





# **LEISTUNGEN UND ERGEBNISSE JAHRESBERICHT 2018**

# INHALT

---

## 4 VORWORT

---

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk  
Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts  
für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

---

## 6 GRUSSWORT

---

Max Lemke  
Head of Unit for »Technologies and Systems for  
Digitising Industry«, Directorate General for  
Communications Networks, Content and Technology,  
European Commission

---

## 8 GRUSSWORT

---

Johannes Krafczyk  
Senior Engagement Manager  
T-Systems International GmbH

---

## 10 DAS INSTITUT IN ZAHLEN

---

---

## 16 KURATORIUM

---

---

## 18 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITS- SYSTEME

---

20 Sensornetzwerk 4.0 zur Digitalisierung von manuellen  
Montagehandlungen

22 HawkSpex® MacroBot – automatisierte makrofoto-  
grafische Pflanzenanalyse

24 Mobile Roboter reinigen und inspizieren den  
Abwasserkanal Emscher

26 Verfahren zur Charakterisierung staubender  
Materialien

---

## 28 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK

---

30 Roboterhandhabungssysteme effektiver und  
präziser in Betrieb nehmen

32 IoT-Tracking für Bodengeräte am Flughafen  
Leipzig/Halle

34 Gießerei hoch 4: flexibel, nachhaltig, energieeffizient,  
automatisiert

---

**36 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES  
FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE  
INFRASTRUKTUREN**

---

- 38 Industrielle Lastverschiebepotenziale erkennen und nutzbar machen
- 40 Instandhalter sind Mitgestalter ihres Assistenzsystems
- 42 Realisierung einer V2I-Kommunikation über Notrufsäulen an Autobahnen

---

**44 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES  
FORSCHUNGSFELDS DIGITAL ENGINEERING  
UND INDUSTRIE 4.0**

---

- 46 »Elbedome« – Europas größtes Mixed-Reality-Labor für das digitale Arbeiten
- 48 Spielend zum Digitalen Zwilling mit »INVENT«
- 50 Mit 3D-Druck und Industrierobotik zu komplexen Großbauteilen

---

**52 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE  
FRAUNHOFER IFF INTERNATIONAL**

---

- 54 Industrie 4.0-CheckUp – auch international ein Erfolg
- 56 Das VDTC des Fraunhofer IFF als Digital Innovation Hub für Sachsen-Anhalt
- 58 Foshan – die Basis für Fraunhofer IFF-Forschung in China

---

**60 KURZ & KNAPP AUS DEM INSTITUT (AUSWAHL)**

---

- 62 Größtes 3D-Mixed-Reality-Labor Europas im Magdeburger Wissenschaftshafen wiedereröffnet
- 64 21. IFF-Wissenschaftstage des Fraunhofer IFF
- 66 Tag der Gesundheit am Fraunhofer IFF
- 67 Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier besucht Fraunhofer-IFF-Projekt im chinesischen Foshan

---

**68 KONTAKTE**

---

---

**76 DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
AUF EINEN BLICK**

---

---

**78 IMPRESSUM**

---

# VORWORT

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,  
liebe Partner und Freunde des Fraunhofer IFF,

2018 war für unser Institut wieder ein erfolgreiches und besonderes Jahr. Erfolgreich war es unter anderem aufgrund der fortlaufend positiven Entwicklungen unseres Haushalts und der wiederholt gestiegenen Zahl unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Und besonders war es für uns, weil wir nach intensiver Modernisierung den »Elbedome« des Fraunhofer IFF, eines von Europas größten 3D-Mixed-Reality-Labors, wieder eröffnen konnten. Dank der finanziellen Förderung der Europäischen Union, des Bundes und des Landes Sachsen-Anhalt gehört das ursprünglich im Jahr 2006 errichtete Labor nun wieder zu den modernsten technischen Einrichtungen seiner Art und steht Wissenschaft und Wirtschaft für Forschung und Entwicklung zur Verfügung.

Der »Elbedome« ist sicherlich ein Leuchtturm für die anwendungsorientierte ingenieurwissenschaftliche Arbeit und Forschung in Sachsen-Anhalt. Dieses 3D-Visualisierungssystem mit etwa 450 Quadratmetern Projektionsfläche ermöglicht besonders realistische und hoch immersive sowie interaktive Darstellungen virtueller Objekte wie Fabriken, Anlagen oder Maschinen im Maßstab 1 : 1. Damit sucht es weltweit seinesgleichen. Ohne Zweifel verfügen wir mit diesem VR-Labor wieder über ein starkes Werkzeug für die ganzheitliche Forschung zu den Arbeitswelten der Zukunft und der Frage, wie wir diese optimal gestalten.

Der »Elbedome« ist ein Instrument unserer Forscherinnen und Forscher, mit dem wir großen und kleinen Unternehmenspartnern helfen, schneller und effizienter komplexe Entscheidungen zu treffen, oder sie auf ihrem Weg in die Digitalisierung begleiten. An diesem, man kann fast sagen »Jahrhundertprojekt« Digitalisierung ist das Fraunhofer IFF auf vielen Gebieten beteiligt. Schließlich sind digitale Technologien ein zentraler Forschungsschwerpunkt und zugleich ein wichtiges Arbeitsmittel unseres Instituts. Auf ihrer Basis und zusammen

mit unseren wissenschaftlichen Partnern, nicht zuletzt in enger Kooperation mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, haben unsere Ingenieurinnen und Ingenieure auch im Jahr 2018 viele innovative Projekte bearbeitet und erfolgreich zu zukunftssträchtigen Themen geforscht.

Dazu zählt beispielsweise die Energieversorgung der Zukunft im Projekt WindNODE. Gemeinsam mit weiteren Partnern wie Siemens, 50Herz oder InfraLeuna arbeiten unsere Forschungsteams in diesem Verbundprojekt an neuen, intelligenten Stromnetzen, welche die nachhaltige Energieversorgung sichern und gleichzeitig ein stabiles Stromnetz garantieren. Im Auftrag der EmscherGenossenschaft/Lippeverband Essen bauen die Robotik- und Automatisierungsspezialisten des Fraunhofer IFF ein einzigartiges Inspektions- und Reinigungssystem für das modernste Abwassersystem der Welt, den neuen Emscherkanal. Und ein modulares und mobiles Assistenzsystem, das unsere Forscherinnen und Forscher entwickeln, nutzt die digitalen Daten von Produktionsbetrieben zur Unterstützung ihrer Instandhaltungsfachkräfte. Es ist ein Beispiel dafür, wie bald schon kognitive technische Systeme unsere Arbeitsweisen mitgestalten und effizienter machen werden.

Forschungseinrichtungen wie das Fraunhofer IFF leisten somit nachhaltige Unterstützung für die Wirtschaft. Sie übernehmen eine wichtige Funktion für Behauptung und Fortentwicklung der Stärke einheimischer Unternehmen. Zugleich treiben wir aber auch unsere Internationalisierung voran und sind Partner im Netzwerk der internationalen Wirtschaft und Forschung. Im Zuge der weltweiten Aktivitäten unseres Instituts ist selbstverständlich auch China ein bedeutender Markt, dem sich das Fraunhofer IFF weiter zuwendet. Unter anderem kooperiert das Fraunhofer IFF eng mit der Robotation Academy der Deutschen Messe AG in Foshan und erbringt



*Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h.  
Dr. h. c. mult. Michael Schenk  
Institutsleiter*

wichtige Entwicklungs- und Beratungsdienstleistungen rund um das Themenfeld Industrie 4.0. Außerdem unterstützt es deutsche Unternehmen bei der Entwicklung und Erweiterung ihres chinesischen Markts, indem es einen Beitrag zu deren Forschungsaktivitäten in China leistet. Dass Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier im Dezember 2018 die Robotation Academy in Foshan besuchte und sich im Zuge dessen auch über das Projekt des Fraunhofer IFF informierte, war uns eine besondere Ehre und ein Zeichen für die Bedeutung solcher Einrichtungen für die deutsche Wirtschaft in China.

Die Beratungsleistungen des Fraunhofer IFF zum Thema Industrie 4.0 sind jedoch nicht nur in China, sondern weltweit gefragt. Der »Industrie 4.0-CheckUp«, mit dem unsere Expertinnen und Experten für Logistik und Fabrikplanung Unternehmen helfen, ihre Potenziale und Entwicklungsziele für die eigene Digitalisierung objektiv zu definieren, ist beispielsweise auch in Thailand, Kasachstan oder Spanien äußerst erfolgreich.

Solche Projekte sind kleine Beispiele für die Arbeit des Fraunhofer IFF, innerhalb der das Institut im Bereich Industrie 4.0 und Digitalisierung national und international seiner Aufgabe als Impulsgeber für die Wirtschaft nachkommt und weiter an Gewicht gewinnt. Ich freue mich deshalb auch sehr über die beiden Grußworte in diesem Jahresbericht, für die wir zwei ausgewiesene Experten für diese Themen gewinnen konnten. Zum einen Herrn Max Lemke, Head of Unit for »Technologies and Systems for Digitising Industry« der Europäischen Kommission. Und zum anderen Herrn Johannes Krafzcyk, Senior Engagement Manager T-Systems International GmbH und Kurator des Fraunhofer IFF. Ihre kurzen Analysen beleuchten aus unterschiedlichen Perspektiven die Veränderungen, die die Digitalisierung für Wirtschaft und Gesellschaft mit sich bringt, und welche Rolle Forschungseinrichtungen

wie das Fraunhofer IFF spielen, um die damit einhergehenden Herausforderungen zu bewältigen.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk  
Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für  
Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

# GRUSSWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Digitalisierung ist eine der größten Herausforderungen für die europäische Wirtschaft. Studien zeigen, dass bisher nur eines von fünf Unternehmen in der EU als hochgradig digitalisiert eingestuft werden kann. Dabei gibt es erhebliche Unterschiede zwischen einzelnen Regionen und Industriezweigen. Auch ist die Digitalisierung in großen Unternehmen meist deutlicher fortgeschritten als in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU). Letztere haben oft nicht die Kompetenz sich mit dem Transformationsprozess zu beschäftigen, oder sie haben schlicht prall gefüllte Auftragsbücher. Die Verbesserung dieser Verhältnisse in der gesamten Europäischen Union ist eines der Kernziele der von der Europäischen Kommission ins Leben gerufenen Initiative zur »Digitalisierung der Europäischen Wirtschaft« (Digitising European Industry – DEI).

Es gilt, auf den Stärken der europäischen Wirtschaft aufzubauen, die vor allem in der Industrie zu finden sind. So hat Europa z. B. einen Anteil am Weltmarkt von 33 Prozent in der Robotik, 33 Prozent bei Embedded Systems und sogar 55 Prozent bei Halbleitern für die Automobilindustrie.

Bis 2020 kann eine verstärkte Digitalisierung von Produkten und Dienstleistungen zu zusätzlichem Umsatz von mehr als 110 Mrd. Euro pro Jahr führen. Der Ausbau eines Netzwerks von Digital Innovation Hubs (DIH) in allen europäischen Regionen, um die Vorteile der Digitalisierung in alle Unternehmen zu bringen, ist einer der Hauptfeiler der DEI-Initiative.

Die Digital Innovation Hubs (DIH) spielen eine besondere Rolle, da sie direkt in den einzelnen Regionen als erste und direkte Ansprechpartner für KMU dienen und sie bei ihren Digitalisierungsvorhaben unterstützen. Diese regionale Verankerung spielt für eine effektive Unterstützungsleistung eine herausragende Rolle. Gleichzeitig müssen DIH sich aber auch grenzüberschreitend miteinander vernetzen, um auf Kompetenzen zugreifen zu können, die lokal nicht verfügbar sind. Ein gutes

Beispiel ist hier die künstliche Intelligenz (KI). Diese zukunftsweisende Technologie hat das Potenzial, viele Industrie-sektoren bahnbrechend zu verändern.

Kaum ein Unternehmen kann es sich erlauben, sich nicht mit dem Potenzial dieser Technologie zu beschäftigen. Kompetenzen im Bereich der KI und ihren Anwendungen sind zurzeit nicht sehr breit gestreut. Nur eine intensive Vernetzung der DIH über ganz Europa kann dieses Wissen der gesamten Breite der europäischen Industrie verfügbar machen.

Zusammen mit den Mitgliedsländern hat die Europäische Kommission ihren koordinierten Plan zur Entwicklung der künstlichen Intelligenz in Europa vorgestellt, in dem vernetzte KI Exzellenzzentren und Digital Innovation Hubs ausgestattet mit »test before invest« Labors für SMEs eine herausragende Rolle spielen.

Das Virtual Development and Training Centre (VDTC) des Fraunhofer IFF als Digital Innovation Hub spiegelt diese grundlegenden Qualitäten der Vernetzung auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene auf besondere und exemplarische Weise wieder: Die Besonderheit des DIH VDTC des Fraunhofer IFF zeigt sich durch die enge Kooperation mit regionalen Stakeholdern, z. B. für die Finanzierung aber auch die Identifizierung der regionalen Schwerpunkte bei der Unterstützung regionaler Unternehmen. Die Einbindung in bzw. die Kooperation mit nationalen Initiativen, wie den Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren oder dem Partnernetzwerk Wirtschaft 4.0, spielt eine wichtige Rolle in der nationalen Verankerung eines Unterstützungsangebots für regionale KMU. Daneben gehört es zu den Kernaufgaben des Fraunhofer IFF, weltweit führende Kompetenz in seinen Schwerpunktbereichen zu entwickeln und auszubauen. Hierzu gehören z. B. die Automatisierung im Manufacturing, die großflächige Darstellung interaktiver Visualisierungen in Mixed-Reality-Labors wie dem



Max Lemke

Head of Unit for »Technologies and Systems for Digitising Industry«,  
Directorate General for Communications Networks,  
Content and Technology, European Commission

»Elbedome« oder die konkrete Anwendung künstlicher Intelligenz in verschiedenen Industrien.

Durch seine Vernetzung macht das VDTC diese weltweit führende Kompetenz auch anderen DIH und damit KMU in der gesamten Europäischen Union zugänglich. Beispiele für dieses europäische Engagement sind die Leuchtturmprojekte des Instituts im europäischen Forschungsrahmenprogramm, z. B. im Bereich der Robotik oder auch in Bildungsprogrammen wie Marie Curie.

Durch europäische Netzwerke und Kooperation zwischen relevanten Akteuren spielt das Fraunhofer IFF eine wichtige Rolle im Austausch von Best Practice und dem Transfer von Know-how zwischen europäischen Regionen und trägt so zur Schaffung eines effizienten europäischen Innovationsökosystems bei.

Die Europäische Kommission unterstützt die Vernetzung von DIH bis zum Jahr 2020 mit 100 Mio. Euro pro Jahr. Mehr als 500 Start-ups und KMU haben die Angebote genutzt und 13 EU-Mitgliedsstaaten haben Digital Innovation Hubs explizit in ihre nationalen Digitalisierungsstrategien aufgenommen. Mit diesen Aktivitäten rund um die DIH und einer gleichmäßigen regionalen Abdeckung über ganz Europa will die Kommission erreichen, dass alle KMU partizipieren, der Digitalisierungsfortschritt auch in den weniger stark entwickelten Regionen angehoben wird, die Wettbewerbsfähigkeit aller KMU gestärkt wird und letztendlich ein ausgewogenes europäisches Wirtschaftswachstum erreicht wird.

Das VDTC des Fraunhofer IFF ist ein wichtiger Knoten dieses europäischen Netzwerks. Am Fraunhofer IFF wurde schon Anfang der 2000er Jahre erkannt, dass die Digitalisierung der Produktion und der Geschäftsprozesse ein wichtiges Instrument ist, um die nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit der regio-

nen Wirtschaft zu sichern. Mit der Eröffnung des VDTC 2006 wurde dem Bedarf an konkreten Anlaufpunkten für KMU und Demonstrationszentren Rechnung getragen.

Die jetzt begonnene Modernisierung und Erweiterung des VDTC sowie die starke regionale, nationale und europäische Vernetzung werden dafür sorgen, dass auch zukünftige Herausforderungen adressiert und gemeistert werden können.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname.

Max Lemke

Head of Unit for »Technologies and Systems for Digitising Industry«, Directorate General for Communications Networks,  
Content and Technology, European Commission

# GRUSSWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

vermutlich kennen auch Sie die jährlichen Auflistungen à la »Was passiert in einer Minute im Internet?«. Für das gerade abgelaufene Jahr 2018 haben fleißige Beobachter der digitalen Sphäre einiges an Zahlen zusammengetragen: 3,8 Millionen Suchanfragen an Google, 156 Millionen verschickte E-Mails, 800 000 hochgeladene Dateien per Dropbox oder fast 250 000 Foto-Uploads bei Facebook. Wohlgemerkt – alles pro Minute. Die Zahlenreihe ließe sich noch in epischer Breite weiter ausführen und zeigt uns eines klar: Die Digitalisierung hat uns schon mit ganzer Wucht erfasst. Und das nicht nur in Industrie und Wirtschaft, sondern in fast allen Facetten des Lebens.

Natürlich sind Industrie und Wirtschaft die Vorreiter bei der Einführung und beim Testen neuer Systeme. Dabei wird bei den digitalen Produkten allzu oft nach Übersee und Fernost geschickt. Aber auch hierzulande wird nach bewährter deutscher Art digital »getüftelt«. Deutschland zählt, allen Unkenrufen zum Trotz, beim Thema »digitale Produktion« zu den führenden Nationen in der Welt. Nicht umsonst hat das deutsche Schlagwort »Industrie 4.0« Verbreitung in andere Sprachräume gefunden. Auf ihrer Grundlage vernetzt sich die deutsche Wirtschaft in einem nie zuvor gesehenen Maße und baut smarte Fabriken, in denen unter anderem modernste Sensoriken, intelligente Steuerungssysteme und auch völlig neue Robotik-Anwendungen für hohe Produktivität und eine transparente und effiziente Produktion sorgen.

In der Fertigungsindustrie hält der »Digitale Zwilling« Einzug – virtuelle Abbilder von Produkten können so mit realen Daten gefüttert werden, um die Qualität zu verbessern und teure Rückrufe o. ä. zu verhindern. In der Finanzbranche spielen Öffnungszeiten nur noch eine untergeordnete Rolle – die Online-Filiale hat rund um die Uhr geöffnet. Ebenso wie der Kundenservice vieler Unternehmen – hier wird der Chat in Echtzeit im 7 × 24-Modus Standard. Das zeigt: Die Prozesse in

Johannes Krafczyk  
Senior Engagement Manager  
T-Systems International GmbH



Industrie und Wirtschaft sind mittlerweile in voller Tiefe von IT durchdrungen. Moderne IT schafft digitale Werte, sie ist lebenswichtig für eine Volkswirtschaft.

Das kennen natürlich auch die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IFF. Ihre Entwicklungen, vom mobilen Roboterassistenzsystem über das Echtzeit-Management von komplexen Energieversorgungssystemen bis hin zur Produktionssteuerung auf der Basis eines Digitalen Zwillings der Fabrik, sind auf höchste Standards der IT und exzellente Kommunikationsinfrastrukturen angewiesen.

Die dabei erzeugten Daten, die Absicherung der Datenströme und die daraus gewonnenen Informationen gehören ebenso zu den erwähnten Werten. Sie sind die Produkte von heute und insbesondere von morgen. Ihre Sicherheit ist damit von herausgehobener Bedeutung für die industrielle Wertschöpfung und somit auch für die Geschäftsmodelle der Unternehmen. Es bedarf daher größter Anstrengungen, sie zu bewahren.

Die Risiken sind real. Denken Sie an Industriespionage. Denken Sie an erpresserische Hacker. Oder an Stromausfälle. Das gilt nicht nur für die smarte Fabrik vor Ort oder die Logistikkette für hochwertige Güter. Auch Rechenzentren, denen Unternehmen ihre digitalen Schätze zur Speicherung oder Verarbeitung anvertrauen, müssen eine verlässliche und sichere »digitale Burg« sein.

Auch deshalb sind die produzierende Industrie, die Forschung sowie IT-Dienstleister und Netzbetreiber wie die Deutsche Telekom enge Partner, wenn es darum geht, die Sicherheit der digitalen Werte und damit den gemeinsamen Erfolg dauerhaft zu gewährleisten.

Das größte und modernste Rechenzentrum der Deutschen Telekom befindet sich vor den Toren Magdeburgs, in Biere. In Deutschland gibt es nicht mehr als zehn Rechenzentren dieser Größenordnung. Sie zählen zu den kritischen Infrastrukturen und bedürfen daher eines ganz besonderen Schutzes. Für das 2014 eröffnete Rechenzentrum in Biere greift ein ganzer Katalog von sichtbaren und unsichtbaren Schutzmaßnahmen, um das größtmögliche Maß an Cybersicherheit herzustellen. Das verlangt entsprechenden Aufwand schon in der Design- und Planungsphase und zieht sich wie ein roter Faden immer weiter. Denn Cybersicherheit ist nie beendet. Hier heißt es, beständig auf alle neuen technologischen Entwicklungen zu reagieren – im Guten wie im Schlechten. Denn nur sichere IT-Infrastrukturen geben unserer Wirtschaft ein solides und verlässliches Fundament für Entwicklung, Herstellung und Vertrieb ihrer Produkte und Services. Und damit für die Zukunft der Unternehmen und die Sicherung von Arbeitsplätzen. Und: Natürlich auch für neue Rekorde in der Rubrik »Was passiert in einer Minute im Internet?«.

