. 8); Fraunhofer (S. 11+12); IPH – Institut für Integrierte
Produktion Hannover gGmbH/Fotograf: Ralf Büchler (S. 14);
Jungheinrich (S. 15); kasto – Fotolia (S. 19); Hyve Innovation
GmbH (S. 21); Effner/fotolia.com (S. 25);
Katsinitanlias/Fraunhofer (S. 26); Janto Trappe (S. 27);
RIF e.V. (S. 29); KD Busch/Hochschule Esslingen (S. 31);
Universität Stuttgart (S. 32); Festo AG (S. 34); OPAK (S. 35);
Fraunhofer (S. 37, 38); Rainer Bressel (S. 40);
Amman Schweiz AG (S. 43); adidas (S. 44)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.



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

Inhalt

Ergebnisse des Technologieprogramms „AUTONOMIK für Industrie 4.0“	2
APPSist – Intelligente Assistenz- und Wissensdienste für die smarte Produktion	5
CoCoS – IT-Infrastruktur für intelligente Fabriken	8
CultLab3D – Mobile Scan-Straße für 3D-Massendigitalisierung	11
FTF out of the box – Intuitive Steuerung für fahrerlose Gabelstapler	14
GEMINI – Instrumentarium zur musterbasierten Entwicklung von Geschäftsmodellen bei Industrie 4.0	17
InnoCyFer – Integrierte Herstellung und Gestaltung kundeninnovierter Produkte in intelligenten Fertigungssystemen	21
InSA – Integrierte Schutz- und Sicherheitskonzepte in Cyberphysischen Arbeitsumgebungen	24
InventAIRy – Drohnenbasierte Inventur von Lagerbeständen	26
MANUSERV – Planungs- und Entscheidungsunterstützung für den Einsatz industrieller Serviceroboter	29
motionEAP – Assistenzsystem für die Montage mit Echtzeit-Feedback	31
OPAK – 3D-gestützte Engineering-Plattform für die modularisierte Entwicklung und intuitive Inbetriebnahme von Produktionsanlagen	34
ReApp – Plug&Play-Integration von Robotern in der Industrieautomatisierung	37
SMART FACE – Dezentrale Produktionssteuerung für Kleinstserien in der Automobilindustrie	40
SMARTSITE – Vernetzte Baumaschinen im Straßenbau	42
SPEEDFACTORY – „Sportschuhe 4.0“ durch automatisierte Einzelstückfertigung	44

Ergebnisse des Technologieprogramms „AUTONOMIK für Industrie 4.0“

Das Technologieprogramm „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie ist ein wichtiger Bestandteil der Digitalen Agenda, mit der die Bundesregierung die Digitalisierung von Gesellschaft und Wirtschaft vorantreibt. Unterstützt wurden 15 praxisnahe Technologieprojekte von Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die das Konzept „Industrie 4.0“ einer vernetzten und digitalen Produktion in praxisnahen Demonstratoren umsetzen und dabei ein besonderes Augenmerk auf die Konzeption und Realisierung autonomer technischer Systeme richten. Die Projekte haben 2013 oder 2014 begonnen und schließen zurzeit ihre Arbeiten ab. Auf der Konferenz „Digitale Innovationen für die Industrie“ und in dieser Dokumentation werden ihre Ergebnisse präsentiert. Zwei weitere Projekte, die unabhängig vom Technologieprogramm gefördert wurden, aber sehr enge Bezüge zum Programm haben, stellen ihre Resultate ebenfalls vor: In motionEAP wurde ein Assistenzsystem für die Unterstützung der manuellen Montage in produzierenden Unternehmen entwickelt. Die Scan-Technologien, die im Projekt CultLab3D für die 3D-Digitalisierung von Kulturgütern konzipiert und prototypisch umgesetzt wurden, eignen sich auch für den Einsatz in der Industrie, etwa in der Qualitätssicherung oder für die Erstellung hochwertiger, dreidimensionaler Modelle von Werkstücken und Produkten.¹

Ergebnisse der Projekte

Die im Rahmen des Technologieprogramms durchgeführten Projekte fokussieren fünf thematische Schwerpunkte, die zentrale technische und wirtschaftliche Herausforderungen von Industrie 4.0 darstellen:

- **Engineering vernetzter Produktionssysteme:** Die digitale Vernetzung von Produktionsanlagen ist eines der definierenden Merkmale von Industrie 4.0. Planung, Konstruktion und Betrieb solcher Anlagen stellen die Automatisierungstechniker und Fertigungsingenieure aber vor ganz neue Herausforderungen. Daran arbeiteten die Projekte CoCoS, InnoCyFer, OPAK und SPEEDFACTORY in ihren Anwendungsszenarien. Mit der 3D-Scan-Technologie von CultLab3D zur Massendigitalisierung von Kulturgütern

zeichnen sich zudem neue Einsatzszenarien in Industrie 4.0 ab, etwa in Automatisierungslösungen für die Qualitätskontrolle.

- **Autonome Systeme in der Intralogistik:** Zu Industrie 4.0 gehört die Intralogistik, d. h. die logistischen Abläufe im innerbetrieblichen bzw. engeren Produktionsumfeld. Die Projekte FTF out of the box, SMART FACE und SMART-SITE befassten sich damit, den Grad an Autonomie von fahrerlosen Transportsystemen (Gabelstaplern) in der Fabrikhalle, von produktionstechnischen Systemen (intelligente Maschinen, intelligente Werkstücke) und von großen Baumaschinen deutlich anzuheben.
- **Industrielle Servicerobotik:** Die Projekte InventAIRy, MANUSERV und ReApp befassen sich mit der Integration robotischer Systeme in die innerbetriebliche Produktionsumgebung und Logistik.
- **Der Mensch in der Produktion:** Industrie 4.0 verändert die Arbeitsorganisation und damit verbunden den Arbeitsplatz und die Arbeitsumgebung vieler Beschäftigter. Die Projekte APPSist und motionEAP befassen sich mit digitalen Assistenzsystemen für Mitarbeiter, um einerseits mehr Flexibilität in der Arbeit zu ermöglichen und um andererseits leistungsgeminderte Mitarbeiter besser in Produktionsprozesse zu integrieren. Im Projekt InSA werden neue Schutzkonzepte für die Zusammenarbeit von Menschen und großen Robotersystemen in gemeinsamer Umgebung entwickelt und erprobt.
- **Geschäftsmodelle:** Industrie 4.0 verändert Wertschöpfungsketten und ermöglicht grundlegend neue Geschäftsmodelle. Im Projekt GEMINI wurde in enger Kooperation mit Anwendungspartnern aus geförderten Projekten eine neue Methodik entwickelt, mit der Unternehmen spezifisch auf Industrie 4.0 ausgerichtete Geschäftsmodelle systematisch entwickeln und auf ihre wirtschaftliche Tragfähigkeit hin bewerten können.

Die geförderten Projekte und deren Ergebnisse sind nachfolgend detailliert beschrieben.

¹ Die Projekte ProShape, Smart Home+Building Zertifizierungsprogramm, UHCI und GUIDED AB arbeiteten an neuen technischen Konzepten für das Smart Home und an der Konformitätsprüfung von Smart-Home-Produkten. Ihre Ergebnisse werden u. a. in der Broschüre „Smart-Home2Market – Marktperspektiven für intelligente Heimvernetzung“ vorgestellt (www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/smarthome-broschuere.html).

Bearbeitete Querschnittsthemen

Die Herbeiführung von Synergieeffekten bildet einen wichtigen Kern der Programmförderung. Dazu gehört die Befassung mit zentralen projektübergreifenden Fragestellungen im Kontext von Industrie 4.0. Folgende Querschnittsthemen wurden gemeinsam mit den Projektpartnern als vorrangig identifiziert und mit Unterstützung der Begleitforschung² bearbeitet:

- **Recht (Leitfaden Band 3):** Die Vernetzung von Produktionssystemen und der Einsatz autonomer Systeme stellen die Unternehmen vor neue rechtliche Herausforderungen bei Haftung, Zertifizierung und Datenschutz. Mit der „juristischen Referenzarchitektur für Industrie 4.0“ (Ju-RAMI) hat die Begleitforschung ein Referenzmodell erarbeitet, mit dem auch juristische Laien einschätzen können, welche Rechtsgebiete in ihren Projekten zur Digitalisierung der Produktion berührt werden.
- **Normen und Standards (Leitfaden Band 4):** Als zentraler Akteur der deutschen und internationalen Normungslandschaft hat die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) die Ergebnisse der Projekte gebündelt und in die aktuellen Arbeiten zur Standardisierung und Normung von Industrie 4.0 eingebracht. Dazu gehörten u. a. die Beteiligung am Steuerkreis Industrie 4.0, die Fortschreibung der „Normungs-Roadmap Industrie 4.0“ und der Aufbau des „Use Case Management Repository“, mit dem Anwendungsszenarien in strukturierter Form erfasst werden. In einem datenbankbasierten Abgleich zeigt das UCMR dem Nutzer auf, welche Daten ausgetauscht und wie sie abgesichert werden müssen, um sein individuelles Szenario zu verwirklichen. Dazu werden aus Vergleichsfällen die zugehörigen Akteure, Schnittstellen, Funktionen und Bedingungen identifiziert, die der Entwickler zusätzlich benötigt, um die Umsetzung der gewünschten Anwendungen zu realisieren.
- **Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 (Leitfaden Band 2):** Arbeitsprozesse, Arbeitsorganisation und Qualifikationsprofile müssen bei Industrie 4.0 vielfach überdacht und neu gestaltet werden. Auf dem von BMWi und BMAS gemeinsam ausgerichteten Kongress „Arbeiten in der digitalen Welt“ (28. Januar 2016) wurden die mit der Digitalisierung einhergehenden Chancen und Herausforderungen erörtert. Zum Stand der Diskussion mit relevanten Fachexperten, Arbeitgebern und Arbeitnehmervertretungen sowie zu den Ergebnissen und Erkenntnissen aus den geförderten Projekten hat die Begleitforschung die Buchveröffentlichung „Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 – Neue Perspektiven und offene Fragen“ abgeleitet. Initiiert und begleitet wurde die Studie „Social Manufacturing and Logistics – Ein Leitbild der technologischen, organisatorischen und sozialen Herausforderungen der Industrie 4.0 (SoMaLI)“.
- **Sichere Software-Architekturen für Industrie 4.0 (Leitfaden Band 5):** Hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit, Ausfallsicherheit, Echtzeitfähigkeit, funktionale Sicherheit (Safety) und IT-Sicherheit (Security) bei vernetzten Produktions- und Logistikanlagen stellen Softwarearchitekten und Systementwickler vor neue Herausforderungen. Erste Orientierungsansätze bieten so genannte Referenzarchitekturmodelle, die eine Strukturierung der heterogenen Technologielandschaft zur Etablierung eines gemeinsamen Verständnisses zwischen verschiedenen Akteuren (Stakeholder) vornehmen. Zusammen mit Vertretern der Projekte und externen Experten hat die Begleitforschung die Anwendbarkeit der Referenzarchitekturen der deutschen Plattform Industrie 4.0 und des Industrial Internet Consortium (IIC) diskutiert und dokumentiert. Fachlich begleitet wurde zudem die vom BMWi beauftragte Studie „IT-Sicherheit für die Industrie 4.0 – Produktion, Produkte, Dienste von morgen im Zeichen globalisierter Wertschöpfungsketten“, in der die förderpolitischen Handlungsempfehlungen für die Etablierung der IT-Sicherheit in der breiten Fläche erarbeitet wurden.
- **Geschäftsmodelle (Leitfaden Band 6):** Im Querschnittsprojekt GEMINI wurden Methoden und IT-Werkzeuge für die Entwicklung und Implementierung von Geschäftsmodellen in Industrie 4.0 entwickelt und gemeinsam mit den Projekten APPSist, CoCoS und InventAIRy erprobt. Begleitend zu diesen wissenschaftlichen Arbeiten wurden mehrere Workshops zur konkreten Unterstützung der Verbundprojekte bei der Verwertung der Projektergebnisse sowie zum projektübergreifenden Erfahrungsaustausch durchgeführt. Thematisiert werden Methoden und Instrumente, Chancen und Risiken, Erfolg

2 Zur Begleitforschung gehören die VDI/VDE Innovation und Technik GmbH, Prof. Dr. Dr. Eric Hilgendorf von der Univ. Würzburg, Forschungsstelle Robotrecht, die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (DKE) und, für die Öffentlichkeitsarbeit, die LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH.

versprechende Geschäftsmodellmuster sowie Möglichkeiten der Erweiterung oder Erneuerung bestehender Geschäftsmodelle. Bei der Formulierung konkreter Verwertungsszenarien wurde von der Begleitforschung das Software-Instrument SAMPRO zur systematischen (Weiter-)Entwicklung, Analyse, Bewertung und Visualisierung von Verwertungsstrategien und Geschäftsmodellen eingesetzt.

Die Ergebnisse der Querschnittsthemen sind in praxisnahen Leitfäden zusammengefasst, die sich insbesondere an mittelständische Unternehmen richten und vor allem dem Management einen schnellen Einstieg in die oftmals komplexen Fragestellungen und sich abzeichnende Lösungsansätze verschaffen sollen.

Übersicht Leitfäden

	AUTONOMIK für Industrie 4.0: Projektergebnisse
Band 2	Industrie 4.0: Perspektiven für die Arbeitswelt von morgen
Band 3	Rechtliche Orientierung für die digitale Wertschöpfung
Band 4	Standardisierung und Normung in Industrie 4.0
Band 5	Sichere Softwarearchitekturen für Industrie 4.0
Band 6	Neue Wertschöpfungsketten und Geschäftsmodelle in Industrie 4.0

Neue Herausforderungen

Die Arbeiten der Projekte und der Begleitforschung stehen vor dem Abschluss, die letzten Projekte laufen Mitte des Jahres 2017 aus. Viele Ergebnisse sind bereits in der Plattform Industrie 4.0 und ihren Arbeitsgruppen verankert, so u. a. in den Praxisbeispielen der „Landkarte Industrie 4.0“ der Plattform Industrie 4.0. Im internationalen Vergleich mit den Arbeiten in anderen Technologieprogrammen in Europa, den USA und Südostasien zeichnen sich – aus Sicht der Begleitforschung – die geförderten Projekte insbesondere durch die Kombination von hohem Innovationsgehalt und starkem Praxisbezug aus.

Die weltweit sehr dynamische Entwicklung bei der Digitalisierung der Produktion bringt es zwangsläufig mit sich, dass im Laufe des Technologieprogramms AUTONOMIK

für Industrie 4.0 neue Herausforderungen deutlich wurden. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat 2016 das Technologieprogramm PAiCE (Platforms/Additive Manufacturing/Imaging/Communication/Engineering) aufgesetzt, das vor allem auf die industrielle Nutzung neuester Technologien und deren Kombination abzielt:

- Technologien und Methoden, die neue Möglichkeiten für ein durchgängiges Produkt-Engineering und dessen Korrelation mit Produktionsprozessen eröffnen,
- unternehmensübergreifende, autonom agierende und dezentral organisierte Logistiklösungen,
- 3D-Technologien für industrielle Anwendungen,
- sichere, robuste, echtzeitfähige und taktile Kommunikationslösungen für die Industrie,
- modulare, offene Plattformen zur Beförderung der Servicerobotik.

Die ausgewählten und in PAiCE geförderten Projekte stellen sich und ihre Arbeitsziele anlässlich der Konferenz „Digitale Innovationen für die Industrie“ (Okt. 2016) erstmals der Fachöffentlichkeit vor.

Die Begleitforschung des Programms „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ bedankt sich, auch im Namen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, bei den Partnern der Projekte für ihre engagierte Arbeit und für die fruchtbare Kooperation. Dank gebührt auch den zahlreichen Experten und Expertinnen, die sich an den von der Begleitforschung durchgeführten Workshops, Konferenzen und erstellten Publikationen beteiligt und maßgeblich zur hohen Qualität der Ergebnisse beigetragen haben.

Den Lesern und Leserinnen dieser Dokumentation wünschen wir eine anregende Lektüre und viele Anstöße für ihre eigene Praxis.

Alfons Botthof
Peter Gabriel

Begleitforschung des Technologieprogramms „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

APPsist

Intelligente Assistenz- und Wissensdienste für die smarte Produktion

Kunden verlangen heute oft individuelle Produktvarianten mit gleichzeitig hoher Produktqualität und dem günstigen Preis einer Serienfertigung. Um dem gerecht zu werden, setzen fertigende Unternehmen zunehmend auf gleichermaßen hochautomatisierte und flexible Produktionssysteme.

Mit der Komplexität eines solchen Produktionssystems und der zunehmenden „Intelligenz“ seiner Einzelkomponenten steigen aber auch die Anforderungen an die Mitarbeiter in der Fertigung, etwa bei Inbetriebnahme, Überwachung, Wartung und Instandhaltung.

Das Projekt APPsist widmete sich der Entwicklung eines intelligenten Wissens- und Assistenzsystems. Folgendes Beispiel soll dies verdeutlichen: An einer Fertigungsanlage werden fehlerhafte Teile produziert. Die Anlage sendet folgende Informationen in Text und Bild an das digitale Endgerät (z. B. Smart Watch oder Tablet) eines automatisch ausgewählten Mitarbeiters: „Fehler im Transportsystem. Roboter kann Teil vor dem Bohren nicht richtig positionieren“. Zugleich erhält dieser Mitarbeiter eine kontextsensitive, intelligent-adaptive Assistenzanleitung zur Behebung

der Störung. Begleitet wird diese durch Wissensbausteine, die nach Behebung der Störung zusätzlich differenziertes Hintergrundwissen vermitteln.

Maschinen und Anlagen verfügen über Möglichkeiten, Daten an unterschiedlichen Schnittstellen abzugreifen, zu interpretieren und somit Maschinenzustände zu beschreiben. Über die Schnittstellen in SAP, MES oder ERP können Daten (Push/Polling) gezogen werden, die interpretiert bestimmte Maschinenzustände beschreiben. Das Assistenzsystem nutzt diese und bietet dem Mitarbeiter eine anwenderspezifische Unterstützung für die konkrete, für den Mitarbeiter identifizierte Aufgabe. Das Besondere bei dieser intelligent-adaptiven Unterstützung ist, dass eine elektronische Anleitung zur Verfügung steht, die die Interaktion des Menschen mit der Maschine berücksichtigt. Jetzige und auch spätere Assistenzschritte, aber auch die so genannten Wissensdienste, werden entsprechend angepasst, abhängig von dieser Interaktion. Hat das System z. B. erkannt, dass ein Arbeitsschritt nicht korrekt ausgeführt wurde, bietet es differenzierte Unterstützung an. Bei späteren Interaktionen wird das System das vorhergehende Verhalten mitberück-





sichtigen und seine Unterstützung für diesen Mitarbeiter anpassen. Dies erfolgt sowohl durch Assistenz als auch durch Wissensdienste (ca. drei bis sieben Minuten lange Lerneinheiten in Form von Learning-Tubes). Das Nutzerprofil und dessen dynamische Anpassung aufgrund des Nutzerverhaltens sind auch hier entscheidend für das didaktische Konzept und die inhaltliche Ausrichtung.

So müssen neben technischen Voraussetzungen beispielsweise didaktische Muster für die Adaptivität sowie die Contents für Assistenz- und Wissensdienste erstellt, ferner diese Dienste in die Organisation implementiert werden. APPSist-Assistenz- und -Wissensdienste ermöglichen es, Qualifizierung dichter an den Arbeitsplatz zu bringen und Menschen passgenau in ihrer Kompetenzentwicklung zu unterstützen. Inhalte können kurzfristig und präzise passend zur jeweiligen Aufgabenstellung erzeugt werden. Diese Technologie bietet die Chance, Mitarbeiter auf allen Ebenen einzubinden.

Das APPSist-System wurde mit drei Anwendungspartnern aus der fertigen Industrie entwickelt und erprobt: dem Werkzeug- und Vorrichtungsbauer Brabant & Lehnert, dem Automatisierungstechnikhersteller Festo und dem Sonderanlagenbauer MBB Fertigungstechnik.

Wege in die Praxis

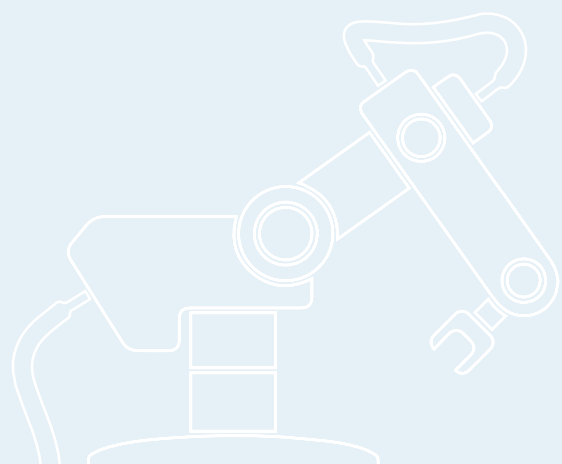
Die zukünftigen Herausforderungen bestehen grundsätzlich in der Übertragbarkeit der im Projektzeitraum entwickelten Modell- und Pilotlösungen mit Demonstrationscharakter hin zu generischen Ansätzen mit hoher Skalierbarkeit. Auf der Makroebene sind die vorliegenden Einzellösungen sowohl hinsichtlich der Technologie auf dem Shopfloor, der Qualifizierung am Arbeitsplatz wie hinsichtlich der Gestaltung veränderter Formen der Arbeitsorganisation und entsprechender Rahmenbedingungen in skalierbare Lösungen zu überführen. Diese Lösungen müssen auf Referenzmodellen für die Technologie einerseits und auf solchen, mit geringem Aufwand adaptierbaren Szenarien für Qualifizierung, Weiterbildung sowie Arbeit, Arbeitsplatzgestaltung und Arbeitsorganisation überführt werden. Dabei wird zu beachten sein, ob dies für KMUs mit regionalen Bezügen umzusetzen ist oder in Konzernen mit weltweiter Agilität. Auf der Mikroebene wird weiterhin eine Systematik zu entwickeln sein, nach der spezifische Inhalte und Formate technologiebasierter Qualifizierung, Weiterbildung und Arbeitsplatzgestaltung, z. B. die Einführung von Lern- neben Produktivzeiten, den unterschiedlichsten Situationen an verschiedenen Lern- und Bildungsorten eines Unternehmens in angemessenem Umfang und einem für die jeweilige Zielgruppe passenden Szenario gerecht wird.

Vorteile mit APPsist

Bisher	Mit APPsist
Die Mitarbeiter erhalten zahlreiche Montageanleitungen oder Konstruktionsskizzen, die nur Teilschritte einer Arbeitsaufgabe abdecken.	Die Maschinenzustände sind mit den Montageeinleitungen verzahnt. Die Assistenzinhalte berücksichtigen alle Arbeitsprozesse einer Fertigungsanlage oder -maschine, u. a. Inbetriebnahme, Produktion, Überwachung und Wartung, und sind untereinander aber auch mit zusätzlichen Lerninhalten integriert.
Die Wissenslücken und Fähigkeiten der Produktionsmitarbeiter werden erst in Personalgesprächen erfasst. Punktuell werden die Wissenslücken durch Schulungen und Trainings meistens in großen Gruppen ausgeglichen.	Kompetenzprofile der Mitarbeiter werden systematisch fortgeschrieben und die Assistenzdienste automatisch an ihrem Handeln, ihrer Expertise und ihren Zuständigkeiten ausgerichtet.
Weiterbildung findet momentan überwiegend in Gruppen statt. Individuelle Informations- und Qualifizierungsbedarfe der Mitarbeiter können daher nur teilweise berücksichtigt werden.	Den Mitarbeitern stehen so genannte Lernzeiten zur Verfügung, in denen sie das Angebot an Lerninhalten nach ihrem individuellen Informations- und ihrem Qualifizierungsbedarf nutzen können.
Tragfähige Konzepte im Dienstleistungsbereich rund um die intelligente Produktion sind noch nicht vorhanden.	Die Anwendungsszenarien von APPsist erlauben eine enge Verzahnung von wissensbasierten Systemen mit der intelligenten Produktion. Neue Geschäftsmodelle für die wissensbasierten Dienste wie APPsist werden aufgezeigt und erprobt.
Die Assistenzsysteme, die den Wissensstand der Arbeitnehmer erfassen und die einzelnen Ausführungsschritte kontrollieren, stoßen oft auf Vorbehalte.	Die Arbeiten im Projekt werden in der Kooperation mit den Beschäftigten, den Anwendungspiloten und ihren Interessenvertretern durchgeführt. Die Interessen der Arbeitnehmer werden durch die aktive Beteiligung am Entstehungsprozess von APPsist von Anfang an in vollem Umfang berücksichtigt. Die Systematik zur Einführung von APPsist in Unternehmen wurde in ein Prozessmodell überführt und in Form eines Leitfadens beschrieben.

Ansprechpartner APPsist

Konsortialführer:	Festo Lernzentrum Saar GmbH Klaus Herrmann (klaus.herrmann@festo.com)
Projektpartner:	Brabant & Lehnert GmbH, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), Festo AG, Fraunhofer IAO, imc information multimedia communication AG, MBB Fertigungstechnik GmbH, Ruhr-Universität Bochum
Webseite:	www.appsist.de



CoCoS

IT-Infrastruktur für intelligente Fabriken

Heutige Produktionssysteme sind nach dem Prinzip der hierarchischen Automatisierungspyramide organisiert. Jede Ebene hat ihre eigene Aufgabe: Das reicht von der Unternehmensplanung auf oberster Ebene (Enterprise Resource Planning) über die Planung und Steuerung von Produktionsprozessen bis hin zur Einzelsteuerung von Anlagen und Maschinen auf unterster Ebene. Überall werden eigene Softwaresysteme und oft auch eigene Kommunikationstechnologien verwendet. Die Änderungen im Fertigungsablauf sind daher teuer, weil die jeweiligen Prozesse auf jeder Ebene an neue Anforderungen im finalen Fertigungsprozess angepasst werden müssen.



Intelligenter Werkstückträger mit Cloud-Integration

Intelligente Produktionsanlagen (so genannte Cyber-Physische Produktionsanlagen) bestehen aus intelligenten Maschinen, Lagersystemen und Betriebsmitteln, die Informationen austauschen, Aktionen auslösen und sich gegenseitig steuern können. Im Gegensatz zu den hierarchisch-strukturierten Kommunikationsprozessen können intelligente Anlagen schnell auf einen geänderten Bedarf reagieren. Eine wichtige Voraussetzung für das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten ist eine durchgängige Informations- und Kommunikationsinfrastruktur, die das gesamte System vernetzt und mehrere Produktionsanlagen miteinander verbinden kann – auch über Unternehmensgrenzen

hinweg. Im Projekt CoCoS wurde daher eine Informations- und Kommunikationsplattform entwickelt, die Maschinen, Transportmittel und Werkstücke in einer Produktionslinie vereint. In dieser werden Sensoren, Aktoren, Software und Kommunikationstechnik miteinander verbunden. Dieses System wird über die CoCoS-Plattform zu einem intelligenten und vernetzten Produktionssystem zusammengefasst, das dezentral gesteuert wird. Auf diese Weise werden über Betriebsstätten hinweg die Fertigung bei Zulieferern und Produzenten einbezogen sowie Logistikdienstleister integriert. Bei alledem lässt sich das System schnell und einfach an neue Produktionsprozesse anpassen.

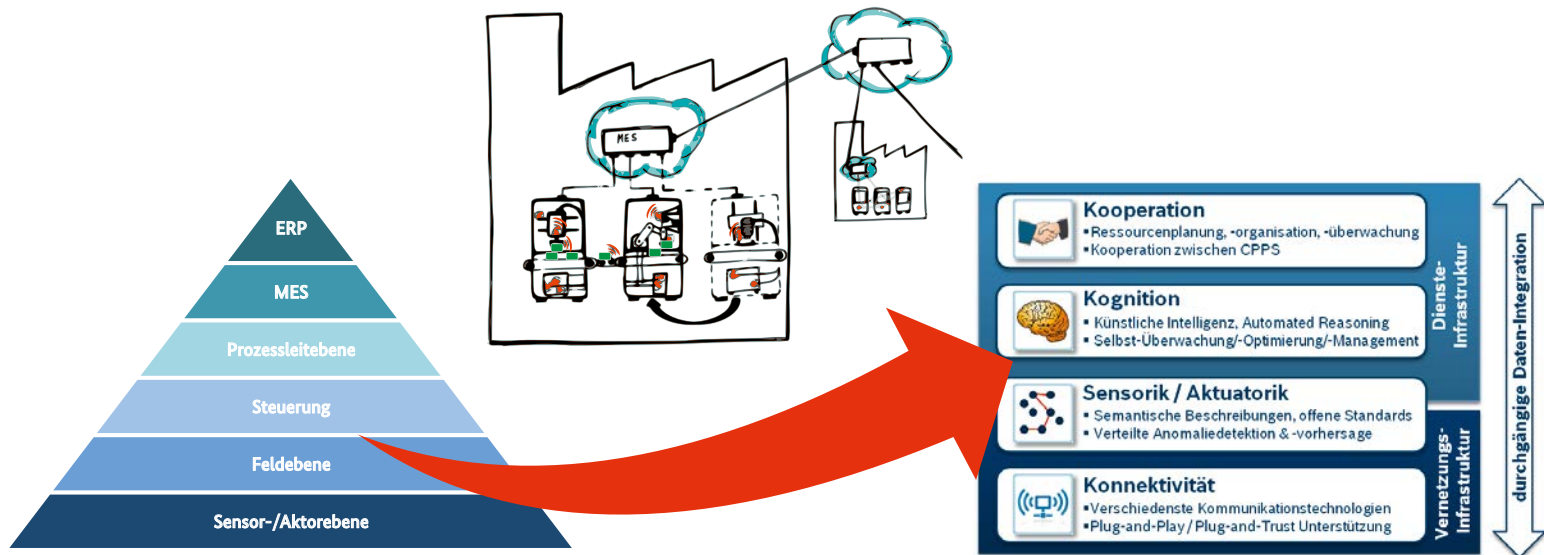
Durch die durchgängige Vernetzung der intelligenten Komponenten sowie die Vereinheitlichung der Kommunikationstechnologien werden nun alle produktionstechnischen Prozesse mit den betriebswirtschaftlichen Prozessen verzahnt und lassen sich dadurch flexibel steuern und verändern. CoCoS realisiert keine hierarchische, sondern eine kooperative Netzwerkarchitektur, die es ermöglicht, die Ressourcen durch neuartige Self-X-Fähigkeiten (Selbsteilung, Selbstkonfiguration, Anomaliedetektion und Virtualisierung) optimal zu nutzen. Sie soll zum einen das gesamte intelligente Produktionssystem, einschließlich aller Sensoren und Aktoren, vernetzen. Zum anderen soll sie mehrere Systeme verbinden und auch Insellösungen integrieren können.

Szenario

CoCoS wurde an einem unternehmensübergreifenden Demonstrator erprobt. Für eine Fertigung von Steckverbindungen bei Bosch wurden als Zulieferer die Modellfabrik Smart Factory des DFKI in Kaiserslautern und Maschinen zur Teilefertigung bei DMG Electronics in Pfronten über die Cloud Integration-Schnittstelle der Projektpartner XETICS und Trustsec miteinander verbunden.

Als Beispielprodukt wurde ein Bosch Motorsteuergerät gewählt, das nun über drei Produktionsstandorte der Partner DMG, DFKI und Bosch gefertigt werden sollte. Die Einbindung von verschiedenen Maschinen erfolgte über XETICS Lean an verschiedenen Standorten: Beispielsweise konnten verschiedene Maschinen und Anlagen (Smart Objects) in einem Produktionsprozess miteinander verknüpft werden. Um eine durchgängige Konnektivität der intelligenten Produktionssysteme sicherzustellen, wurden die Anlagenauslastung und die Konnektivitätsfähigkeit der intelligenten Komponenten ständig überwacht. Die Unter-

CoCos – Context-Aware Connectivity Service Infrastructure for Cyber-Physical Production Systems



Quelle: Bosch

brechungen in der Netzwerkkommunikation wurden automatisch detektiert und durch Selbstheilungsprozesse auf Basis moderner Netzwerkmanagement-Verfahren wiederhergestellt.

Wege in die Praxis

Die CoCoS Informations- und Kommunikationsplattform ermöglicht vor allen Dingen die Optimierung von bestehenden Kommunikationsprozessen in der Produktion. Durch die neuartigen Vernetzungsmechanismen sollen der Aufwand für die Inbetriebnahme eines Produktionssystems oder dessen Rekonfigurierung deutlich reduziert, die Produktionsprozesse flexibilisiert sowie Ausfallsicherheit gewährleistet werden. Die drahtlosen Kommunikationsnetze

in dynamischen Produktionsumgebungen sollen dabei zu deutlichen Effizienzsteigerungen beitragen. Gerade bei der Inbetriebnahme von neuen Komponenten in einer Produktionsumgebung sollen keine besonderen Fachkenntnisse erforderlich werden, weil dieser Prozess durch „Plug&Play“-Fähigkeit der Komponenten sowie Selbstkonfiguration und Selbstkalibrierung vollautomatisiert werden soll. Darüber hinaus sollen die Ausfälle ebenfalls automatisch erkannt und alternative Verbindungen zwischen den Komponenten mittels Selbstoptimierungs- und Selbstheilungsmechanismen gesucht und hergestellt werden.

Das ermöglicht Unternehmen, den gesamten Produktionsablauf vom Management bis zur Logistik zu optimieren und über die Informations- und Kommunikationsplattform standortübergreifend zu steuern.

Vorteile mit CoCoS

Bisher	Mit CoCoS
IT-Netzwerke in der Produktion bestehen bislang aus sehr heterogenen Technologien und Netzwerkprotokollen. Eine direkte Kommunikation zwischen den Komponenten ist entweder gar nicht oder nur über proprietäre Softwaresysteme möglich. Das führt zu langen Laufzeiten der Nachrichten und hohen Integrationsaufwänden.	Die physikalische Vernetzungsplattform verbirgt die technischen Details der Kommunikation in einer Produktionslinie vor dem Anwender, etwa einem Fertigungsingenieur oder einem Monteur. Es sieht nur ein einheitliches „virtuelles“ Netzwerk. Durch die einheitliche Vernetzung und Kapselung der Komponenten als intelligentes Produktionssystem wird der Integrationsaufwand reduziert und somit die durchgehende Kommunikationsfähigkeit der gesamten Produktionsanlagen auch über Unternehmensgrenzen hinweg gewährleistet.
Inbetriebnahme eines Produktionssystems oder dessen Rekonfiguration sind aufwendig und müssen manuell durchgeführt werden. Systemüberwachung, Fehlererkennung und Wartung erfolgen über manuelle Analyse der Sensordaten. Erweiterungen der Produktionssysteme sind nicht automatisiert und damit sehr aufwendig.	Self-X-Eigenschaften für Inbetriebnahme und Rekonfiguration sowie Virtualisierung der Kommunikationsprozesse, die sich beim Management großer Netzwerke, etwa den Mobilfunknetzen, bewährt haben, werden auf IT-Netze in der Produktion übertragen und ermöglichen eine wesentlich einfachere Inbetriebnahme der Produktionsanlagen, Verwaltung und Ausnutzung der Netzwerkressourcen.
Datentransport und Auswertung von großen Sensordatenmengen belasten die drahtlosen Sensornetzwerke, die sowieso schon mit höheren Latenzzeiten und Ausfallquoten kämpfen müssen.	Mit dem Konzept der In-Netzwerkdatenverarbeitung wird die Belastung zentraler Knoten in Sensornetzwerken deutlich verringert. Damit sinken die Laufzeiten der Nachrichten und verringert sich die Anzahl der Kommunikationsausfälle.
Die Komponenten heutiger Produktionssysteme verfügen in der Regel nur über einfache speicherprogrammierbare Steuerungen und bieten wenig Schnittstellen nach außen an. Ihre Inbetriebnahme, Rekonfiguration und Anbindung an übergeordnete Steuerungssysteme ist damit sehr aufwendig.	Die intelligenten Produktionsanlagen verbergen die sehr heterogenen technischen Details der einzelnen Komponenten. Alle wichtigen Daten und Funktionen einer Komponente werden in einer einheitlichen Form als Services auf einer Dienstplattform angeboten. Die Integration von Komponenten zu einem Fertigungssystem oder die Implementierung neuer Steuerungs- und Managementfunktionen wird damit zu einer Kombination vorhandener Dienste zu neuen Services über eine einfach zu handhabende grafische Nutzeroberfläche („Orchestrierung“)
Für die einfache, kostengünstige und sichere Vernetzung von Produktionsanlagen über mehrere Standorte und Unternehmen hinweg gibt es heute keine umfassende technische Lösung.	Produktionsanlagen lassen sich über mehrere Betriebsstätten hinweg sowohl hinsichtlich der Netzwerkkommunikation als auch auf Ebene der Fertigungsprozesse mit der CoCoS Informations- und Kommunikationsplattform miteinander koppeln.

Ansprechpartner CoCoS

Konsortialführer:	Robert Bosch GmbH Michael Doering (michael.doering2@de.bosch.com)
Projektpartner:	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, DMG, Electronics GmbH, TU Berlin, Fachgebiet für Informationstheorie und theoretische Informationstechnik, trustsec IT-Solutions GmbH, XETICS GmbH
Webseite:	www.cocos-project.de

CultLab3D

Mobile Scan-Straße für 3D-Massendigitalisierung

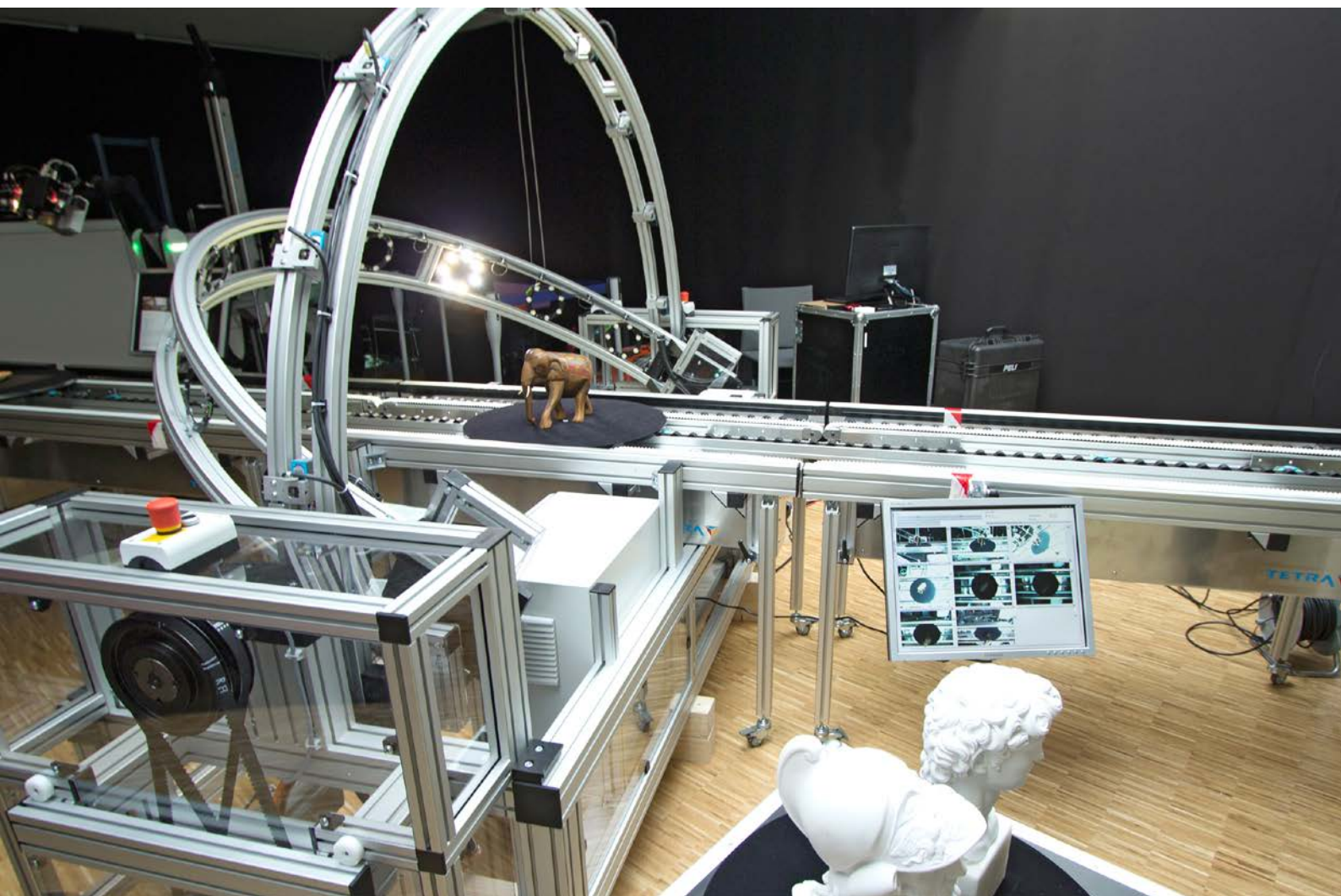
Die Digitalisierung zweidimensionaler Kulturgüter wie Bücher, Karten und Bilder ist in zahlreichen Bibliotheken und Museen bereits technologischer Standard. Für dreidimensionale Gegenstände wie Vasen, Münzen, Statuen oder Waffen ist das Verfahren des Scannens und digital Abbildens bisher unbefriedigend. Gegenwärtig gelingt dies nur in Einzelfällen mit großem Gerät und erfordert sehr viel Handarbeit und Fachwissen. In den meisten Fällen wurde und wird für die Erfassung mehrerer Objekte in einem Museum oder Archiv eine eigene Anlage zusammengestellt, aufgebaut und kalibriert. Diese Systeme werden wegen des hohen personellen und finanziellen Aufwands nur für den Scan besonders herausragender Kulturgüter eingesetzt. Eine massenhafte 3D-Erfassung von dreidimensionalen musealen und archäologischen Artefakten war daher bislang nicht möglich.