Johannes Krafczyk  
Senior Engagement Manager  
T-Systems International GmbH

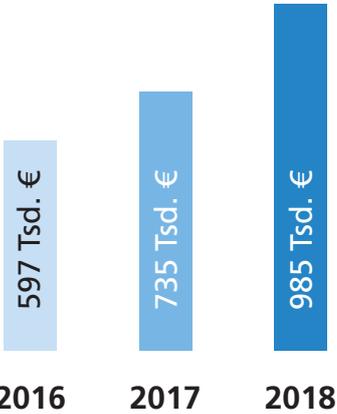
# DAS INSTITUT IN ZAHLEN

## HAUSHALTS- UND ERTRAGSENTWICKLUNG 2018

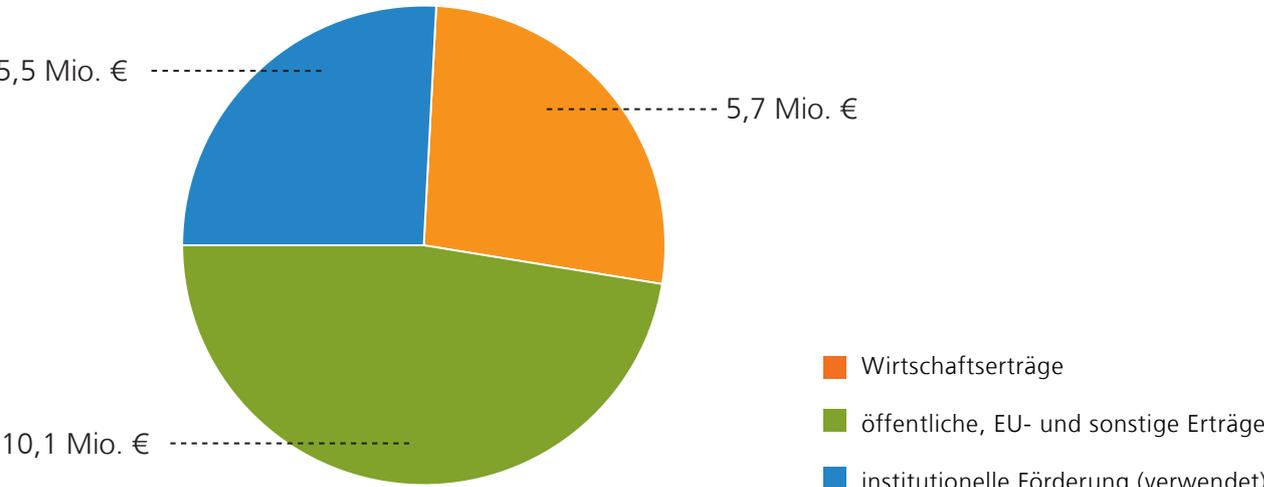
### Gesamthaushalt



### Investitionshaushalt

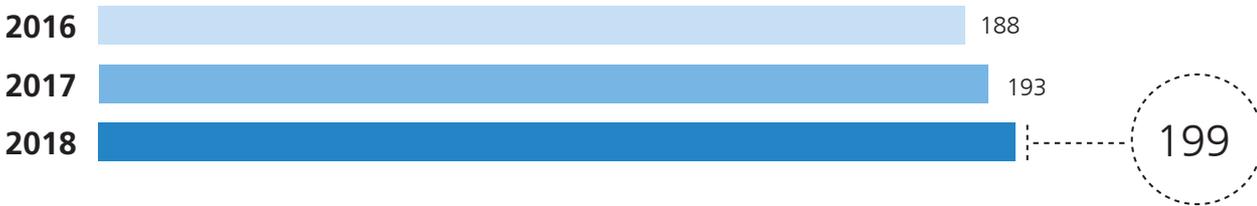


### Erträge Gesamthaushalt

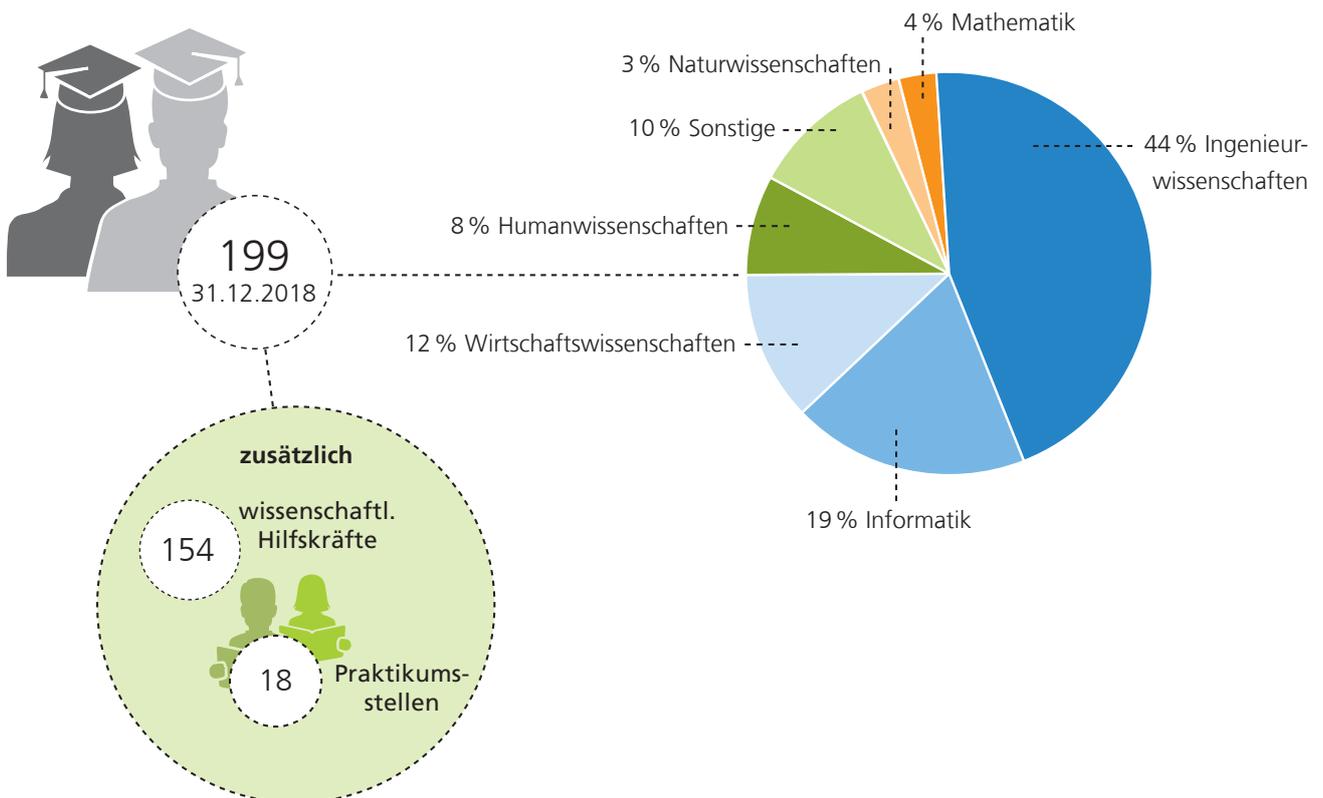


## MITARBEITERENTWICKLUNG 2018

### Mitarbeiterentwicklung am Fraunhofer IFF



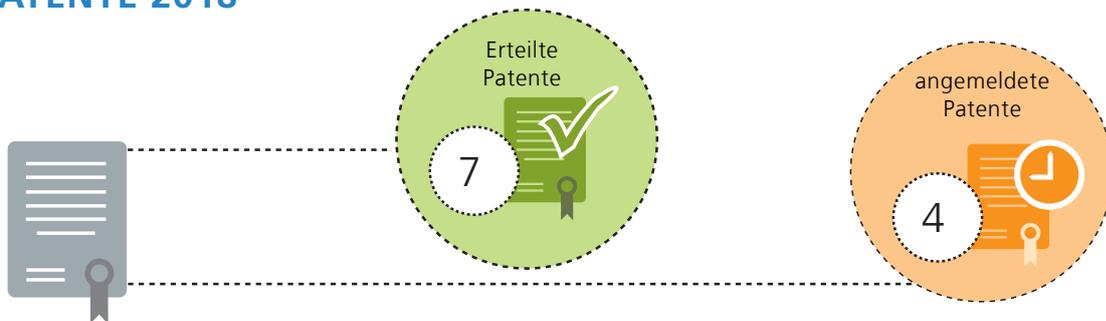
### Gesamtzahl der Beschäftigten



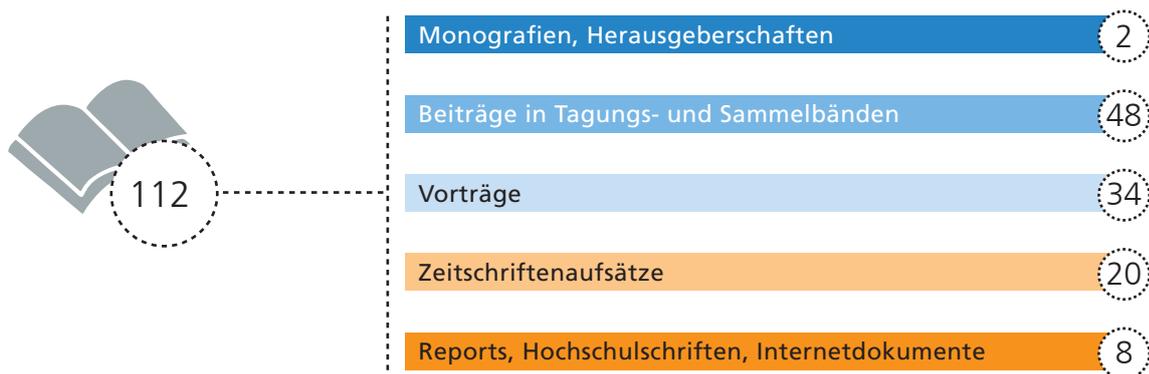
## AUSBILDUNG UND QUALIFIZIERUNG 2018



## PATENTE 2018



## VERÖFFENTLICHUNGEN 2018

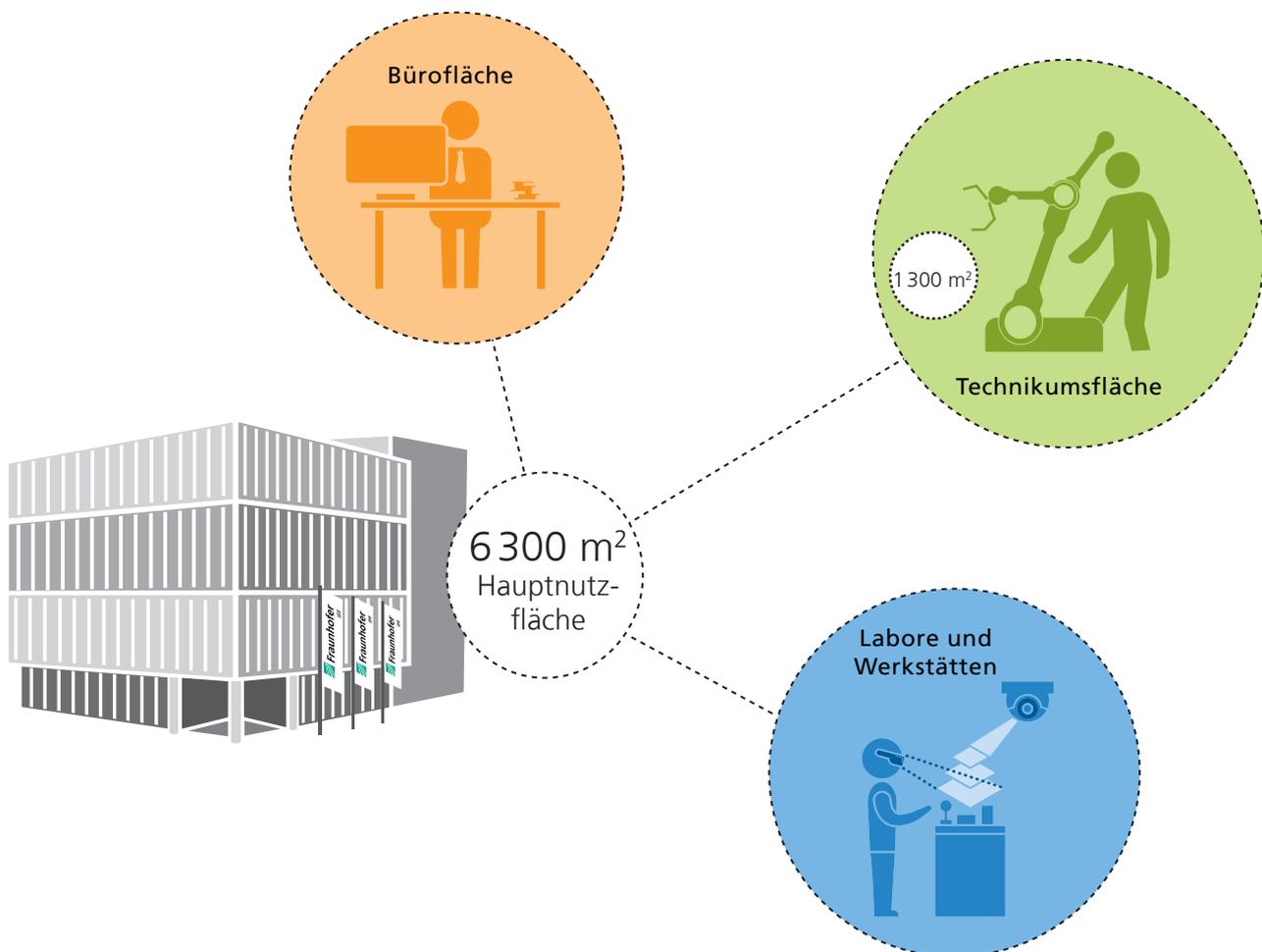


## AUSSTATTUNG

### Institutsgebäude Sandtorstraße

Das Fraunhofer IFF in Magdeburg nutzt in seinem Hauptgebäude in der Sandtorstraße 5 000 Quadratmeter Bürofläche und modern ausgestattete EDV-Labore und Konferenzräume. Auf einer Technikumsfläche von 1 300 Quadratmetern stehen unterschiedlichste Technologien für die anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung zur Verfügung. Das umfasst

beispielsweise modernste Systeme für die industrielle Bildverarbeitung, die Automatisierung, Flächen für die Entwicklung und Produktion von Anlagen und Produktionssystemen sowie ein Labor zur Entwicklung neuer Technologien für die sichere Mensch-Roboter-Kooperation (MRK).

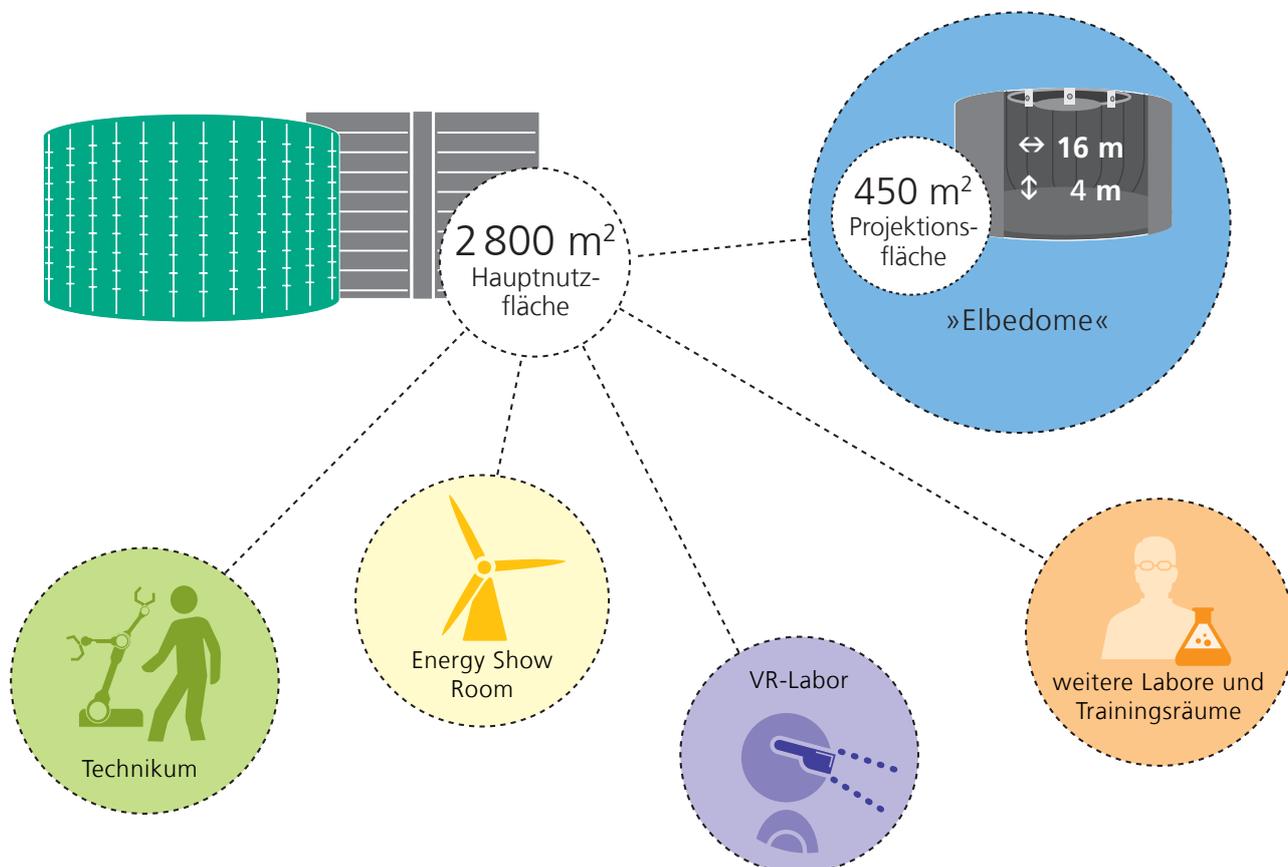




## Virtual Development and Training Centre VDTC

In seinem Virtual Development and Training Centre (VDTC) im Magdeburger Wissenschaftshafen verfügt das Fraunhofer IFF über weitere 2800 Quadratmeter Hauptnutzfläche. Hier konzentrieren sich moderne Infrastrukturen für die Entwicklung industrieller Virtual- und Augmented-Reality-Anwendungen sowie für die Forschung zu »Konvergenten Infrastrukturen«. Dazu gehören sowohl VR-Prozess-Design-Labore und VR-Trainingsräume als auch ein Labor für die Entwicklung intelligenter elektrischer Energiesysteme. In ihm arbeiten die Forscher des Fraunhofer IFF an Technologien zur Umsetzung ganzheitlicher Ansätze für die Erzeugung, Verteilung und Nutzung

regenerativer Energien. Eine mobile Großbatterie mit einem Megawatt Leistung zur Erforschung und Entwicklung intelligenter Energieversorgungsnetze komplettiert die Ausstattung. Das Kernstück des VDTC ist das Großprojektionssystem »Elbedome«. Es zählt zu Europas größten 3D-Mixed-Reality-Laboren für Industrie- und Forschungsanwendungen. In dem 360-Grad-Projektionssystem mit 16 Metern Durchmesser, 4 Metern Höhe, über 450 Quadratmetern Projektionsfläche, inklusive Bodenprojektion, und 25 Stereo-Projektoren können ganze Fabriken und Städte im Maßstab 1:1 dreidimensional und interaktiv visualisiert werden.





## Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt – Innovation Center für Digitale Infrastruktur, Mobilität und Logistik

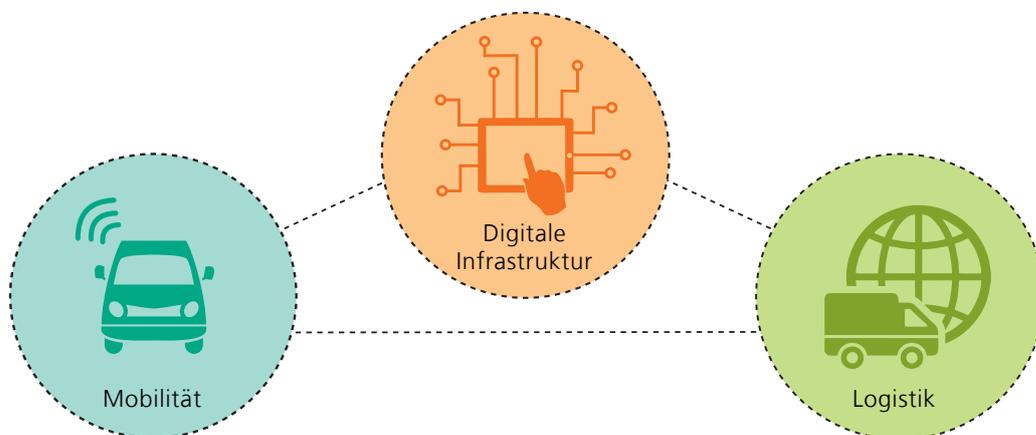
Das Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt ist eines der modernsten Forschungslabore für digitale Infrastruktur, Mobilität und Logistik in Deutschland. Es wurde als Teil der Landesinitiative Angewandte Verkehrsforschung/Galileo-Transport gegründet. Der Forschungsfokus liegt auf praxisbezogenen Entwicklungen zur Ortung und Prozesszustandserfassung sowie der Gestaltung neuer und innovativer Konzepte für Mobilität und Logistik. Weiterhin gehört das Galileo-Testfeld zum nationalen Netzwerk von Testumgebungen zur Förderung des europäischen Satellitennavigationssystems GALILEO.

Für die anwendungsorientierte Forschung bietet das Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt modern ausgestattete Versuchsfelder in seinem Entwicklungslabor sowie auf seinem Außengelände mit georeferenzierten Passpunkten. Weiterhin besitzt es Forschungsmöglichkeiten auf einer modernen ÖPNV-Plattform sowie ein sehr gut ausgestattetes Telematik-Labor.

Zu seinen großen Vorteilen gehört die trimodale Anbindung an den Magdeburger Hafen und das dortige Bahnschienen- und Verkehrsnetz.

Das Fraunhofer IFF ist Kooperationspartner des Galileo-Testfelds. Es forscht dort gemeinsam mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und dem Institut für Automation und Kommunikation e.V. (ifak) Magdeburg zu Innovationen im Bereich digitaler Kommunikations- und Logistikinfrastrukturen.

Es entwickelt und testet dort auf der Grundlage von RFID- und Telematiksystemen neue Anwendungen und Geschäftsmodelle für digitale Infrastrukturen im Sinne der »Logistik 4.0« im Bereich Straße, Wasserstraße und Schiene. Außerdem arbeiten die Forscher des Fraunhofer IFF an automatisierten Systemen zu Identifikation, Überwachung und Handling von Waren, Warentransporten und Lagerprozessen.



# KURATORIUM



Die Kuratoren der einzelnen Fraunhofer-Institute stehen der Institutsleitung und dem Vorstand der Gesellschaft beratend zur Seite. Ihnen gehören Persönlichkeiten der Wissenschaft, der Wirtschaft und der Politik an.

#### **Kuratoriumsvorsitzender**

Prof. Dipl.-Betriebswirt Burghard Scheel

#### **stellvertretender Kuratoriumsvorsitzender**

Dipl.-Ing. Klaus Müller  
KM Consulting GmbH

#### **Mitglieder**

Dr.-Ing. Frank Büchner  
Siemens AG

Dr. Stefan Robert Deibel  
BASF SE

Dr. Karl Gerhold  
Getec Energie Holding GmbH

Dr. Christof Günther  
Infraleuna GmbH

MinDirig. Hans-Joachim Hennings  
Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung  
des Landes Sachsen-Anhalt

Prof. Klaus G. Hoehn  
Deere & Company

Johannes Krafczyk  
T-Systems International GmbH

Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Math. Bernd Liepert  
Kuka AG

Dr. Georg Mecke  
Airbus Operations GmbH

Dipl.-Ing. Klaus Olbricht  
Industrie- und Handelskammer Magdeburg

Prof. Dr.-Ing. Werner Schreiber  
Volkswagen AG

Dipl.-Ing. Richard Smyth  
Aerospace Consulting

Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Strackeljan  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Staatssekretär Dr.-Ing. Jürgen Ude  
Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung  
des Landes Sachsen-Anhalt

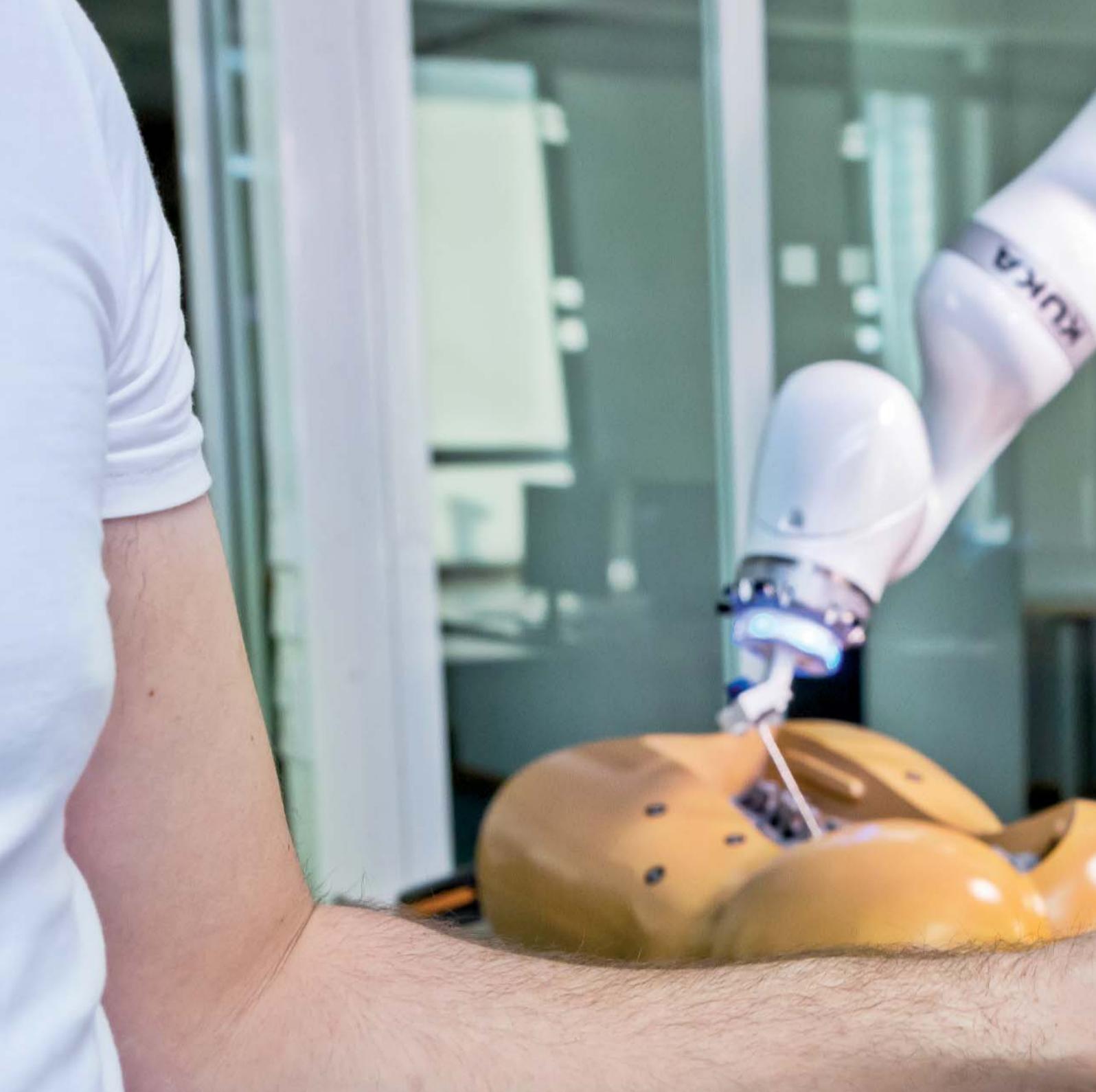
Jean-Marc Vesselle  
LANXESS Deutschland GmbH

Dr. Klaus Welsch  
BASF SE

Prof. Dr. rer. pol. Peer Witten  
Logistik-Initiative Hamburg

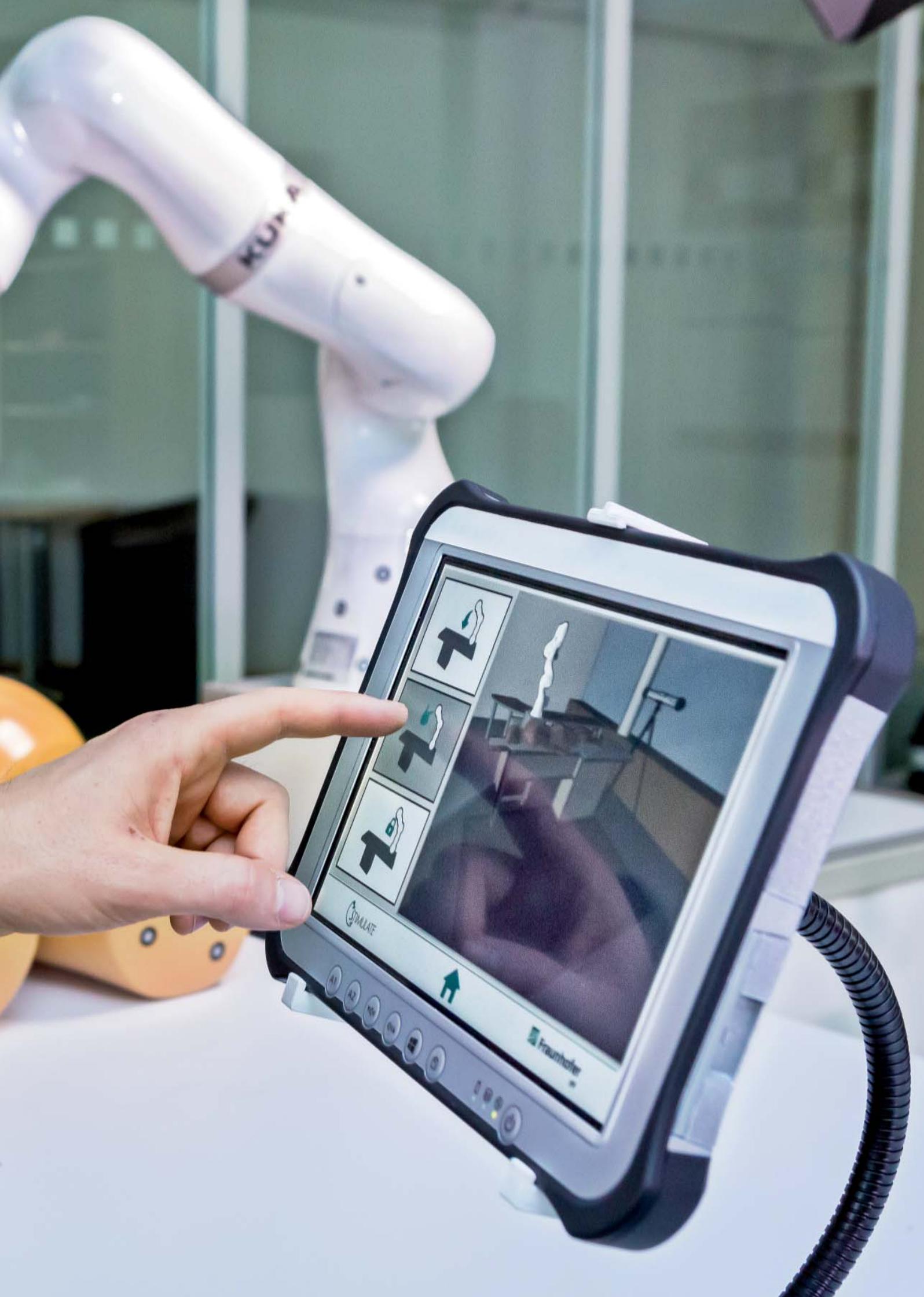
Clemens Zielonka  
BMBF

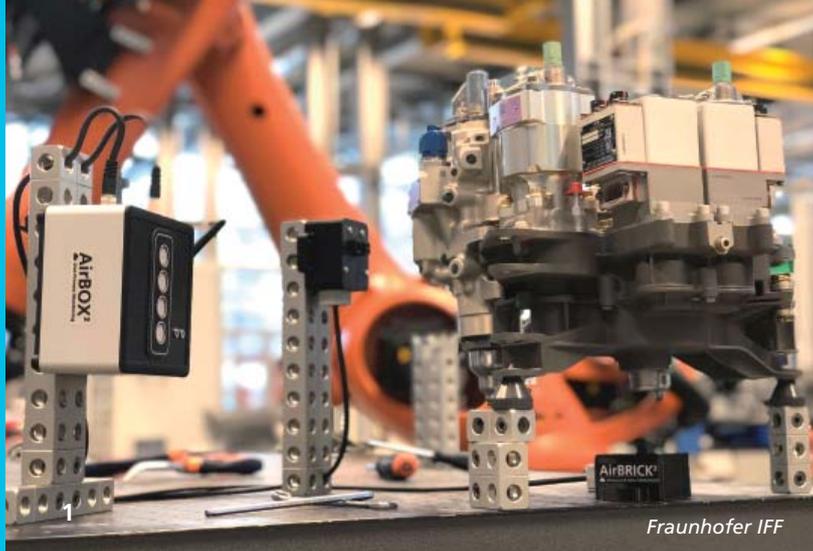
*Die Teilnehmer und Gäste  
der Kuratoriumssitzung 2018  
in Magdeburg.*



## AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITSSYSTEME

Das Fraunhofer IFF ist Innovationstreiber bei der Gestaltung der Produktionstechnik und Arbeitssysteme der Zukunft. Das Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit und Produktqualität der Unternehmen langfristig zu halten oder zu verbessern und zugleich die Flexibilität der Produktionssysteme zu erhöhen. Dafür entwickelt das Fraunhofer IFF u. a. neue Technologien für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration. So werden die kognitive Flexibilität und Handlungsbereitschaft des Menschen mit der hohen Produktivität automatisierter Systeme verknüpft. Es entwirft integrierte Lösungen für den Einsatz digitaler Assistenzsysteme sowie modernster Mess- und Prüftechnologien zur Qualitätssicherung in der Produktion. Und es etabliert virtuelle Lernmethoden für die flexible und effektive Qualifizierung von Mitarbeitern.





Fraunhofer IFF

## SENSORNETZWERK 4.0 ZUR DIGITALISIERUNG VON MANUELLEN MONTAGEHANDLUNGEN

### Herausforderungen in der Flugzeugmontage

Die Montage von Komponenten und Baugruppen im Flugzeugbau ist zu einem hohen Grad manuell geprägt. Die Baupläne des A320 wurden in den 1980er Jahren erstellt und sind nach wie vor Grundlage für das Montieren dieses Flugzeugtyps. Die Komplexität der Prozesse in Verbindung mit der Ressource Mensch führt dabei häufig zu ungeplanten Ereignissen und Störungen im Prozessablauf über die gesamte Fertigungslinie hinweg, wodurch sich die Durchlaufzeit erheblich verlängern kann. Da die Rückmeldungen über den aktuellen Fertigungszustand einmal in der Woche erfolgen, sind diese deutlich entkoppelt vom Zeitpunkt ihrer Ausführung. Die zeitnahe Kenntnis einzelner Fertigungsfortschritte sowie deren quantitative und qualitative Bewertung kann nicht oder in nicht ausreichendem Maße erfasst, überwacht und dokumentiert werden. Nicht nur die Produktionsplanung und -steuerung für die Logistik und die Montage werden dadurch erschwert, sondern insbesondere auch für die Zulieferer.

Die Erhöhung der Digitalisierung und der Einsatz von vernetzter und durchgängiger Sensorik an allen Bauplätzen sind die Voraussetzung für eine kontinuierliche und rechtzeitige Überwachung des Baufortschritts. Sie bieten zugleich ein enormes Potenzial zur Steigerung von Effizienz, Qualität und Wirtschaftlichkeit.

### Schrittweise Implementierung einer sensorgestützten Prozessüberwachung im manuellen Tätigkeitsumfeld

Das Fraunhofer IFF wurde von der Airbus Operations GmbH beauftragt, Lösungen und Sensorkonzepte zur Prozessüberwachung und deren stufenweise Integration in das Montage-

umfeld zu entwickeln. Dazu wurden sowohl stationäre Arbeitsplätze als auch mobile Einheiten wie Materialwagen (MDU) und Werkzeuge mit Sensoren ausgestattet. Der Fokus lag in der Erfassung und Verarbeitung der Sensorsignale direkt am Ort der manuellen Tätigkeit. Für die lokale Zustandserfassung und Datenfusion wurden eine Embedded Hardware und ein modularer Sensorbaukasten mit verschiedenen Schnittstellen konzipiert. Hiermit können bereits im Shopfloor Sensorsignale verarbeitet werden und die Sensorknoten drahtlos und mit anderen Informationsquellen kommunizieren. Die Herausforderung bestand in der Interpretation der Sensorsignale und deren Verdichtung zu einem konkreten Ereignis, wie z. B. »Das richtige Bauteil wurde entnommen und korrekt mit dem Werkzeug an der vorgegebenen Stelle montiert.« Für diese Generierung ereignisbasierter Informationen wurden rohe Signale verschiedener Sensoren und von verschiedenen Orten datentechnisch vernetzt, synchronisiert sowie fusioniert und schließlich mit intelligenten Algorithmen interpretiert. Neben den Sensorsignalen sind digitale Modelldaten der zu montierenden Bauteile, der Maschinen und Anlagen, der Werkzeuge, sowie digitale Prozessinformationen wichtige Eingangsparameter für die sensorgestützte Prozessüberwachung.

- 1 Am Objekt – AirBOX und Infrarot-Abstandssensoren zur Anwesenheits- erfassung von Bauteilen.
- 2 Aus der Ferne – Dashboard zur Visualisierung von Sensordaten.
- 3 Vernetzt – Prinzip der Bauplatz- übergreifenden Zustandserfassung von Bauteilen und Werkzeugen.



2

Fraunhofer IFF



3

Fraunhofer IFF

## Entwicklung einer intelligenten Sensorbox

Im Ergebnis der Entwicklungen entstand eine intelligente mobile Sensorbox »AirBOX«. Sie ist in der Lage, Sensordaten zu erfassen und für vielfältige Anwendungen zugänglich zu machen. Es lassen sich mehrere Sensoren an die mobile und autark agierende Box anschließen, die automatisch erkannt und vorkonfiguriert werden (Plug & Sense). Bei der Sensorwahl besteht die Möglichkeit, aus einem vorgegebenen Katalog auszuwählen (AirBRICKs) und/oder industrielle Standardsensoren zu nutzen. Hier stehen z. B. Infrarot-, Ultraschall, Laserabstandssensoren und Wägezellen zur Anwesenheitskontrolle bzw. Sensoren für die Erfassung von Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Feuchtigkeit, Luftqualität, Schallintensität oder Umgebungslicht, zur Verfügung. Die AirBOX verfügt über einen leistungsfähigen Prozessor, eine Echtzeituhr, WLAN- und BLE-Schnittstellen und ein intelligentes Energiemanagement (AirSLEEP). Damit ist die AirBOX in der Lage, nicht nur Sensordaten in Echtzeit zu erfassen, sondern diese auch zu höherwertigen Informationen zu verdichten. Ihr kompaktes Aluminiumgehäuse ist mit LED-Statusanzeigen und frei definierbaren Eingabetasten ausgerüstet. Sie verwendet das IoT-Standardprotokoll MQTT und Verschlüsselungstechnologien. Die Sensordaten und Ereignisse werden in einer lokalen Datenbank gespeichert und webbasiert visualisiert. Die Konfiguration und Parametrisierung erfolgen über das Netzwerk.

## Erweiterung zum Sensornetzwerk

Die Fertigung von Flugzeugen oder einzelner Baugruppen erfolgt gleichzeitig in mehreren Fertigungslinien und oft in mehreren voneinander entfernten Montagehallen. Für eine durchgängige Prozessüberwachung ist es jedoch notwendig, die Informationen über den Baufortschritt und Fertigungszustand hallen- und bauplatzübergreifend zu kombinieren und zu aggregieren. Dazu können mehrere Sensorboxen zu einem Netzwerk konfiguriert werden. Somit entsteht eine lokal verteilte Intelligenz, welche die Daten und Informationen dort

erfasst und verarbeitet, wo sie entstehen (Edge-KI) und sie abrufbereit und in Echtzeit zur Verfügung stellt.

## Anwendungsbereiche der AirBOX

Die AirBOX ist ideal für Unternehmen mit manuellem Montagebereich, des Fabrik- und Anlagenbaus oder der Logistik, welche ihre Prozesse schnell und unkompliziert digitalisieren wollen, ohne dabei ihre bestehende IT-Struktur anpassen zu müssen. Sie ist insbesondere geeignet zur:

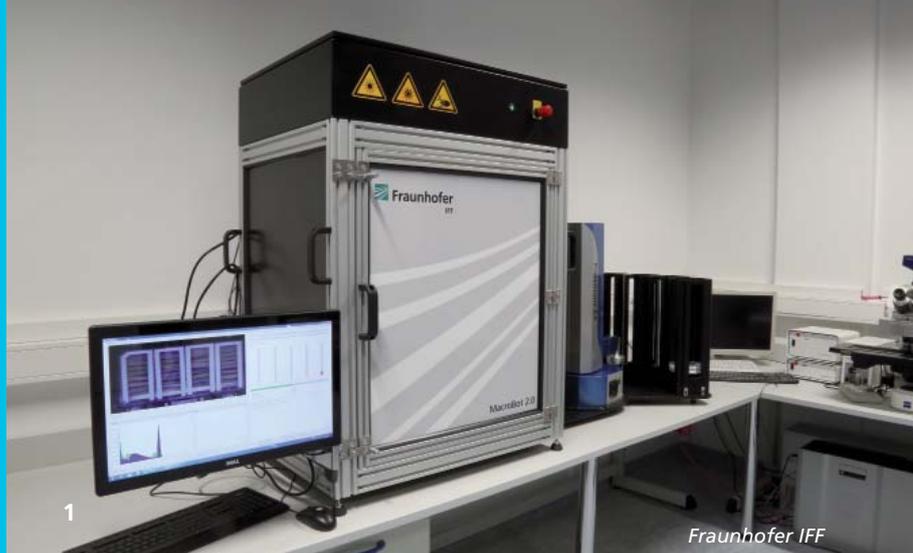
- Anwesenheitsüberwachung von Objekten
- Zustandsbestimmung von Bauteilen und Werkzeugen
- Positions- und Bewegungserkennung von Ladungsträgern
- automatischen Fortschritts- und Qualitätsüberwachung
- Bewertung von Umwelt- und Umgebungsbedingungen
- u. v. m.

## Projektpartner

Airbus Operations GmbH, Hamburg

## Ansprechpartner im Geschäftsbereich Mess- und Prüftechnik

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Martin Woitag  
 Telefon +49 391 4090-231 | Fax +49 391 4090-93-231  
 martin.woitag@iff.fraunhofer.de



## HAWKSPEX® MACROBOT – AUTOMATISIERTE MAKROFOTOGRAFISCHE PFLANZENANALYSE

### Bedarf an Screeningverfahren für große Messreihen

In öffentlichen Genbanken werden Samen von vielen Tausend Genotypen von Weizen und anderen Kulturpflanzen gelagert, um umfangreiches genetisches Material für Züchtung und Forschung vorzuhalten. Im Rahmen des Forschungsverbundes Deutsches Pflanzenphänotypisierungsnetzwerk (DPPN)/European Plant Phenotyping Network (EPPN) werden diese im Feld erneut ausgebracht und anhand des so erlangten Pflanzenmaterials auf für die Züchtung relevante Eigenschaften untersucht. Ziel ist u. a. die Katalogisierung, um geeignete Genotypen für die Züchtung neuer, auf sich ändernde Umweltbedingungen angepasste Arten zu finden.

Ein wichtiger Aspekt ist hier die Resistenz der Pflanzen gegen bestimmte Blatterkrankungen wie Gelb- oder Braunrost. Die Bildaufnahme und Auswertung dieser Eigenschaften erfolgt bisher mit erheblichem personellen Aufwand per Sichtbonitur durch Experten. Bei diesem Verfahren sind Experimente somit nur in einem begrenzten Umfang möglich, und es gibt keine hinreichend objektiven Messdaten.

Für die in den Genbanken geplanten Experimente benötigt man jedoch zwingend ein automatisiertes und standardisiertes Verfahren zur Messung und Auswertung sehr großer Mengen von Genotypen für ein möglichst vollständiges Screening.

### Aufgabenstellung für ein automatisiertes System

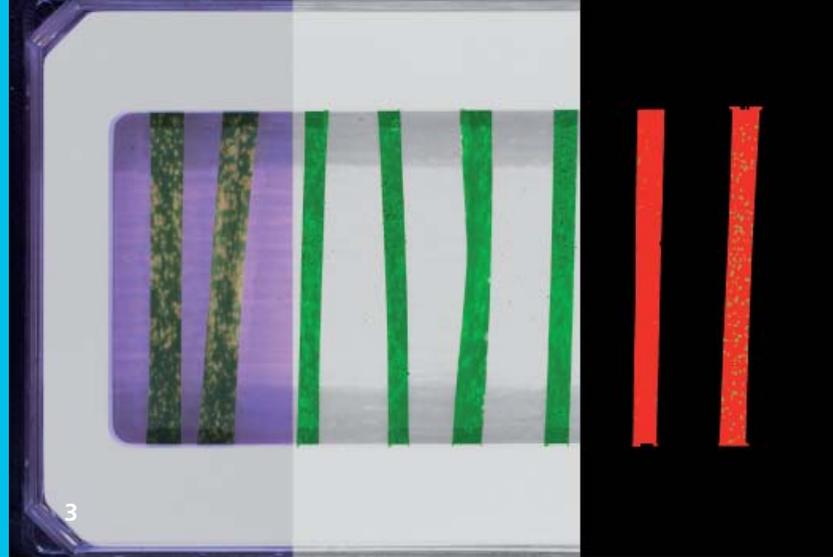
Um in den Genbanken interessante Genotypen ausfindig zu machen, werden einzelne Samen entnommen, angezogen und anschließend entsprechend der Fragestellung untersucht. Am Beispiel der Gelbrostresistenz werden dazu einzelne Blattabschnitte der Pflanzen entnommen und unter Laborbedingungen mit Gelbrost infiziert. In den darauf folgenden Tagen erfolgt eine quantitative Beurteilung des Befallgrads der Blattabschnitte.

Aus diesem Problemfeld leitet sich der Bedarf nach einem automatisierten System ab, das in der Lage ist, mit geringem personellen Aufwand eine große Anzahl Proben aufzunehmen und die erfassten Bilddaten nach einem objektiven Verfahren zu beurteilen.

### Aufbau des entwickelten Systems

Das zur Lösung des vorgestellten Problems entwickelte System besteht aus einer Hardware- und einer Softwarekomponente. Die Hardware besteht aus einem Robotersystem zum Transport der Proben und einer in einem abgedunkelten Gehäuse untergebrachten Bildaufnahmeeinheit.

- 1 Systemübersicht MacroBot 2.0 – Bildaufnahmebox (l.) und Probenroboter (r.).
- 2 Probenplatte unter LED-Beleuchtung.
- 3 Rohdaten (l.), Blattsegmentierung (Mitte) und Ergebnis (r.) der Gelbrosterkennung.



Die Blattabschnitte werden auf standardisierten, etwa 30 Proben fassenden Platten kultiviert und zur Aufnahme in einem etwa 100 Platten fassenden Magazin bereitgestellt. Für den Transport der Probenplatten aus dem Magazin zur Bildaufnahmeeinheit dient das Mikrotiterplatten-Handhabungsgerät PlateCrane EX.

Für die Bildaufnahmeeinheit kommen eine breitbandige monochromatische Kamera in Kombination mit einer schmalbandigen LED-Beleuchtung mit vier Kanälen (Rot, Grün, Blau und UV) zum Einsatz. Die UV-Beleuchtung regt bestimmte Pilzsporen zu Fluoreszenz an und erleichtert so die Erkennung der erkrankten Blattregionen. Zur Verbesserung der Erkennung der Objektgrenzen wird ein zusätzliches Bild mit rückseitiger Beleuchtung aufgenommen.

Zur Automatisierung der Bildverarbeitungspipeline wird die am Fraunhofer IFF entwickelte HawkSpex® Flow Plattform genutzt. Anhand von umfangreichen Messreihen innerhalb des Projekts wurde mittels maschinellem Lernen ein spezifisches Künstliches Neuronales Netz für die Erkennung von Braun- bzw. Gelbrost entwickelt. Dabei erhält der Nutzer des Systems am Ende eine Liste, in der zu jeder Blattprobe ein geschätzter Befallgrad angegeben wird, der zur Katalogisierung in weiteren Systemen hinterlegt werden kann.

## Nutzen

Die automatisierte Vermessung der Proben ermöglicht den Wissenschaftlern am IPK Gatersleben und am JKI in Quedlinburg die Durchführung von umfangreichen Phänotypisierungsversuchen im Rahmen des deutschen und europäischen Pflanzen Phänotypisierung Netzwerks (DPPN und EPPN). In den vergangenen zwei Jahren seit Bereitstellung des Systems wurden mehr als 60 000 Einzelproben aufgenommen und analysiert. Derartige wissenschaftliche Untersuchungen in diesem Umfang wären ohne das vorgestellte System nicht durchführbar.

## Projektpartner

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben; Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen, Quedlinburg

## Ansprechpartner im Geschäftsbereich Biosystems Engineering

David Kiliyas M. Sc.  
Telefon +49 391 4090-762 | Fax +49 391 4090-93-115  
david.kiliyas@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Friedrich Melchert M. Sc.  
Telefon +49 391 4090-765 | Fax +49 391 4090-93-115  
friedrich.melchert@iff.fraunhofer.de

Dr. Andreas Backhaus  
Telefon +49 391 4090-779 | Fax +49 391 4090-93-115  
andreas.backhaus@iff.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert  
Telefon +49 391 4090-107 | Fax +49 391 4090-93-115  
udo.seiffert@iff.fraunhofer.de



## MOBILE ROBOTER REINIGEN UND INSPIZIEREN DEN ABWASSERKANAL EMSCHER

### Übergang der Inspektions- und Reinigungstechnologien von der Machbarkeit zur Serienreife

Im Ruhrgebiet entsteht mit dem Emscher-Umbau aktuell das modernste Abwassersystem der Welt. Auf einer Länge von 51 Kilometern zwischen Dortmund und Dinslaken wird der Abwasserkanal Emscher die Abwässer von rund 2,26 Millionen Einwohnern sowie von Industrie und Gewerbe aufnehmen. Mit allen angeschlossenen Nebenläufen zählt das Einzugsgebiet des Abwasserkanals Emscher 865 Quadratkilometer. Der zentrale Hauptsammler des Kanalnetzes hat einen Durchmesser von 1,6 bis 2,8 Metern, eine Tiefenlage von 8 bis 40 Metern sowie ursprünglich geplante Schachtabstände von maximal 600 Metern.

Bereits im Jahr 2001 begann die Zusammenarbeit zwischen der Emschergenossenschaft und dem Fraunhofer IFF mit der Fragestellung, ob eine automatische Inspektion und Reinigung von Betonkanälen dieser Art im laufenden Betrieb möglich ist und dadurch auf ein redundantes zweizügiges Rohrsystem verzichtet werden kann. Mit der Entwicklung von prototypischen Inspektions- und Reinigungsrobotern wurde dann im Jahr 2008 vom Fraunhofer IFF der praktische Nachweis der Machbarkeit gegenüber den zuständigen Bezirksregierungen erbracht.

In der aktuellen Projektphase sollen die Inspektions- und Reinigungstechnologien für einen zuverlässigen Dauereinsatz zur Serienreife weiterentwickelt, das Einsatzspektrum optimiert und die erforderliche Versorgungsinfrastruktur aufgebaut werden. Nur so kann die Emschergenossenschaft den Abwasserkanal sicher in Betrieb nehmen und die strengen Betreiberpflichtungen erfüllen.

### Vorgehensweise

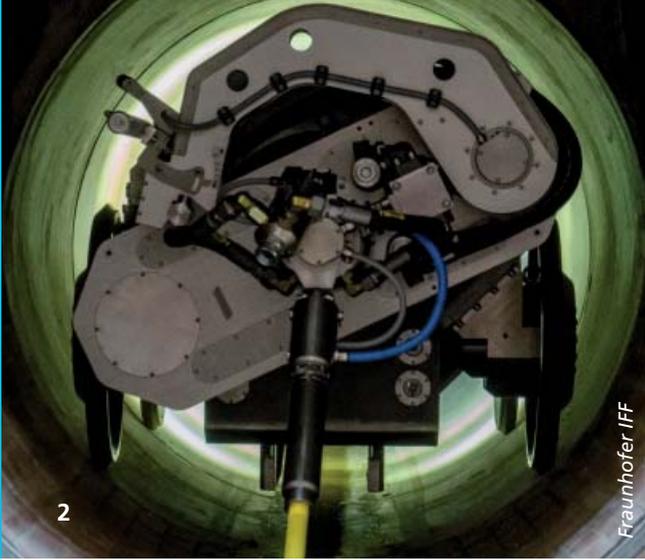
Die Entwicklung der Robotersysteme erfolgte mit dem Ziel, für die verschiedenen Kanalinnendurchmesser sowie für die beiden Anwendungsfälle ›Inspektion‹ und ›Reinigung‹ nur ein System einzusetzen. Dies erforderte die Konstruktion einer hochkomplexen Kinematik mit integrierter Medienversorgung zur Führung von Reinigungs- und Unterwasserinspektionswerkzeugen entlang der Kanalwand. Da der Kanal in Trockenperioden zeitweise sehr geringe Füllgrade führt, musste die kamera- und laserbasierte Sensorik auch einen 360°-Inspektionsbetrieb ermöglichen.

Als Systemanbieter zeichnete das Fraunhofer IFF von Projektbeginn an für die ganzheitliche Betrachtung sämtlicher Anlagenprozesse verantwortlich. Dazu zählen neben den Transport- und Lagermodalitäten alle Rüstprozesse, wie z. B. das sichere Ein- und Ausbringen der Roboter sowie die Versorgung mit Energie und Wasser. Besonders herausfordernd war dabei die Synchronisation der beiden Medienversorgungstrommeln am Schacht mit dem autonom im Kanal arbeitenden Robotersystem. Das Fraunhofer IFF verfolgte hierbei stets die Strategie, konkrete Entwicklungsergebnisse frühzeitig anhand von Versuchsmustern und Prototypen in realen Praxiseinsätzen ausgiebig zu testen.

1 *Optisches 360°-Multisensorsystem im Einsatz unter realen Bedingungen.*

2 *Test des Roboterfahrwerks und der Werkzeugkinematik vor der Inbetriebnahme des Kanals.*

3 *Versorgungsinfrastruktur der Inspektions- und Reinigungsroboter am Schacht.*



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

## Erfolgreiche Inbetriebnahme des Inspektions- und Reinigungsroboters

Während des Projektverlaufs ist es durch die kontinuierliche Weiterentwicklung und Optimierung der Medienversorgungssysteme gelungen, die maximale Einsatzreichweite von 600 Metern auf 1 200 Meter zu verdoppeln. Das machte zahlreiche Schachtbauwerke der Trasse überflüssig, wodurch Einsparungen in dreistelliger Millionenhöhe erzielt wurden.

Bevor dieser Kanal in Betrieb genommen werden konnte, musste laut Planfeststellungsbeschluss eine Erstinspektion im trockenen Zustand erfolgen. Diese Betreiberpflichtung wurde im Projekt dazu genutzt, das Multisensorsystem des späteren Inspektionssystems mittels einer mobilen Roboterplattform auf seine Zuverlässigkeit zu untersuchen. Innerhalb von sechs Wochen wurden damit 37,4 Kilometer Kanaltrasse inspiziert, 17,9 Millionen Bilder und 11 Terabyte an Datensätzen erfolgreich aufgenommen.

Ein weiterer elementarer Funktionsnachweis des Inspektions- und Reinigungsroboters im Zusammenspiel mit allen Versorgungssystemen wurde im August 2018 erbracht. Nach diesem wichtigen Meilenstein konnte die Emschergenossenschaft am 24. September 2018 den ersten Bauabschnitt des Abwasserkanals Emscher in Betrieb nehmen und Abwässer einleiten.

## Übergang des Systems zum Dauerbetrieb

Die aktuelle Projektphase hat eine Laufzeit bis August 2019. Mitte 2019 werden die Inspektions- und Reinigungssysteme einschließlich der Versorgungsinfrastruktur an die Emschergenossenschaft übergeben und im ersten fertigen Bauabschnitt des Abwasserkanals in Verkehr gebracht. Bis dahin muss die funktionssichere Einsetzbarkeit der Roboter im Dauerbetrieb gewährleistet und der CE-Zertifizierungsprozess abgeschlossen sein. Spezialisten von der DEKRA begleiten die Entwicklung.

Im Jahr 2021 geht der zweite große Bauabschnitt des Emscherkanals in Betrieb. Kennzeichnend für diesen Bereich ist die sogenannte Tübbing-Bauweise, die besonders hohe Anforderungen an die Inspektionssensorik stellt. In einem Projekttreffen Ende November 2018 beschlossen die Emschergenossenschaft und das Fraunhofer IFF, diese Herausforderung gemeinsam anzugehen und zukünftige Weiterentwicklungen an den Systemen im Rahmen einer strategischen Partnerschaft fortzusetzen.