Im Projekt CultLab 3D wurde eine mobile Digitalisierungsstraße für die einfache und automatische Erfassung von Geometrie, Textur, Objektklasse und Materialeigenschaften der zu scannenden Objekte entwickelt. Die Scan-Straße von

CultLab3D ist leicht, robust und mobil. Sie kann vor Ort beim Museum oder bei einem Dienstleister aufgebaut werden und nach dem Scannen der Artefakte schnell zum nächsten Einsatzort gebracht werden. Die Scan-Technologien des Projekts können aber auch leicht auf den Einsatz in Industrie 4.0 übertragen werden, etwa in der Qualitätssicherung.

Szenario

Das System der mobilen Scan-Straße teilt sich in zwei Stationen, die über ein Förderband miteinander verbunden werden können: Auf der ersten Station bewegen sich ein Licht- und ein Kamerabogen um das Objekt, so dass alle Kombinationen von Perspektive und Lichteinfall erreicht werden. Auch die Unterseite des Objekts, das auf einem transparenten Teller aufliegend zwischen den Stationen bewegt wird, kann erfasst werden. Die zweite Scan-Station ist ein mobiler Leichtbau-Roboterarm auf einem Fahrgestell – auf den Roboterarm können verschiedene Kamerasysteme





montiert und so verdeckte Objektbereiche erfasst werden, die den fest installierten Kameras auf der ersten Station nicht zugänglich waren. Der Scan-Vorgang erfolgt automatisiert, ohne dass der Bediener das System vorkonfigurieren muss, also ohne Maße, Objektklasse oder Material vorab zu spezifizieren. Das System erfasst in etwa zehn Minuten sowohl die geometrische Form als auch die Materialeigenschaften von Objekten mit einem Gewicht bis 50 kg und mit maximal 60 cm Höhe, Breite und Tiefe. Die so gewonnenen 3D-Modelle werden mit Metadaten und Fachannotationen nach der Fachontologie für Museen und das kulturelle Erbe, CIDOC Conceptual Reference Model, angereichert und anschließend über ein einfach nutzbares Informationssystem Fachleuten und interessierten Laien zur Verfügung gestellt.

CultLab3D wurde ausführlich bei den am Projekt beteiligten Museen getestet: dem Liebieghaus in Frankfurt am Main, dem Naturkundemuseum in Berlin sowie der Antikensammlung und dem Münzkabinett der Staatlichen Museen zu Berlin. Hinzu kam ein Sonderprojekt im Jahre 2014: Bevor das Berliner Pergamonmuseum den Saal mit dem Pergamonaltar wegen einer mehrjährigen Sanierung für Besucher schloss, hat ein Projektteam des Fraunhofer IGD mit der im Projekt CultLab3D entwickelten Scan-Technologie die gesamte Anlage inklusive aller Friese in einer Auflösung bis zu 300 Mikrometern erfasst – optimal, um im 3D-Druckverfahren ein möglichst genaues Modell zu erhalten, das auch in den kleinsten Details mit dem Original übereinstimmt. Das 3D-Modell des Altars steht nun für das allgemeine Publikum, Wissenschaftler und für Reproduktionen zur Verfügung.

Wege in die Praxis

Die Digitalisierungsstraße CultLab3D ist zunächst für Museen, Archive und Kunsthallen gedacht, die ihre Objekte kostengünstig und mit so wenig Personalaufwand wie möglich digitalisieren wollen, ohne ihre hohen Anforderungen an Auflösung, Farbtreue und Güte der Materialerkennung sowie die fachgerechte Annotation der Modelle aufgeben zu wollen.

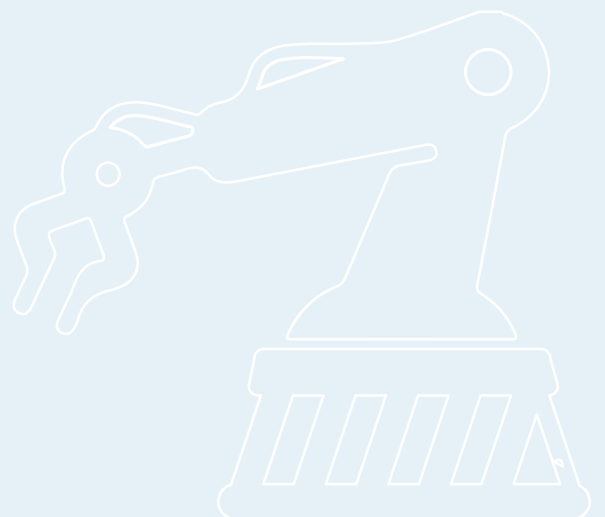
Bei der Vorstellung des Projekts auf internationalen Fachmessen, wie etwa der SIGGRAPH und der Hannover Messe International, und in Gesprächen mit Technologieunternehmen hat sich zudem schnell gezeigt, dass es auch breite Einsatzmöglichkeiten außerhalb der Kulturwirtschaft gibt, etwa im Kontext von Industrie 4.0 bei der automatischen Qualitätskontrolle in der Fertigung oder bei der Erstellung hochwertiger 3D-Modelle von Verkaufsprodukten für den E-Commerce. Letzteres würde bedeuten, dass sich Interessenten im Online-Shop, statt ein Produktbild zu betrachten, einen Gegenstand aus einem virtuellen Regal nehmen und somit schon vor dem Kauf genau untersuchen könnten. Zu den weiteren Anwendungsmöglichkeiten zählt vor allem auch die Modellerstellung kundenindividueller Produkte. Mithilfe der Software, die der Scan-Straße zu Grunde liegt, könnten Modelle erstellt und hochauflösend ausgedruckt werden – teure Fehlproduktionen würden so vermieden.

Innovationen mit CultLab3D

Bisher	Mit CultLab3D
Für die Erfassung dreidimensionaler Objekte wird in einem Museum oder Archiv eine individuelle Anlage zusammengestellt, aufgebaut und kalibriert. Für jedes Objekt muss das Erfassungsgerät neu positioniert werden.	Eine mobile und modulare Scan-Straße kann überall eingesetzt werden. Sie wird vor Ort bei einem Museum oder Dienstleister aufgebaut und nach dem Scannen der Artefakte einfach zum nächsten Einsatzort gebracht.
Die Anlagen, die aus mehreren einzelnen Geräten bestehen, benötigen mehrere Stunden pro Aufnahme, um 3D-Scans herzustellen sowie Geometrie und Materialeigenschaften zu erfassen.	Das Objekt durchläuft die beiden Stationen der Scan-Straße automatisch und der Scan wird auf wenige Minuten reduziert. Er enthält sämtliche relevante Informationen zu Geometrie und Materialeigenschaften.
Scan-Anlagen mit festen Kamerabahnen können verdeckte Bereiche, etwa den Körper einer Statue hinter dem Arm, nicht erfassen.	Mit dem frei beweglichen Roboterarm können auch die verdeckten Bereiche erfasst werden.
Jedes Objekt muss einzeln und von Hand in jedem Gerät der Anlage platziert und nach dem Scan wieder herausgenommen werden. Bei manchen Anlagen wird der Scanner für jedes Objekt individuell platziert.	Das Objekt wird auf einen Drehteller gesetzt und nach dem Durchlaufen beider Stationen wieder vom Teller abgenommen. Für eine Massenerfassung können Förderbänder ergänzt werden. Mehrere Objekte können parallel abgesetzt, nacheinander erfasst und anschließend wieder von der Anlage genommen werden.
Für die Notation dreidimensionaler Eigenschaften gibt es aber noch keine etablierten und erprobten Standards.	Die bestehende Ontologie für Museen und das kulturelle Erbe, CIDOC Conceptual Reference Model, wird um adäquate Methoden und Werkzeuge für die Annotation dreidimensionaler Eigenschaften erweitert.

Ansprechpartner CultLab3D

Konsortialführer:	Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD), Darmstadt Pedro Santos (pedro.santos@igd.fraunhofer.de)
Projektpartner:	Architectura Virtualis GmbH, Polymetric GmbH, Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie (FZI), Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI), Liebieghaus Skulpturensammlung, Staatliche Museen zu Berlin – Stiftung Preußischer Kulturbesitz (SMPK)
Webseite:	www.cultlab3D.de

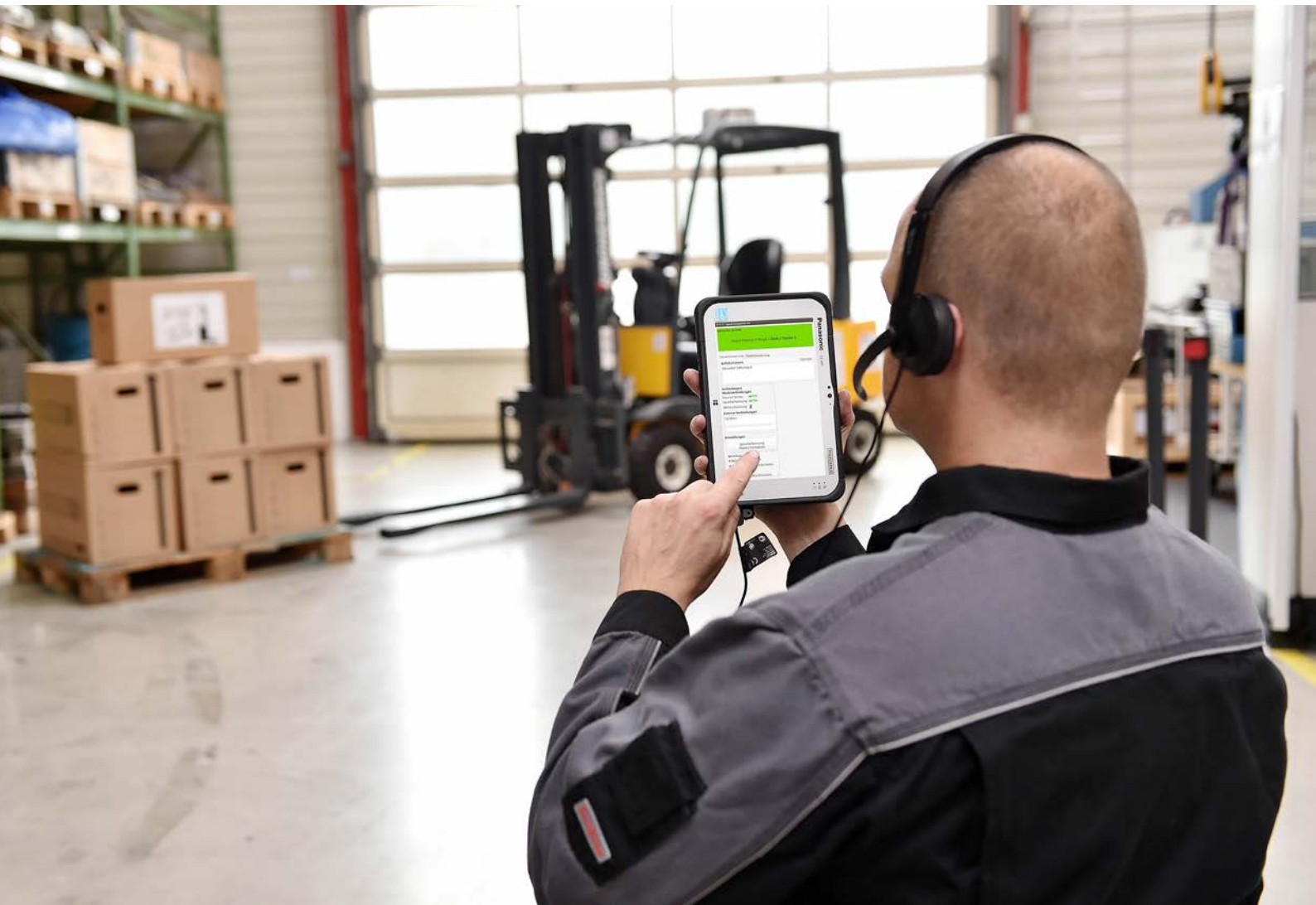


FTF out of the box

Intuitive Steuerung für fahrerlose Gabelstapler

Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) können die Effizienz von Logistikprozessen gegenüber dem manuellen Transport von Waren erheblich erhöhen. Existierende Lösungen sind entweder teil- oder vollautonom. Bei teilautonomen Systemen werden die Auf- und Abnahme von Transportgütern manuell von einem Bediener gesteuert. Die Bedienung ist derzeit jedoch noch wenig intuitiv und erfordert spezielle Qualifikationen der Mitarbeiter. Für vollautonome Systeme werden spezielle aufwendige Softwarelösungen zur eigenständigen Steuerung der Fahrzeuge und tiefgreifende, kostenintensive Änderungen in den Infrastrukturen von Lagerhallen benötigt, um eine zuverlässige Navigation zu ermöglichen. Existierende autonome Systeme sind außerdem unflexibel gegenüber sich ändernden Umgebungen. Taucht ein Hindernis auf, zwingt es die Fahrzeuge zu einem Not-Stopp. Befindet sich das Transportgut nicht genau an dem erwarteten Ort, kann es in der Regel nicht aufgenommen werden. Es besteht also ein hoher Bedarf an adaptiven und im Betrieb einfach zu bedienenden FTF bei geringem Installationsaufwand.

Im Projekt FTF out of the box wurden FTF-Konzepte auf den Betrieb von Gabelstaplern übertragen und weiterentwickelt. Gabelstapler sollen in die Lage versetzt werden, in Fabrik- und Lagerhallen autonom zu navigieren, eine virtuelle Umgebungskarte eigenständig mithilfe der gewonnenen Sensordaten zu erstellen und zu aktualisieren, sich anhand von markanten Punkten zu orientieren und adaptiv auf Veränderungen zu reagieren. Lagermitarbeiter sollen so ohne spezielle Weiterbildungsmaßnahmen das System bedienen und in der Mensch-Maschine-Interaktion auf einfache Weise per Sprache und Gesten Aufträge an multiple Fahrzeuge erteilen können. Zur Erkennung von Hindernissen, logistischen Elementen wie Paletten und sonstigen Objekten sowie für die Gestensteuerung werden 3D-Kamerasysteme eingesetzt. Der technologische wie auch der Kostenaufwand bleiben an dieser Stelle niedrig. Zwar werden die Kosten für die teilautonomen Gabelstapler im Vergleich zu gängigen Systemen wahrscheinlich um 15 bis 20 Prozent höher ausfallen, jedoch wird der Mehraufwand durch geringere Personalkosten kompensiert.



Szenario

Im Projekt wurden die entwickelten Technologien anhand eines typischen Logistikszenarios demonstriert: Menschen teilten den teilautonomen Gabelstaplern bestimmte Zielpositionen in einer großen Lagerhalle mit. Der Stapler navigierte dann aus seiner jeweiligen Startposition heraus vollständig autonom zu den Positionen. Anschließend konnte der Stapler Paletten eigenständig in die zugewiesenen Lagerstellflächen ein- und auslagern. Da prinzipiell mehrere Stapler gleichzeitig bedient werden könnten, können so Personal eingespart, Unfälle reduziert und die Effizienz erhöht werden.

Durch die im Projekt speziell entwickelten 3D-Kameras sind der gleichzeitige autonome Aufbau von Karten in unbekanntem Umgebungen und die eigene Lokalisation darin möglich. In diesen Karten kann ohne künstliche Markierungen, Positionssysteme oder kostenintensive Laserscanner navigiert werden. Das FTF ist damit leicht in eine bestehende Infrastruktur integrierbar.

Die eigens entwickelte gestenbasierte Interaktion mithilfe einer 3D-Kamera erlaubt neben einer sprachgestützten Interaktion die Auftragserteilung direkt vor Ort in der Logistikhalle ohne zusätzliche Anbindung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle an die Leitsteuerung. Durch diese näherungsweise natürliche Interaktion sind Spezialkenntnisse zur Kontrolle der Fahrzeuge nicht mehr notwendig. Mit der entwickelten Lösung wird der Mensch zur Schnittstelle zwischen Lagerverwaltungssystem und den autonom agierenden Gabelstaplern.

Wege in die Praxis

Mit dem Gesamtkonzept eines teilautonomen Gabelstaplers, der sich „out of the box“ in bestehende Logistiksysteme integrieren lässt, können die bisher vorrangig manuell bedienten Gabelstapler nach und nach durch die sich entwickelnden Systeme ersetzt werden. Damit bietet diese neue Generation von Fahrzeugen einen deutlichen Mehrwert gegenüber den bisherigen Systemen.

Die im Projekt entwickelten 3D-Kameras erlauben aufgrund ihrer Industrietauglichkeit ein breites Anwendungsspektrum weit über das Szenario in der Logistik hinaus. So könnten diese Systeme auch in der Produktion und Fertigung, bspw. für eine detaillierte Objekterkennung, eingesetzt werden.

Durch das neuartige Sicherheitskonzept sollen langfristige, jedoch sicherheitsrelevante Systemkomponenten (z. B. Laserscanner) durch 3D-Kameras ersetzt werden.

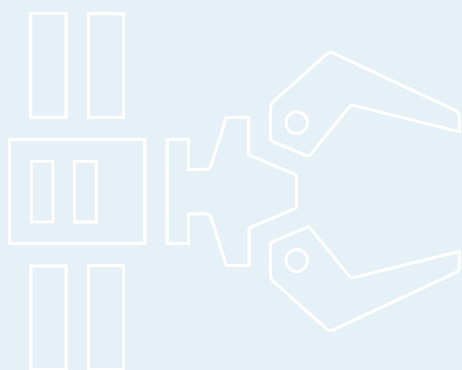


Vorteile mit FTF out of the box

Bisher	Mit FTF out of the box
Autonome Transportfahrzeuge in der Logistik sind momentan in ihrer Größe limitiert und eignen sich nur, um kleine bis mittel-schwere Lasten zu transportieren.	Große Lasten können durch fahrerlose Gabelstapler autonom bewegt werden.
Die Hinderniserkennung gängiger FTF-Lösungen erfolgt in der Regel durch den Einsatz von Laserscannern.	Hindernisse werden mit 3D-Kameras erfasst, die auch für andere Zwecke, wie für die Objekterkennung, eingesetzt werden können. Dies reduziert die Gerätekosten und die technologische Komplexität.
Visuelle Assistenzsysteme für die Ein- und Auslagerung von Paletten mittels Gabelstaplern nutzen u. a. 2D-Kameras. Aufgrund fehlender Tiefeninformation ist eine Automatisierung dieser Prozesse oft nicht möglich.	Der Einsatz von 3D-Kameratechnologie in den Gabelzinken des Gabelstaplers bietet aufgrund der Tiefeninformationen neue Möglichkeiten, wie z. B. das automatisierte Ein- und Auslagern von Paletten aus einem Regal.
Der gleichzeitige autonome Aufbau der Umgebungskarte und die eigene Lokalisation darin sind ohne spezielle Infrastruktur unter Verwendung kostenintensiver Sensorik nur erschwert möglich.	Mithilfe von 3D-Kamerasystemen kann auf künstliche Markierungen, Positionssysteme oder kostenintensive Laserscanner verzichtet werden. Die Systeme sind sehr leicht in bestehende Infrastrukturen integrierbar.
Fahrerlose Transportfahrzeuge werden über eine zentrale Leitsteuerung koordiniert, von der das jeweilige Fahrzeug seine Aufträge erhält.	Die eigens entwickelte gestenbasierte Interaktion mithilfe der 3D-Kameras erlaubt, neben einer sprachgestützten Interaktion, die Auftragserteilung direkt vor Ort in der Logistikhalle ohne zusätzliche Anbindung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle an die Leitsteuerung. Durch diese näherungsweise natürliche Interaktion sind Spezialkenntnisse zur Kontrolle der Fahrzeuge nicht mehr notwendig.
Aktuelle 3D-Kameras liefern neben den Tiefeninformationen nur 2D-Bilder in Graustufen. Zur Navigationssteuerung können damit nur spezielle kontrastreiche Markierungen benutzt werden.	Neue Kamerasysteme erlauben die kombinierte Wiedergabe von Tiefeninformationen und farbigen 2D-Bildern. Dies erhöht das Spektrum an potenziellen Markierungen in der Umwelt zur Navigationssteuerung.

Anprechpartner FTF out of the box

Konsortialführer:	Jungheinrich AG Dr. Frank Mänken (frank.maenken@jungheinrich.de)
Projektpartner:	Basler AG, Götting KG, ITI – Institut für Technische Informatik (Universität zu Lübeck), IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
Webseite:	www.ftf-out-of-the-box.de



GEMINI

Instrumentarium zur musterbasierten Entwicklung von Geschäftsmodellen bei Industrie 4.0

Die Digitalisierung eröffnet neue, Erfolg versprechende Perspektiven für die industrielle Produktion. Starre Kunden-Lieferanten-Beziehungen werden zunehmend von flexiblen Netzwerken abgelöst. Damit ergeben sich Chancen für völlig neue Geschäftsmodelle. Ein erhebliches Potenzial zusätzlicher Wertschöpfung haben Dienste auf Basis von Datenanalysen (z. B. Produktlebenszyklusverfolgung, vorbeugende Instandhaltung), Services zur Integration der Kunden (z. B. Open Innovation, kundenspezifische Produkte) oder B2B-Plattformen (z. B. Bereitstellung von Fertigungskapazitäten). Die Analyse von Geschäftsmodellen in klassischen Bereichen wie auch im Kontext der Digitalisierung zeigt, dass innovative Geschäftsmodelle auf der idealtypischen Kombination von Mustern basieren. Ein Beispiel ist das Geschäftsmodellmuster „Razor and Blade“. Dabei wird ein Basisprodukt vergünstigt angeboten. Das zur Nutzung des Basisprodukts notwendige Komplementärprodukt wird dagegen mit einer hohen Marge vertrieben. Durch das Basisprodukt wird der Kunde an das Unternehmen gebunden, mithilfe des Komplementärprodukts wird anschließend ein hohes Ertragspotenzial realisiert.

Das Projekt GEMINI stellt ein Instrumentarium zur musterbasierten Geschäftsmodellentwicklung bereit. Es besteht aus Prozessen, Methoden, strukturierten Mustern und Standardausprägungen sowie IT-Werkzeugen und befähigt Unternehmen, Geschäftsmodelle auf Basis Industrie-4.0-

spezifischer Muster zu entwickeln und in die Praxis einzuführen. Das Instrumentarium unterstützt die drei wesentlichen Schritte zur Entwicklung und Operationalisierung von Geschäftsmodellen (siehe Abbildung 1).

Validierung anhand von Pilotprojekten

Das im Projekt GEMINI entwickelte Instrumentarium zur musterbasierten Entwicklung von Geschäftsmodellen wurde im Rahmen von fünf Pilotprojekten angewendet und validiert. Nachfolgend werden die Projekte vorgestellt:

B2B-Plattform für Additive Fertigung

In einem Pilotprojekt mit den Partnern SLM Solutions Group und Atos IT Solutions and Services wurde die Umsetzbarkeit der Geschäftsidee einer Ressourcenbörse für die individuelle Vergabe von Fertigungsaufträgen in einem Netzwerk verteilter additiver Fertigungsmaschinen evaluiert. Unternehmen, die 3D-Druck für die schnelle Produktion von Modellen, Mustern, Prototypen, Werkzeugen und Endprodukten nutzen möchten, wurden mit 3D-Druck-Dienstleistern auf der Plattform zusammengebracht (siehe Abbildung 2).

Abbildung 1: Darstellung der drei wesentlichen Schritte zur Entwicklung und Operationalisierung von Geschäftsmodellen

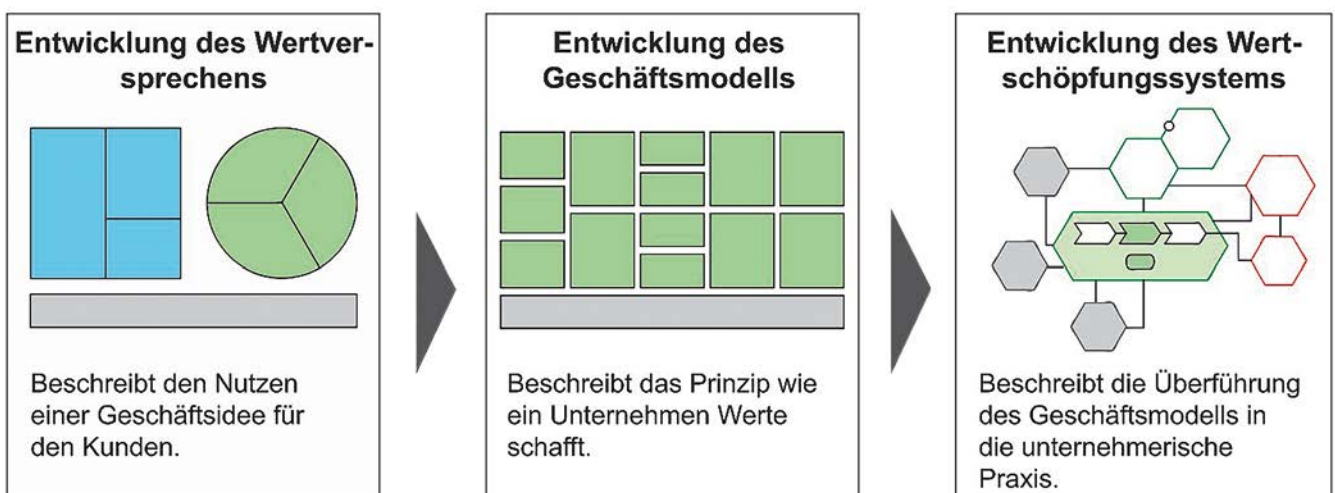


Abbildung 2: Realisierung einer B2B-Onlineplattform für ein verteiltes Produktionsnetzwerk (Amshoff et al. 2014)



Quelle: GEMINI

Cloud-basierte Services für Industrie 4.0

In einem weiteren Pilotprojekt wurden mehrere Geschäftsideen zu ausgewählten Cloud-basierten Services für Industrie 4.0 (z. B. Predictive Maintenance, Closed Feedback Loop, Cloud-basierte Analyseplattform, Augmented Worker etc.) konkretisiert. Dabei wurden aus Sicht eines IT-Dienstleisters tragfähige Geschäftsmodelle erstellt und deren Umsetzung in entsprechenden Wertschöpfungsstrukturen geplant.

Innovationen aus dem „AUTONOMIK für Industrie 4.0“-Technologieprogramm

Neuartige Geschäftsmodelle wurden ebenfalls für drei ausgewählte Projekte aus dem Technologieprogramm „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ entwickelt. Im Mittelpunkt standen dabei Vernetzungs- und Dienste-Infrastrukturen für intelligente Produktionsanlagen (CoCoS), wiederverwendbare intelligente Dienste für flexible Roboteranlagen (ReApp) und Systeme zur automatischen Lokalisierung und Inventa-

risierung von Lagerbeständen mithilfe autonomer Flugroboter (InventAIRy).

Wege in die Praxis

Die Projektergebnisse wurden über die Online-Plattform www.geschaeftsmodelle-i40.de verfügbar gemacht. Insbesondere die in GEMINI entwickelten IT-Werkzeuge (Geschäftsmodellmusterdatenbank, Geschäftsmodellkonfigurator, Operationalisierungsplaner) unterstützen den Anwender darin, Geschäftsmodelle erfolgreich zu entwickeln. Interessierte Unternehmen haben über die o.g. Seite die Möglichkeit, einen Zugang für die entwickelten IT-Werkzeuge zu beantragen und Zugriff auf einen Katalog mit Geschäftsmodellmustern, einen Online-Konfigurator für Geschäftsmodelle und Hintergrundwissen zum Thema Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 zu bekommen (siehe Abbildung 3). Eine detaillierte Dokumentation zur Vorgehensweise und zu den IT-Werkzeugen wird im Rahmen eines Fachbuchs erscheinen.

Abbildung 3: Geschäftsmodellmusterkarte im Geschäftsmodellkonfigurator

Textuelle Vorgehensbeschreibungen, Bilder und Prozessabbildungen unterstützen den Anwender bei der Verwendung des Instrumentariums.

Der Geschäftsmodellkonfigurator unterstützt den Anwender bei der muster-basierten Ausgestaltung eines Geschäftsmodellrahmens.

Im Geschäftsmodellmuster-Slider kann der Anwender durch die Musterdatenbank scrollen und sich einen Überblick über die identifizierten Geschäftsmodellmuster verschaffen.

Jedes Geschäftsmodellmuster wurde in Form einer Karte übersichtlich visualisiert.

Instrumentarium zur muster-basierten Entwicklung von Geschäftsmodellen GEMINI 4.0
Geschäftsmodelle für Industrie 4.0

Anleitung GM Konfigurator Risikomanagement Op. Planer Logout

Geschäftsmodellmuster-Slider GM-Stoßrichtung Value Chain Configuration
GMM-Gruppe Market Maker
GMM bitte auswählen

Suchen nach: GM-Muster Suchen

Geschäftsmodellmuster

2 Value Chain Configuration
2.4 Market Maker
2.4.1 **Two-Sided Market**

Beschreibung
Ziel des Modells ist es, unterschiedliche Nutzergruppen zusammenzubringen und derart zu steuern, dass diese von indirekten Netzwerkeffekten profitieren. Dadurch wird die Plattform für Nutzer der einen Gruppe umso attraktiver, je mehr Nutzer der anderen Gruppe(n) vorhanden sind und umgekehrt.

Kernelemente

- **Schlüsselpartner:** Nutzer unterschiedlicher Gruppen
- **Schlüsselaktivitäten:** Bereitstellung und Wartung einer Plattform, auf der die Nutzer zusammenkommen.
- **Organisationsform:** Das Unternehmen vermittelt zwischen versch. Nutzergruppen als Market Maker.

Anwendungsbeispiele

- eBay
- Amazon
- Zappos
- JCDecaux
- Groupon
- Facebook
- Metro
- News-papper
- Google

Kompatible Muster

- E-Commerce
- Hidden Revenue
- Leverage Customer
- Data
- Long Tail
- Open Source

GEMINI 4.0
Geschäftsmodelle für Industrie 4.0
Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

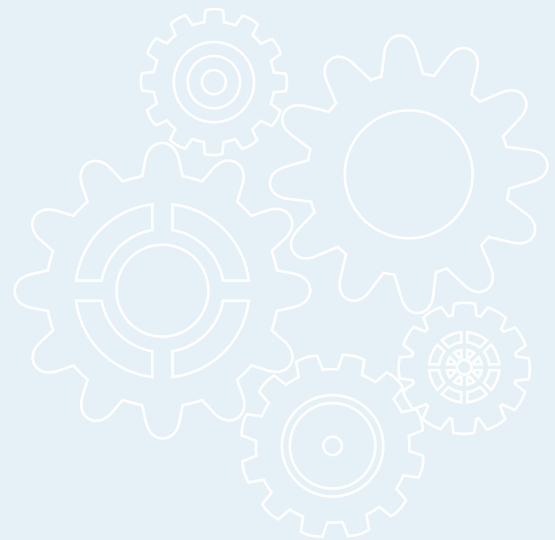
2.4.1 **Two-Sided Market**

Vorteile mit GEMINI

Bisher	Mit GEMINI
Die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen im Bereich Industrie 4.0 ist für viele etablierte Unternehmen Neuland.	Durch ein systematisches Vorgehen wird die Weiterentwicklung von Geschäftsideen im Bereich Industrie 4.0. zu tragfähigen Geschäftsmodellen unterstützt.
Innovative Geschäftsmodelle im Kontext der Digitalisierung basieren häufig auf Technologien, die bis dato nicht als Kernkompetenz eines produzierenden Unternehmens wahrgenommen wurden. Dementsprechend fällt es Unternehmen schwer, sie zu identifizieren oder mit einem Geschäftsmodell zu verknüpfen.	Für den Bereich Industrie 4.0 stellt GEMINI einen Katalog mit typischen Technologien und Geschäftsmodellmustern bereit. Durch die Verknüpfung von Technologien und Geschäftsmodellmustern können Unternehmen adäquate digitale Technologien für ihr Geschäftsmodell identifizieren und erschließen. Gleichzeitig ermöglicht GEMINI, Anwendungsfälle für vorhandene digitale Technologien vorauszudenken.
Der Einfluss neuer Industrie-4.0-Geschäftsmodelle auf die Risikoverteilung zwischen den Akteuren der Wertschöpfungskette ist kaum erforscht.	Eine Methode zur Risikoabschätzung berücksichtigt die unterschiedlichen Risiken der Akteure einer Wertschöpfungskette.
Eine integrative Betrachtung von Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem im Bereich Industrie 4.0 fehlt.	Eine im Projekt GEMINI entwickelte Software, die Unternehmen bei der Modellierung von Wertschöpfungssystemen unterstützt („Operationalisierungsplaner“), schließt die Lücke zwischen der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und deren Überführung in zukünftige Wertschöpfungsketten.
Es gibt keine umfassende Werkzeugunterstützung für die Entwicklung und Operationalisierung von Industrie-4.0-Geschäftsmodellen.	IT-Werkzeuge unterstützen Anwender von der Entwicklung einer Geschäftsidee bis zur Umsetzung eines Geschäftsmodells im Kontext von Industrie 4.0 und darüber hinaus.

Ansprechpartner GEMINI

Konsortialführer:	Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (juergen.gausemeier@hni.uni-paderborn.de) Benedikt Echterhoff (benedikt.echterhoff@hni.uni-paderborn.de)
Projektpartner:	Ruhr Universität Bochum, Fraunhofer-Einrichtung für Entwurfstechnik und Mechatronik, CONTACT Software GmbH, UNITY AG, SLM Solutions GmbH, Atos IT Solutions and Services GmbH
Webseite:	www.geschaeftsmodelle-i40.de



InnoCyFer

Integrierte Herstellung und Gestaltung kundeninnovierter Produkte in intelligenten Fertigungssystemen

Für das produzierende Gewerbe stellt die Realisierung individueller Gestaltungswünsche der Kunden eine große Herausforderung dar. So ist es z. B. bei der Konfiguration von Neuwagen zwar mittlerweile möglich, das Produkt innerhalb definierter Grenzen an eigene Wünsche und Vorstellungen anzupassen, jedoch verlangen immer mehr Kunden einen noch stärkeren Individualisierungsgrad. Sie wollen direkten Einfluss auf die Gestalt und Funktion des Produktes nehmen und somit das Produkt selbst innovieren. Dafür werden neue Infrastrukturen und hochflexible Fertigungsanlagen benötigt, die es erlauben, die Ideen des Kunden kurzfristig umzusetzen und Änderungen bis in die späten Phasen des Produktentstehungsprozesses zu ermöglichen. Am Beispiel eines individuellen Kaffeefullautomaten wurden im Projekt InnoCyFer Methoden und Vorgehensweisen für die Realisierung der gesamten Wertschöpfungskette eines kundeninnovierten Produktes entwickelt. Damit wer-

Kunden in den Produktentstehungsprozess einzubinden, und die sich mit einer neuartigen, intelligenten Produktionsplanung und -steuerung vernetzt. Über die webbasierte Open-Innovation-Plattform kann jeder gewerbliche oder private Kunde ein neues Design entwerfen oder bestehende Entwürfe anderer Kunden an eigene Wünsche und Vorstellungen anpassen. Dabei erhält er stets eine Rückmeldung über die Fertigbarkeit seines Entwurfs, so dass er auch ohne fertigungstechnisches Know-how die Gestaltung problemlos durchführen kann. Die kundenindividuellen Designs können anschließend veröffentlicht werden, um weitere Ideen, Problemlösungen oder Meinungen anderer Kunden einzuholen. Zudem wird der Kunde vom Hersteller darüber informiert, welcher Liefertermin für sein individuelles Produkt zu erwarten ist und was es kosten wird. Bereits erteilte Aufträge können, falls möglich, noch kurzfristig bis in späte Produktentstehungsphasen vom Kunden geändert werden.



den erste Schritte in Richtung eines Produktengineerings aufgezeigt, das auch den Kunden in die Produktgestaltung mit einbezieht.

Ziel war es, eine Methode zur Bestimmung der Individualisierungsfähigkeit von Komponenten zu entwickeln, die es Unternehmen ermöglicht, das Individualisierungspotenzial ihrer Produkte zu untersuchen und festzulegen, welche Komponenten der Bauteile problemlos vom Kunden gestaltet werden können. Hierfür wurde im Rahmen des Vorhabens eine Open-Innovation-Plattform entwickelt, die es erlaubt, das Kreativitäts- und Innovationspotenzial der

Ermöglicht wird dieser Vorgang durch eine neuartige Produktionsplanung und eine von bionischen Prinzipien inspirierte Produktionssteuerung innerhalb der Wertschöpfungskette, mit der – wie bei Ameisen – eine hohe Flexibilität sowie einfache Eingriffsmöglichkeiten bei geringer Fehlertoleranz und niedriger Komplexität gewährleistet werden. Abhängig von den äußeren Bedingungen (Kundenwünsche, Materialbestände, Maschinenauslastung und -verfügbarkeit, Zulieferer, Auftragspriorität) organisiert sich das Gesamtsystem kontinuierlich neu, ohne dass dabei eine zentrale planende Instanz erforderlich ist.

Szenario

Am Beispiel eines individuellen Kaffeefullautomaten wurde der Weg von einer einheitlichen Massenproduktion hin zu einer hochindividualisierten Fertigung demonstriert. So konnten potenzielle Kunden bestimmte Teile vollkommen frei gestalten, wie die Gravur und Farbgestaltung der Abtropfbleche und Ausschankblenden. Über einen Ideenwettbewerb konnten Kunden ihre eigenen Designvorschläge gegenseitig bewerten und weiterentwickeln. Neben gestalterischen Freiheiten konnten auch Funktionen individualisiert werden. So entstand als Ergebnis der Ideenwettbewerbe unter anderem ein Kaffeefullautomat mit Ice-Crusher-Funktion.

Um auf Messen die Projektergebnisse anschaulich darzustellen, wurde neben der Individualisierung eines Kaffeefullautomaten auch die individuelle Gestaltung eines Mikrocontrollers und dessen Gehäuse demonstriert. Hierbei können Farbe, Höhe, Textur und Gravur individuell vom Kunden festgelegt und über eine flexible Produktionslinie direkt gefertigt werden.

Durch die im Projekt InnoCyFer angestrebte enge Verzahnung der Produktionsplanung und -steuerung mit der Open-Innovation-Plattform erhält der Kunde jederzeit Rückmeldung über die Realisierbarkeit seiner Individualisierungen und die zu erwartenden Liefertermin- und Kostenänderungen. Die dezentrale bionische Produktionssteuerung erlaubt zu jeder Zeit eine rasche autonome Anpassung und Skalierung des Produktionsprozesses.

Wege in die Praxis

Zusätzlich zum Austausch zwischen Kunde und Hersteller findet über die zentrale Open-Innovation-Plattform auch eine Kommunikation zwischen den Kunden statt. In den daraus entstehenden Communities können Kunden einerseits von dem Wissen und den Erfahrungen anderer Kunden profitieren. Die kollektive Intelligenz eines großen Kundenstammes kann Herstellern andererseits behilflich sein, neue Designs zu entwickeln und damit ihr Produktportfolio ohne hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwand zu erhöhen.

Die bionisch inspirierte Produktionssteuerung bietet das Potenzial, auch in der klassischen Fertigung eingesetzt werden zu können. Insbesondere im Zuge von Industrie 4.0 ist damit zu rechnen, dass Unternehmen ihre Produktionsplanung und -steuerung in stark verkürzten Zyklen anpassen müssen. Der bionische Ansatz kann vor allem in hochkomplexen Produktionsanlagen für eine entsprechende Flexibilität sorgen.

Die entstandene Demonstrationsplattform an der Technischen Universität München und das Public-Innovation-Lab bei Festo Didactic bieten hervorragende Möglichkeiten, um über das Projekt hinausgehende Fragestellungen über die Umsetzung einer hochflexiblen an Kundenwünschen orientierten Produktion zu untersuchen.

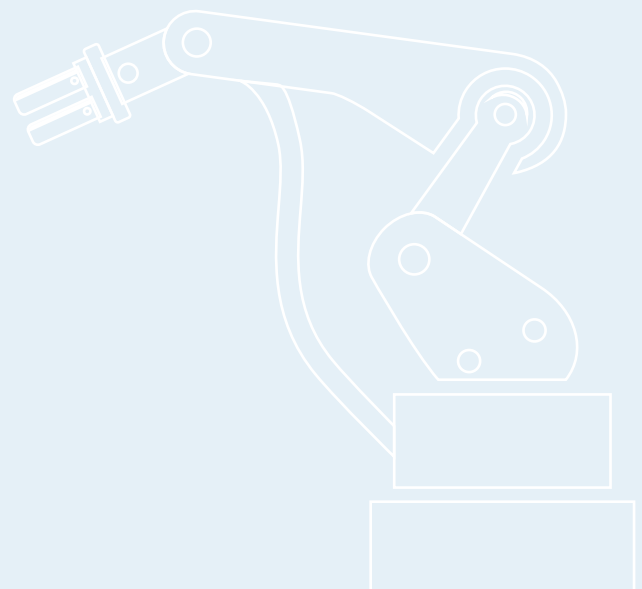


Vorteile mit InnoCyFer

Bisher	Mit InnoCyFer
Kunden können höchstens die Planung eines Produkts beeinflussen. Nach Auftragserteilung bestehen kaum Änderungsmöglichkeiten.	Mit der Open-Innovation-Plattform und der engen Verzahnung mit der Produktionsplanung und -steuerung werden Änderungen durch den Kunden auch noch in späten Phasen des Produktentstehungsprozesses ermöglicht. Dabei erhält der Kunde jederzeit Rückmeldung über die Realisierbarkeit seiner Wünsche und die zu erwartenden Termin- und Kostenänderungen.
Individuelle Gestaltungswünsche der Kunden sind nur in engen Grenzen umsetzbar. Meist erfolgt lediglich eine Konfiguration ausgewählter Gestaltungsoptionen.	Auch komplexe technische Produkte lassen sich durch den Kunden mithilfe der neuartigen dezentralen Produktionsorganisation frei gestalten.
Zentrale Steuersysteme für die Produktion und Fertigung kleiner Stückzahlen sind bei unerwartet hoher Nachfrage nur durch komplizierte Eingriffe in den Produktionsprozess skalierbar.	Die dezentrale bionische Steuerungsstruktur erlaubt zu jeder Zeit eine rasche autonome Anpassung und Skalierung des Produktionsprozesses.
Kundenindividuelle Fertigung beruht auf einer direkten Beziehung zwischen Kunde und Hersteller. Die Hersteller besitzen nur sehr geringe Möglichkeiten, von dem Kreativitäts- und Innovationspotenzial ihrer Kunden zu profitieren.	Über die Open Innovation-Plattform wird nicht nur der Austausch zwischen Kunde und Hersteller gefördert, sondern auch der Austausch zwischen den Kunden. In einer solchen Community können Kunden von dem Wissen und Design anderer Kunden profitieren. Die so entstehende kollektive Intelligenz eines großen Kundenstammes kann dem Hersteller behilflich sein, neue Designs zu entwickeln und damit sein Produktportfolio ohne hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwand zu erhöhen.