## Projektpartner

Emschergenossenschaft/Lippeverband, Essen

## Ansprechpartner im Geschäftsbereich Robotersysteme

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Stürze  
 Telefon +49 391 4090-377 | Fax +49 391 4090-250  
 thomas.stuerze@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Sven Kutzner  
 Telefon +49 391 4090-247 | Fax +49 391 4090-250  
 sven.kutzner@iff.fraunhofer.de



## VERFAHREN ZUR CHARAKTERISIERUNG STAUBENDER MATERIALIEN

### Exakte Emissionsermittlung einzelner Staubquellen

Die Thematik der Auswirkung von Staubimmissionen, speziell von Feinstaubimmissionen, ist ein weltweit immer mehr in den Fokus der Aufmerksamkeit rückendes Problem, das für viele Menschen ernste gesundheitliche Folgen hat.

Es gibt in der Praxis eine Vielzahl von Arbeitsvorgängen, bei denen Staub emittiert wird. Vor allem in Steinbrüchen, Häfen mit Schüttgutumschlag, bei Stein- und Bauschuttbrecheranlagen, Siebanlagen, Recyclinganlagen und Lagerstätten für Schüttgüter entstehen Staubsituationen. Im Bundesimmissionsschutzgesetz ist geregelt, wie schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverschmutzung zu begrenzen sind. Danach sind die Staubimmissionen zu berechnen, um die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Höchstwerte der Staubkonzentration und -deposition nachzuweisen. Dafür ist die genaue Kenntnis aller Staubquellen erforderlich, die in einem zu betrachtenden Gebiet auftreten. Meist liegen jedoch keine exakten Angaben der Staubneigung der umgeschlagenen Materialien vor. Kommt es zu einer Überschreitung gesetzlicher Richtwerte, sind Maßnahmen wie Einhausungen, Absaugungen u. ä. zur Emissionsminderung an den Staubquellen durchzuführen.

### Staubemissionsbestimmung von Materialien

Die Staubemission einer Quelle wird mit Hilfe der VDI 3790: »Umweltmeteorologie; Emission von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen; Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern«, berechnet. Die festgestellten Staubemissionen gehen unter Berücksichtigung örtlicher Klimadaten in eine Prognoserechnung ein, um die Staubimmissionen an

schutzwürdigen Orten zu ermitteln. Die Ergebnisse werden mit den nach TA Luft zulässigen Immissionswerten verglichen und bewertet. Mit Hilfe der VDI 3790 wird für jede zu betrachtende Staubquelle ein individueller, vom Stoff und Verfahren abhängiger Emissionsfaktor  $q$  bestimmt. Die dafür erforderlichen Parameter können relativ genau angegeben werden. Schwierig ist die Festlegung des Gewichtungsfaktors  $a$ , der die Neigung des Schüttguts zum Stauben beschreibt. Dieser Wert wird in eine von fünf Stufen eingeordnet:

- $a = \sqrt{10^5}$ , stark staubend
- $a = \sqrt{10^4}$ , (mittel) staubend
- $a = \sqrt{10^3}$ , schwach staubend
- $a = \sqrt{10^2}$ , Staub nicht wahrnehmbar
- $a = \sqrt{10^0}$ , außergewöhnlich feuchtes, staubarmes Gut.

Die Festlegung des Gewichtungsfaktors hat einen großen Einfluss auf den Emissionswert, da sich die einzelnen Staubklassen um den Faktor 3 unterscheiden. Diese Materialeigenschaft hängt jedoch von vielen Parametern ab, z. B. von der Feuchtigkeit des Stoffs an der Emissionsquelle oder von dessen Feinheit. Vermeintlich ähnliche Materialien unterscheiden sich häufig deutlich in ihrer Staubneigung.

### Exakte Bestimmung des Gewichtungsfaktors

Im Rahmen des Entwicklungsvorhabens wurde eine experimentelle Methode zur exakten Bestimmung des Gewichtungsfaktors  $a$  entwickelt, die auf der Basis von Materialproben eine stufenlose Einordnung von deren Staubneigung ermöglicht.

1 *Staubentstehung beim Schüttgutumschlag.*

2 *Messkabine für den Abwurf von Materialproben.*



Fraunhofer IFF

Diese experimentelle Labormethode beruht auf der Aufzeichnung der Staubkonzentration in einer Messkabine nach dem Abwurf einer Materialprobe. Die Abwurfvorrichtung ist so gestaltet, dass sie einer Abwurfmethode aus der VDI 3790 nahe kommt, um eine Korrelation zwischen dem Versuchsaufbau und den realen Bedingungen im Schüttgutumschlag zu ermöglichen. Konkret wurde ein diskontinuierlicher Probenabwurf mittels Greifer nachgebildet. Der Verlauf der Staubentwicklung der Probe wird dabei kontinuierlich über einen definierten Zeitraum aufgezeichnet, wobei eine gleichmäßige Staubverteilung in der Messkabine Voraussetzung für die Bestimmung des Ergebnisses ist. Während der Messung erfolgt bereits die Sedimentation des Staubes. Es stellt sich ein bestimmter Staubkonzentrationsverlauf ein, der von anfänglichen Verwirbelungen und vom Abklingen der Staubkonzentration geprägt ist. Die Anfangsstaubkonzentration ergibt sich aus der Approximation der Abklingkurve. Aus diesem Wert lässt sich mit Hilfe der Abwurfmenge und des Kabinenvolumens ein für die Materialprobe individueller Emissionsfaktor berechnen. Dieser kann für die Ermittlung des Gewichtungsfaktors  $\alpha$  verwendet werden, der dann stufenlos mit individuellen Zwischenwerten für die betrachteten Materialien vorliegt.

### Nutzen der entwickelten Methode

Die Laboruntersuchungen sowie die praktische Erprobung haben der Nachweis erbracht, dass diese Vorgehensweise zur Ermittlung des Gewichtungsfaktors praktikabel ist und nicht im Widerspruch zur Vorgehensweise nach der VDI 3790 steht. Vielmehr kann mit dem Verfahren der Gewichtungsfaktor präzise ermittelt werden und führt zusammen mit der Vorgehensweise nach der Norm zu Ergebnissen, die eine effektivere Vorhersage und dadurch gezielte Vermeidung von Staubbelastungen ermöglichen. Mit diesem Verfahren ist es sogar möglich, den Gewichtungsfaktor für lungengängigen Staub bzw. das Verhältnis zwischen PM10- und dem PM2,5-Feinstaub zu ermitteln und damit lungengängigen Staub exakt zu identifizieren.

### Projektpartner

öko-control GmbH, Schönebeck

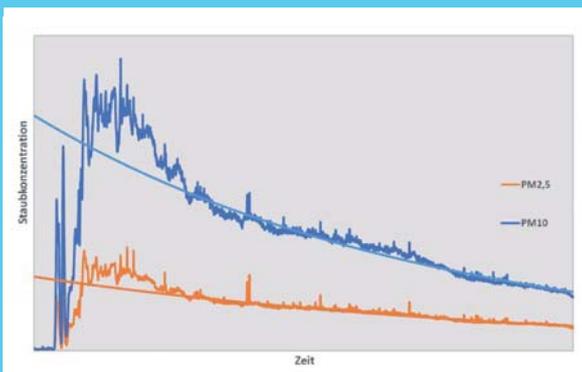
### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Mess- und Prüftechnik

Dipl.-Ing. Uwe Amreihn  
Telefon +49 391 4090-226 | Fax +49 391 4090-250  
uwe.amreihn@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »Ermittlung des Staubfaktors (ErmiSta)« wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen 1504/00009)

### Staubkonzentrationsverlauf in der Messkabine nach dem Abwurf von Materialproben.



Fraunhofer IFF

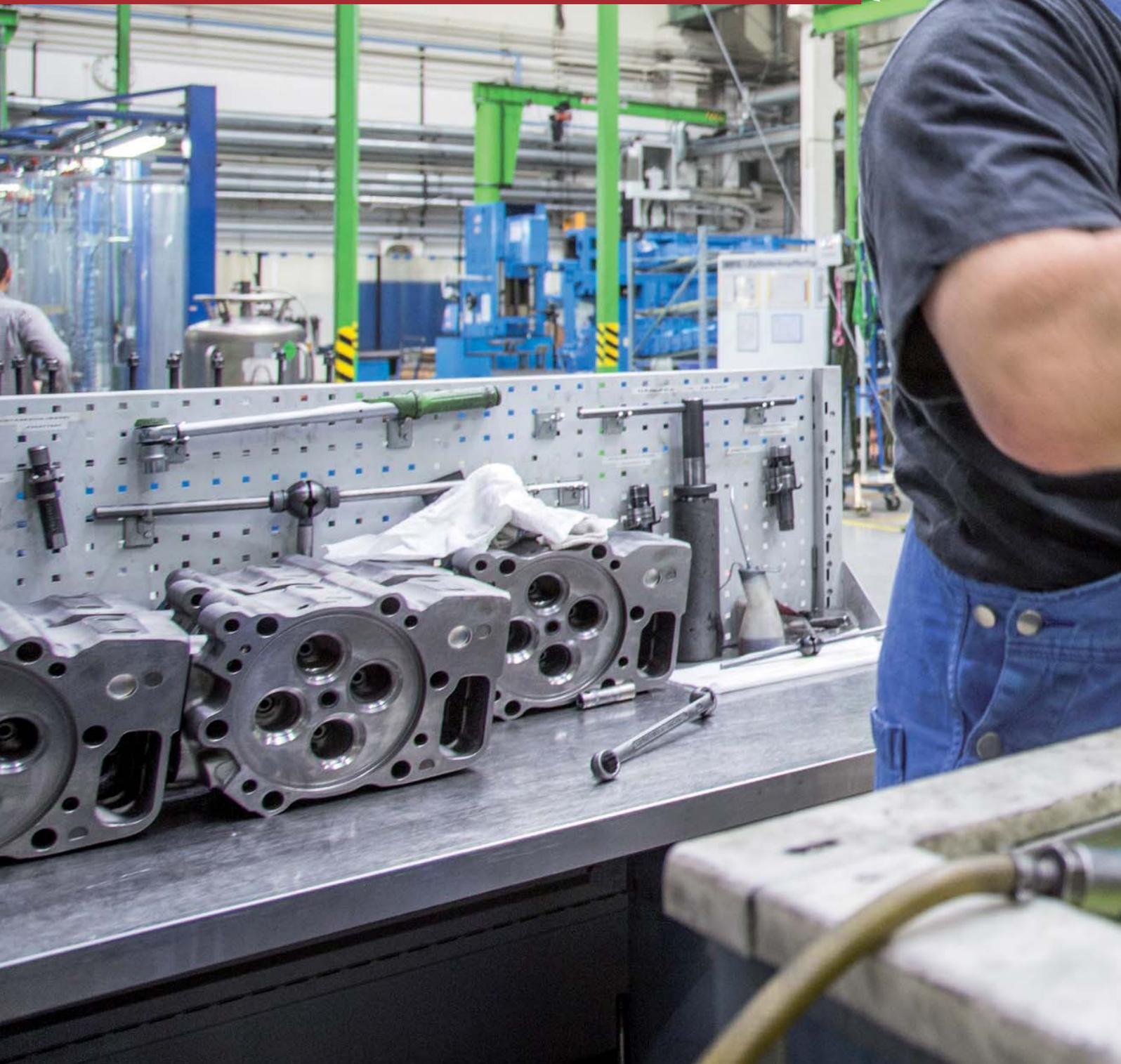


EUROPÄISCHE UNION  
**EFRE**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

# AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK

Um die Nachhaltigkeit und Effektivität der Produktion zu erhöhen und die Risiken in der Supply Chain zu verringern, gestaltet das Fraunhofer IFF effiziente Produktions- und Logistiksysteme. Das bedeutet unter anderem, Fabriken effizienter zu planen und zu betreiben, innovative Methoden und Technologien für die Optimierung von Versorgungs- und Produktionsprozessen zu etablieren und intelligente Energiekaskaden in der Produktion einzuführen. Für geschlossene Energie- und Stoffkreisläufe konzipieren die Forscher des Fraunhofer IFF neue Anlagentechniken, mit denen wertvolle Roh- und Reststoffe nachhaltig genutzt und wiederverwertet werden können. Als Systemdienstleister hebt das Fraunhofer IFF Effizienzpotenziale sowohl auf Unternehmensebene als auch in unternehmensübergreifenden Produktions- und Logistiknetzen.

Fraunhofer IFF







## ROBOTERHANDHABUNGSSYSTEME EFFEKTIVER UND PRÄZISER IN BETRIEB NEHMEN

### Herausforderungen der genauen Positionierung mit automatisierten Roboterhandhabungssystemen

Eine Zielsetzung von Industrie 4.0 ist die hochflexible Produktion stark individualisierter Produkte. Eine Basistechnologie dafür ist die Planung von Produktionsabläufen mit Hilfe virtueller Modelle der Produkte und Produktionssysteme. Dieser Ansatz wird auch bei der SYMACON GmbH verfolgt. Komplexere Roboterprogramme für die automatisierten Roboterhandhabungssysteme werden mit Hilfe von Offline-Programmierungswerkzeugen entwickelt. Aufgabe dieser Systeme ist das kollisionsfreie Aufnehmen und Ablegen orientierter Bauteile.

Aufgrund von Abweichungen zwischen z. B. CAD- oder Robotermodellen und der realen Anlage müssen die Offline-Programme bei der Inbetriebnahme meist angepasst werden, indem die letzten Zehntelmillimeter durch manuelles Verfahren des Roboters korrigiert werden. Dabei werden Aufnahme- oder Ablagepositionen langsam angefahren und Abweichungen visuell geschätzt. Herausfordernd sind Positionen, deren Toleranzen nur geringfügig über der Wiederholgenauigkeit des Roboters liegen. Ob die richtige Position erreicht wurde, kann in vielen Fällen nur durch die korrekte Funktion des Nachfolgeprozesses geprüft werden, z. B. ob das Bauteil nach Öffnen des Greifers ohne zu verkanten in die Vorrichtung gleitet. Bei Fehlfunktion muss der Korrekturversuch wiederholt werden. Dies kann mehrtägigen Stillstand einer Anlage erfordern. Ein häufigeres Umrüsten, das durch kürzere Innovationszyklen zunehmen wird, ist so nicht umsetzbar.

Eine genaue Positionierung ist für Aufnahme- und Ablagepositionen sowie für kollisionskritische Bereiche des Arbeitsraums eines Roboters wichtig. Bei den übrigen Bewegungen können Abweichungen toleriert werden. Eine genaue

Kenntnis darüber, welche Abweichungen der Roboter, das Greifwerkzeug oder die Vorrichtung haben, ist nicht notwendig. Ebenso können Positionierungsabweichungen durch sich ändernde Umgebungsbedingungen vernachlässigt werden.

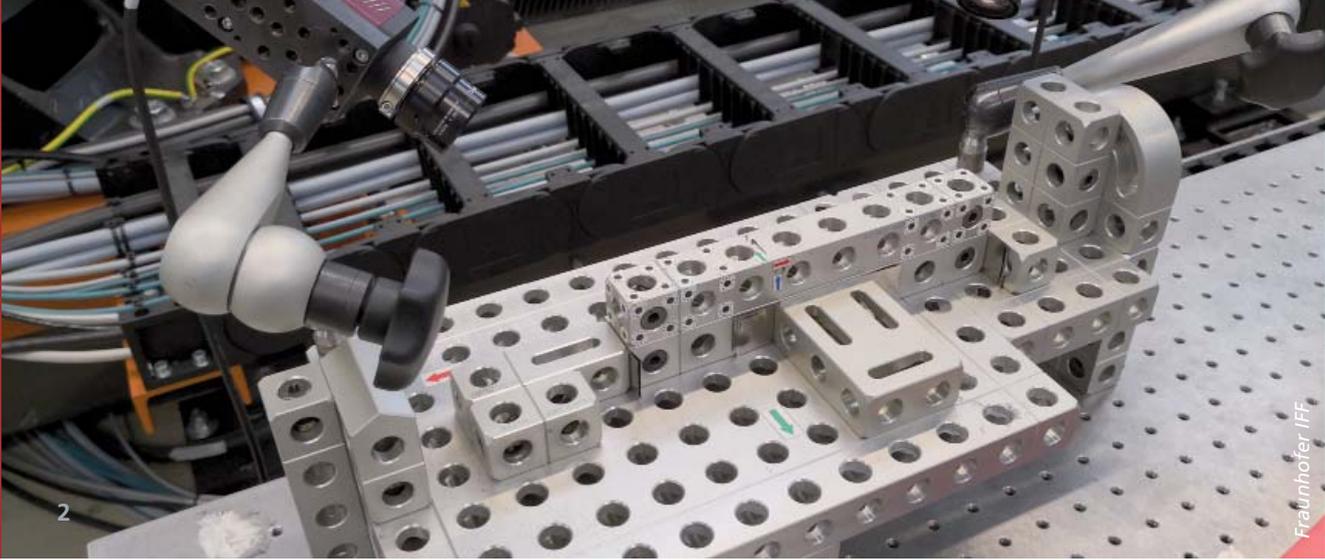
### Lösungsvarianten zur Beschleunigung der Einrichtung von Robotern

Eine Robotersteuerung kann Roboterbewegungen nur mit begrenzter Genauigkeit prognostizieren, da sie nicht alle lastabhängigen Einflüsse abbilden kann. Gleiche Positionen kann ein Roboter jedoch mit hoher Wiederholgenauigkeit anfahren.

Die erste Lösung bestand darin, dass ein am Greifwerkzeug montierter optischer 3D-Sensor die Zielposition erfasst. Damit kann die genaue Lage der Zielposition in Bezug auf den Sensor ermittelt werden. Für die Ermittlung der Beziehung zwischen Sensor und Greifwerkzeug wurde eine Kalibriermethode entwickelt, in die nur Roboterfehler in der Größe der Wiederholgenauigkeit eingehen. Die Zielposition in Bezug auf das Greifwerkzeug in der Roboterposition, mit der die Zielposition gemessen wurde, kann somit bestimmt werden. Notwendig ist nur noch, das Werkzeug in diese Zielposition zu bewegen. Die Beziehung zwischen Werkzeug und Roboter kann aus den Kalibrierdaten ebenfalls ermittelt werden. Da nun jedoch die Positionswerte der Robotersteuerung verwendet werden müssen, ist der Fehler größer. Schließlich führt der Roboter die Bewegung

**1** Roboterhandhabungssystem während des Aufbaus.

**2** Aufnahme und Bauteil für den Funktionsnachweis.



zwischen Ist- und Sollposition mit mehreren zehntel Millimetern Fehler aus. So kann eine Positionsgenauigkeit im Bereich der Wiederholgenauigkeit von ca. 50 µm nicht erreicht werden.

Lassen sich die Positionsfehler jedoch messen, so können sie iterativ verringert werden, bis die Wiederholgenauigkeit erreicht ist. Das ist die Idee des zweiten Lösungsansatzes. Das Bauteil wird hierbei in der Zielposition platziert und von einem fest montierten Sensor erfasst. Bei der Annäherung des robotergeführten Bauteils an die Zielposition wird die Abweichung gemessen und als Korrektur an die Robotersteuerung übermittelt.

Für den Funktionsnachweis wurde eine Aufnahme gebaut. Diese wurde mit Hilfe von Metallfolie so eingerichtet, dass zwischen dem einzulegenden Bauteil und der Aufnahme nur eine Lücke von 75 µm verblieb. Zwei Kameras erfassten Vor- und Zielposition und steuerten die iterative Annäherung des Roboters an beide Positionen. Danach konnte das Bauteil kollisionsfrei in die Aufnahme geführt werden.

### Aufbau und Bestandteile des realisierten Systems

Das technische System besteht aus Kameras und einem PC, der mit der Steuerung über TCP/IP kommuniziert. Auf Anforderung der Steuerung werden Positionen erfasst und Korrekturbewegungen zurückgegeben. Die Offline-Planung der Inbetriebnahme erfolgt mit der am Fraunhofer IFF entwickelten Software VINCENT. Hinzu kommen eine Sammlung von Methoden, z. B. zum Einrichten der Kameras mit Livebildern und eingeblendeten Sollkonturen, um bei der Inbetriebnahme möglichst effizient vorzugehen.

### Nutzen und Ausblick

Manuelle Tätigkeiten, wie das Einrichten der Kameras, haben nur geringe Genauigkeitsanforderungen. Die herausfordernde Suche der richtigen Zielposition erfolgt durch die Kameras und

den Roboter. Damit verkürzt sich der Zeitbedarf für die Inbetriebnahme und ist zudem besser planbar. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass der Betreiber der Anlage die Kameras einrichtet und der Hersteller die Inbetriebnahme per Fernwartung ausführt. Für die entwickelte Methode ist ein Patentierungsverfahren anhängig. Mit Industriepartnern wird sondiert, wie eine kommerzielle Verwertung umgesetzt werden kann.

### Projektpartner

SYMACON GmbH, Barleben

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich

#### Mess- und Prüftechnik

Dr.-Ing. Dirk Berndt

Telefon +49 391 4090-224 | Fax +49 391 4090-93-224  
dirk.berndt@iff.fraunhofer.de

Dr. rer. nat. Thomas Dunker

Telefon +49 391 4090-217 | Fax +49 391 4090-250  
thomas.dunker@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen 1604/00060)





## IOT-TRACKING FÜR BODENGERÄTE AM FLUGHAFEN LEIPZIG/HALLE

### Flughafenbodengeräte am DHL Drehkreuz Leipzig

Flughafenbodengeräte, sog. GSE (Ground Support Equipment), unterstützen viele logistische und technische Prozesse am Flughafen Leipzig/Halle, an dem sich auch Europas größtes DHL Express Drehkreuz befindet. An diesem Standort werden jede Nacht mehr als 2 000 Tonnen Fracht umgeschlagen. Diese wird in ULDs (Uni Load Devices) oder zu Deutsch in Luftfrachtcontainern und auf Luftfrachtpaletten per Flugzeug angeliefert und ebenso von dort aus weltweit verteilt. Das Ent- und Beladen der ULDs erfolgt im Terminal, in dem auf einem Kreisortler die Frachtstücke nach der Empfängeradresse sortiert und entsprechend ihrer Destination zusammengestellt werden.

Zwischen Flugzeug, Buffer und Terminal werden die ULD auf Dollies über das Vorfeld transportiert. Dollies sind einfache robuste Anhänger mit einem Rollendeck, auf denen verschiedene ULD-Größen befördert werden können. Sie sind ohne jegliche aktive Technik ausgestattet und verfügen über keinen eigenen Antrieb sowie Energiespeicher und werden von Tugs (Schlepper) im Verbund über das Vorfeld gezogen.

Der Umschlag der Luftfracht am Hub ist zeitkritisch, da die einzelnen Frachtstücke von den verschiedenen Ausgangsorten ihre jeweiligen Anschlussflüge erreichen müssen. Um eine effiziente Abfertigung der Fracht zu gewährleisten, müssen deshalb immer genügend leere Dollies für die Transportaufträge auf dem Vorfeld zur Verfügung stehen. Um diese Anforderung zu erfüllen, wird zurzeit ein erhöhter Personal- und Materialaufwand in die Vorbereitung des nächtlichen Frachtumschlags investiert.

### Einsatz eines GSE-Trackingsystems am DHL Drehkreuz

Aktuell wird im Produktivbetrieb täglich die verfügbare Anzahl von Dollies sowie deren Beladungszustände und die jeweilige Position erfasst. Auf dieser Grundlage wird gemäß des zu erwartenden ULD-Umschlags eine geeignete Anzahl an Dollies für den folgenden Nachtbetrieb bereitgestellt.

Im laufenden Nachtbetrieb müssen die Schlepperfahrer zur Abarbeitung ihrer Transportaufgaben zum Teil leere Anhängerzüge aus den verteilt liegenden Bereitstellungszonen auf dem 200 Hektar großen Gelände neu zusammenstellen. Diese Umverteilung benötigt viel Zeit und verbraucht zusätzlichen Kraftstoff.

Aufgrund dessen verfolgt das DHL Drehkreuz das Ziel, mit einem Trackingsystem für Dollies die jeweiligen Positionen und Beladungszustände automatisiert zu erfassen und auszuwerten, um somit die Zählprozesse am Tag und die Umverteilung in der Nacht zu vermeiden.

Im Rahmen eines Pilotprojekts wurden durch das Fraunhofer IFF mehrere Dollies mit energieeffizienten IoT-Sensorknoten (IoT – Internet of Things) ausgestattet, um deren Position und Beladungszustand zu erfassen. Auf diese Weise werden die Dollies zu Datenlieferanten im Sinne des IoT, denn durch den Einsatz von IoT-Modulen auf dem Flughafenvorfeld werden maßgebliche Entwicklungen in Richtung eines Intelligenen Logistikkraums Flughafen umgesetzt.

1 DHL-Dolly.

2 Tug mit Dollyverbund.



Da die Dollies das gesamte Jahr im Außenbereich im Einsatz sind, muss die Hardware für das GSE-Tracking Temperaturschwankungen zwischen  $-20^{\circ}\text{C}$  und  $+50^{\circ}\text{C}$  sowie Belastungen durch Regen, Schnee, Hagel und De-Icing-Flüssigkeit ohne Fehlfunktionen standhalten. Zusätzlich ist eine hohe mechanische Robustheit erforderlich, da z. T. mehrere Tonnen schwere ULD mit den Dollies transportiert werden und über das Rollendeck des Dolly verfahren werden. Weiterhin sind die GSE-Tracker starken Erschütterungen durch die mit Vollgummireifen ausgestatteten Dollies ausgesetzt. Da GSE wie Dollies über keine eigene Energieversorgung verfügen, muss der GSE-Tracker energiesparend mit eigener Batterie ausgeführt werden. Weiterhin sollte der Investitions- und Installationsaufwand infrastruktureseitig minimal sein, um aufwendige Installationen mit Empfänger-Infrastrukturen zu vermeiden.

### Kundenspezifische Systemanforderungen für ein Dolly-Tracking am DHL Drehkreuz Leipzig

Für die Umsetzung eines effizienten Managements der über 1 700 Dollies am DHL Drehkreuz ist es erforderlich, jeweils die aktuellen Positionsdaten und den Beladungszustand eines Dollies zu kennen. Die entwickelten IoT-Sensorknoten ermöglichen die Lokalisierung der Dollies im Outdoor-Bereich per Eigenortung mit GPS/Glonass/Galileo und im Indoor-Bereich über ein zellbasiertes IPS (Indoor Positioning System).

Die Sensorik zur Beladungszustandserkennung muss in der Lage sein, die Aluminiumblechböden aller möglichen ULD-Typen (Container + Paletten) erfassen zu können. Herausforderung hier war es, dass die Sensorik auf die Stahlblechoberseite des Dollies montiert wird und die Sensorik deshalb unempfindlich gegen Regen, Vereisung und geschlossene Schneedecke sein muss, den ULD aber trotzdem sicher erkennen muss.