Ansprechpartner InnoCyFer

Konsortialführer:	Technische Universität München Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart (gunther.reinhart@iwb.tum.de) – Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann (lindemann@pe.mw.tum.de) – Lehrstuhl für Produktentwicklung
Projektpartner:	BSH Hausgeräte GmbH, Festo Didactic SE, Fraunhofer IGCV, HYVE Innovation Community GmbH
Webseite:	www.innocyfer.de



InSA

Integrierte Schutz- und Sicherheitskonzepte in Cyberphysischen Arbeitsumgebungen

In modernen Produktionsumgebungen werden die Arbeitsbereiche von Menschen und industriellen Schwerlastrobotern durch Schutzzäune voneinander getrennt, um Verletzungen oder gar Unfälle zu vermeiden. Durch die Optimierung und stärkere Automatisierung der Produktionsprozesse kommt es zunehmend zu Arbeitssituationen, bei denen sich die Arbeitsbereiche zwischen Mensch und Industrieroboter überlappen. Dabei möglicherweise entstehende Gefahrensituationen für den Werker können nur ausgeschlossen werden, wenn die Maschinen gestoppt und damit die Produktion unterbrochen wird. Dies kann zu massiven wirtschaftlichen Verlusten führen.

Ziel des Projekts InSA war es, ein umfassendes Sicherheitskonzept zu entwickeln, das den Benutzer und die Arbeitsumgebung eines Roboters nicht nur statisch, sondern auch dynamisch während der Tätigkeiten und Interaktionen schützt. In der Umsetzung wird der Mensch mit einer interaktiven Sensorkleidung zur Bewegungserfassung ausgestattet und ergänzend von industriellen Kameras und Sicherheitslaserscannern im Raum erfasst. Anhand der so gewonnenen Informationen kann das Sicherheitssystem Risiken errechnen und Schutzmaßnahmen veranlassen, etwa indem der kollaborative Roboter während eines Risikoszenarios die Geschwindigkeit reduziert. In diesem Sinne können Bewegungsabläufe dynamisch an das Risikogeschehen angepasst werden, ohne Unterbrechung des Produktionsprozesses. Die Gefährdung des Mitarbeiters wird auf diese Weise zu jeder Zeit ausgeschlossen.

Schwerpunkte der Projektarbeit waren die Arbeitsprozessgestaltung und die Akzeptanz von kollaborativen Robotern in der direkten Zusammenarbeit mit dem Menschen. Sensoren in einem interaktiven Schutzanzug erfassen alle Bewegungen des Arbeiters zuverlässig und in Echtzeit und übermitteln dem Roboter jederzeit, wo der persönliche Schutzraum des Arbeiters liegt. Darüber hinaus wurden normierte Software-Architekturen sowie vorhandene Kommunikations- und Interoperabilitätsstandards identifiziert, mit deren Hilfe die neuen Schutzkonzepte möglichst einfach in vorhandene Systeme integriert werden können. Die Zertifizierungsvoraussetzungen für die Teilkomponenten des Mensch-Roboter-Systems, z. B. für die funktionale Sicherheit der Software, wurden bereits identifiziert und umgesetzt. Die Zertifizierung des Gesamtsystems mit Einbeziehung von Sensordaten aus verschiedenen Datenquellen bleibt noch eine Aufgabe.

Szenario

Der Lösungsansatz wurde anhand von zwei typischen Industrieszenarien aus der halbautomatischen Montage mit Überschneidungen der Arbeitsbereiche zwischen Menschen und Maschinen (Industrieroboter) demonstriert. Das Anwendungsszenario bezog sich auf die halbautomatische Montage von Öldichtungsringen auf Motoraggregaten. Dabei wurden der Schutzbereich der Anlage einerseits und der Schutzbereich des Menschen andererseits über ein virtuelles Kontext-Modell miteinander in Beziehung gesetzt.

Das erste Szenario adressierte die Situation des normalen Betriebs. Das zweite Szenario demonstrierte den Betrieb in einer Ausnahmesituation: In der ersten Phase bereitete ein Arbeiter Teilschritte in der Produktion vor (Bestückung des Motoraggregates) und übergab seine Arbeitsergebnisse dem Roboter zur weiteren Fertigung. Die Erfassung der Bewegungsabläufe mithilfe des Schutzanzuges und der Sensorik in der Umgebung verhinderten die Unterbrechung der laufenden Produktion. In der zweiten Phase betrat der Arbeiter den Bewegungsbereich des Industrieroboters. Der Roboter sollte dabei nicht komplett stehen bleiben, sondern angemessen mithilfe der Sensoren in der Arbeitsumgebung und der Schutzkleidung auf die Anwesenheit des Arbeiters z. B. durch verlangsamte Bewegungsabläufe reagieren können, um eine komplette Unterbrechung in der Produktion zu vermeiden.



Wege in die Praxis

Für ThyssenKrupp System Engineering GmbH ergeben sich neue Optimierungsmöglichkeiten in Bezug auf die Flexibilität von Produktionsprozessen, die Erhöhung der Taktzeit durch geringere Unterbrechungen der gesamten Produktionslinie, zum Beispiel zwecks Wartung, und dadurch auch die Reduzierung der Produktionskosten.

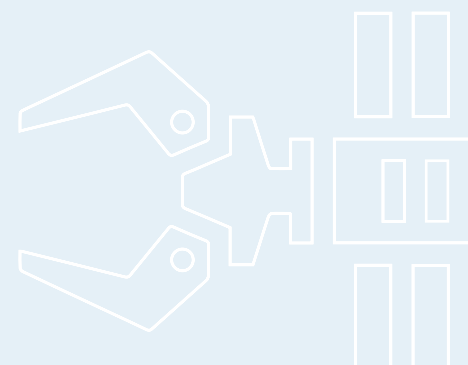
Für S-GARD eröffnen sich durch die intelligente in die Bekleidung integrierte Sensorik neue Marktperspektiven im Bereich Mensch-Roboter-Kooperation. Die Erfahrungen aus dem Projekt wurden zudem auch in aktuelle Normungs- und Standardisierungsgremien eingebracht.

Vorteile mit InSA

Bisher	Mit InSa
Mensch und Schwerlastroboter arbeiten an industriellen Arbeitsplätzen nicht zusammen.	Die exakte Gefahrenerkennung und ein umfassendes Schutzkonzept ermöglichen die Kooperation von Mensch und Roboter in Anwendungsgebieten.
Sicherheitskonzepte in der Produktion und Fertigung werden in der Regel für jede einzelne Komponente mit Gefahrenpotenzial individuell entwickelt und implementiert.	Sicherheitskonzepte für Arbeiter, Maschinen, Anlagen und Prozesse werden ganzheitlich betrachtet und miteinander vernetzt. Es entsteht ein ganzheitlicher Schutz am Arbeitsplatz durch die Sensorik in der Umgebung und in der Kleidung.
Die detaillierte Erkennung von menschlichem Verhalten am Arbeitsplatz weist derzeit noch nicht die in einer industriellen Umgebung geforderte Präzision und Robustheit auf.	Durch den gleichzeitigen Einsatz verschiedenster Sensorsysteme (Magnetfeldsensoren, Stereokameras, Laserscanner, RFID, Berührungssensoren) werden eine robuste und präzise Erkennung und dadurch auch ein umfassendes Schutzkonzept möglich.
Bisher existieren nur sehr wenige zertifizierte Schutzmaßnahmen für eine sichere Mensch-Roboter-Kooperation, die hauptsächlich auf dem Einsatz von Laserscannern beruhen.	Die Zertifizierungsvoraussetzungen für die Teilkomponenten des InSA-Systems sind bereits erfüllt. Nach der Zertifizierung des Gesamtsystems erschließen sich deutlich mehr Anwendungsgebiete für eine sichere Mensch-Roboter-Kooperation als bisher.

Ansprechpartner InSA

Konsortialführer:	neusta mobile solutions GmbH Prof. Dr. Michael Lawo (m.lawo@neusta.de)
Projektpartner:	Hubert Schmitz GmbH, ThyssenKrupp System Engineering GmbH, Universität Bremen
Webseite:	www.insa-projekt.de



InventAIRy

Drohnenbasierte Inventur von Lagerbeständen

Inventuren sind durch gesetzliche Bestimmungen notwendig und in der Praxis häufig mühsam. Oft werden für das zeitaufwendige Verfahren Aushilfskräfte beschäftigt – dies ist mitunter kostenintensiv und kann zu Fehlern führen. Neben den Personalkosten erzwingt eine manuelle Inventur auch den Stillstand eines großen Teils des Lagerbetriebs. Daran ändert auch der Einsatz von Barcodes oder RFID-Tags wenig, die ebenfalls manuell erfasst werden müssen. Ideal wäre, diesen fehleranfälligen Prozess automatisiert und permanent ablaufen zu lassen.

Existierende Ansätze für eine automatisierte Inventur benötigen in der Regel spezielle Infrastrukturen, die, wenn Lagerhallen ausgebaut werden, nur mit hohen Kosten und zusätzlichem Aufwand an die neuen Aufgaben anpassbar sind. Vor allem für KMU ist ein solches System nur schwer zu finanzieren. Automatisch erhobene Inventurdaten erfordern dabei eine zusätzliche Softwareentwicklung zur Integration der Daten in bestehende Lagerverwaltungssysteme.

Im Projekt InventAIRy wurde ein autonomer Flugroboter entwickelt, der dank eingesetzter Sensorik in der Lage ist, eigenständig durch Lager zu navigieren und Inventuren durchzuführen. Objekte wurden dabei sowohl in Lagern als auch im Außenbereich lokalisiert sowie über Barcodes oder RFID-Tags erfasst. Flugroboter bieten den Vorteil, dass

sie sich in alle Richtungen bewegen können und somit auch schwer erreichbare Stellen, etwa in Hochregallagern, erreichen.

Das Design robuster Flugroboter, eine zuverlässige Umgebungserkennung sowie eine intelligente Software zur Routenplanung und Koordination der Roboter standen im Fokus des Projektes. Damit die Lösung auch für kleine und mittlere Unternehmen attraktiv ist, wurde bewusst auf die Installation einer kostenintensiven lokalen Infrastruktur zur Orientierung der Roboter verzichtet. Dabei unterscheiden sich die Herausforderungen je nach Einsatzgebieten deutlich. So ist im Außenbereich die Navigation mit sehr genauen GPS-Systemen relativ einfach realisierbar, die Objekterkennung mit Kameras jedoch durch das stark schwankende Umgebungslicht deutlich erschwert. Ganz im Gegensatz dazu vereinfacht sich im Inneneinsatz die Objekterkennung aufgrund relativ stabiler Lichtverhältnisse, jedoch muss die Navigation und Lokalisation ohne die zuverlässigen GPS-Systeme erfolgen.

Szenario

Am Beispiel der Inventur in Hochregallagern beim Anwendungspartner Panopa Logistik GmbH konnte gezeigt werden, wie mithilfe einer Kombination aus Sensordaten von





Ultraschallgeräten, Kameras und Laserscannern ein Flugroboter in die Lage versetzt werden kann, vollkommen eigenständig eine virtuelle Karte seiner Umgebung zu erstellen, innerhalb derer er dann autonom navigieren und auch dynamischen Hindernissen ausweichen kann. Der Roboter flieg mithilfe einer intelligenten und adaptiven Routenplanung die einzelnen Regalreihen ab und erfasste über Barcodes und RFID-Tags den Lagerbestand auf den einzelnen Stellplätzen. Die Anbindung an ein Lagerverwaltungssystem erlaubte eine automatische drahtlose Übertragung der erfassten Daten in übergeordnete Softwaresysteme. Damit wurde im Vergleich zu herkömmlichen Inventuren nicht nur Zeit gespart, auch Fehlerfassungen konnten vermindert werden. Durch die Flugroboter können Lager also kontinuierlich überwacht und somit Materialengpässe frühzeitig erkannt und beseitigt werden, bevor es zu Produktionsausfällen kommt. Eine Herausforderung bleibt die individuelle Anpassung der Arbeitsvorschriften für das jeweilige Einsatzgebiet, wenn der Arbeitsbereich der Drohne für den Mitarbeiter zugänglich ist, wenngleich die Drohne ihm jederzeit zuverlässig ausweichen kann.

Wege in die Praxis

Durch die in InventAIRy entwickelte, neue Objekterkennungs- und Lokalisierungsstrategie werden automatisierte Inventuren, ohne eigens dafür installierte Infrastrukturen, auch solchen Lagerbeständen möglich, die neu oder erweitert worden sind. Schnittstellen zu Lagerverwaltungssystemen erlauben darüber hinaus eine nahtlose Datenintegration in bestehende Softwareinfrastrukturen ohne zusätzliche Individualentwicklungen.

Die Entwicklungen lassen sich auch auf zahlreiche weitere Anwendungsfelder im Indoor- und Outdoorbereich übertragen. Dazu gehören z.B. Überwachungs- und Kontrollaufgaben, aber auch Inspektionsfunktionen zur Wartung.

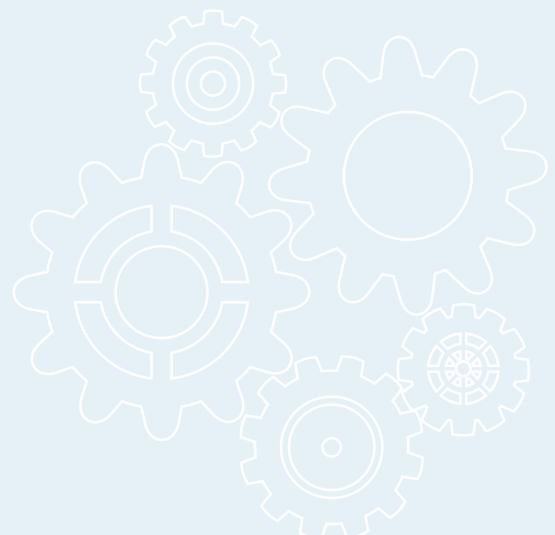
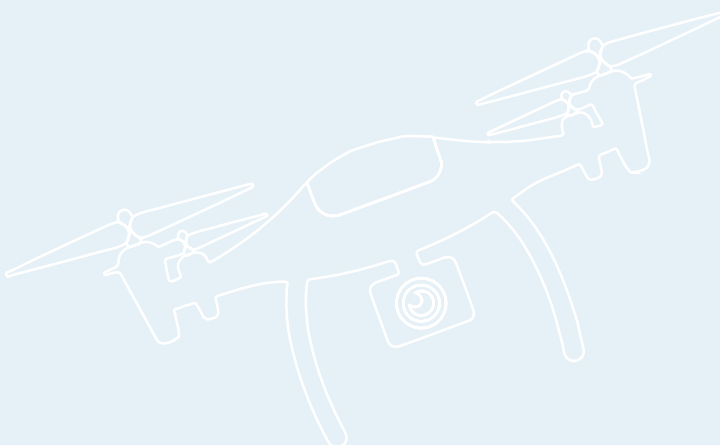
Große Teile der im Projekt entwickelten Algorithmen werden veröffentlicht. Damit werden wichtige Ergebnisse im Bereich der Indoor-Navigation und -routenplanung auch einer breiten wissenschaftlichen Community zur Verfügung gestellt.

Vorteile mit InventAIRy

Bisher	Mit InventAIRy
Inventuren werden in der Regel manuell durchgeführt, was mit entsprechend hohen Kosten und unvermeidlichen Dokumentationsfehlern verbunden ist.	Eine automatische Inventur mit autonomen Robotern kann, einmal etabliert, langfristig kosteneffizient und mit hoher Zuverlässigkeit durchgeführt werden.
Lagerbestände werden nur in bestimmten Zeitabständen inventarisiert, Unstimmigkeiten werden dadurch oft erst spät entdeckt.	InventAIRy ermöglicht die kontinuierliche Überwachung und Inventarisierung von Lagerbeständen. Abweichungen von den gewünschten und erwarteten Kapazitäten können unmittelbar behoben werden.
Derzeitige Ansätze für eine automatisierte Inventur benötigen in der Regel spezielle Infrastrukturen, die, wenn Lagerhallen vergrößert werden, nur mit hohen Kosten und zusätzlichem Aufwand skalierbar sind. Vor allem für KMU ist ein solches System nur schwer finanzierbar.	Durch neue Objekterkennungs- und Lokalisierungsstrategien sind automatisierte Inventuren ohne eigens dafür installierte Infrastrukturen auch in neuen und sich erweiternden Lagerbeständen möglich. Insbesondere bei Erhöhung der Lagerfläche kann durch den Einsatz mehrerer intelligenter vernetzter Roboter eine rasche Inventur gewährleistet werden.
Automatisierte Lösungen beschränken sich auf den Einsatz im Innenbereich. Außenbereiche sind schwer zu handhaben, da dort Licht- und Wetterverhältnisse schwanken, was insbesondere die Objekterkennung autonomer Roboter erschwert.	Der Einsatz neuartiger smarterer Kameras und die Kombination verschiedener Sensorsysteme, Laserscanner und Ultraschallsensoren ermöglichen den zuverlässigen Einsatz von Inventurrobotern auch im Außenbereich.
Automatisch erhobene Inventurdaten erfordern eine zusätzliche Softwareentwicklung zur Integration der Daten in bestehende Lagerverwaltungssysteme.	Smarte Schnittstellen zu etablierten Lagerverwaltungssystemen erlauben eine nahtlose Datenintegration in bestehende Softwareinfrastrukturen ohne zusätzliche Spezialentwicklungen.

Ansprechpartner InventAIRy

Konsortialführer:	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) Martin Fiedler (martin.fiedler@iml.fraunhofer.de)
Projektpartner:	Aibotix GmbH, Panopa Logistik GmbH, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Spedition Wiedmann GmbH & Co. KG
Webseite:	www.inventairy.de



MANUSERV

Planungs- und Entscheidungsunterstützung für den Einsatz industrieller Serviceroboter

Viele manuelle Arbeiten in der Industriefertigung könnten durch Serviceroboter übernommen werden. Vor allem zur Vermeidung von monotonen und körperlich belastenden Bewegungen wäre das ein großer Gewinn. Dem Einsatz von industriellen Servicerobotern steht oft mangelndes Wissen über die Möglichkeiten, die Angst vor hohen Kosten und Zeitaufwänden für Machbarkeitsanalysen sowie die Auswahl und Implementierung geeigneter Lösungen im Weg. Auf der anderen Seite fehlen den Entwicklern und Anbietern von Servicerobotik-Applikationen konkrete Informationen zu den manuell ausgeführten Prozessen, die sich für eine (Teil-)Automatisierung eignen. Das sind Wissenslücken, durch die gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) Effizienzpotenziale ungenutzt bleiben. Daher wurde im Projekt MANUSERV ein System zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung entwickelt, das potenziellen Anwendern von industrieller Servicerobotik eine vereinfachte Analyse und Bewertung ihrer Prozesse hinsichtlich möglicher (Teil-)Automatisierungslösungen ermöglicht. Es geht dabei sowohl um die technologische Realisierbarkeit als auch um die ökonomische Sinnhaftigkeit. Das System unterstützt die Auswahl des am besten geeigneten Serviceroboters, die Kostenabschätzung sowie die Programmierung und virtuelle Inbetriebnahme einer Lösung.

Szenario

Funktion und Vorteile von MANUSERV wurden anhand von praktischen Anwendungsszenarien getestet, evaluiert und optimiert. Im Anwendungsszenario „Hybride Montage mit Leichtbaurobotern“ liegt der Fokus auf der Mensch-Roboter-Interaktion und Einbeziehung von Sicherheits- und Überwachungssystemen sowie auf der Koordinierung manueller und automatisierter Prozessschritte. Mit diesem hybriden Prozess wurden Teile für das Produkt „Smart Radio“ beim Industriepartner Albrecht Jung GmbH & Co. KG im Mensch-Roboter-Betrieb gefertigt und montiert.

In einem weiteren Anwendungsszenario wurden Serviceroboter eingesetzt, um Instandhaltungs-, Rüst- oder Produktwechselzeiten bei Maschinen zu optimieren. Im Referenzprozess des Industriepartners KHS Corpoplast GmbH wurde der Dornwechsel bei Hochleistungsstreckblasmaschinen für PET-Flaschen durch einen Serviceroboter automatisiert.

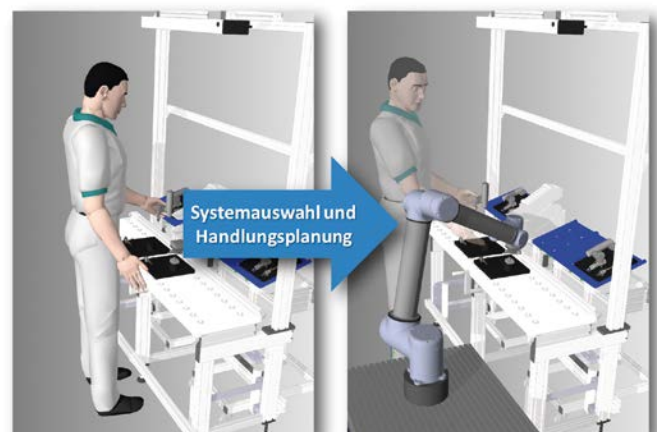
Ein drittes Anwendungsszenario wurde beim flexiblen Robotereinsatz in der Landwirtschaft umgesetzt. In einem Referenzprozess beim Industriepartner GEA Farm Techno-

logies GmbH wurden bisher nicht automatisierte komplexe und körperlich anstrengende Tätigkeiten der Viehhaltung und Milchproduktion auf Roboter übertragen.

Für die Anwendungsszenarien wurden moderne Verfahren der Arbeitswissenschaften mit neuen Methoden der Handlungsplanung und Simulation sowie der Roboterprogrammierung kombiniert. Im ersten Schritt wurde als Kommunikationsgrundlage für das Gesamtsystem eine formale Beschreibung manueller Arbeitsprozesse definiert. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Anforderung, automatisierungsrelevante Einflussgrößen zu erfassen. Auf Basis dieser Sprache wurde im Anschluss ein Planungssystem entwickelt, das Aussagen zu den im Arbeitsprozess implementierbaren Servicerobotern sowie den entsprechenden Ablaufplänen treffen kann. Die Verifikation der Planungsergebnisse erfolgt mithilfe eines Simulationssystems, das zugleich eine visuelle Unterstützung potenzieller Anwender bietet. Die in der Simulation ermittelten Analyseresultate bilden die Basis für die technisch-wirtschaftliche Bewertung der gefundenen Lösungen.

Wege in die Praxis

Die MANUSERV-Lösung soll für Anwender als Dienst über eine Internetplattform angeboten werden. Die technologische Umsetzung der Plattform wurde durch die ICARUS Consulting GmbH unter Einsatz moderner Vernetzungstechnologien vorgenommen. Auf der Internetplattform stellen Anbieter ihre Servicerobotik-Lösungen in einem Technologiekatalog zur Verfügung, der auch planungstechnische Beschreibungen von Fähigkeiten der Produkte und Roboter beinhaltet. Dadurch wird der Austausch von Anwendern und Roboterherstellern verbessert, um den Transfer innovativer Servicerobotik in die Praxis zu erleichtern.



Vorteile mit MANUSERV

Bisher	Mit MANUSERV
Es existieren viele manuelle, teils ergonomisch ungünstige industrielle Prozesse, welche aufgrund von fehlendem Methoden- und Technologiewissen nicht hinsichtlich des Einsatzes von industrieller Servicerobotik bewertet werden können.	MANUSERV ermöglicht eine vereinfachte Analyse und Bewertung industrieller Prozesse hinsichtlich der Eignung für eine (Teil-) Automatisierung durch industrielle Servicerobotik-Lösungen. Damit kann der Einsatz der Servicerobotik in der Industrie wesentlich ausgebaut werden.
KMUs sind mit dem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand für die Planung und Umsetzung von Lösungen der industriellen Servicerobotik oftmals überfordert.	Die automatisierte Auswahl geeigneter Technologien reduziert den Aufwand für die Planung und die Umsetzung von industriellen Servicerobotik-Lösungen deutlich und macht sie für KMU beherrschbar.
Informationen zu Anwendungsszenarien und verfügbaren Lösungen im Bereich industrieller Servicerobotik sind für potenzielle Anbieter und Anwender nur schwer zugänglich.	Informationen über Anwendungsszenarien und technische Lösungen können zentral und katalogisiert über ein Internetportal zur industriellen Servicerobotik abgerufen werden.
Es besteht Unklarheit darüber, welche manuellen Prozesse auf Serviceroboter übertragbar sind.	Anwender erhalten auf Grundlage eines standardisiert beschriebenen manuellen Prozesses und von Handlungsbibliotheken Handlungsempfehlungen zur (Teil-) Automatisierung.
Es fehlen Standards zu Verfahren und Methoden, welche die Planung von manuellen Arbeitsgängen, die in (teil-)automatisierte Prozesse überführt werden sollen, optimal unterstützen.	Im Projekt MANUSERV wurde das breit angewandte Verfahren MTM-UAS zur Beschreibung manueller Arbeitsprozesse (Arbeitsablauf-Zeitanalyse) um automatisierungstechnische Einflussgrößen zur Prozessbeschreibungssprache AUS-Plan erweitert.
Um Systemlösungen zu testen, sind Hardwareinvestitionen nötig.	Eine ausgewählte Systemlösung kann virtuell in Betrieb genommen werden, ohne Hardwareinvestitionen zu tätigen.
Eine umfassende ökonomische Bewertung von Servicerobotik-Lösungen ist erst nach Implementierung, Inbetriebnahme und Tests des Systems möglich.	Die Planungs- und Entscheidungsunterstützung umfasst neben der technologischen Realisierbarkeit auch die Bewertung ökonomischer Kriterien.
Die Programmierung von Servicerobotern für einen bestimmten Prozess stellt insbesondere für KMU ein Hemmnis dar.	Die Programmierung von Servicerobotern wird weitgehend automatisiert durchgeführt.

Ansprechpartner MANUSERV

Konsortialführer:	RIF e.V. – Institut für Forschung und Transfer Frank Heinze (frank.heinze@rif-ev.de)
Projektpartner:	KHS Corpoplast GmbH, Albrecht Jung GmbH & Co. KG, GEA Farm Technologies GmbH, Icarus Consulting GmbH
Webseite:	www.manuserv.de



motionEAP

Assistenzsystem für die Montage mit Echtzeit-Feedback

Permanente Qualitätskontrolle und IT-gestützte Hilfen bei einzelnen Arbeitsschritten sind Industriearbeitern längst vertraut. Solche Assistenzsysteme setzen aber zu spät ein. Etwa, wenn eine fertig montierte Blehschere überprüft wird und dabei die falsch eingesetzte Feder zutage tritt. Besser wäre es, den Monteur unmittelbar bei seiner Arbeit darauf hinzuweisen, dass er im Begriff ist, einen Fehler zu begehen. Teure Nachbesserungen und Ausschuss ließen sich vermeiden und nebenbei die Motivation des Mitarbeiters erhöhen, weil er verlässlich und gut arbeitet.

Im Projekt motionEAP wurde daher ein neuartiges prozessorientiertes Assistenzsystem für Montageprozesse in der Produktion konzipiert, entwickelt und erprobt. Das Assistenzsystem gibt dem Mitarbeiter schon während des Arbeitsvorgangs eine Rückmeldung, ob die Arbeitsschritte richtig ausgeführt werden. Ebenso weist es auf ergonomisch ungünstige Bewegungen und Haltungen hin. Die Hinweise werden dem Mitarbeiter über eine Projektion direkt im Arbeitsbereich angezeigt, sei es auf dem Werkstück, dem Arbeitstisch oder der Arbeitsvorrichtung. Ein besonderes Augenmerk legen die Projektpartner darauf, den Anforderungen älterer und leistungsgeminderter Montagearbeiter gerecht zu werden, für die ein solches Assistenzsystem besonders nützlich sein kann.

Szenario

Das motionEAP-Assistenzsystem wurde anhand von mehreren Anwendungsfällen entwickelt und in praxisnahen Studien erprobt:

- Menschen mit Behinderungen, die beim Projektpartner Gemeinnützige Werkstätten und Wohnstätten GmbH (GWW) beschäftigt sind, wurden über das System bei der Montage von Schraubzwingen und Blehscheren, die im Auftrag des Projektpartners Bessey gefertigt werden, unterstützt.
- Bei der Audi AG wurde das Assistenzsystem beim Zusammensetzen generalüberholter Anlasser in einer Montagezelle und bei der Montage von Autotüren erprobt.
- Bei der FH Esslingen wurde eine prototypische Kommissionieranlage für die Zusammenstellung der Teile für die Montage der Schraubzwinde aufgebaut und mit Mitarbeitern der GWW getestet.



Für die Erprobungen wurde von den Partnern gemeinsam ein Kernsystem entwickelt, das in den verschiedenen Anwendungsszenarien zum Einsatz kam. Bei der Umsetzung der Szenarien gab es eine Reihe von Herausforderungen: Zunächst mussten handelsübliche Systeme für die optische Bewegungserkennung wie Videokameras und Tiefensensoren an den Einsatz in Produktionsumgebungen angepasst werden. Eine anspruchsvolle Fragestellung bleibt die Erkennung kleiner Bauteile. Wegen der Position der Sensorik über dem Arbeitsplatz musste auch ein eigenes Echtzeit-Verfahren zur Korrektur der Trapezverzerrung und zur Skeletterkennung implementiert werden. Zudem wurden bei der Projektion direkt am Arbeitsplatz aus Sicherheitsgründen keine Laserprojektoren, sondern lichtschwächere LED-Geräte eingesetzt.

Eine ebenso große Bedeutung wie die technischen Fragestellungen hatten die arbeits- und motivationspsychologischen Aspekte. Es war eine zentrale Anforderung des Projekts, die Fähigkeiten des einzelnen Mitarbeiters mit dem Assistenzsystem weder zu unterfordern noch zu überfordern: Einerseits darf es keine Bevormundung durch zu viel Hilfestellung geben, andererseits sollen unnötige Fehler vermieden werden. Der Grad der Unterstützung wurde daher direkt von den bisherigen Arbeitserfolgen abhängig gemacht. Im Projekt wurde zudem erstmals erprobt, ob sich Gamification-Konzepte, d. h. spielerische Elemente und Anreize, in industrielle Assistenzsysteme integrieren lassen und so Arbeitszufriedenheit und Motivation gesteigert werden können. Dabei zeigte sich, dass vor allem ungeübte und leistungsgeminderte Arbeiter mit Gamification-Konzepten wirksam unterstützt werden, während erfahrene Arbeiter in der Regel keine weiteren Anreize benötigen. Eine Herausforderung bleibt die Messung der körperlichen und geistigen Belastbarkeit des Montagearbeiters. Die Erkennung des emotionalen Zustands per Gesichtserkennung und das Assessment der kognitiven und motorischen Fähigkeiten über Testspiele wurden erprobt, reichen für den professionellen Einsatz aber noch nicht aus.

Die Auswirkungen der Assistenzsysteme auf Arbeitsergebnisse und Bearbeitungszeiten sowie auf die Arbeitsmotivation und kognitive Belastung der Mitarbeiter wurden in begleitenden arbeitswissenschaftlichen Studien systematisch erhoben und flossen in die Weiterentwicklung des Systems mit ein. Eine eigenständige ethische Begleitung



des Projekts sorgt dafür, dass Aspekte wie Datenschutz oder persönliche Autonomie und Privatheit am Arbeitsplatz während des Projekts bedacht und berücksichtigt werden.

Wege in die Praxis

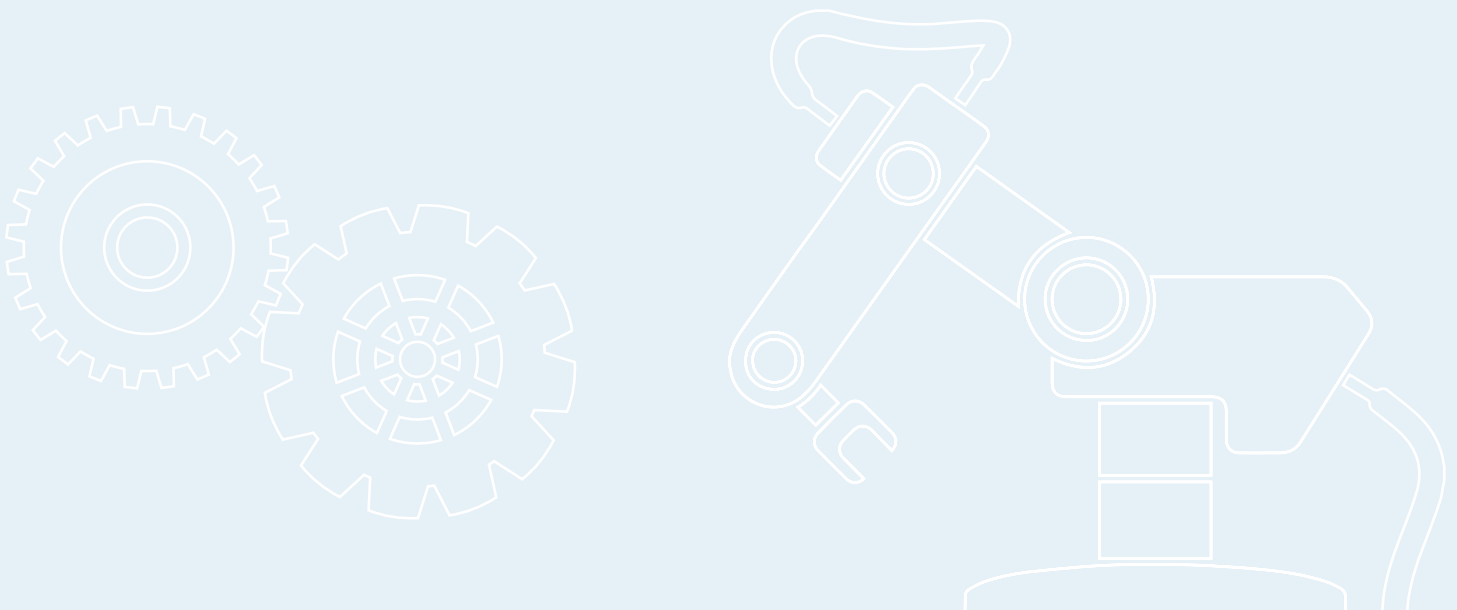
Die in motionEAP erarbeiteten Konzepte erlauben es erstmals, mit Assistenzsystemen auch direkt in Echtzeit die Ausführung händischer Arbeiten in der Industrieproduktion zu begleiten und nicht nur das Endergebnis zu kontrollieren oder allgemeine Hilfestellungen anzuzeigen. Noch ungeübten Mitarbeitern oder Mitarbeitern mit kognitiven Leistungsminderungen kann so eine wirkungsvolle Unterstützung bei der Ausführung manueller Tätigkeiten angeboten werden. Insbesondere in Behindertenwerkstätten wie dem Projektpartner GWW stieß dieser Ansatz schon nach den ersten Präsentationen auf Fachmessen auf sehr großes Interesse. Aber auch für die generelle Einarbeitung von Mitarbeitern in neue Arbeitstätigkeiten hat motionEAP große Potenziale. Der Projektpartner Schnaithmann, ein Systemlieferant der Automatisierungstechnik, wird die im Projekt erarbeiteten Konzepte und Systeme zur Industrietauglichkeit weiterentwickeln und am Markt vertreiben.

Innovationen mit motionEAP

Bisher	Mit motionEAP
Assistenzsysteme in der Montage ermöglichen bislang, wenn überhaupt, nur eine nachträgliche Qualitätskontrolle eines Kommissionierungs- oder Montageschritts.	Fehler bei der Montage oder der Kommissionierung werden sofort während des Arbeitsvorgangs erkannt und damit von Beginn an vermieden. Die Projektion zeigt direkt das falsch bewegte oder montierte Werkstück an.
Bisher gehen Assistenzsysteme in der Montage kaum auf die individuellen Fähigkeiten des Arbeitnehmers ein.	Die fachlichen und kognitiven Fähigkeiten des Arbeiters werden individuell berücksichtigt. Ungeübte oder leistungsgeminderte Mitarbeiter erhalten bei Bedarf kontinuierliche Unterstützung, während erfahrene Kollegen nicht durch unnötige und störende Hinweise belästigt werden.
Die Einarbeitung ungeübter Arbeitnehmer ist sehr personalintensiv.	Der Personaleinsatz während der Einarbeitung kann deutlich reduziert werden.
Leistungsgeminderte Arbeitnehmer sind mit komplexeren Montage- und Kommissionierarbeiten schnell überfordert. Das führt entweder zu unbefriedigenden Arbeitsergebnissen und zu einer hohen psychischen Belastung oder dazu, dass sie bestimmte Arbeiten gar nicht leisten können.	Für leistungsgeminderte Arbeitnehmer wird die Durchführung schwierigerer Arbeiten deutlich einfacher. Die Gamification der Arbeitsgänge schafft zusätzliche Anreize. Arbeitszufriedenheit und Arbeitsqualität steigen gleichermaßen. Manche Arbeiten können sie überhaupt erst jetzt leisten. Auch das steigert ihre Arbeitszufriedenheit.

Ansprechpartner motionEAP

Konsortialführer:	Universität Stuttgart Prof. Dr. Albrecht Schmidt (albrecht.schmidt@vis.uni-stuttgart.de) Universität Stuttgart, Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme VIS
Projektpartner:	Audi AG, BESSEY Tool GmbH & Co. KG, GWW GmbH, Hochschule Esslingen, KORION GmbH, Schnaithmann Maschinenbau GmbH
Webseite:	www.motioneap.de



OPAK

3D-gestützte Engineering-Plattform für die modularisierte Entwicklung und intuitive Inbetriebnahme von Produktionsanlagen

In modernen Produktionsanlagen werden Automatisierungskomponenten zunehmend miteinander, aber auch mit anderen Teilen der gesamten Wertschöpfungskette vernetzt. Einzelne Komponenten werden mit immer mehr Sensorik und Aktorik ausgestattet und erhalten eine eigene Intelligenz, müssen aber in heutigen Anlagen über zentrale Steuerungen mit anderen Komponenten kommunizieren. Die Programmierung dieser zentralisierten Steuerungen ist mit erheblichem Aufwand und dem Einsatz von speziell ausgebildeten Fachkräften bei Inbetriebnahme, Anpassung und Wartung verbunden.

Ziel des Projekts OPAK ist daher die Vernetzung von Automatisierungskomponenten möglichst ohne zentrale Steuerungselemente durch vollständig integrierte, kommunikative, Plug&Produce-fähige und standardisierte mechatronische Komponenten. Damit wird eine neuartige Engineeringmethodik geschaffen, die ohne hohen Programmieraufwand eine einfache und benutzerfreundliche Integration von verschiedenen mechatronischen Komponenten in intelligente Produktionsanlagen ermöglicht.

Jede Komponente bietet einfach nutzbare Funktionen an (so genannte Services oder Skills) und kann im Engineering als Modul in eine Gesamtarchitektur eingefügt werden. Diese Architektur bildet im Engineering den gesamten modula-

ren Aufbau der Anlage von der einzelnen Komponente bis zur Zelle oder Linie ab. Zusätzlich zu dieser Architektur-sicht wurde ein 3D-basiertes Benutzerinterface entwickelt, das dem Nutzer, auch ohne spezielle Programmierkenntnisse, den Entwurf und die Inbetriebnahme von Automatisierungsanlagen erleichtert. Das System unterstützt den Prozessplaner bereits in der Planungsphase mit einer funktionalen Planung in 3D. Diese wird dann automatisch in eine hierarchisch gegliederte Architektur überführt – das Anlagenmodell. Auf dieser Basis können nun Steuersequenzen grafisch konfiguriert werden, aus denen automatisch Steuerungscode generiert wird. Für den Nutzer wird so ein einfaches „Plug&Produce“ ermöglicht.

Im Fokus der Entwicklungen stand die Standardisierung von Schnittstellen. Dies betraf insbesondere die Standardisierung und Kategorisierung von mechatronischen Funktionen (Skills). Daneben aber auch die mechatronischen Komponentenschnittstellen als auch die Vernetzung und Verkabelung solcher stark verteilter Systeme. Individuelle Komponenten können dadurch herstellerübergreifend zu einem Gesamtsystem vereint werden, ohne dass spezielle Anpassungen notwendig sind. Die Funktionen der einzelnen Komponenten wurden so beschrieben, dass sie deren physikalischen Fähigkeiten entsprechen. So kann der Anlagenplaner direkt die Fahrwege von mechatronischen Achsen





oder Förderbändern bestimmen, anstatt sie in einer speziellen Sprache programmieren zu müssen. Der entsprechende Programmcode für die Maschine wird im Hintergrund automatisch erzeugt. Über eine 3D-Visualisierung kann der Konstrukteur die Auswirkungen seiner Änderungen direkt verfolgen und die Anlage optimieren. Steuerungsprogramme können damit nicht nur einfacher geschrieben werden, sondern die Anlage kann bereits vor der Installation und Inbetriebnahme virtuell getestet werden.