Neben der Erkennung des Beladungszustands ist die Datenübertragung der ermittelten Dolly-Informationen an eine zentrale Stelle über mehrere Kilometer bei geringem Energie-

verbrauch fundamental. Dazu wurde die in den vergangenen Jahren spezifizierte LoRaWAN-Technologie (Long Range Wide Area Network) gewählt. LoRaWAN ist ein Übertragungsstandard, mit dem es möglich ist, über große Entfernungen (mehrere Kilometer) bidirektional kleine Datenmengen bei sehr geringem Energieverbrauch zu übertragen. Für das Pilotprojekt mit der Ausstattung von 30 Dollies konnte der komplette Flughafenbereich mit einem LoRaWAN-Empfangsgateway abgedeckt werden.

### Ausblick

Die Testreihen zum Funktionsnachweis des Dolly-Trackingsystems wurden über vier Monate hin erfolgreich durchgeführt. Auf Grundlage der ermittelten Testergebnisse wird die Entwicklung des Systems hinsichtlich des Energiemanagements weiterentwickelt. Hier steht vordergründig die Energieversorgung durch alternative Energiequellen (Energy Harvesting) im Vordergrund, um die Lebensdauer der aktuellen Batteriever-sorgung von aktuell einem Jahr auf mehrere Jahre deutlich zu verlängern.

### Projektpartner

Blumenbecker Technik GmbH, Bad Lauchstädt; DHL Hub Leipzig GmbH, Leipzig; metratec GmbH, Magdeburg

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Materialflusstechnik und -systeme

Dipl.-Ing. Martin Kirch  
 Telefon +49 391 4090-487 | Fax +49 391 4090-93-487  
 martin.kirch@iff.fraunhofer.de



## GIESSEREI HOCH 4: FLEXIBEL, NACHHALTIG, ENERGIEEFFIZIENT, AUTOMATISIERT

### Leichtmetallguss energieeffizient und dennoch flexibel

Für die künftige Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie – insbesondere am Standort Deutschland – sind energieeffiziente und nachhaltige Fertigungsprozesse von elementarer Bedeutung. Innovative Maschinen- und Anlagenhersteller haben die Chance, sich mit der Entwicklung und Vermarktung ressourceneffizienter und umweltschonender Technologien im hart umkämpften internationalen Markt zu differenzieren und die Anwender neuartiger Systemlösungen können mit einer deutlichen Senkung ihrer Energiekosten dem Kostendruck der internationalen Konkurrenz entgegenwirken. Dass dieser technologische Substitutionsprozess bis zur Anwendungsreife allerdings nicht frei von Risiken ist und verschiedene betriebsrelevante Aspekte adressieren muss, verdeutlicht das Forschungsvorhaben ETAL, bei dem die *promeos GmbH* als Technologiepartner und die *LGL Leichtmetallgießerei Bad Langensalza* als Anwendungspartner nach einem konzeptionellen Umbruch in der Schmelzeversorgung streben, der sowohl auf einer neuartigen Brennertechnologie als auch auf einer dezentralen Schmelzebereitstellung basiert.

### Anwendungsfokus mit solider konzeptioneller Basis

Die *promeos GmbH* beschäftigt sich mit der Entwicklung neuartiger Technologien und Anlagenkomponenten für eine energieeffiziente Fertigung in Leichtmetall-Gießereien und profitiert im Projekt ETAL gleich in zweierlei Hinsicht von der Magdeburger Forschungs- und Wissenschaftslandschaft. Zum einen beantworten die Wissenschaftler des Instituts für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung IFQ der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg alle gießereitechnischen

Fragen im Hinblick auf die Schmelzegüte und -qualität. Zum anderen untersuchen die Logistikexperten des Fraunhofer IFF die aus dem Prinzip des mobilen Tiegels resultierenden Gestaltungsmöglichkeiten der Produktionsplanung und denken innerbetriebliche Materialflüsse komplett neu.

### Volltransportables System lässt Prozesse neu denken

Entgegen bisher bekannter Lösungen ermöglicht der neuartige Porenbrenner aus Keramikschaum die Energieträgersubstitution vom preissteigerungsintensiven elektrischen Strom hin zu den erneuerbaren Power2X-Technologien Gas sowie potenziell Wasserstoff. Doch die nachhaltige Wärmebereitstellung kann nicht nur weitere Effizienzsteigerungen gewährleisten, sondern im Rahmen eines volltransportablen Schmelz- und Warmhaltesystems wesentliche – aktuell bestehende – Restriktionen in der Materialflusslogistik abbauen. Traditionelle Schöpfprozesse zwischen Schmelzen, Transport und Warmhalten, die sowohl die Qualität als auch die Logistik negativ beeinflussen, werden überflüssig. Hier setzen die Magdeburger Logistiker an und untersuchen im Rahmen einer dynamischen Energiewertstromanalyse, welche Einsatzszenarien im Gießereiumfeld für die neue Technologie von Vorteil sind und wie sich die Materialbereitstellung von einer auf dem Push-Prinzip basierten Strategie hin zu einem Pull, d. h. bedarfsorientierten Steuerkonzept verändern lässt. Unter Zuhilfenahme verschiedener verbauter Messsysteme soll das Dockingstation-Tiegel-System zukünftig über logistisch und fertigungstechnisch relevante

- 1 *Konsortialtreffen beim Technologiepartner Promeos.*
- 2 *Praxisanforderungen bei der LGL Leichtmetallgießerei.*



Informationen zum Zustand der Schmelze verfügen, die eine dezentrale Auftragsdisposition ermöglichen. Über die gesamte Prozesskette der Leichtmetallgusserzeugung hinweg soll somit:

- der erforderliche Primärenergieeinsatz gesenkt,
- die emittierten Schadstoffe signifikant reduziert,
- die Kreislaufmaterialquote reduziert,
- die Gussqualität gesteigert als auch
- die Fertigungsflexibilität deutlich erhöht und somit
- die Fertigungskosten gesenkt und gleichzeitig
- die Umwelt geschont werden.

---

### **Fraunhofer IFF liefert Bewertungsbasis für Substitution**

---

Zum einsatzspezifischen Nachweis der monetären und ressourcenbezogenen Vorteilhaftigkeit des Systems hat das Projektteam des Fraunhofer IFF eine Simulationsstudie konzipiert und für die Plausibilisierung mit dem Anwendungspartner LGL das bestehende System auf Basis umfangreicher Energiebedarfsmessungen und -bewertungen als Referenz abgebildet. Hierzu wurden die einzelnen Prozessschritte bis ins letzte Detail aufgenommen und diskutiert. Dadurch stieg das Prozessverständnis bei allen Anwendungspartnern signifikant, sodass das Projektkonsortium und insbesondere der Technologiepartner promeos GmbH ableiten können, wie viel Zeit, Energie und Geld sich durch den künftigen Wegfall von mindestens zwei Umfüllprozessen im Fertigungswertstrom sparen lässt. Dies ist für die angestrebte Vermarktung des Produkts essenziell.

---

### **Branchengefragte Lösung ruft bereits Interesse hervor**

---

Das Interesse für das neuartige Konzept ist groß. So verzeichnet die promeos GmbH bereits eine verstärkte Nachfrage aus der Branche. Das Projektteam erwartet mit Spannung die Erfahrungsberichte des Praxispartners LGL, um bei gemeinsamen Veranstaltungen mit Interessenten aus Wirtschaft und Wissenschaft die Vorteile von Konzept und Technologie weiter eruieren und über Lösungsideen der nächsten fachlich

ansprechenden Herausforderungen diskutieren zu können. Die Höhepunkte 2019 sind dabei u. a. die Hannover Messe Industrie, auf der das neuartige Konzept auf dem Hauptstand der Fraunhofer-Gesellschaft an exponierter Stelle präsentiert wird sowie eine technologische Darbietung auf der Gießereifachmesse GIFA, dem weltgrößten Branchentreff, vom 25. bis 29. Juni 2019 in Düsseldorf.

---

### **Projektpartner**

---

promeos GmbH, Nürnberg; LGL Leichtmetallgießerei Bad Langensalza GmbH; Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung IFQ der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

---

### **Ansprechpartner im Geschäftsbereich Logistik- und Fabrikssysteme**

---

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marc Kujath  
Telefon +49 391 4090-328 | Fax +49 391 4090-93-328  
marc.kujath@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Bastian Sander M. Sc.  
Telefon +49 391 4090-322 | Fax +49 391 4090-93-322  
bastian.sander@iff.fraunhofer.de

---

### **Förderung**

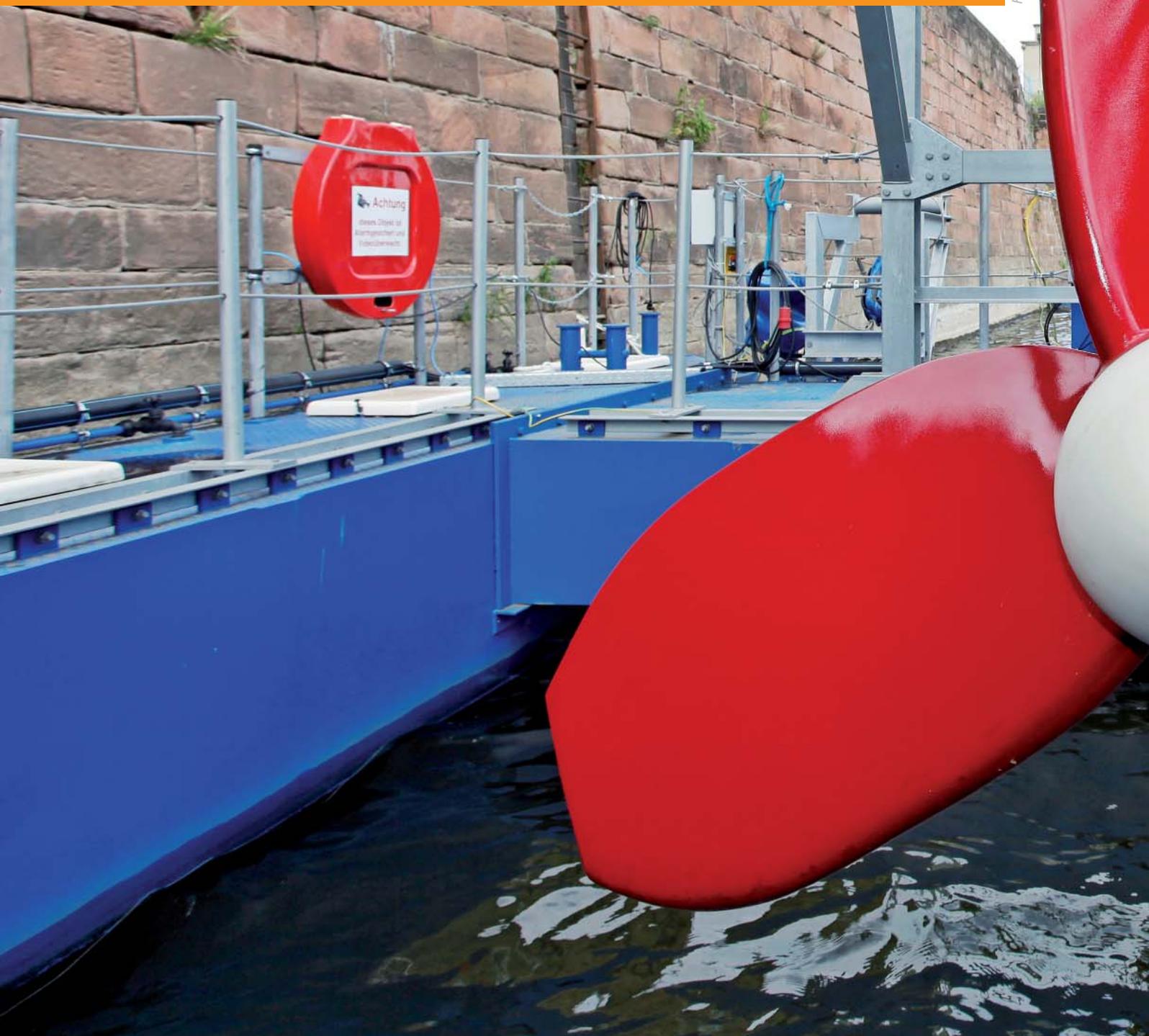
Das Projekt »ETAL – Energieeffizienz in Gießereien« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) finanziert. (Förderkennzeichen 03ET1499D)



## AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE INFRASTRUKTUREN

Die Zukunft der Energieversorgung wird nachhaltig und ökologisch sein und darauf beruhen, fossile Brennstoffe und die Kernkraft langfristig vollständig als Energielieferanten abzulösen. An ihre Stelle treten regenerative Energieträger wie Sonne, Wind und Wasserkraft aber auch Reststoffe aus der Produktion, Recyclingmaterial und vieles mehr. Damit gehen die Entwicklung neuer Speichertechnologien und immer effizienterer Anlagen für die Energiegewinnung sowie der Aufbau neuer, dezentraler und intelligenter Energieversorgungsnetze einher. Die Auswirkungen dieses Wandels auf produzierende Unternehmen sind groß. Um die neuen, komplexen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen in und zwischen Unternehmen sowie deren Umfeld aufzubauen, bündelt das Fraunhofer IFF seine Kompetenzen in den Bereichen Produktion, Logistik, Energie sowie Informations- und Kommunikationstechnologien. Seine Forscher entwickeln intelligente Systeme für das Energiemanagement und entwerfen integrierte Produktions- und Logistiknetze, um die sichere Nutzung volatiler Energien möglich zu machen. Und mit der Entwicklung und dem Einsatz innovativer VR-Technologien unterstützen sie den Planungs- und Entwicklungsprozess von Großprojekten im industriellen und urbanen Umfeld und machen diese schon im Vorfeld für alle Beteiligten sichtbar.

Fraunhofer IFF





Achtung  
Keinen Druck auf  
Körperstellen und  
Vollüberwacht.



## INDUSTRIELLE LASTVERSCHIEBEPOTENZIALE ERKENNEN UND NUTZBAR MACHEN

### Energiewende – ein Beitrag der Verbraucherseite

Durch den Rückgang konventioneller Kraftwerke muss in Zukunft ein immer größerer Anteil des benötigten Strombedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Die schwankende Einspeisung wird dabei den hohen Anforderungen des energieintensiven industriellen Sektors mit einem jährlichen Bedarf von ca. 220 Terawattstunden nicht ansatzweise gerecht. Ist es deshalb nicht zweckmäßig, dass sich die Verbraucherseite zukünftig nach dem verfügbaren Stromangebot richtet? Innerhalb welcher Grenzen wäre dies möglich? Welche technischen, operativen und vor allem wirtschaftlichen Voraussetzungen müssen dazu geschaffen werden?

### Schaufenster intelligente Energie

Mit diesen und weiteren Fragestellungen beschäftigt sich »WindNODE – Das Schaufenster für intelligente Energie aus dem Nordosten Deutschlands«. Das Verbundprojekt mit mehr als 70 Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Industrie gliedert sich in insgesamt neun Arbeitsfelder, darunter der Bereich »Industrielle Lastverschiebepotenziale«, der innerhalb des Teilarbeitspakets 7.3 federführend durch das Fraunhofer IFF bedient wird. Ziel ist es, energetische Flexibilität industrieller Verbraucher zu erkennen, zu modellieren und sowohl aktuelle als auch zukünftige Vermarktungsoptionen aufzuzeigen.

Der Schaufenstercharakter ist dadurch geprägt, dass neben theoretischen Analysen auch reale Demonstratoren geschaffen werden. Sie dienen dazu, die unterstützende Wirkung und den Nutzen ausgewählter Maßnahmen auf das elektrische Energiesystem anschaulich und greifbar zu machen.

### Flexibilität sektorübergreifend modellieren

Fast 60 Prozent der industriellen Anwendungen kommen grundsätzlich (theoretisch) für Lastverschiebung in Betracht. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, diese Potenziale zunächst technisch und anschließend wirtschaftlich zu quantifizieren. Durch einen Abgleich mit dem Bedarf vonseiten der Netzbetreiber kann dann der notwendige Integrationsgrad ermittelt werden. Das heißt, wie stark besteht gegebenenfalls die Notwendigkeit, nicht nur die Infrastruktur- und Anlagenebene einzubeziehen, sondern auch Querschnittstechnologien, wie z. B. Belüftungs- und Klimatisierungsanlagen, oder sogar Produktionsprozesse, zu flexibilisieren.

Eine Schlüsselrolle kommt dabei der Sektorenkopplung zu. Industrielle Infrastrukturen stellen bereits jetzt wichtige Knotenpunkte für diverse Energiemedien dar. Durch eine intelligente Einbeziehung in das elektrische System, können z. B. Power-to-X-Anlagen bei übermäßiger EE-Einspeisung Strom in Gas oder Wärme wandeln und so einen wichtigen Beitrag zur Integration von regenerativer Energie leisten.

### Neue Marktprodukte und -plattformen

Durch eine differenzierte Betrachtung der zugrunde liegenden Anlagen, Technologien und Prozesse können Flexibilitätsoptionen mit netzdienlichen Eigenschaften versehen werden.

**1** Keynote von Prof. Przemyslaw Komarnicki auf dem Konsortialtreffen in Leuna.

**2** Koordinierte Anlagensteuerung zur Nutzbarmachung von energetischen Flexibilitäten.



Der bedarfsseitige Wert für Flexibilität ergibt sich beispielsweise aus der Frage, ob und in welchen Grenzen ein Prozess unterbrechbar oder verschiebbar ist. Kann durch eine Technologie Energie generiert oder gespeichert werden? Und ist eine Anlage unter Umständen vielleicht sogar kontingenzfähig und kann damit als abschaltbare Last monetär entlohnt werden?

Neben aktuellen Vermarktungsmöglichkeiten werden auch zukünftige Mechanismen erprobt. Identifizierte regulatorische bzw. wirtschaftliche Barrieren sollen hierbei reduziert und damit der Markt auch für neue Akteure geöffnet werden. Auf diese Weise soll mittel- bis langfristig die Stromversorgung nachhaltig bezahlbar bleiben. Einen interessanten Anwendungsfall stellt in diesem Zusammenhang die Entwicklung einer Flexibilitätsplattform dar, bei der industrielle Lastverschiebungen erstmalig zur Netzengpassbewirtschaftung herangezogen werden.

### Reallabor VDTC

Das »Virtual Development and Training Centre« stellt als realer Ort im Rahmen des Schaufensterprojekts ein herunterskaliertes Multi-Energie-System dar, das zur praktischen Erprobung der entwickelten Betriebsstrategien genutzt werden kann. Durch die intelligente Überwachung und Steuerung vielfältiger Energiemedien, -infrastrukturen und -komponenten, darunter Strom, Wärme, Wasserstoff, Elektromobilität, regenerative Erzeugungsanlagen, steuerbare und nicht-steuerbare Verbraucher sowie Speichersysteme, können selektiv Anwendungsfälle implementiert, optimiert und anschließend bewertet werden. So ist es möglich, validierte Handlungs- und Maßnahmenempfehlungen zur praktischen Flexibilitätsbereitstellung zu entwickeln und industriellen Anschlussnehmern bereitzustellen. Damit kann zum einen ein wichtiger Beitrag zur Energiewende geschaffen und zum anderen die energetische bzw. prozesstechnische Wertschöpfungskette strategisch erweitert werden.

### Projektpartner

50Hertz, Berlin; Siemens, Berlin; InfraLeuna, Leuna; ZERE e. V., Magdeburg; BMW Group, Leipzig; Fraunhofer IWU, Chemnitz; ÖKOTEC, Berlin; Berliner Wasserbetriebe, Berlin; u. a.

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Konvergente Infrastrukturen

Dr.-Ing. Marc Richter  
 Telefon +49 391 4090-374 | Fax +49 391 4090-366  
 marc.richter@iff.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Pio Alessandro Lombardi  
 Telefon +49 391 4090-384 | Fax +493 91 4090-366  
 pio.lombardi@iff.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki  
 Telefon +49 391 4090-373 | Fax +49 391 4090-366  
 przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »WindNODE« wurde im Rahmen des Förderprogramms »Schaufenster intelligente Energie« aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) finanziert. (Förderkennzeichen 03SIN514)



# INSTANDHALTER SIND MITGESTALTER IHRES ASSISTENZSYSTEMS

## Modulares Assistenzsystem unterstützt den Betrieb komplexer verfahrenstechnischer Anlagen

Unternehmen nutzen zunehmend digitale Informationen, um interne Prozesse zu verbessern, Informationen situativgerecht bereitzustellen oder um Erkenntnisse aus Datenanalysen zu gewinnen. Die Veränderungen von klassischen zu digital unterstützten Arbeitsweisen und von konventionell zu digital erfassten Informationen müssen schrittweise erfolgen und stellen sich für die Unternehmen unterschiedlich dar. Jedes Unternehmen setzt andere Schwerpunkte und sieht andere Potenziale. Software zur Informationsassistenz ermöglicht den gezielten Zugriff auf Informationen. Forschungsprojekte des Fraunhofer IFF zeigen das Potenzial solcher kognitiven Assistenzsysteme in verschiedenen Anwendungsfeldern. Modulare Systeme begleiten diese Umstellung zur Digitalisierung schrittweise. Je mehr Informationen verfügbar sind, desto mehr Unterstützung können die Nutzer erhalten.

Digitale Daten können einfach und schnell übertragen werden. Sie verändern dadurch die Möglichkeiten und Wege der Kommunikation und können damit etablierte Prozesse verändern, da hierdurch neue Möglichkeiten der Abstimmung und Kooperation möglich sind. Die Veränderung der Arbeitsvorgänge muss jedoch von den Mitarbeitern unterstützt werden. Werden Mitarbeiter nicht am Veränderungsprozess beteiligt, können sich daraus Akzeptanzprobleme beim späteren Einsatz ergeben.

Im Forschungsprojekt CPPSProcessAssist wurde für vier KMU der Prozessindustrie ein modulares und mobiles Assistenzsystem zur Instandhaltungsunterstützung entwickelt. Die Lösung integriert die unternehmensspezifischen Anforderungen der Instandhaltung. Die Entwicklung und Evaluation des Systems erfolgte in drei aufeinander aufbauenden Prototypen mit den Zielen:

- Reduzierung ungeplanter technisch bedingter Stillstandszeiten,
- Integration von Erfahrungswissen und
- flexible Anbindung des Assistenzsystems an unterschiedliche prozesstechnische Anlagen.

## Partizipative Vorgehensweise

Neben der technologischen Entwicklung des Systems wurde im Projekt auch die Vorgehensweise zur Gestaltung und Einführung des Systems in den Unternehmen entwickelt. Mitarbeiter der Schicht und Schichtleitung, Projektengineure, Instandhalter sowie Technologieentwickler wurden von Beginn an als Mitgestalter des Systems und der daraus folgenden Veränderungen im Unternehmen eingebunden. In Workshops erarbeiteten sie gemeinsam Erfolgskriterien für das Assistenzsystem, die von allen Mitarbeitern mitgetragen wurden. Aus den Diskussionen um zukünftige Einsatzzwecke leiteten die Entwickler die technischen Anforderungen an das System ab. Darüber hinaus wurden Mitarbeiter bei der Eingabe von Assistenzinhalten didaktisch unterstützt.

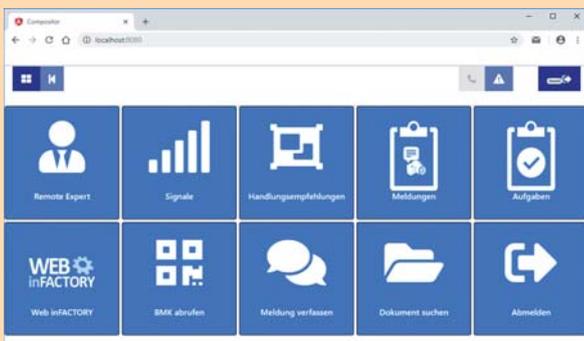
Das auf diese Weise entwickelte System bildet die unternehmensübergreifenden Anforderungen von Instandhaltungsaufgaben in der Prozessindustrie technisch ab und ist an vorhandene IT-Infrastrukturen anpassbar. Die gewählte Vorgehensweise zur Einbindung der Mitarbeiter in die Gestaltung des Systems trug dazu bei, die unternehmens- und nutzerspezifischen Anforderungen in das System zu integrieren sowie die Mitarbeiter zur Eingabe bedarfsgerechter Assistenzinhalte zu befähigen.

*Assistenzsystem für Instandhalter in der Prozessindustrie.*



Fraunhofer IFF

### Anzeige des mobilen Assistenzsystems im Browser.



Fraunhofer IFF

### Nutzen und Pflege des Assistenzsystems

Das partizipative Vorgehen ermöglichte, das Lastenheft an reale Problemstellungen aus den Tätigkeiten der Mitarbeiter anzupassen und zu erweitern. Die Technologieentwickler konnten unternehmensspezifische Entwicklungsbedarfe ableiten. Die Mitarbeiter selbst bewerteten ihre Einbindung sehr positiv und fühlten sich dadurch wertgeschätzt. Die Evaluation des Systems zeigte zudem, dass neue Mitarbeiter die erforderlichen Tätigkeiten schneller selbstständig ausführen können und dadurch erfahrene Mitarbeiter entlastet werden. Bei seltenen Tätigkeiten können Empfehlungen genutzt werden, die in der Vergangenheit festgehalten wurden, sodass einmal erfolgreiche Lösungswege lange nachgenutzt werden können und Mitarbeiter kompetent sowie zügig agieren können.

Mit der Nutzung des Assistenzsystems verändern sich die Tätigkeitsprofile erfahrener Mitarbeiter, denn sie benötigen zeitliche Ressourcen zur Erstellung und Validierung der Inhalte. Neben diesem einmaligen Aufwand müssen Assistenzinhalte weiterhin aktualisiert bzw. neue Hinweise und Empfehlungen eingepflegt werden. Auch wenn die Erstellung von Inhalten mit hohem Aufwand verbunden ist, zeigen die Rückmeldungen in der Evaluation, dass die Unternehmen langfristig profitieren.

### Projektpartner

CeH4 technologies GmbH, Celle; Fasihi GmbH, Ludwigshafen; Gesa Automation GmbH, Teuchern; IPT Pergande GmbH, Weißandt-Gölzau; Mitteldeutsches Bitumenwerk, Hohemölsen; PROCAD GmbH, Karlsruhe; ROBETA Holz OHG, Milmlersdorf

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich

#### Konvergente Infrastrukturen

Dipl.-Ing. Frank Mewes  
Telefon +49 391 4090-353 | Fax +49 391 4090-93-353  
frank.mewes@iff.fraunhofer.de

#### Mess- und Prüftechnik

Alinde Keller M. A.  
Telefon +49 391 4090-216 | Fax +49 391 4090-93-216  
alinde.keller@iff.fraunhofer.de

#### Virtual Engineering

Dr.-Ing. Simon Adler  
Telefon +49 391 4090-776 | Fax +49 391 4090-93-776  
simon.adler@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt »CPPSprocessAssist« wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe betreut. (Förderkennzeichen 02P14B080 bis 02P14B087)

GEFÖRDERT VOM



# REALISIERUNG EINER V2I-KOMMUNIKATION ÜBER NOTRUFSAULEN AN AUTOBAHNEN

## Integration von Kommunikationseinheiten in die Verkehrsinfrastruktur

Zur Optimierung des motorisierten Verkehrs auf europäischen Straßen haben Bund und Länder sowie Wissenschaft und Industrie im vergangenen Jahrzehnt in die Erforschung, Entwicklung und Erprobung von kooperativen intelligenten Verkehrssystemen und -diensten (k-IVS) investiert. Zu diesen zählen Kommunikationssysteme, die den Datenaustausch von Fahrzeugen untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur ermöglichen. Diese sog. V2X-Kommunikation (Fahrzeug zu Fahrzeug/Vehicle to Vehicle (V2V) oder Fahrzeug zu Infrastruktur/Vehicle to Infrastructure (V2I)) über Automotive-WLAN in dem dafür reservierten Frequenzbereich von 5,9 GHz schafft die technologischen Grundlagen, das vorausschauende Fahren zu unterstützen, Unfälle zu vermeiden und einen Beitrag zur gesteigerten Verkehrseffizienz zu leisten. Die Integration von Kommunikationseinheiten in die Verkehrsinfrastruktur kann darüber hinaus für die Erfassung und Verteilung von Verkehrslagedaten in Echtzeit genutzt werden. Mit dem verkündeten Digitalen Testfeld Autobahn auf einem Abschnitt der A9 schaffen das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), der Freistaat Bayern, der Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA) und der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (Bitkom) eine Testumgebung für diese und andere innovative Verkehrstechnologien.

## V2X-Kommunikation für sicheren Autobahnverkehr

Im Verkehrsszenario Autobahn lassen sich zahlreiche Anwendungsfälle identifizieren, die von der Kommunikation zwischen Fahrzeugen untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur sinnvoll unterstützt oder sogar erst ermöglicht werden. Die

Warnung vor liegengebliebenen Fahrzeugen, vor Staus oder witterungsbedingt gefährlichen Straßenverhältnissen, Informationen zu Baustellen und nicht zuletzt Warnungen vor Falschfahrern, die entgegen der Fahrtrichtung auf die Autobahn auffahren. Erstere gehören zu den von der Automobilindustrie definierten Erstanwendungen der V2X-Kommunikation zum Zeitpunkt der Markteinführung, die in den kommenden Jahren serienmäßig in den neuen Modellgenerationen erfolgen soll.

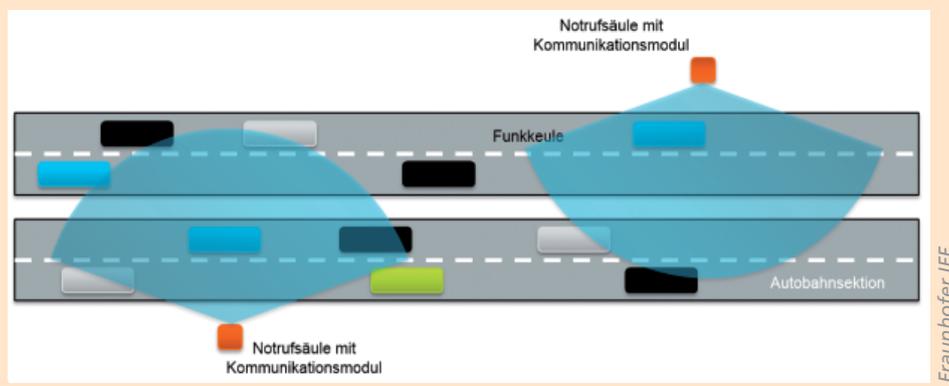
Referenzimplementierungen für die V2I/V2V-Kommunikation zur Demonstration der von ihr unterstützten Dienste sind ein entscheidender Schritt, um die Akzeptanz von k-IVS zu steigern und ihre Marktdurchdringung zu beschleunigen. Die fahrzeugseitige Implementierung erfolgt dabei bereits in enger Abstimmung zwischen den Automobilherstellern. Ergänzend hierzu ist die mit ANIKA II geplante Aufrüstung von Verkehrsinfrastruktur sowie die Untersuchung und Evaluierung ein weiterer wichtiger Schritt, um eine regelmäßige und zuverlässige Bereitstellung von Verkehrsinformationen zu ermöglichen.

## Nutzung vorhandener Infrastruktur an Autobahnen

Das Projekt ANIKA II hat sich zum Ziel gesetzt, auf der Basis der Weiterentwicklung einer kooperativen ITS-Station einen neuartigen Lösungsansatz zur möglichst aufwandsarmen Realisierung einer V2I-Kommunikation an Autobahnen basierend auf vorhandenen Infrastrukturen (Notrufsäule und Fernmelddenetz) zu schaffen. Dafür wird ein Konzept zur Erweiterung ausgewählter Notrufsäulenstandorte mit einer Roadside ITS Station (R-ITS-S) unter Berücksichtigung der individuellen Standortcharakteristik erarbeitet und bis zu einer universell verwendbaren Referenzimplementierung umgesetzt.



### Systemkonzept der V2I-Kommunikation an Autobahnen.



#### Entwicklungsschritte und Ausblick

Die entwickelten Komponenten werden zum Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit zunächst auf der Teststrecke »Innovationscenter GATE« der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und anschließend im Digitalen Testfeld »Autobahn« auf der A9 auf einem Autobahnabschnitt unter Realbedingungen evaluiert und erprobt.

Die Innovation des Vorhabens besteht darin, ITS-Stationen unter bestehenden Rahmenbedingungen ohne wesentliche Anpassungen oder zusätzliche Einspeisungen bereitzustellen und als Teilnehmer in das ITS-G5-Netzwerk mit vorbeifahrenden Fahrzeugen einzubinden, die am Notrufsäulenstandort mit der Kommunikations- und Versorgungsinfrastruktur verbunden sind.

#### Projektpartner

GALILEO-Testfeld der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; THORSIS GmbH, Magdeburg

#### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Logistik- und Fabrikssysteme

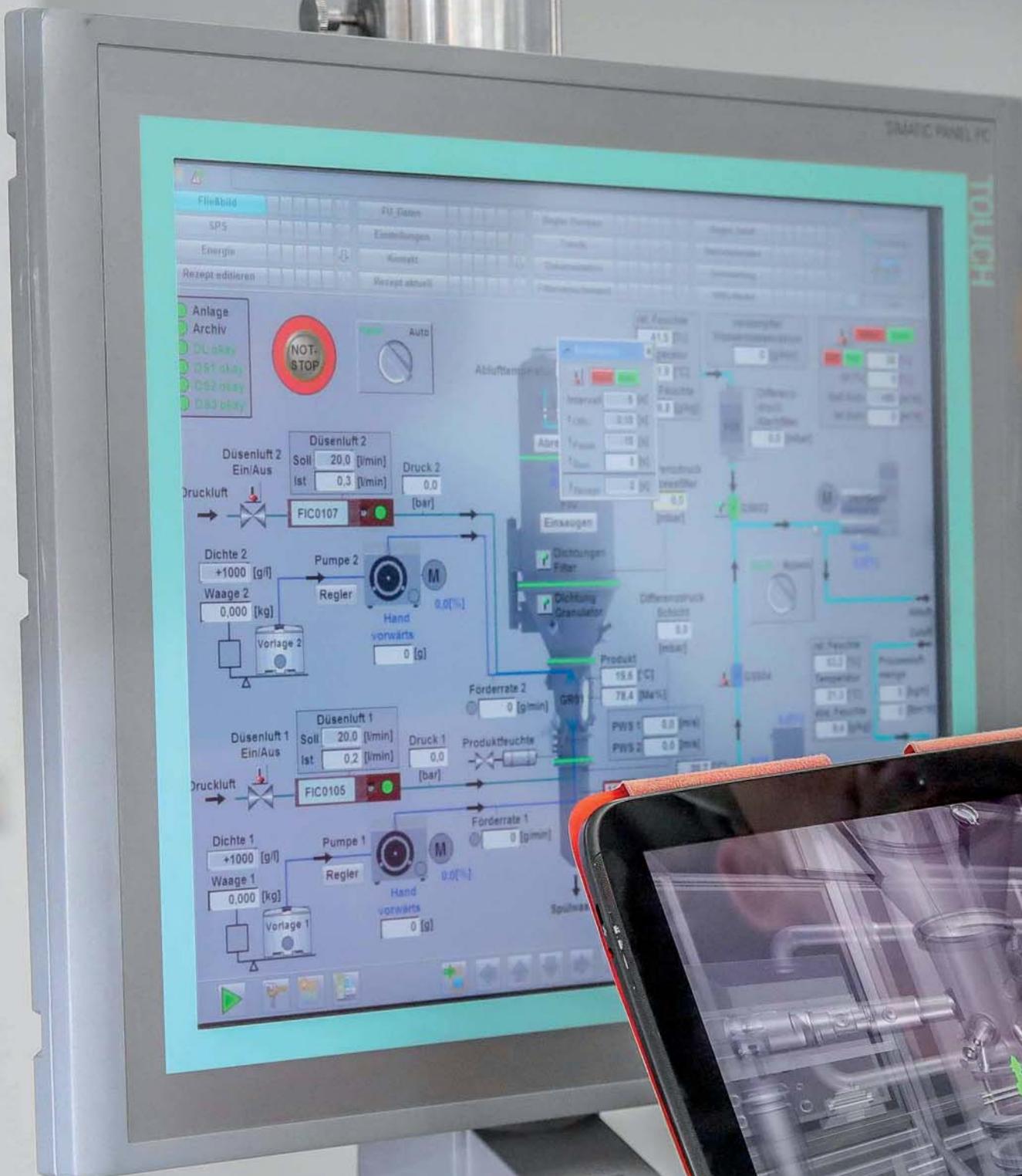
Dipl.-Inf. Tobias Kutzler  
 Telefon +49 391 4090-415 | Fax +49 391 4090-93-415  
 tobias.kutzler@iff.fraunhofer.de

#### Förderung

Das Projekt »ANIKA II – Aufrüstung der Notrufsäulen-Fernmeldenetzinfrastruktur zur V2I-Kommunikation an Autobahnen« wird gefördert durch die Bundesanstalt für Straßenwesen im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (Förderkennzeichen 88.0166/2017)

GEFÖRDERT VOM







## **AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS DIGITAL ENGINEERING UND INDUSTRIE 4.0**

Die Digitalisierung und die Industrie 4.0 gelten als das Zukunftsmodell der deutschen Wirtschaft. Tatsächlich wären Entwicklung und Produktion in der Industrie schon heute ohne die Verwendung digitaler Technologien kaum mehr wettbewerbsfähig. Mit Hilfe des Digital Engineering können die digitalen Konstruktionsdaten eines Produkts auf allen Stufen seines Entwicklungs- und Produktionsprozesses genutzt werden. So führt es zu besseren und sicheren Produkten, einer Beschleunigung der Abläufe, der Schonung von Ressourcen und nachhaltigen Kostensenkungen. Doch jedes Unternehmen ist einzigartig. Deswegen braucht es auch stets einzigartige Lösungen für eine Digitalisierung seiner Prozesse und die Einbindung in unternehmensübergreifende Netzwerke.

Branchenunabhängig erarbeitet das Fraunhofer IFF Lösungen, die bei der interdisziplinären Zusammenarbeit neue Formen und Ausprägungen der organisatorischen, semantischen und technischen Interoperabilität bieten. Diese Forschungen und Entwicklungen sind stets anwendungsspezifisch und individuell auf den Kunden zugeschnitten. Sie bieten dem Unternehmen damit einen entscheidenden Wettbewerbs- und Wissensvorsprung.



## »ELBEDOME« – EUROPAS GRÖSSTES MIXED-REACTIVITY-LABOR FÜR DAS DIGITALE ARBEITEN

### Mixed-Reality-Labor

Das Fraunhofer IFF entwickelt Technologien und Lösungen, die Unternehmen helfen, den Schritt in die digitale, vernetzte und smarte Arbeitswelt zu vollziehen. Was als Industrie 4.0 ein gesellschaftlicher Megatrend und ein wesentlicher Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ist, wird im VDTC in konkreten Forschungsprojekten umgesetzt. Herzstück des VDTC ist der riesige glasverkleidete Zylinder, der »Elbedome«. Er ist ein Mixed-Reality-Labor, in dem virtuelle Welten erschaffen werden. Der »Elbedome« ist einzigartig in seiner Größe und seinen technischen Möglichkeiten. Im Mai 2018 wurde er nach einem umfangreichen technischen Update feierlich wiedereröffnet. Der »Elbedome« ist eines der weltweit größten 360-Grad-Visualisierungssysteme für industrielle und wissenschaftliche Inhalte. Betritt man den Zylinder, befindet man sich in einem Raum mit rund 16 Metern Durchmesser und einer Höhe von etwa vier Metern. Die Wände und der Boden können vollflächig mit einer dreidimensionalen Projektion bespielt werden. Diese Rundum-Panorama- und Boden-Projektionsfläche hat eine Größe von über 450 Quadratmetern. Durch diese gewaltigen Dimensionen eignet sich der »Elbedome« besonders für die Darstellung großer Objekte, wie Maschinen, Anlagen, Fabriken oder ganze Städte. Der Betrachter hat den Eindruck, sich inmitten der virtuellen Welt zu befinden.

### Erlebnisraum

Der »Elbedome« wird genutzt, um Anlagen- und Fabriklayouts zu konzipieren oder auch für die Stadt- und Architekturplanung. Das Mixed-Reality-Labor ist mit 25 hochmodernen 3D-Stereo-Projektoren für eine nahtlose Projektion ausgestattet. Diese erzeugen aufgrund extremer Gesamtauflösung, Kontrast und

weiteren Leistungswerten einen absolut realistischen Bildeindruck in höchster Qualität. Das ermöglicht das Eintauchen in virtuelle Welten auf einem völlig neuen Level. Weiterhin sorgt ein 7.1 Soundsystem für die Unterstützung der visuellen Inhalte durch eine dreidimensionale hochqualitative Tonabbildung.

Für Betrachter öffnet sich beim Betreten des »Elbedome« eine neue Welt: Plötzlich stehen sie in einer Fabrikhalle mit großen Anlagen. Diese wirken so real, dass man bei Hindernissen reflexhaft den Kopf einzieht oder ausweicht. Auch kostet es Überwindung, Stufen zu ignorieren und durch virtuelle Wände zu laufen. In der Fabrikhalle steht ein über vier Meter hoher Traktor, man meint, ihn berühren und durch die geöffnete Tür einsteigen zu können. Die Motorhaube lässt sich mit einer Handbewegung öffnen und gibt den Blick auf jedes Detail des riesigen Motors frei. Alles sieht real aus und ist es doch nicht.

### Arbeitswelt der Zukunft

Virtuelle Realitäten können in produzierenden Unternehmen genutzt werden, um Planungsstände zu bewerten, Entscheidungsfindungsprozesse voranzutreiben sowie Qualifikations-, Kommunikations- und Marketingmaßnahmen zu unterstützen. Die Planung einer Fabrik ist ein hochkomplexer Prozess, bei dem verschiedene Berufsgruppen interdisziplinär zusammenarbeiten und einander verstehen müssen. Fabrikssysteme und Anlagen werden heute unter Einsatz digitaler Modelle und Methoden geplant. Virtuelle Realitäten helfen, unterschiedliche Datensätze zu kombinieren und Sichtweisen zu vereinen.

- 1 *Blick in den »Elbedome«.*
- 2 *Arbeiten mit dem Digitalen Zwilling im »Elbedome«.*



2

Fraunhofer IFF

Der »Elbedome« kann hierbei als Bindeglied zum Digitalen Zwilling von Anlagen, Systemen oder ganzen Fabriken dienen und diese cyber-physischen Systeme für Menschen verständlich machen. Auch die Ergebnisse der Simulationen oder Daten aus dem Betrieb können visualisiert werden. Zudem ist es notwendig, das störungsfreie Zusammenspiel von dynamischen Prozessen und statischem Fabrik- bzw. Anlagenlayout fortlaufend zu prüfen. Die Nutzer können sehr tief in die Details ihrer Anlage oder Fabrik blicken und auch Optimierungsmöglichkeiten werden beim Rundgang durch den Digitalen Zwilling schnell auffindig gemacht.

### Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Für den Bereich der Architekturplanung kann der »Elbedome« ebenso genutzt werden. Basierend auf aktuellen Planungsmodellen, die mit Methoden des Building Information Modeling erstellt wurden, können Betrachter in bis ins kleinste Detail geplante und eingerichtete Bürogebäude, Schwimmbäder oder Wohnungen eintauchen. Hierbei können z. B. Raumkonzepte entwickelt und in den realen Abmessungen getestet werden – für Architekten ein Meilenstein in der Visualisierung ihrer Konzepte.

Im »Elbedome« können auch virtuelle und reale Welt miteinander verbunden werden. Durch seine Abmessungen und seine technische Ausstattung bietet der »Elbedome« beste Bedingungen für komplexe Mixed-Reality-Anwendungen, wie Simulationen mit realen Steuerungselementen. Ebenso sind Ergonomieuntersuchungen an realen Nachbauten beziehungsweise Prototypen der Arbeitsplätze, Anlagen oder Maschinen möglich.

Das Fraunhofer IFF forscht vorrangig an Lösungen, wie Unternehmen ihre Produktion sicherer, effizienter und nachhaltiger gestalten. Doch die Szenarien aus dem Architekturbereich und der Stadtplanung zeigen, dass die Einsatzmöglichkeiten des »Elbedome« weit über den industriellen Bereich hinausgehen und hier nahezu keine Grenzen gesetzt sind.

### Europäischer Digital Innovation Hub

Für den Wissens- und Wirtschaftsstandort Sachsen-Anhalt ist der »Elbedome« von großer Bedeutung. So wurde er unter Aufwendung von 2,2 Millionen Euro Fördermitteln des Landes Sachsen-Anhalt und der Europäischen Union umfangreich modernisiert. Seit Mai 2018 steht er nun mit modernster Technik für die Forschungsfragen der Zukunft zur Verfügung. Hier geht es um die Entwicklung von Technologien für die Arbeitswelt von Morgen und für die Industrie 4.0. Mit der Neueröffnung ist das Virtual Development and Training Centre VDTC mit dem »Elbedome« als zentralem Element europäischer »Digital Innovation Hub« und damit Knotenpunkt Sachsens-Anhalts für die europäische Vernetzung im Bereich Digitalisierung und Industrie 4.0. Der Standort im Wissenschaftshafen Magdeburg könnte dafür nicht besser gewählt sein – an einem Ort, der heute mehr denn je für Fortschritt und modernes Denken steht.

### Ansprechpartner der Geschäftsstelle »Elbedome«

Dipl.-Ing. Steffen Masik  
 Telefon +49 391 4090-127 | Fax +49 391 4090-93-127  
 steffen.masik@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Die Erneuerung des »Elbedome« wurde im Rahmen der FuE-Richtlinien vom Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt und dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert und von der Investitionsbank Sachsen-Anhalt betreut. (Förderkennzeichen 1755/1613)





1

Fraunhofer IFF

## SPIELEND ZUM DIGITALEN ZWILLING MIT »INVENT«

### Vorteile eines Digitalen Engineering

Ein Forschungsschwerpunkt des Fraunhofer IFF liegt auf dem Digitalen Engineering. Hierfür werden Softwarepakete und Methoden entwickelt, die ein durchgängiges Digitales Engineering für Produktionsanlagen ermöglichen. Als wesentliche Basis von Industrie 4.0 ist eine solche Datenbasis für Produktionssysteme erforderlich, um Produktionsdaten für Geschäftsmodelle und Auswertungen bereitzustellen. Dafür müssen alle Informationen digital, strukturiert und durchgängig gesammelt werden, beginnend bei der Entwicklung bis hinein in den Betrieb. Auch der aktuelle Anlagenzustand muss erfasst werden. Hinter diesen Anforderungen steht der Digitale Zwilling der Anlage. Mithilfe des Digitalen Engineering des Fraunhofer IFF wird dieser ohne erheblichen Zusatzaufwand während der Entwicklung erstellt. Dabei unterstützt die Software VINCENT den Aufbau eines bewegten 3D-Modells und erlaubt so umfassende Funktionstests und automatisierte Erstellung von Steuerungscode. Anschließend wird der Digitale Zwilling mithilfe des digitalen Assistenzsystems ASSIST im Betrieb zur Unterstützung der Mitarbeiter verwendet.

### Gestaltung der Funktionalitäten

Bei der Softwareentwicklung des Fraunhofer IFF steht der zukünftige Nutzer im Mittelpunkt und partizipiert aktiv bei der Gestaltung der Funktionalitäten. VINCENT ist dabei auf die Unterstützung des Steuerungsprogrammierers im Anlagenbau ausgerichtet. Es wurde im Zuge von Forschungsprojekten und industrieller Anwendung auf die Bedürfnisse des Nutzers zugeschnitten. So ermöglicht VINCENT die Festlegung von Bewegungsabläufen direkt am 3D-CAD-Modell der Anlage. Damit kann die Anlagenfunktion bereits virtuell umfassend getestet

werden bis hin zur virtuellen Inbetriebnahme der Anlage. Aus den Prozessen lässt sich außerdem direkt der Steuerungscode ableiten. Dadurch kann der Steuerungsprogrammierer früher in die Entwicklung einsteigen und wird durchgängig digital unterstützt. Konsequenterweise angewandt, wirkt Digitales Engineering dadurch weit über die Steuerungsentwicklung hinaus. Die Aufgabenbereiche aller Teammitglieder in der Entwicklung ändern sich. So muss der Konstrukteur bereits frühzeitig den Komponenten eindeutige Betriebsmittelkennzeichnungen zuordnen und die Modelle schon in der Entwurfsphase bereitstellen. Daher ist der Ansatz des Fraunhofer IFF, schon in der Entwicklung und besonders bei der Einführung der Software im Unternehmen die Verzahnung von Arbeitsprozessen und Software zu betrachten. Dafür ist ein direkter Einbezug der Entwicklungsingenieure wichtig. Denn der wesentliche Erfolgsfaktor ist ihr Engagement und ihre Mitgestaltung bei der Softwareeinführung. Dies zeigte sich deutlich beim Forschungsprojekt AsMo, bei dem aufbauend auf dem Digitalen Engineering ein Assistenzsystem für die Montage entwickelt wurde.

### Vorteile des Planspiels INVENT

Mitgestaltung braucht einen geeigneten Rahmen und die Freiheit, Ideen umzusetzen und zu testen. Dafür bietet ein Planspiel ideale Voraussetzungen: Hier können die Ingenieure spielend einen Digitalen Zwilling entwickeln, die neuen Technologien und Abläufe direkt erleben und ihre Wünsche

- 1 *Planungsphase des Planspiels.*
- 2 *Diskussionen im Projektteam.*
- 3 *Demonstrator für das Planspiel.*



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

aktiv einbringen. Anpassungen im Spiel sind schnell umgesetzt und die Spieler verzeichnen erste Erfolge, noch bevor sie sich tiefgehend mit den Details der Software auseinandergesetzt haben. Das Planspiel INVENT (Interaktiv Virtual Engineering im Team erleben) bietet eine Erlebnisumgebung, in der sich das Entwicklungsteam auf eine gemeinsame Arbeitsweise für die Zukunft verständigen kann. INVENT zeigt Impulse auf, die zu einer agileren Anlagenentwicklung beitragen.

Einem Entwicklungsteam von drei bis vier Personen stehen dafür vier Stunden zur Verfügung, in denen es mit Unterstützung eines Mitarbeiters des Fraunhofer IFF die neuen Potenziale der Projektgestaltung erlebt. Das Spiel ist so gestaltet, dass auch Führungskräfte teilnehmen können, da nicht die operative Anwendung der Software, sondern die Prozesse im Vordergrund stehen. INVENT regt einen Diskurs über die zukünftige Arbeit im Engineering an und erlaubt den Spielern, ihre Denkmuster im Laufe des Spiels zu hinterfragen. Im Forschungsprojekt AsMo brachte dies entscheidende Impulse für die Softwareentwicklung.

### Einführungsstrategie für eine erfolgreiche Organisationsentwicklung

Die Ausführungen machen deutlich, dass Digitales Engineering erhebliche Mehrwerte bietet. Neben der effizienteren Steuerungsentwicklung mit VINCENT zeigt INVENT außerdem die Möglichkeiten des interdisziplinären agilen Projektmanagements auf. Der Schlüssel für diese Potenziale ist die richtige Einführung im Unternehmen. Für eine erfolgreiche Organisationsentwicklung hat das Fraunhofer IFF eine Einführungsstrategie entwickelt, bei der INVENT eine zentrale Rolle spielt: Zunächst ist eine Analyse des Unternehmens mit dem Engineering Check-up sinnvoll, um die Ausgangslage einzuschätzen. In diesem Rahmen werden auch Bedarfsanalysen durchgeführt. Dann setzt INVENT an und zeigt die Möglichkeiten der technologisch unterstützten Arbeitsprozesse auf. So wird die Veränderung direkt bei den Mitarbeitern initiiert,

deren Kreativität und Motivation eingebunden wird. Anschließend Schulungen zur Software und Pilotprojekte führen schrittweise zur produktiven Anwendung des Digitalen Engineering im Unternehmen.