Szenario

Durch die standardisierten, kommunikationsfähigen mechatronischen Komponenten konnten die Planung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen deutlich vereinfacht

werden. Beispielanlagen mit dezentraler Steuerung und 3D-Visualisierung für die Konstruktionsschritte wurden beim Industriepartner ASYS, beim Lernunternehmen Festo Didactic und in der Lemgoer Modellfabrik der Hochschule Ostwestfalen-Lippe aufgebaut. Für die Demonstration der neuen Automatisierungsarchitektur wurden typische Komponenten einer Produktionsanlage, also Pneumatikzylinder, elektrische Linearachsen, Greifer oder Logistik- und Transportkomponenten wie z. B. Förderbänder, miteinander integriert. Die Steuerungslogik wurde nicht zentral über eine SPS-Steuerung realisiert, sondern mittels TCP/IP-fähiger Kommunikationsschnittstellen und miniaturisierter Elektronik mit CPU in die Komponenten verlagert. Somit wurde das zentrale Steuerungssystem durch vollständig integrierte, Plug&Produce-fähige, mechatronische Komponenten abgelöst. Damit konnte eine einfache und benutzerfreundliche Integration von verschiedenen mechatronischen Komponenten nach dem Plug&Produce-Prinzip erfahrbar und sichtbar gemacht werden.

Wege in die Praxis

Die Themen Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in der Produktion sind die entscheidenden Erfolgsfaktoren, die die Produktionsanlagen und deren Komponenten in der Zukunft haben müssen. Festo plant, verteilte IP-fähige Automatisierungskomponenten zu entwickeln und Maschinenbauern zur Verfügung zu stellen. 3S als Lieferant von programmierbaren Controllern wird die skill-basierte Architektur mit der 3D-Visualisierung in ihr Produkt „Application Composer“ einbauen und somit die Ergebnisse des Projekts den Endanwendern zur Verfügung stellen. Durch das benutzerfreundliche und transparente 3D-Interface des „Application Composers“, der für die Planung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen konzipiert ist, entstehen Einsparungen im Bereich Programmierung, Schrankbau, Dokumentation (auch in Echtzeit) und Service after Sales. Die neu entwickelten, verteilten und internetfähigen Komponenten und Module werden in die Lern- und Forschungssysteme der FESTO Didaktik übernommen.

Vorteile mit OPAK

Bisher	Mit OPAK
Bei der Entwicklung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen stehen die einzelnen Komponenten im Mittelpunkt. Der Anlageningenieur muss diese einzeln verstehen, programmieren und warten können. Mit steigender Komplexität und Zahl an Komponenten steigen das erforderliche Fachwissen sowie der Aufwand für die Integration und den Betrieb.	Ausgestattet mit intuitiv zu bedienenden Planungs- und Entwicklungstools wie dem „Application Composer“, kann der Aufwand für das Planen, Testen, die Inbetriebnahme und das Anpassen komplexer Produktionsanlagen deutlich reduziert werden.
Hochgradig spezialisierte Informations- und Netzwerktechnik muss vom Anlagenbetreiber und -installateur beherrscht werden, um die Anlagensteuerung zu programmieren.	Der skill-basierte Ansatz verbirgt bei der Programmierung technische Details der Steuerungstechnik. Dadurch lassen sich Probleme leichter lösen und Optimierungen besser umsetzen.
Der Konstrukteur einer Produktionsanlage muss sich heute vor allem mit abstrakten, von Hersteller zu Hersteller unterschiedlichen Steuerungsprogrammen und In-/Outputsignalen befassen, um Komponenten anzusteuern.	Standards in der Fähigkeitsbeschreibung von Komponenten sowie ein einheitliches Kommunikationsprotokoll erlauben, sich auf die Auswahl der richtigen Komponenten im Hinblick auf die gewünschte Funktionalität der Gesamtanlage zu konzentrieren.
Aufgrund herstellerspezifischer Schnittstellen ist die Verkabelung, Verschlauchung und elektronische Anbindung verschiedener Komponenten noch sehr aufwendig.	Der Aufwand für die Konfiguration und Systemintegration wird durch einheitlich definierte Hardwareschnittstellen und Verkabelungstechnik deutlich reduziert.
Die Pläne einer zu installierenden Anlage sind sehr abstrakt und haben wenig mit dem Erscheinungsbild der eigentlichen Anlage gemein. Dadurch lassen sich Änderungen und Optimierungen nur mit Expertenwissen durchführen.	Anlagen können mit einer 3D-Visualisierungssoftware „Application Composer“ geplant werden, die die Anlage sehr realitätsnah darstellt. Damit lassen sich Änderungen und Anpassungen auch ohne Spezialwissen durch den Anlageningenieur und Produktionstechniker vornehmen. Alle Akteure der gesamten Wertschöpfungskette vom Gerätehersteller bis zum Betreiber haben damit die gleiche intuitive Sicht auf die zu planende Anlage.
Eine durchgehende Dokumentation des Produktionsbetriebes ist mit heterogenen Anlagen zurzeit nur mit hohem Aufwand möglich.	Aufgrund der Standardisierung kann die gesamte Produktion einheitlich und in Echtzeit erfasst und dokumentiert werden. Damit lassen sich Optimierungen und Anlagenumbau deutlich einfacher und ressourcensparender vornehmen.

Ansprechpartner OPAK

Konsortialführer:	Festo AG & Co. KG Johannes Hoos (hojo@de.festo.com)
Projektpartner:	ASYS Automatisierungssysteme GmbH, elrest Automationssysteme GmbH, Festo Didactic GmbH & Co. KG, fortiss GmbH, Hochschule Ostwestfalen-Lippe (inIT), 3S-Smart Software Solutions GmbH
Webseite:	www.opak-projekt.de



ReApp

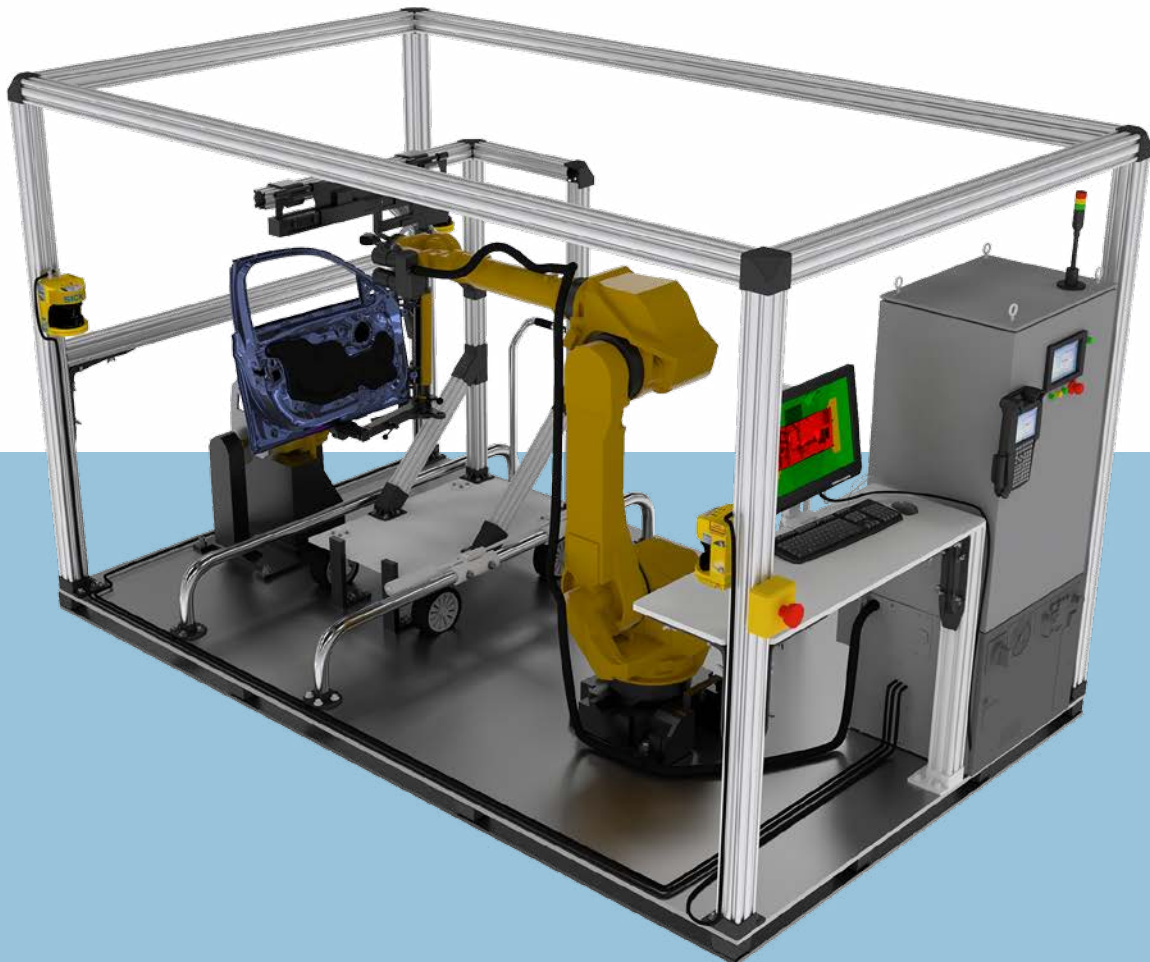
Plug&Play-Integration von Robotern in der Industrieautomatisierung

Roboter-gestützte Automatisierungssysteme werden zunehmend komplexer. Der Kosten- und Zeitaufwand für deren Programmierung, Integration, Wartung und Anpassung übersteigt die eigentlichen Komponentenkosten um ein Vielfaches. Dadurch ist der Einsatz roboter-gestützter Automatisierungssysteme für kleine Stückzahlen, wie sie vor allem bei KMU zu finden sind, nicht wirtschaftlich realisierbar. Zwar gibt es in der Forschung bereits Softwarearchitekturen, die zwischen der Programmierung einzelner Komponenten und der Programmierung des Gesamtsystems unterscheiden, doch diese Softwarearchitekturen genügen noch nicht den hohen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsstandards der Industrie. Ebenso gibt es eine große Anzahl von Komponenten, die fast das gesamte Spektrum an (Robotik-) Funktionalitäten, Algorithmen und Steuerungsparadigmen abdecken. Diese sind aber meistens auf eine bestimmte Anwendung und Hardwarekonfiguration zugeschnitten. Die Open-Source-Initiative ROS-Industrial arbeitet derzeit daran, die offene Softwarearchitektur Robot Operating System (ROS) an die industriellen Anforderungen anzupassen und gleichzeitig Qualitäts- und Schnittstellenstandards für ROS-Komponenten zu etablieren.

Das Projekt ReApp greift die Konzepte von ROS-Industrial auf, um standardisierte Schnittstellen zu definieren und Soft- sowie Hardwarebibliotheken anzulegen, die eine einfache Zusammenstellung verschiedenster Komponenten erlauben (Plug&Play). Zusammen mit einem Katalog wiederverwendbarer Basisdienste, wie das Greifen oder Erkennen von Objekten, und einer modellgetriebenen Entwicklungsumgebung sollen sich Robotersysteme schneller und kostengünstiger an spezifische Anforderungen, vor allem kleiner und mittlerer Unternehmen, anpassen lassen. Darüber hinaus soll die verstärkte Notwendigkeit bei Großunternehmen zur Wiederverwendbarkeit von Anlagenkomponenten und Produktionsprozessen im Rahmen mehrerer Produktlebenszyklen effektiv unterstützt werden.

Szenario

Angesichts der steigenden Anzahl unterschiedlicher Fahrzeugmodelle stehen Automobilzulieferer zunehmend vor dem Problem, die geforderte Qualität und Liefergeschwindigkeit bei stark schwankenden Stückzahlen aufrechtzuer-



halten. Insbesondere die Kommissionierung und Montage sowie die Verpackung der fertigen Teile werden weitgehend von Hand erledigt, weil sie schwer automatisierbar sind. ReApp implementierte eine Demonstrationsanlage beim Automobilzulieferer Fischer, bei der das Robotersystem je nach Produkt und Kommissionierungsaufgabe sowohl hardware- als auch softwaretechnisch leicht umkonfiguriert werden kann. Dabei übernimmt der Roboter vor allem monotone Teilaufgaben wie das Anordnen und Abzählen verschiedener Teile. Die Plug&Play-Fähigkeit erlaubt ein schnelles Umrüsten bei neuen Aufträgen und der Programmierassistent ein einfaches Anpassen des Verhaltens direkt durch den Mitarbeiter im Werk.

Flexibilität und einfache Rekonfigurierbarkeit spielen auch bei den Automobilherstellern selbst eine immer größere Rolle. Die von ReApp entwickelten Technologien wurden anhand der Türvormontage, der optischen Qualitätsüberprüfung und Schraubvorgängen bei BMW demonstriert.

Maßgeschneiderte Lösungen sind auch im Nischenmarkt der Bestückung elektronischer Leiterplatten gefragt. Die Fertigung sehr kleiner Stückzahlen wird derzeit hauptsächlich von KMU übernommen, für die sich existierende Automatisierungslösungen aufgrund der hohen Hardware-, Software- und Integrationskosten wirtschaftlich nicht rechnen. ReApp konnte anhand eines robotergestützten Lötprozesses beim Elektronikhersteller Dresden Elektronik zeigen, dass sich durch wiederverwendbare Softwarekomponenten auch in diesem Bereich roboterbasierte Automationslösungen rentieren können.

Wege in die Praxis

Die Ergebnisse des Vorhabens können die Produktivität von KMU durch den Einsatz von Robotern steigern. Dabei werden höhere Flexibilität, bessere Austauschbarkeit und Kostenvorteile durch einheitliche Softwareplattformen



ermöglicht, die sowohl KMU als auch Großunternehmen Produktivitätsvorteile bieten. Dadurch kann der Markt für Industrieroboter um ein Vielfaches erweitert werden und es können sich die Wertschöpfungsketten des Automatisierungsmarktes für einen weiten Kreis an Softwareanbietern (App-Entwickler) öffnen. Für Unternehmen im Bereich der Robotik und Systemintegration besteht damit das Potenzial, die Entwicklungsumgebung als Add-On zu ihren Roboterlösungen anzubieten.

ROS-Industrial wurde um die in der Industrie etablierten Protokolle und Standards, die im Rahmen der Anwendungsdemonstratoren verwendet werden, erweitert. Es wurde eine entsprechende App-Sammlung, mit Grundfunktionalitäten wie Roboterarmbewegungen und Greifvorgängen, sowie ein Werkzeugkasten zur App-Entwicklung zur Verfügung gestellt. Ebenso wurden Teile der Entwicklungsumgebung sowie der Simulationslösungen als Open Source veröffentlicht. Davon profitieren andere Entwicklungsprojekte, denen eine erweiterte Funktionalität im Bereich der Automatisierung und Roboterprogrammierung zur Verfügung steht.

Vorteile mit ReApp

Bisher	Mit ReApp
Bereits entwickelte Steuerungen für einen spezifischen Roboter sind aufgrund fehlender Standards und Schnittstellen nicht ohne weiteres auf einen prinzipiell ähnlichen Roboter übertragbar. Daher werden Roboter derzeit in der Regel nur bei der Herstellung großer Stückzahlen eingesetzt.	Standardisierte Schnittstellen erlauben den herstellerunabhängigen Austausch von Roboterkomponenten und Robotersteuerungen. Dies erlaubt den wirtschaftlichen Einsatz von Robotern auch bei kleinen Stückzahlen, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen.
Kundenspezifische Anpassungen können mit bestehenden Automatisierungslösungen nur unter sehr hohem Aufwand umgesetzt werden.	Die Wiederverwendbarkeit von Automatisierungs- und Softwarekomponenten erlaubt eine erhöhte Produktvielfalt durch flexibel gestaltete Produktionsanlagen.
In der Regel hat der Anwender von roboterbasierten Automatisierungslösungen keinen direkten Zugang zu deren Programmierung. Damit kann das Hinzufügen von neuen Anwendungen für einmal erworbene Automatisierungssysteme nur unter der kostenintensiven Hilfe von Systemintegratoren bewerkstelligt werden.	Ein Programmierassistent und eine einfach verständliche Entwicklungsumgebung für Roboteranwendungen erlauben dem Anwender, mit geringem Zeit- und Kostenaufwand eigenständig Änderungen im Verhalten seiner Automatisierungssysteme vorzunehmen.
Existierende hersteller- und komponentenübergreifende Softwarelösungen genügen nicht den hohen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsanforderungen in der industriellen Anwendung.	Eine einheitliche Testplattform erlaubt das automatisierte Durchführen von Anwendungstests hinsichtlich Kompatibilität und Zuverlässigkeit.
Die heutige Dominanz proprietärer Schnittstellen und Softwarelösungen erschwert die Integration von Komponenten unterschiedlicher Hersteller zu einer heterogenen Produktionsanlage und kann nur mit hohem Kostenaufwand realisiert werden.	Neue Integrationsplattformen und durch das ROS-Industrial-Konsortium standardisierte Schnittstellen erlauben eine rasche Integration verschiedenster Komponenten zu einem Gesamtsystem. Außerdem wird es auch möglich, weitere Komponenten einfach hinzuzufügen, wenn eine Produktionsanlage geändert werden muss.

Ansprechpartner ReApp

Konsortialführer:	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) Dr. Ulrich Reiser (ulrich.reiser@ipa.fraunhofer.de)
Projektpartner:	BMW, Dresden Elektronik Ingenieurtechnik GmbH, Fischer IMF GmbH & Co. KG, Fluid Operations AG, fortiss GmbH, FZI Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie, InSystems Automation GmbH, ISG-Industrielle Steuerungstechnik GmbH, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Ruhrbotics GmbH, SICK AG
Webseite:	www.reapp-projekt.de



SMART FACE

Dezentrale Produktionssteuerung für Kleinserien in der Automobilindustrie

Moderne Fertigungslinien sind geprägt durch hohe Stückzahlen und größtmögliche Effizienz. Produktivität steht im Fokus der Großserienproduktion sowie im Gegensatz zu immer kürzeren Produktionszyklen und steigender Individualisierung. Die Berücksichtigung individueller Käuferinteressen wird aber in vielen Branchen immer wichtiger. Dies erfordert die Entwicklung nachhaltiger Konzepte und Methoden, die die speziellen Anforderungen der Kleinserienfertigung bezüglich Betrieb, Skalierbarkeit, Robustheit und Wirtschaftlichkeit erfüllen.

Im Projekt SMART FACE wurde ein dezentral gesteuertes, hochflexibles Fertigungssystem am Beispiel der Produktion von Elektrofahrzeugen entwickelt. Dabei werden einzelne Fertigungsstufen bedarfsgerecht und stets zum richtigen Zeitpunkt mit Bauteilen und Materialien versorgt. Die Produkte navigieren sich eigenständig von Maschine zu Maschine. Das schont Ressourcen und vermeidet Leerlauf.

Die gefundene Lösung setzt einen kontinuierlichen Datenaustausch der smarten Objekte und eine flexible Steuerung voraus. Realisierte digitale Produktions- und Umgebungsmodelle beruhen auf den in Echtzeit anfallenden und übertragenen Prozessdaten der Objekte (Produkte und Maschinen) sowie der sensorbasierten Umgebungserfassung, die ebenfalls nahtlos in die dezentrale Kommunikation eingebunden ist. So können unter anderem Lieferantenbeziehungen (Wann muss was nachgeliefert werden?) direkt über einen kontinuierlichen Datenaustausch organisiert werden. Die Kontrolle über den Informationsaustausch und die Entscheidungen bezüglich der Logistik-Abläufe übernehmen so genannte Agenten, die mit entsprechenden Softwaremodulen ausgestattet sind. Auf diese Weise kann die Produktion weitestgehend selbstorganisierend erfolgen.

Szenario

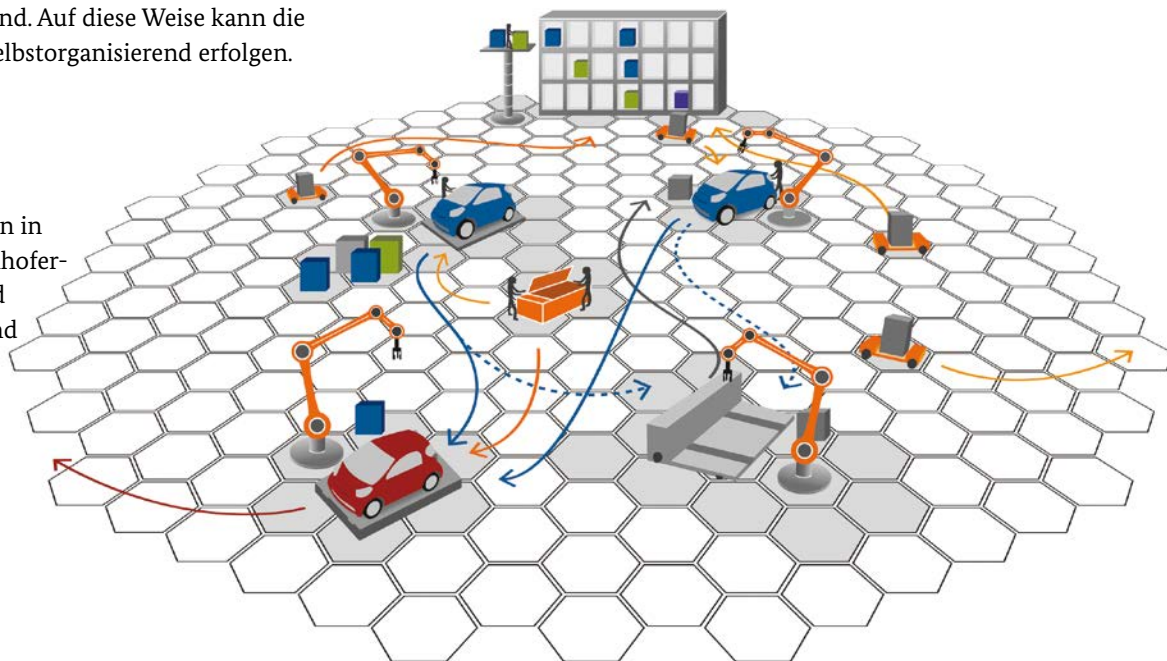
Die Projektergebnisse wurden in Demonstratoren beim Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (Fraunhofer IML) und bei der Volkswagen AG umgesetzt. Mit dem Maxi-Demonstrator beim Fraunhofer IML, der einen realitätsnahen, aber auch einfach veränderbaren

Produktionsausschnitt – Montagestationen samt Industrieroboter, Lager und verschiedene Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) – umfasst, wurde das technische Gesamtkonzept des Projektes mit seinen verschiedenen Facetten validiert. Der Praxisdemonstrator wurde für die Stoßfängermontage bei der Volkswagen AG realisiert. In diesem Praxisszenario sollen die Konzepte aus dem Projekt SMART FACE unter anderem im Hinblick auf eine Erhöhung der Reaktionsfähigkeit im Fertigungsprozess und zur Verbesserung der Fehlerdiagnostik untersucht werden.