### Projektpartner

SYMACON GmbH, Barleben

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Virtual Engineering

Marlene Eisenträger M. Sc.  
 Telefon +49 391 4090-820 | Fax +49 391 4090-93-820  
 marlene.eisentraeger@iff.fraunhofer.de

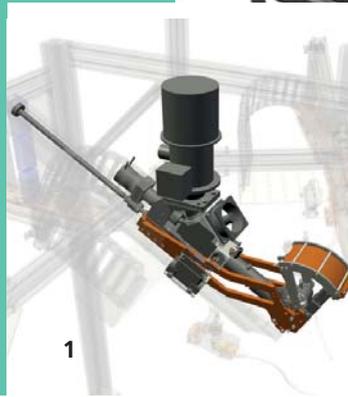
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Möser M. Sc.  
 Telefon +49 391 4090-808 | Fax +49 391 4090-93-808  
 sebastian.moester@iff.fraunhofer.de

Sergii Skrytutskyi M. Sc.  
 Telefon +49 391 4090-614 | Fax +49 391 4090-93-614  
 sergii.skrytutskyi@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »AsMo« wurde aus Mitteln der Investitionsbank des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen 1704/00048)





## MIT 3D-DRUCK UND INDUSTRIEROBOTIK ZU KOMPLEXEN GROSSBAUTEILEN

### Kostensenkung bei der Fertigung von Großbauteilen

Insbesondere die Herstellung von großen Bauteilen ist in vielen Bereichen mit hohen Produktionskosten verbunden. Für zahlreiche Fertigungsprozesse müssen Modelle, Formen, Vorrichtungen und Messlehren in aufwendigen und oftmals manuellen Schritten hergestellt werden. Eine vielversprechende Alternative zur manuellen Herstellung der genannten Bauteile besteht in der Anwendung von 3D-Druckverfahren (Additive Manufacturing/3D Printing).

Die Anwendung von 3D-Druckverfahren scheidet derzeit jedoch noch an den bestehenden Bauraumbeschränkungen und dem hohen Fertigungszeitaufwand, bedingt durch die geringen Aufbauraten der aktuell verfügbaren Technologien. Ein neuer innovativer Ansatz soll diese Defizite überwinden, indem die Vorteile des Additive Manufacturing und der universellen Industrierobotik zu einem hochproduktiven und kostengünstigen Anlagenkonzept kombiniert werden.

### Automatisiertes Fertigungskonzept für Großbauteile mittels 6-Achs-Industrierobotern

Ein weiterer wesentlicher Aspekt für den neuartigen Technologieansatz war neben der deutlichen Erhöhung des Bauraums und der Schichtaufbauraten insbesondere die wahlfreie Verarbeitung von standardmäßigen Kunststoffgranulaten wie PP, PS, ABS, PC oder TPE mit gängigen Extrudern. Die sich hieraus ergebende hohe Flexibilität des Anlagenkonzepts lässt ein hohes Potenzial an Kosteneinsparungen sowohl im Werkzeug- und Formenbau als auch bei der Herstellung von kundenindividuellen Funktionsbauteilen erwarten.

Die innovative Technologie zur schichtweisen Fertigung großformatiger Bauteile unter Nutzung moderner Industrierobotik ist flexibel einsetzbar und kann zu einer wirtschaftlich effektiveren Produktion beitragen. Mit dem Gesamtkonzept lassen sich Bauteile beliebiger Größe herstellen, wobei für die Demonstratorlösung zunächst Abmessungen von ca. 1 000 mm × 1 000 mm × 1 000 mm und Bauteilgewichte bis max. 25 Kilogramm umgesetzt wurden.

Die prototypische Anlage besteht aus folgenden sechs Hauptkomponenten:

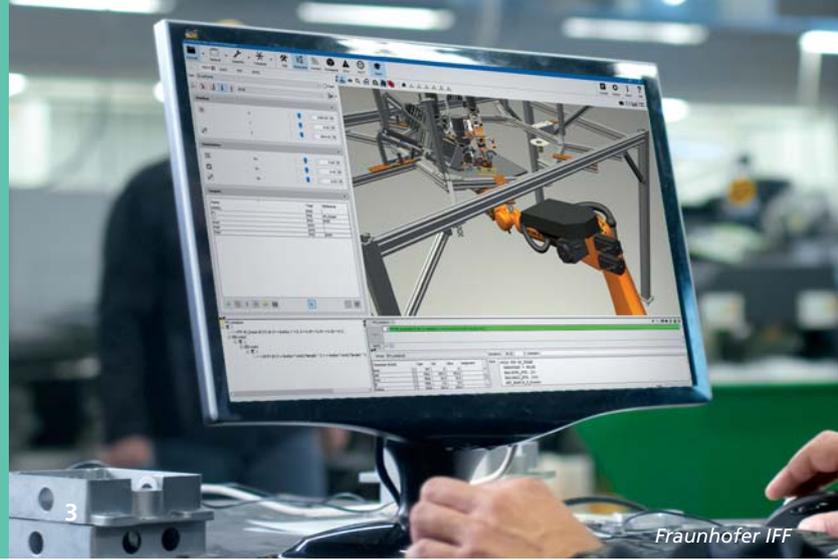
- Gelenkarmroboter für den Bauteilaufbau und für das Bauteilhandling,
- Grundrahmen (Portal) für die Aufnahme der Extruder-Einheiten,
- drei Extruder-Einheiten mit Nadelverschlussdüse,
- Scansystem für Temperaturmessung (Bauteiloberfläche, Massetemperatur, Bauraum) und Geometriedaten,
- Steuerungseinheit für die Gesamtanlage mit Kollisionserkennung und Sicherheitskonzept sowie
- Entwicklungsbegleitendes Berechnungs- und Simulationswerkzeug »VINCENT«.

Der Bauteilaufbau erfolgt 6-achsig auf einer Arbeitsplattform, die an einem Gelenkarmroboter montiert ist, wodurch dreidimensionale Bauteile ohne Anisotropie erzeugt werden können. Für einen kontinuierlichen Bauprozess in der Anlage wurde ein Extrusionssystem mit Nadelverschlussdüse entwi-

- 1 Anlagenkonzept.(r.) und Extruderanordnung (l.).
- 2 Bauteilaufbau an der Demonstratoranlage.
- 3 Berechnungs- und Simulationswerkzeug »VINCENT«.



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

ckelt, das die Kunststoffgranulate direkt verarbeiten kann. Diese ersetzen das bisher in FLM-Anlagen verwendete teurere Filamentmaterial. Die Extrudereinheiten wurden für eine maximale Aufbaurate von 5 kg/Std. konzipiert.

### Simulationsbegleitende Steuerungsentwicklung durch das Softwaretool »VINCENT«

Ein wesentlicher Schwerpunkt im Rahmen des Vorhabens war die Steuerungsentwicklung. Das innovative Steuerungskonzept umfasst die Bestandteile Komponentensteuerung, Bahnplanung, Maschinenüberwachung und Maschinenbedienung. Wichtige Inhalte bilden hierbei die Kopplung der Simulation mit der Maschinensteuerung (SPS, Robotersteuerung über Real time-Interface) und die Entwicklung eines Sicherheitskonzepts zur Gewährleistung kollisionsfreier Arbeitsräume.

Darüber hinaus erfolgen die Einbindung von Werkstücken und Materialien in die Gesamtabläufe und der Nachweis der Echtzeitfähigkeit für die erstellten Modelle unter realen Bedingungen. Die Steuerungsentwicklung für die komplexen Produktionsabläufe wird durch das vom Fraunhofer IFF entwickelte Simulationswerkzeug »VINCENT« unterstützt.

Mit diesem neuen integrativen Ansatz zur Bahnplanung und Ablaufsimulation ist ein geometrischer und funktionaler Test bereits vor Beginn der Fertigung der Anlage möglich. Maschinen- und Strukturelemente sowie Steuerung, Aggregate und Medien können dadurch parallel entwickelt und optimiert werden.

### Nutzen des neuen Anlagenkonzepts für die Industrie

Die neue Technologie führt zu einer wesentlichen Reduzierung der Fertigungszeiten für großformatige Bauteile. Im Vergleich zum konventionellen Ansatz können die Einsparungen zwischen 10 und 50 Prozent liegen. Durch die Nutzung moderner

Industrierobotik ist die Fertigung von Bauteilen mit praktisch unbeschränkten Abmessungen möglich. Je nach Größe der Roboter können Bauteilvolumina von 1 bis 10 Kubikmeter erreicht werden. Der Einsatz von drei Extrudern und die 6-Achs-Bewegungsfreiheit des Roboters ermöglichen die Herstellung von Bauteilen mit hochkomplexen Geometrien, wie Freiformflächen, Stützstrukturen und Hinterschnidungen.

### Projektpartner

3D-Schilling GmbH, Oberspier; Glamaco GmbH, Coswig; Granula Deutschland, Rudolstadt; Mebitec GmbH, Meerbusch

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Virtual Engineering

Dr.-Ing. Uwe Klaeger  
Telefon +49 391 4090-809 | Fax +49 391 4090-93-809  
uwe.klaeger@iff.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Andriy Telesh  
Telefon +49 391 4090-230 | Fax +49 391 4090-93-230  
andriy.telesh@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Verbundvorhaben »Konzeptionelle Entwicklung und Bau einer hochproduktiven Fertigungsanlage zur additiven Herstellung großvolumiger Bauteile aus wahlfreien Kunststoffen« wurde im Rahmen des Programms »Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. (Förderkennzeichen: 02P14A027)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE**

# **FRAUNHOFER IFF INTERNATIONAL**

Das Fraunhofer IFF ist eine international agierende Forschungseinrichtung. Seine Mitarbeiter sind beratend tätig oder entwickeln und betreiben gemeinsam mit in den jeweiligen Ländern ansässigen Unternehmen und Institutionen Entwicklungs- und Forschungsprojekte im Rahmen der Themenfelder des Fraunhofer IFF.

Für seine Aktivitäten in Asien unterhält das Institut eine eigene Außenstelle in Bangkok, Thailand. Sie ist Anlaufstelle für potenzielle Kunden vor Ort und zugleich eine feste Brücke zu den lokalen asiatischen Märkten.







## INDUSTRIE 4.0-CHECKUP – AUCH INTERNATIONAL EIN ERFOLG

### Perspektiven für Unternehmen

Speziell kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) fällt es oft schwer, zu erkennen, welche Vorteile sie für sich aus der Digitalisierung von Prozessen, Produkten und Dienstleistungen ziehen können. Um den möglichen Nutzen individuell für einzelne Unternehmen sichtbar zu machen, hat das Fraunhofer IFF den Industrie 4.0-CheckUp entwickelt und in mehr als einem Dutzend Unternehmen in Deutschland erfolgreich eingesetzt. Im Ergebnis der CheckUp wurde mit Unternehmen eine auf sie zugeschnittene Digitalisierungs-Roadmap entwickelt, welche die Bedürfnisse, Ziele und Rahmenbedingungen eines jeden Unternehmens berücksichtigt. Mit der Entwicklung dieser Methode hat das Fraunhofer IFF einen wichtigen Beitrag geleistet, um die Digitalisierung und Verbreitung von Industrie 4.0-Technologien vor allem im deutschen Mittelstand voranzutreiben.

### Internationale Nachfrage nach deutschem Know-how

Neben den Aktivitäten in Deutschland steigt auch die Nachfrage nach ähnlichen Angeboten im internationalen Kontext. Die Themen Digitalisierung, Automatisierung und Industrie 4.0 entwickelten sich in den vergangenen Jahren zu globalen Megatrends und viele Länder starteten eigene Initiativen, um die digitale Transformation von Unternehmen voranzutreiben. Das Fraunhofer IFF engagiert sich dabei in europäischen Initiativen wie den Digital Innovation Hubs, einem Netzwerk von europäischen Kompetenzzentren zur Unterstützung von KMU in Sachen Digitalisierung. Aber auch über die europäischen Grenzen hinaus herrscht eine große Nachfrage nach Angeboten. Einerseits wollen Unternehmen ähnlich wie in Deutschland verstehen, was Industrie 4.0 gerade für sie im eigenen

Unternehmenskontext bedeutet. Andererseits besteht Bedarf am Transfer von Methoden wie dem Industrie 4.0-CheckUp, um auch lokal Kompetenzen zur Unterstützung von Unternehmen aufzubauen. Beides unterstützte das Fraunhofer IFF z. B. durch auftragsbasierte Industrie 4.0-CheckUp in Spanien, Kasachstan, Thailand und China. In Thailand und in Kasachstan hat das Fraunhofer IFF im Jahr 2018 beispielsweise mit Partnern zusammengearbeitet, um die Methode der Industrie 4.0-CheckUp zu transferieren und Partner vor Ort zu qualifizieren.

### Transferaktivitäten in Kasachstan

In der Republik Kasachstan basiert das Engagement auf Projektaktivitäten, die bereits im Jahr 2017 begonnen wurden. Im Rahmen der Entwicklung einer Industrie 4.0-Strategie für das Land identifizierte das Fraunhofer IFF zusammen mit dem Fraunhofer ISI den Bedarf für lokale Leuchtturmprojekte für Industrie 4.0 und eine Unterstützungsstruktur für Unternehmen, um sie auf dem Weg der Digitalisierung zu begleiten. Daraufhin wurde das Programm »Model Digital Factories« aufgesetzt, in dem das Fraunhofer IFF und das Fraunhofer ISI das Kasachische Institut für Industrieentwicklung für die Durchführung der CheckUp in Kasachstan qualifizierte. Das Qualifizierungsprogramm bestand in der gemeinsamen Implementierung des Industrie 4.0-CheckUp in sieben kasachischen

- 1 *Das Fraunhofer-Schalenmodell Industrie 4.0-Projektinkubator für erfolgreiches Roadmapping.*
- 2 *Industrie 4.0-CheckUp-Training in Kasachstan.*
- 3 *Gruppenbild mit den thailändischen CheckUp-Trainees.*



Unternehmen in den Bereichen Engineering, Metallverarbeitung, Elektroindustrie, Lebensmittel, Pharmazeutik und Metallurgie. Somit konnten innerhalb dieser Transferaktivitäten zwei wichtige strategische Maßnahmen für die Modernisierung der Industrie des zentralasiatischen Landes umgesetzt werden.

### Transferaktivitäten in Thailand

Im Ergebnis der Projektentwicklungsaktivitäten des Fraunhofer IFF ASEAN Regionalbüros in Bangkok wurden auch in Thailand erste Kunden für Kooperationsvorhaben im Bereich Industrie 4.0 gewonnen. So wurde bereits im Jahr 2017 eine »Industrie 4.0 Readiness Study« unter Federführung des Fraunhofer IFF durchgeführt. Zielstellung war es, die Ist-Situation sowie zukünftige Bedarfe ausgewählter Industriebranchen im Bereich Industrie 4.0 zu analysieren, zu bewerten sowie Handlungsempfehlungen abzuleiten. Im Ergebnis der Studie wurde Ende 2017 ein namhafter regionaler Industriepartner für die Realisierung eines Pilotvorhabens gewonnen. Aufgrund des Erfolgs dieses Pilotprojekts wurde das Fraunhofer IFF mit der Konzeptionierung und Umsetzung eines Industrie 4.0-CheckUp-Trainingsprogramms beauftragt. Ziel ist es hierbei, ausgewählten Experten innerhalb des Konzerns die Industrie 4.0-CheckUp-Methodik praxisnah zu vermitteln und exemplarisch im Unternehmen anzuwenden. Mittelfristig soll der CheckUp dann unter Federführung der lokalen Trainer konzernweit zum Einsatz kommen. Die in diesem Zusammenhang generierten unternehmensspezifischen Umsetzungsstrategien zur Unterstützung des digitalen Transformationsprozesses bieten dann wiederum interessante Ansatzpunkte für gemeinsame FuE-Vorhaben in Kooperation mit dem Fraunhofer IFF. In einem nächsten Schritt wird die branchenübergreifende Anwendung sowie die Integration in die nationale Digitalisierungsstrategie Thailands unter dem Rahmenprogramm »Thailand 4.0« angestrebt. Hierzu wurde im November eine entsprechende strategische Kooperationsvereinbarung unterzeichnet.

### Erkenntnisgewinn auch für deutsche Kunden

Die Durchführung solcher Transferaktivitäten kommt auch deutschen Unternehmen zugute. Der Transfer und die Anwendung der Methode in einem neuen interkulturellen Kontext erfordern, dass sie ständig neu hinterfragt und angepasst werden muss. Das sorgt dafür, dass sie auch in Deutschland flexibler eingesetzt werden kann und der Methodenbaukasten ständig erweitert wird. Davon profitieren vor allem auch Initiativen wie das Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Magdeburg. Darüber hinaus werden wichtige Erfahrungen gesammelt, die dafür genutzt werden können, deutsche Partner in internationalen Projekten zu unterstützen.

### Ansprechpartner im Geschäftsbereich Geschäftsentwicklung/Logistik- und Fabrikssysteme

Dipl.-Vw. Christian Blobner  
Telefon +49 391 4090-371 | Fax +49 391 4090-93-371  
christian.blobner@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski  
Telefon +66 2630-8644 | Fax +66 2630-8645  
ralf.opierzynski@iff.fraunhofer.de

Sebastian Häberer M. Sc.  
Telefon: +49 391 4090-621 | Fax +49 391 4090-93-621  
sebastian.haeberer@iff.fraunhofer.de



# DAS VDTC DES FRAUNHOFER IFF ALS DIGITAL INNOVATION HUB FÜR SACHSEN-ANHALT

## Digitaler Strukturwandel

Die fortschreitende Digitalisierung von Produktionsprozessen, Produkten und Dienstleistungen ist ein Trend, dem sich Unternehmen nicht verschließen können. Die Komplexität der notwendigen digitalen Transformation stellt Unternehmen jedoch vor signifikante Herausforderungen, deren Bewältigung sie allein oft nicht gewachsen sind. Die Änderung des zugrundeliegenden Produktionsparadigmas durch Digitalisierung und Industrie 4.0 stellt einen strukturellen Wandel für die gesamte Wirtschaft dar, getragen von neuen Organisationsformen, der intensiveren Nutzung von Daten in allen Phasen des Produkt- und Produktionslebenszyklus und der verstärkten Etablierung von digitalen Geschäftsmodellen.

Der Nutzen digitaler Daten, Methoden und Werkzeuge zur Überwindung des Strukturwandels wurde vom Fraunhofer IFF schon früh erkannt. Der Aufbau des Virtual Development and Training Centre (VDTC) im Magdeburger Wissenschaftshafen, mit dem Beginn der Planungen im Jahr 2001 und der Eröffnung im Jahr 2006, war konsequent darauf ausgelegt, die Digitalisierung der Produktion als Zukunftsthema vor allem in regionalen Unternehmen voranzutreiben und die Forschungsthemen und -infrastruktur darauf auszurichten. Dieser regionale Fokus der Unterstützungsleistungen des Instituts wurde bereits im Jahr 2004 durch die Europäische Kommission mit dem »Regional Innovation Award« ausgezeichnet.

## Die europäischen Digital Innovation Hub

Mit der Veröffentlichung des Konzepts zu Industrie 4.0 auf der Hannover Messe im Jahr 2011 erhielt das Interesse an Themen rund um die Automatisierung und Digitalisierung in der Produktion eine neue Qualität, vor allem auch im internationalen Kontext. Viele Länder starteten eigene Initiativen, um den vorhersehbaren Strukturwandel nicht nur zu meistern, sondern auch zu gestalten.

Auf europäischer Ebene startete die Europäische Kommission die Initiative der sog. Digital Innovation Hub (DIH) mit dem Ziel, vor allem kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in jeder Region Europas Ansprechpartner vor Ort zu bieten, die sie in allen Fragen der Digitalisierung unterstützen. Ebenso soll durch die Initiative ein europäisches Netzwerk aus DIH entstehen, dass speziell auch den Austausch von Know-how und die grenzüberschreitende Unterstützung von KMU vorantreiben soll. Auch das VDTC des Fraunhofer IFF wurde im Jahr 2018 zu solch einem Digital Innovation Hub ernannt. Ausschlaggebend hierfür war vor allem die starke regionale Integration und Vernetzung der Aktivitäten des Instituts und seine konsequente Ausrichtung auf die Entwicklung, Anwendung und Verbreitung digitaler Lösungen in Unternehmen verschiedenster Industriezweige.

- 1 Vorstellung des VDTC auf dem DIH Annual Event der Europäischen Kommission in Warschau durch Christian Blobner.
- 2 Der Digital Innovation Hub »VDTC des Fraunhofer IFF« im Magdeburger Wissenschaftshafen.



---

## Regionaler Knotenpunkt für die Digitalisierung

---

Mit der Aufnahme des VDTC in das Netzwerk der DIH beabsichtigt das Fraunhofer IFF, seine Aktivitäten hinsichtlich der Unterstützung von Unternehmen weiter zu verstärken und vor allem auch mit europäischen Partnern zu vernetzen. Der DIH versteht sich dabei explizit als regionales Netzwerk. Enge Verknüpfungen der Arbeit des DIH bestehen mit dem

- Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Magdeburg,
- Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen sowie auch mit dem
- Partnernetzwerk Wirtschaft 4.0.

Der DIH VDTC mit seinem neu eröffneten »Elbedome« dient den beiden Kompetenzzentren als Demonstrationszentrum für Digitalisierungsansätze und -lösungen. Diese Initiativen bieten auch Anknüpfungspunkte zur regionalen Wirtschaft über Kammern und Verbände. Mit der räumlichen Verknüpfung des DIH VDTC im Magdeburger Wissenschaftshafen besteht zudem auch eine enge Verbindung mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, z. B. über das gemeinsam genutzte Galileo-Testfeld oder über den neuen Forschungscampus STIMULATE.

Durch die Einbindung in eine Vielzahl von nationalen und regionalen Initiativen ist das VDTC ideal als zentraler Knotenpunkt positioniert, um die Digitalisierung der Wirtschaft in der Region weiter zu unterstützen und voranzutreiben.

---

## Internationalisierung für regionalen Mehrwert

---

Auch international wurde und wird die Kooperation und Netzwerkbildung vorangetrieben. Mit verschiedenen DIH in ganz Europa wurde der Grundstein gelegt für den Aufbau eines DIH Netzwerks mit dem Fokus auf Digital Engineering and Operation. Es wurden Kooperationsvereinbarungen mit dem CICERO Hub – CPS/IOT eCcosystem of Excellence for manufactuRing

innovatiOn Hub in der Region Lazio in Italien sowie mit dem Confirm – Smart Manufacturing Centre in Limerick in Irland unterzeichnet.

International bringt die Aufnahme des VDTC in die Riege der DIH mehr Sichtbarkeit für den Standort Sachsen-Anhalt und das VDTC als Leuchtturm für das Thema »Digitalisierung in produzierenden Unternehmen«. Diese Sichtbarkeit nutzt das VDTC des Fraunhofer IFF, um Vorteile für Unternehmen in der Region zu generieren. Über das Netzwerk der DIH bietet das Institut Unternehmen Zugang zu neuen Partnern und neuem Wissen, das sie ggf. nicht direkt vor Ort finden. Des Weiteren kann das Fraunhofer IFF auch als Ansprechpartner für ausländische Anfragen dienen, um dann die Internationalisierung regionaler Unternehmen, vor allem innovativer KMU, voranzutreiben. Gerade Letzteres hat in Sachsen-Anhalt hohe Priorität und der DIH arbeitet mit dem Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung zusammen, um die Aktivitäten des DIH auszuweiten und auch Themen wie Entrepreneurship und Start-up mit weiteren Partnern im Land zu adressieren.

---

## Projektpartner

---

Das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Magdeburg »vernetzt wachsen«, Magdeburg; Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen, Magdeburg; Confirm Smart Manufacturing Centre, Limerick/ Irland; CICERO Hub, Rom/Italien

---

## Ansprechpartner im Geschäftsbereich Geschäftsentwicklung

---

Dipl.-Vw. Christian Blobner  
Telefon +49 391 4090-371 | Fax +49 391 4090-93-371  
christian.blobner@iff.fraunhofer.de



## FOSHAN – DIE BASIS FÜR FRAUNHOFER IFF FORSCHUNG IN CHINA

### Herausforderungen im Bereich Produktion für die Volksrepublik China

Die Volksrepublik (VR) China sieht sich im Bereich der Produktion mit zahlreichen Herausforderungen konfrontiert. Die Massenproduktion ändert sich zunehmend in Richtung individueller Produkte. Ziel ist eine Produktion der Losgröße eins. Zugleich ist die Arbeitsproduktivität in China noch vergleichsweise gering, während die Lohnkosten kontinuierlich steigen. Die Produktion verlagert sich zudem zunehmend dorthin, wo sich der Markt für das Produkt befindet. Lange Lieferzeiten werden von den Kunden nicht mehr akzeptiert. Dies führt dazu, dass Produzenten in China, welche Märkte in Nordamerika oder in der Europäischen Union bedienen, anstreben, ihre Produktion auch dorthin zu verlagern.

Ebenso wie Deutschland sieht sich auch die VR China mit einem großen demographischen Wandel konfrontiert. Unter anderem durch die jahrelange Ein-Kind-Politik altert die chinesische Gesellschaft zunehmend. Junge Fachkräfte sind rar und müssen aktiv rekrutiert werden. Ältere Fachkräfte benötigen häufig eine technische Unterstützung bei der Bewältigung ihrer Arbeitsaufgaben. Durch die veränderten Produktionsbedingungen steigt zudem der Bedarf an spezifischen Kompetenzen und Qualifikationen für Fachkräfte des produzierenden Gewerbes. Firmen müssen dafür Sorge tragen, dass ihre Mitarbeiter weitergebildet werden, um mit den technischen Weiterentwicklungen Schritt halten zu können.

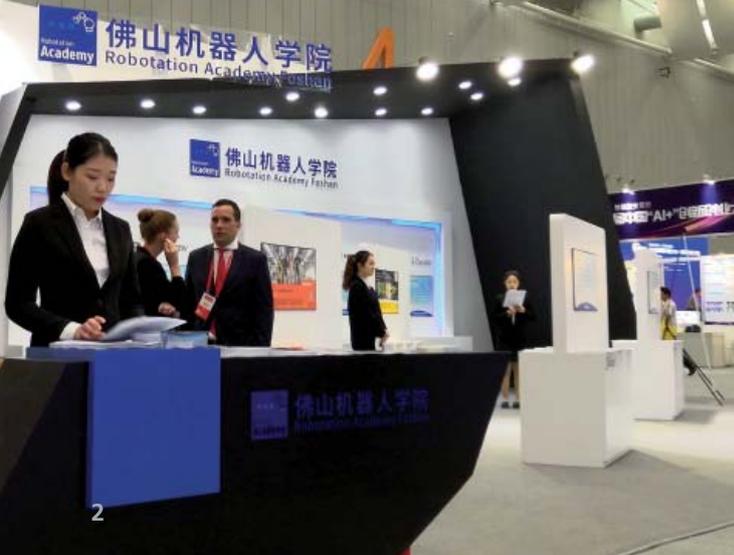
### Schaffung von Bewusstsein für das Themenfeld Industrie 4.0 in der VR China

Vor dem Hintergrund der geschilderten Herausforderungen wurde das Fraunhofer IFF von der Robotation Academy Foshan, einem Franchise-Unternehmen der Deutschen Messe AG, um Unterstützung gebeten. Das Fraunhofer IFF verfügt über umfangreiche Kompetenzen, die in der VR China gefragt sind und zu einer Antwort auf die aktuellen Herausforderungen beitragen können. So hilft das Fraunhofer IFF der Robotation Academy dabei, Firmen in Foshan für das Thema Industrie 4.0 zu sensibilisieren.

### Vorgehensweise

Drei zentrale Elemente prägen das Projekt in Foshan. Das Fraunhofer IFF bietet Entwicklungs- und Beratungsdienstleistungen an, um die Robotation Academy in Foshan darin zu unterstützen, langfristig ein Projektzentrum für angewandte Forschung im Themenfeld Industrie 4.0 zu etablieren.

Das Fraunhofer IFF bietet weiterhin Entwicklungs- und Beratungsdienstleistungen an, um die lokale Industrie in Foshan zu modernisieren. Dies umfasst einerseits die Industrie 4.0 Readiness CheckUp. In den CheckUp werden Unternehmen umfassend analysiert und Empfehlungen ausgesprochen, welche Schritte unternommen werden können, um die Produktion zu modernisieren. Andererseits werden lokale Experten in Trainings hinsichtlich Industrie 4.0 qualifiziert. Ziel dieser Trainings ist es, unter lokalen Fachkräften die Kompetenzen aufzubauen, die für eine Integration von Industrie 4.0 in die Produktionsprozesse notwendig sind.



Das Bewusstsein für Industrie 4.0 in den Unternehmen in Foshan wird auch durch eine Vielzahl an Veranstaltungen gestärkt. Konferenzen, die unterschiedliche Branchen adressieren, Seminare für Führungskräfte und eine Study Tour für chinesische Fachkräfte sollen die Möglichkeiten, die Industrie 4.0 für die Produktion bietet, demonstrieren.

**Beiderseitiger Gewinn durch Industrie 4.0**

Das Engagement in Foshan ist sowohl für chinesische als auch für deutsche Unternehmen von Vorteil. Beide Seiten profitieren langfristig von dem Projekt. Chinesische Unternehmen sind oftmals in die Wertschöpfungskette deutscher Unternehmen eingebunden. Von einer effizienten Produktion in chinesischen Unternehmen profitiert somit auch die deutsche Wirtschaft.

Durch die Präsenz in Foshan unterstützt das Fraunhofer IFF außerdem deutsche Unternehmen bei der Entwicklung bzw. Erweiterung ihres chinesischen Markts, indem es einen Beitrag zu deren Forschungsaktivitäten in China leistet.

Sowohl chinesische als auch deutsche Unternehmen, die in Foshan aktiv sind, profitieren von gut ausgebildeten chinesischen Fachkräften, die bereits Kenntnisse zu Industrie 4.0 mitbringen. Einarbeitungszeiten und die Notwendigkeit zur Fort- und Weiterbildung können so reduziert werden.

Durch das Engagement in Foshan kann sich das Fraunhofer IFF, auch unter Einbindung anderer Fraunhofer-Institute, langfristig und nachhaltig als starker wissenschaftlicher Partner für die Foshan Sino-German Robotation Academy und die Stadt Foshan etablieren.

**Projektpartner**

Foshan Sino-German Robotation Academy Co., Foshan/  
Volksrepublik China

**Ansprechpartner im Geschäftsbereich  
Internationale Geschäftsentwicklung**

Dipl.-Vw. Kay Matzner  
Telefon +49 391 4090-159 | Fax +49 391 4090-93-432  
kay.matzner@iff.fraunhofer.de

Magdalena Albers M. A.  
Telefon +49 391 4090-785 | Fax +49 391 4090-93-785  
magdalena.albers@iff.fraunhofer.de

# KURZ & KNAPP AUS DEM INSTITUT

(AUSWAHL)





## GRÖSSTES 3D-MIXED-REALITY-LABOR EUROPAS IM MAGDEBURGER WISSENSCHAFTSHAFEN WIEDERERÖFFNET



Europas größtes 3D-Mixed-Reality-Labor, der »Elbedome«, wurde am 24. Mai 2018, nach aufwendiger Modernisierung im Magdeburger Wissenschaftshafen im Beisein von über einhundert Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik offiziell wiedereröffnet.

Das einzigartige Labor für virtuelle Simulationen ist Teil des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF und wurde im Jahr 2006 im Magdeburger Wissenschaftshafen errichtet. Nach mehr als zehn Jahren erfolgreichen Einsatzes in Forschung und Entwicklung für zahlreiche Unternehmen und





Fraunhofer IFF

wissenschaftliche Einrichtungen ist die Technik im Zuge der Modernisierung auf den aktuellsten Stand gebracht worden. In dem Mixed-Reality-Labor mit der Form einer halbierten Kugel erschaffen nun 25 hochauflösende Stereoprojektoren nahezu realistische virtuell-interaktive, dreidimensionale Inhalte. Die 360-Grad-Panorama- und Boden-Projektionsfläche ist mit über 450 Quadratmetern besonders geeignet für die Darstellung großer Objekte, wie zum Beispiel Maschinen, Anlagen, Fabriken oder ganzen Städten im Maßstab 1:1. Dank der neuen stereoskopischen Bodenprojektion werden virtuelle Objekte plastisch-räumlich in den Raum projiziert. Die Nutzer können sich in Gruppen von bis zu 20 Personen durch den virtuellen Raum bewegen und zum Teil mit ihm interagieren.

### Millioneninvestition für die Forschung

Künftig wird das Fraunhofer IFF wieder gemeinsam mit Partnern und Auftraggebern aus Wissenschaft und Wirtschaft in dem Mixed-Reality-Labor an den Forschungsfragen der Zukunft arbeiten können. Dazu gehört besonders die Entwicklung neuer Technologien und Anwendungen für die Industrie 4.0, die Arbeitswelt von Morgen und die Digitalisierung der Wirtschaft. Nicht zuletzt werden Architektur- und Bauvorhaben und der Großanlagenbau von dem System profitieren. Vorrangig wird das Labor Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen offenstehen. Aber insbesondere auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sollen profitieren. Diese wollen die Forscher des Fraunhofer IFF mit Kooperationen, im Rahmen der Auftragsforschung und beim Wissenstransfer auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene unterstützen.

Insgesamt wurden 2,5 Millionen Euro in die Modernisierung investiert. Davon stammen 75 Prozent aus Fördermitteln der Europäischen Union, je 12,5 Prozent wurden durch den Bund und das Land Sachsen-Anhalt finanziert.



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF



## 21. IFF-WISSENSCHAFTSTAGE DES FRAUNHOFER IFF

Vom 19. bis 21. Juni 2018 fanden in Magdeburg die 21. IFF-Wissenschaftstage statt. Unter dem Dach der jährlichen Konferenz veranstaltet das Fraunhofer IFF abwechselnde Fachtagungen zu den Forschungsthemen Digital Engineering, Logistik, Robotik sowie Maschinen- und Anlagenbau.

In diesem Jahr lud das Fraunhofer IFF nationale und internationale Fachexpertinnen und -experten aus Wirtschaft und Forschung unter anderem zu der Tagung »Anlagenbau und -betrieb der Zukunft« sowie zu den »Magdeburger Logistiktagen« in die Elbestadt ein.

### Fachtagung »Anlagenbau und -betrieb der Zukunft«

Die 10. Fachtagung »Anlagenbau und -betrieb der Zukunft« widmete sich der »Digitalisierung in der Prozessindustrie«. Sie ist die etablierte Plattform in Mitteldeutschland zum Thema Anlagenbau und -betrieb 4.0 für Apparatebauer, Anlagenbetreiber sowie deren Dienstleister. Vier Themen standen in diesem Jahr im Mittelpunkt. Erstens: Lösungen zur Vernetzung und Integration über den Anlagenlebenszyklus und die Frage: Was nutzt der Digitale Zwilling? Zweitens: Wie gelingt der wirtschaftliche Einstieg in den modularen Anlagenbau? Drittens: Wie stiften Industrie-4.0-Technologien Nutzen im realen Einsatz. Und viertens beschäftigte sich die Tagung mit der Herausforderung, wie neue digitale Geschäftsmodelle im Anlagenbau zu etablieren sind.





### Magdeburger Logistiktage

Die Magdeburger Logistiktage vom 20. bis 21. Juni 2018 thematisierten insbesondere die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung für die Logistikbranche. Eine Erhebung der Bundesvereinigung Logistik BVL im Jahr 2018 förderte unter anderem zutage, dass rund 81 Prozent der befragten Logistikunternehmen bislang kaum oder nur zum Teil digital arbeiten. Entsprechend alarmiert sind die Fachexperten, riskieren jene Unternehmen doch mit ihrer weitgehenden Abstinenz von dieser so wichtigen Zukunftstechnologie ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit. Dabei könnten beispielsweise durch den gezielten Einsatz von aktueller Informations- und Kommunikationstechnologie deutliche Prozessoptimierungen vorgenommen und neue Geschäftsmodelle für Anbieter und Kunden umgesetzt werden.



Somit befasste sich die Tagung unter anderem mit Themen, wie dem Internet der Dinge in der Logistik, Digitalisierung und maschinelles Lernen, Automatisierung in Produktion und Logistik oder wie Start-ups mit innovativen digitalen Geschäftsabläufen den etablierten Unternehmen Konkurrenz machen.

Die Magdeburger Logistiktage sind eine gemeinsame Veranstaltung des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF und des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.



1



2

## TAG DER GESUNDHEIT AM FRAUNHOFER IFF

Das Fraunhofer IFF engagiert sich für die Gesundheit und Fitness seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Neben regelmäßigen Angeboten, wie eine »Aktive Pause« mit Outdoor-Training, Rücken- und Faszien-Kurse oder eine gemeinsame Laufgruppe, findet einmal im Jahr auch der »Tag der Gesundheit« statt. Dieser stand 2018 unter dem Motto »Die Haltung macht's«. Ein vielfältiges Programm mit verschiedenen Schnupperkursen und Sportaktivitäten lud die Mitarbeitenden ein, ihre Gesundheit und Fitness zu testen, medizinische Körperbehandlungen auszuprobieren oder in einer Ernährungsberatung Neues über gesundes Essen zu erfahren.

In der zweiten Tageshälfte begab sich die Belegschaft auf die beliebte alljährliche Fahrrad- und Wandertour, die stets von den Mitarbeitenden selbst organisiert wird und auch 2018 mit vielen zusätzlichen Sport- und Geschicklichkeitsaufgaben die individuelle Fitness aller Beteiligten auf die Probe stellte.

Der »Tag der Gesundheit« ist Teil des betrieblichen Gesundheitsmanagements des Fraunhofer IFF.

*Auch gesunde Ernährung spielt am »Tag der Gesundheit« eine große Rolle.*



4



3

*Die Geschicklichkeit der Mitarbeitenden des Fraunhofer IFF wurde auf der Fahrrad- und Wandertour am »Tag der Gesundheit« genauso getestet wie Kraft und Ausdauer.*



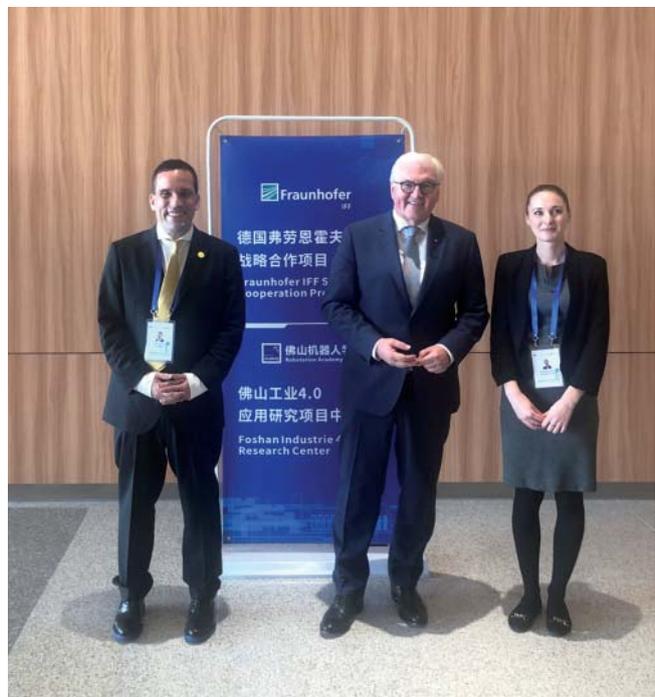
5

## BUNDESPRÄSIDENT FRANK-WALTER STEINMEIER BESUCHT FRAUNHOFER-IFF-PROJEKT IM CHINESISCHEN FOSHAN

Am 6. Dezember 2018 hat Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier auf seiner China-Reise die Robotation Academy in Foshan besucht. Dabei informierte er sich auch über das dort angesiedelte Projekt des Fraunhofer IFF.

Das Fraunhofer IFF organisiert in der Robotation Academy Veranstaltungen zum Thema Industrie 4.0. Daneben bieten die Fraunhofer-Experten einen »Industrie 4.0-CheckUp« für Unternehmen vor Ort und beraten die Akademie zum Aufbau eines Industrie-4.0-Projektzentrums.

Mit ihren auf den gegenseitigen Nutzen ausgelegten Aktivitäten in China unterstützt das Fraunhofer IFF deutsche Unternehmen bei der Entwicklung beziehungsweise Erweiterung ihres chinesischen Marktes und stärkt gleichzeitig die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutsch-chinesischer Wertschöpfungsketten.



*Kay Matzner (l., Leiter Internationale Projekte) und Magdalena Albers vom Fraunhofer IFF (r.) empfangen Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier (Mitte) im chinesischen Foshan.*

# KONTAKTE



---

## Organisation

---

### Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk  
michael.schenk@iff.fraunhofer.de

### Büroleiterin

Dipl.-Päd. Ines Trübe  
ines.truebe@iff.fraunhofer.de

### Sekretariat im Fraunhofer IFF

Dipl.-Gesundheitswirtin (FH) Nadine Joensson  
nadine.joensson@iff.fraunhofer.de

### Sekretariat im Virtual Development and Training Centre VDTC

Yvonne Bühlig  
yvonne.buehlig@iff.fraunhofer.de

### Forschung

Prof. Dr.-Ing. Fabian Behrendt  
fabian.behrendt@iff.fraunhofer.de

### Geschäftsentwicklung

Dr.-Ing. Stefan Scharf  
stefan.scharf@iff.fraunhofer.de

### Kommunikation und Organisation

Dipl.-Ing. Sabine Conert  
sabine.conert@iff.fraunhofer.de

### Presse und Öffentlichkeitsarbeit

René Maresch M. A.  
rene.maresch@iff.fraunhofer.de  
presse@iff.fraunhofer.de

### Marketing

Anita Fricke M. A.  
anita.fricke@iff.fraunhofer.de

### Verwaltungsleiter

Andreas Knittel M. A.  
andreas.knittel@iff.fraunhofer.de

---

## **Geschäftsbereiche**

---

### **Robotersysteme RS**

Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann  
norbert.elkmann@iff.fraunhofer.de

### **Mess- und Prüftechnik MPT**

Dr.-Ing. Dirk Berndt  
dirk.berndt@iff.fraunhofer.de

### **Virtual Engineering VE**

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker  
ulrich.schmucker@iff.fraunhofer.de

### **Logistik- und Fabrikssysteme LFS**

Dipl.-Ing. Holger Seidel  
holger.seidel@iff.fraunhofer.de

### **Materialflusstechnik und -systeme MFT**

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter  
klaus.richter@iff.fraunhofer.de

### **Biosystems Engineering BIO**

Prof. Dr.-Ing. Udo Seiffert  
udo.seiffert@iff.fraunhofer.de

### **Konvergente Infrastrukturen KIS**

Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki (Sprecher)  
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

### **Prozessindustrie 4.0 Pi4**

Dr.-Ing. Nico Zobel  
nico.zobel@iff.fraunhofer.de

### **Energiesysteme und Infrastrukturen EES**

Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki  
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

### **Virtuelle Raum- und Strukturentwicklung VRS**

Andreas Höpfner M. Sc.  
andreas.hoepfner@iff.fraunhofer.de

---

## **Geschäftsstellen**

---

### **Geschäftsstelle**

#### **»Elbedome« ED**

Dipl.-Ing. Steffen Masik  
steffen.masik@iff.fraunhofer.de

### **Geschäftsstelle**

#### **Fraunhofer-Verbund Produktion FhVP**

Prof. Dr.-Ing. Fabian Behrendt  
fabian.behrendt@iff.fraunhofer.de

---

## **International**

---

### **Fraunhofer International Business Development IBD**

Dipl.-Vw. Christian Blobner  
christian.blobner@iff.fraunhofer.de

### **Fraunhofer International Business Development IBD**

Dipl.-Vw. Kay Matzner  
kay.matzner@iff.fraunhofer.de

### **Fraunhofer IFF ASEAN Office**

State Tower (RCK Tower), 1055/550 Silom Road, Floor 29th  
Khwaeng Silom, Khet Bangrak  
Bangkok 10500, Thailand

Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski  
ralf.opierzynski@iff.fraunhofer.de

---

**Institut für Logistik und Materialflusstechnik an der  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

---

**Geschäftsführender Institutsleiter**

**Lehrstuhl für Logistische Systeme**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult.

Michael Schenk

michael.schenk@ovgu.de

**Lehrstuhl für für Logistik**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek

hartmut.zadek@ovgu.de

**Lehrstuhl für Förder- und Materialflusstechnik**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. André Katterfeld

andre.katterfeld@ovgu.de

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter

klaus.richter@ovgu.de

---

**Lehrstuhl für Logistische Systeme an der  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

---

**Logistikprozessanalyse**

Dr.-Ing. Elke Glistau

elke.glistau@ovgu.de

**Rohstoff- und Biomasse Logistik**

Dr.-Ing. Sebastian Trojahn

sebastian.trojahn@ovgu.de

**Modellierung und Simulation logistischer Prozesse**

Dr.-Ing. Tobias Reggelin

tobias.reggelin@ovgu.de

**Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt**

Dipl.-Geogr. Andreas Müller

mueller.gate@ovgu.de

---

**Kompetenzzentren mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Technischen Universität Hamburg-Harburg, Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg**

---

**Visualisierungstechniken**

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Preim  
bernhard@isg.cs.uni-magdeburg.de

**Training und Technologie**

Chief Scientist Prof. Dr. paed. Klaus Jenewein  
klaus.jenewein@ovgu.de

**Virtual Engineering**

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinrich Grote  
karl.grote@ovgu.de

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. Roland Kasper  
roland.kasper@ovgu.de

Chief Scientist Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Frank Ortmeier  
frank.ortmeier@ovgu.de

**Energienetze und Regenerative Energien**

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. habil. Evangelos Tsotsas  
evangelos.tsotsas@ovgu.de

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Wolter  
martin.wolter@ovgu.de

**RobotsLab**

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich  
christian.diedrich@ovgu.de

**Solids Process Engineering and Particle Technology**

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Stefan Heinrich  
stefan.heinrich@tu-harburg.de

**Smart Factory**

Chief Scientist Prof. Dr.-Ing. Ulrich Berger  
ulrich.berger@b-tu.de

---

**Center for Digital Engineering, Management and Operation CeDEMO**

---

**Sprecher des Center for Digital Engineering,  
Management and Operation CeDEMO  
Institut für Technische und Betriebliche  
Informationssysteme**

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Gunter Saake  
saake@iti.cs.uni-magdeburg.de

**Sprecher des Center for Digital Engineering,  
Management and Operation CeDEMO  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb  
und -automatisierung IFF**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult.  
Michael Schenk  
michael.schenk@iff.fraunhofer.de

**Sprecher des Center for Digital Engineering,  
Management and Operation CeDEMO  
Fakultät Informatik**

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Frank Ortmeier  
frank.ortmeier@ovgu.de

---

**Forschungscampus STIMULATE  
Solution Centre for Image Guided Local Therapies**

---

**Vorstandsmitglied STIMULATE – Solution Centre  
for Image Guided Local Therapies**

Prof. Dr. rer. nat. Georg Rose  
georg.rose@ovgu.de

**Leiter Forschungsgruppe Robotik**

Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann  
norbert.elkmann@iff.fraunhofer.de



# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK





Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,6 Milliarden Euro. Davon fallen 2,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

Stand der Zahlen: Januar 2019

[www.fraunhofer.de](http://www.fraunhofer.de)

# IMPRESSUM

## **Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2018 des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

### **Herausgeber**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. mult. Michael Schenk  
Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg  
Telefon +49 391 4090-0 | Fax +49 391 4090-596  
ideen@iff.fraunhofer.de | www.iff.fraunhofer.de

### **Redaktion**

René Maresch M. A., Presse und Öffentlichkeitsarbeit Fraunhofer IFF  
Dipl.-Ing. (FH) Barbara Schmidt, Ingenieurbüro Schmidt

### **Satz/Layout**

Dipl.-Ing. (FH) Barbara Schmidt, Ingenieurbüro Schmidt  
Ina Dähre und Bettina Rohrschneider, Fraunhofer IFF

### **Herstellung**

Harzdruckerei GmbH, Wernigerode

### **Gleichstellung/Gender**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir teilweise in unseren Formulierungen auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten natürlich gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

### **Alle Rechte vorbehalten**

Für den Inhalt der Vorträge zeichnen die Autoren verantwortlich. Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

ISSN 2192-1768

© Fraunhofer IFF, 2019

### **Foto-, Bilder- und Grafikquellen**

Soweit nicht anders angegeben © Fraunhofer IFF

Seite Titelbild, 5, 7, 16, 41, 44, 46 (1), 57 (2), 60, 62, 63, 64, 65, 68:  
Fraunhofer IFF/Viktoria Kühne

Seite 9: Christoph Busse

Seite 18, 47 (2): Fraunhofer IFF/Uwe Völkner

Seite 20 (1): Fraunhofer IFF/Martin Woitag

Seite 21 (2): Fraunhofer IFF/Florian Warschewske

Seite 21 (3): Fraunhofer IFF/Harout Ohannessian

Seite 22 (1): Fraunhofer IFF/David Killias

Seite 23 (2): Fraunhofer IFF/Friedrich Melchert

Seite 23 (3): JKI Quedlinburg

Seite 28, 33 (2), 36: Fraunhofer IFF/Dirk Mahler

Seite 30 (1): Marcel Haase/SYMACON GmbH

Seite 31 (2): Fraunhofer IFF/André Jeromin

Seite 32 (1): DHL/Stefan Marx

Seite 34 (1): Jörg tom Felde/promeos GmbH

Seite 35 (2): Fraunhofer IFF/Thomas Dengler

Seite 38 (1): Jan Pauls Fotografie

Seite 39 (2): Fraunhofer IFF/André Naumann

Seite 43: Timo Klostermeier/pixelio.de

Seite 43: Fraunhofer IFF/Tobias Kutzler (Grafik)

Seite 48 (1), 49 (3): Fraunhofer IFF/Marlene Eisenträger

Seite 49 (2): Fraunhofer IFF/Daniela Martin

Seite 51 (3): Gorodenkoff – Stock adobe.com/Fraunhofer IFF



Seite 52, 58 (1), 59 (2, 3), 67: Robotation Academy Foshan

Seite 54 (1), 55 (2), 66 (1, 2, 3): Fraunhofer IFF/Christian Blobner

Seite 55 (3): Fraunhofer IFF/Sebastian Häberer

Seite 56 (1): Gintaras Vilda/Ministry of Economy of the Republic of Lithuania

Seite 66 (4): Fraunhofer IFF/Bettina Rohrschneider;

Seite 66 (5): Fraunhofer IFF/Andreas Wiedemann

Seite 79: Fraunhofer IFF/Martin Stiller

#### **Bildtexte**

Titelbild

»Elbedome« des Fraunhofer IFF

Seite 18

Assistenzrobotik für die minimalinvasive Chirurgie. Die bildgeführte minimalinvasive Radiofrequenzablation ist ein etabliertes Verfahren bei der Behandlung metastasierender Tumoren im Skelettsystem. Für Patienten mit Wirbelsäulentumoren dient sie zur Stabilisierung der Wirbel und Vermeidung von neurologischen Störungen. Im Rahmen des Forschungsprojekts STIMULATE wurde in enger Kooperation zwischen dem Fraunhofer IFF, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sowie den Industriepartnern KUKA und Siemens ein Assistenzsystem auf Basis eines Leichtbauroboters entwickelt. Dieses System soll Chirurgen durch geführte Bewegungen bei der Elektrodenplatzierung unterstützen.

Seite 28

Reinigung und Wiederaufbereitung von Motorenteilen bei MTU Reman Technologies, einem Partner des Fraunhofer IFF. Durch die Wiederaufbereitung müssen Maschinen und Maschinenteile nicht verschrottet werden, sondern werden fit gemacht für ein zweites Leben. Das Verfahren schont wertvolle Ressourcen und ist ein Beispiel für die Vereinbarkeit von Nachhaltigkeit und Kosteneinsparungen.

Seite 36

Für die nachhaltige Gewinnung von Energie aus regenerativen Quellen wie etwa aus Wasserkraft kommen auch einheimische Flüsse in Betracht. Der Versuchsträger VECTOR ist ein gemeinsames Projekt des Fraunhofer IFF und der Sibau Genthin GmbH. Diese schwimmende und mobile Anlage wird für Dauertests von Strömungswandlern und Peripherie genutzt – beispielsweise auf der Elbe in Magdeburg und dem Elbe-Havel-Kanal in Genthin.

Seite 44

Modulares und mobiles Assistenzsystem zur Unterstützung von Instandhaltungsfachkräften. Das System nutzt die digitalen Daten einer Anlage. Ist diese defekt, wird dem Techniker auf dem Tablet das betreffende Bauteil angezeigt oder mittels AR-Unterstützung als Bild auf die reale Anlage projiziert. Er kann Temperatur- und Druckverläufe und weitere Bauteile virtuell einblenden oder Anweisungen abrufen.

Seite 52

Gebäude der Robotation Academy Foshan, China

Seite 60

Mittels dieses mit Tracking-Markern versehenen Handschuhs werden die Armbewegungen und -positionen eines Anwenders im »Elbedome« exakt registriert, was es ihm ermöglicht, mit den virtuellen Objekten im Raum in Echtzeit zu interagieren, sie etwa zu bewegen, zu verändern oder zu aktivieren.