Wege in die Praxis

Die Volkswagen AG sieht in wandlungsfähigen und skalierbaren Produktionssystemen eine Chance, den zukünftigen Anforderungen von Kleinserien oder Losgröße 1 in der Fahrzeugfertigung begegnen zu können. Strategisches Ziel der Volkswagen AG ist es, die Ergebnisse von SMART FACE in den eigenen Werken umzusetzen und als Anforderung in die Supply-Chain zu übertragen. Damit ist der Partner Continental AG prädestiniert, um die Auswirkungen der flexiblen Produktion auf die Zulieferbranche zu analysieren und eigene Planungs- und Steuerungskonzepte zu entwickeln, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Die Sick AG hat sich an dem Projekt beteiligt, um das eigene Produktangebot auf die Bedarfssituation der zukünftigen Fabrik- und Logistikautomation anzupassen. Die Palette an passfähigen Sensoren wird sich dadurch signifikant erweitern.

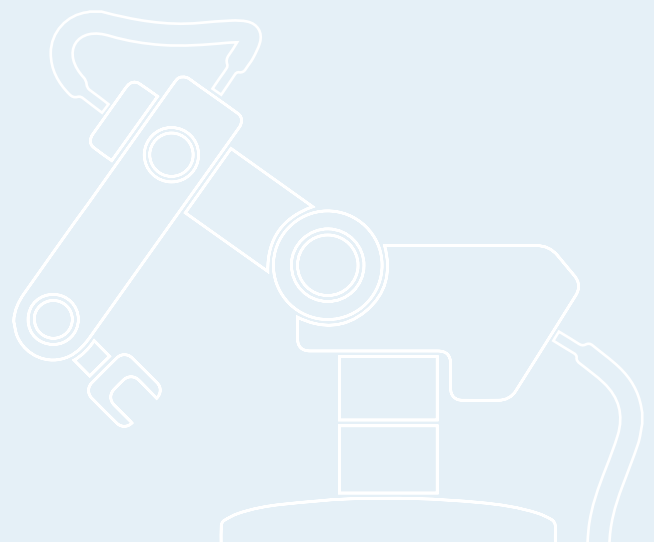


Vorteile mit SMART FACE

Bisher	Mit SMART FACE
Die in der Kleinserie übliche manufakturähnliche Produktion ist teuer und zeitaufwendig.	Die dezentral gesteuerte Produktion von Kleinstserien mit hohem Individualisierungsanteil ist wirtschaftlich möglich.
Starre hocheffiziente Montagelinien für Großserien können nicht flexibel auf verändertes Nachfrageverhalten reagieren.	Auch für Großserie wird perspektivisch die Produktion mit hohem Individualisierungsanteil wirtschaftlich möglich. Dazu kommunizieren smarte Sensoren und Materialflusseinheiten und ermöglichen die Selbstorganisation des Materialflusses.
Sensoren werden heute über Feldbus an zentrale Steuerungen angeschlossen; die Signalverarbeitung erfolgt nahezu ausschließlich überwiegend auf Steuerungsebene	Sensoren bekommen eine hohe Eigenintelligenz und damit mehr Konfigurationsmöglichkeiten. Sie liefern gezielte Information anstatt großer Datenmengen und sind durch Vernetzung zur vertieften Informationsabstraktion in der Lage.
Aktuelle PPS-Systeme unterstützen die Planung und Steuerung der Produktion für Großserien in der Fließfertigung.	Verbesserte Lastverteilung, höhere Ausbringungsmengen und Optimierung ermöglichen perspektivisch eine adaptive Großserienfertigung und damit eine Weiterentwicklung gegenüber heutigen PPS-Systemen.
Für die Produktion von Großserien ist eine wenig flexible zentrale Reihenfolgeplanung üblich. Diese wird proprietär für das konkrete Produktionsszenario erstellt.	Ausgehend von einem allgemeinen Beschreibungsmodell zur grundsätzlichen Strukturierung von Produktionsprozessdaten, welches durch Anpassungen auf andere Branchen übertragbar ist, optimiert sich das dezentrale Produktionssystem lokal, weil sich die Materialien von selbst auf den unmittelbaren Produktionsbedarf abstimmen.

Ansprechpartner SMART FACE

Konsortialführer:	Logata Digital Solutions GmbH Andreas Trautmann (projektkoordination@smartfactoryplanning.de)
Projektpartner:	VOLKSWAGEN AG, F/L/S FUZZY Logik Systeme GmbH, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Technische Universität Dortmund, SICK AG, Lanfer Automation GmbH & Co. KG, Continental Teves AG & Co. OHG, Continental Automotive GmbH
Webseite:	www.smartfactoryplanning.de



SMARTSITE

Vernetzte Baumaschinen im Straßenbau

Im Straßenbau stellt der Prozess der Asphaltierung einen der kritischsten Schritte dar. Kleinste Fehler bei der Materialbeschaffenheit oder beim Einbau oder Verdichten des Asphalts führen zu erheblichen Qualitätsmängeln, die meist erst nach Abschluss der Arbeiten festgestellt werden können. Gründe sind die Vielzahl rechtlich und wirtschaftlich unabhängiger Akteure, die sehr eng zusammenwirken müssen, fehlende Kommunikationsstandards, um vorhandene Informationen der unterschiedlichen Akteure zusammenzuführen, die fehlende Sensorik an den Baumaschinen und der Baustellenumgebung, die lückenhafte Vernetzung und digitale Aufbereitung existierender Daten der einzelnen Akteure und die bisher geringe Automatisierung bei der Zusammenarbeit einzelner Maschinen. Aufwendige Nachbesserungen, im schlimmsten Fall durch Abtragen und Neubau, sind die Folge und können zu erheblichen Zusatzkosten führen. Im Straßenbau können diese bis zu fünf Prozent der Bausumme betragen.

Im Projekt SMARTSITE wurden Software-Plattformen für digitale Baustellennetze, Bauprozesssteuerungen, teilautonome Baumaschinen und -anlagen entwickelt. Sie führen auf Basis von einheitlichen Standards zu einer vollständigen oder teilweisen Automatisierung der Zusammenarbeit bestehender dezentraler Einzelsysteme wie Walzen, Fertiger oder Transportfahrzeuge und zu deren Vernetzung mit der Baustellenumgebung, wie etwa externen Asphaltmischwerken. Der verbesserte Informationstausch innerhalb des gesamten Bauvorhabens bzw. entlang der Prozesskette verspricht eine deutliche Anhebung von Bauqualität sowie von ökonomischer und ökologischer Effizienz. Der Baufortschritt kann lückenlos überwacht und Abweichungen können rechtzeitig erkannt werden. Das reale Baugeschehen kann dadurch immer in Form eines digitalen Abbilds nachvollzogen und voraus kalkuliert werden.

Szenario

Mithilfe der entwickelten Technologien konnte eine deutliche Fehlerreduzierung durch die Optimierung und automatische Überwachung von Bauprozessen auf Grundlage eines autonom gesteuerten Informationsaustausches zwischen Baumaschinen, Baustellenumgebung und Bauleitung erreicht werden. Einheitliche Standards erlauben dabei Baumaschinen, Umgebungssensoren und Zulieferern die automatische und autonome Integration in ein dynamisches

Kommunikationsnetz. Die entwickelten Kommunikationsinfrastrukturen machen eine Rückkopplung zwischen Anlagen, Baumaschinen und mobilen Endgeräten möglich. Abweichungen von geplanten Prozessen, wie z. B. durch Verkehrsbehinderungen oder Maschinenausfälle, können so schneller, umfassender und vor Ort erfasst und behoben werden. Zusätzlich werden Umwelteinflüsse, wie Wetterbedingungen, und unvorhergesehene Ereignisse, wie Staus oder der Ausfall von Maschinen, von Sensoren automatisch erfasst und beeinflussen über eine intelligente Steuerung den Bauprozess unmittelbar und erhöhen damit die Qualität der auszuführenden Arbeiten.

Cloud-basierte Architekturen ermöglichen den ortsunabhängigen Zugriff auf alle für den Bauprozess relevanten Daten. Damit kann jederzeit von verschiedenen Stellen in die Maschinensteuerung eingegriffen und automatische Qualitäts- und Mängelberichte erstellt werden. Mobile, App-basierte Lösungen erlauben dabei die Visualisierung im Cockpit der Maschinen zur individuellen Kontrolle, aber auch für ein gesamtes Qualitätsmanagement. Die Datensicherheit wird dabei durch entsprechende Authentifizierungsmechanismen sichergestellt.

Wege in die Praxis

Durch die enge Kooperation der am Projekt beteiligten Unternehmen mit anderen Herstellern von Baumaschinenteknik und die Berücksichtigung von herstellernunabhängigen Schnittstellen und Datenformaten haben die Ergebnisse für alle am Straßenbau beteiligten Unternehmen einen hohen Mehrwert. Sowohl Dienstleister als auch Baumaschinenhersteller können auf Grundlage der Projektergebnisse ihre bestehenden Systeme im Bereich der Baumaschinen, Bau-sensorik und Kommunikation aufwerten sowie das Angebot von Dienstleistungen für die Baustellensteuerung und Baustellenplanung erweitern. Bauunternehmer können ihre Wettbewerbsfähigkeit insbesondere durch die Verbesserung der Qualität des gesamten Bauprozesses sowie die Möglichkeit einer lückenlosen Dokumentation erhöhen. Dies kommt auch der Gesamtwirtschaft und insbesondere öffentlichen Auftraggebern entgegen, da durch die in SMARTSITE entwickelten Technologien zum einem die Notwendigkeit von Nachbesserungen sowie der Aufwand für die Instandhaltung reduziert und damit Kosten eingespart werden können.



Vorteile mit SMARTSITE

Bisher	Mit SMARTSITE
Fehler durch manuelle oder nur teilautonome Baustellensteuerung im Straßenbau führen zu hohen Instandsetzungsaufwänden bei der Beseitigung von vermeidbaren Baumängeln.	Fehler können durch die Optimierung und automatische Überwachung von Bauprozessen auf Grundlage eines autonom gesteuerten Informationsaustausches zwischen Baumaschinen, Baustellenumgebung und Bauleitung deutlich reduziert werden.
Neue Elemente im Bauprozess müssen unter hohem Aufwand manuell in eine statische Kommunikationsstruktur integriert werden.	Einheitliche Standards erlauben Baumaschinen, Umgebungssensoren und Zulieferern die automatische und autonome Integration in ein dynamisches Kommunikationsnetz.
Positionsdaten von Baumaschinen und -materialien können derzeit nur im Meter- und Zentimeterbereich erfasst werden.	Neue Lokalisationssensoren ermöglichen eine weit genauere Erfassung im Millimeterbereich zur präzisen autonomen Baumaschinensteuerung.
Derzeit erfolgt der Informationsfluss in der Regel einseitig von den Baumaschinen an den Leitstand. Ein Eingreifen bei eventuellen Fehlern ist damit nur zeit- und ortsversetzt möglich.	Neue Kommunikationsinfrastrukturen erlauben einen kontinuierlichen, gegenseitigen Informationsaustausch zwischen Anlagen, Baumaschinen, Leitstand und mobilen Endgeräten. Abweichungen von geplanten Prozessen können damit schneller, umfassender und vor Ort erfasst und behoben werden. Cloud-basierte Architekturen ermöglichen darüber hinaus den ortsunabhängigen Zugriff auf alle für den Bauprozess relevanten Daten und die Erstellung von Qualitäts- und Mängelberichten.
Der Einfluss von Umweltfaktoren wie Temperatur, Niederschlag, Wind aber auch Lieferverzögerungen auf den Bauprozess können nur sehr ungenau und auf Basis von individueller Erfahrung der Mitarbeiter bewertet werden.	Umwelteinflüsse werden von Sensoren automatisch erfasst und beeinflussen über eine intelligente Steuerung den Bauprozess unmittelbar und erhöhen damit die Qualität der auszuführenden Arbeiten.
Energie- und Ressourceneinsatz können aufgrund verteilter oder nicht erhobener Daten derzeit nur sehr aufwendig optimiert werden.	Die intelligente Verknüpfung aller für den Bauprozess relevanten Daten erlaubt eine stärkere Optimierung von Umweltverträglichkeit sowie Energie- und Ressourcenverbrauch.
Heute können Daten von einzelnen Maschinen nur über einfache Tablet-Anwendungen dargestellt werden.	Mobile, appbasierte Lösungen erlauben die Visualisierung im Cockpit der Maschinen zur individuellen Kontrolle, aber auch für ein gesamtes Qualitätsmanagement.

Ansprechpartner SMARTSITE

Konsortialführer:	Drees & Sommer Infra Consult und Entwicklungsmanagement GmbH Dr. Burkhard Seizer (burkhard.seizer@dreso.com)
Projektpartner:	Ammann Verdichtung GmbH, ceapoint aec technologies GmbH, Ed. Züblin AG, Universität Hohenheim, Topcon Deutschland Positioning GmbH
Webseite:	www.smartsite-project.de

SPEEDFACTORY

„Sportschuhe 4.0“ durch automatisierte Einzelstückfertigung

Sportschuhe werden meist in industrieller Massenfertigung und langen Entwicklungs- und Designzyklen hergestellt. Schnelle Modellwechsel oder eine kostengünstige Kleinserienfertigung sind damit nur schwer realisierbar. Dabei verlangen die Konsumenten genau das: Sie wollen Neuartiges und das sofort – ohne Kompromisse. Um näher an die Konsumenten heranzurücken und sicherzustellen, dass die Konsumenten das erhalten, was sie wollen – und zwar wann immer sie es wollen –, ist der Einsatz intelligenter Planungs- und Steuerungssysteme unabdingbar.

Die Vision von SPEEDFACTORY ist es, Kunden in den wesentlichen Absatzmärkten zu ermöglichen, aus vorgegebenen Material- und Designoptionen individuelle Sportschuhe zu konfigurieren und diese in örtlicher Nähe zum Kunden zu produzieren, um eine möglichst rasche Zulieferung zu ermöglichen. Dafür ist eine deutliche Reduzierung der Prozessschritte über die Kontinente hinweg nötig. Die Arbeiten sind verstärkt regional auszuführen. Die Verkürzung der Logistikwege leistet schließlich auch einen positiven Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. Gleichzeitig erlaubt SPEEDFACTORY eine schnellere Reaktion auf Kundenwünsche und Modetrends.

Szenario und Projektziele

Innerhalb des Forschungsprojekts hat sich das Entwicklungsteam zunächst auf die Fertigung von Sportschuhobermaterialien und Sitzbezugskomponenten konzentriert. Die Grundlagen und Analysen für die möglichen Fertigungsprozesse (z. B. Kleben, Nähen, Bügeln) wurden für beide Einsatzfälle betrachtet. Anschließend wurde untersucht, inwieweit die Erkenntnisse auf andere textilverarbeitende Industrien transferiert werden können. In der zweiten Projekthälfte konzentrierte SPEEDFACTORY sich auf das Umsetzungsszenario „Sportschuhe bei adidas“.

In der Projektlaufzeit wurden mehrere Demonstratoren entwickelt und aufgebaut, die die neuen Fertigungsoptionen simulieren und prototypisch nachweisen. Dazu gehören I4.0-Software für Planung und Steuerung, Hardware für Produktdesign und Maschinen für die textilen Fertigungsprozesse Stricken und Nähen. Eine Herausforderung dabei waren die biegeschlaffen Textilien, die deutlich komplexere Anforderungen an die Automatisierung stellen als starre Materialien wie etwa Metalle oder Kunststoffe. Im Detail wurden entwickelt:



- ein 3D-Produktkonfigurator mit haptischer Interaktion, der direkt Produktionsdaten generiert
- die Weiterentwicklung von Strickmaschinentechnologie, die Losgröße 1 ermöglicht
- kameraunterstütztes CNC-Nähmodul
- teilautomatisiertes Fügen von Textilien mit einer Online-Qualitätskontrolle
- ein übergeordnetes Produktions- und Steuerungssystem, das die Module Plug&Play-fähig macht

Ausblick und Wege in die Praxis

Mit einer eigenen kommerziellen SPEEDFACTORY hat adidas in Ansbach eine Pilotfabrik aufgebaut, die eine gute Testmöglichkeit für die Kreation von hochfunktionalen Schuhen mit diesem neuen Produktionsmodell bieten wird. Ziel ist es, die im Rahmen des Forschungsprojekts gewonnenen Erkenntnisse und erarbeiteten Technologien für Soft- und Hardware aus der Forschung direkt in die kommerzielle Anwendung zu integrieren.

Die Vision von adidas ist der Aufbau weiterer SPEEDFACTORIES an verschiedenen Standorten weltweit – und diese miteinander zu verknüpfen. So kann es schließlich auch gelingen, dass die Konsumenten genau das erhalten, was sie wollen – und zwar wann immer sie es wollen.

Vorteile mit SPEEDFACTORY

Bisher	Mit SPEEDFACTORY
Die Produktion von Schuhen und Textilien erfolgt hauptsächlich in Asien.	Die Produktion wird durch den Einsatz von I4.0-Technologien vor Ort in den Absatzmärkten und damit näher an den Konsumenten stattfinden können.
Die Fertigung von textiler Flächenware zielt in weiten Teilen auf große Losgrößen ab und erfordert einen langfristigen Planungshorizont.	Textilfertigung wird basierend auf konkreten Kundenwünschen und funktionellen Bedürfnissen bis hin zu Losgröße 1 möglich.
Die globale Abstimmung von Design-, Fertigungs- und Logistikprozessen ist nur in langen Zeitzyklen realisierbar.	Die Kombination aus Schnelligkeit in der Fertigung und Flexibilität eröffnet neue Möglichkeiten zur Entwicklung von Produkten in kürzeren Zeitzyklen, noch näher am Konsumenten und ihren funktionalen Bedürfnissen exakt entsprechend.
Planungs- und Steuerungssysteme werden zentral betrieben, sind auf Massenfertigung ausgelegt und daher kaum flexibel anpassbar an kleine Losgrößen.	Modular aufgebaute Steuerungssysteme ermöglichen eine automatisierte Überführung von kundenspezifischen Produktdaten und machen somit Personalisierung und Individualisierung kleiner Losgrößen technisch möglich.
Die Serienfertigung findet überwiegend in starren Linien statt.	Durch Modularisierung von Software- und Hardwarekomponenten können Fabriken sehr wandlungsfähig in Größe und Aufbau gestaltet werden.
Biegeschlaffe Materialien, z. B. Textilien, können – insbesondere in kleinen Losgrößen – nur in Manufakturen flexibel zu kundenspezifischen Produkten verarbeitet werden.	Die enge Verknüpfung von manueller Arbeit mit neuen Technologien ist die wesentliche Voraussetzung für eine flexible und automatisierte Verarbeitung von biegeschlaffen Bauteilen.
Design und Fertigung sind nicht verknüpft. Die Designdaten müssen daher aufwendig in mehreren Schritten in Produktionsdaten übersetzt werden.	SPEEDFACTORY erlaubt eine direkte Überführung von Designdaten in die Produktionsmaschinen. So können die Kundenanforderungen direkt in den Strick- und Nähprozess übertragen werden.
Innovationen in der Sportartikelindustrie konnten bisher nur isoliert und exklusiv für diese Industrie verwertet werden.	SPEEDFACTORY überwindet die Innovationsgrenzen und ermöglicht die Übertragung von grundlegenden Erkenntnissen aus der Sportschuhfertigung und Autositzherstellung auf andere textilverarbeitende Industrien.

Ansprechpartner SPEEDFACTORY

Konsortialführer:	adidas AG Jan Hill (jan.hill@adidas.com)
Projektpartner:	fortiss GmbH, Johnson Controls GmbH, PFAFF Industriesysteme und Maschinen GmbH Zweigniederlassung KSL, RWTH Aachen
Webseite:	www.autonomik.de

