



**LEISTUNGEN UND ERGEBNISSE
JAHRESBERICHT 2016**

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

Rainer Bomba
Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr
und digitale Infrastruktur

8 DAS INSTITUT IN ZAHLEN

14 DAS KURATORIUM

16 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS INTELLIGENTE ARBEITS- SYSTEME

18 Neues Verfahren zur sicheren Mensch-Roboter-
Kooperation

20 Ortsflexibles kollaboratives Assistenz- und Prüfsystem
für die Montage

22 »HawkSpex® mobile« – das lernende (bio-)chemische
Labor auf dem Smartphone

24 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK

26 Ein System zur automatischen Identifikation von
Wäsche in Containern

28 Effizienter Warenumschatz mit RFID zwischen
Lieferanten und Kunden

30 Erforschen von Building Information Modeling
befähigt für Industrie 4.0

**32 AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES
FORSCHUNGSFELDS KONVERGENTE
INFRASTRUKTUREN**

- 34 Phosphorreiche Reststoffe thermisch behandeln
und aufkonzentrieren
- 36 Ökologisch unbedenkliche Brunnenreinigung durch
Kavitation
- 38 Zukunftsfähige Stromnetze durch intelligente
Stationen und Leitwarten

**40 AUSGEWÄHLTER PROJEKTBERICHT
FRAUNHOFER IFF INTERNATIONAL**

- 42 Innovation in der Nahrungsmittelkette
Food Innopolis Innovationscluster

44 KURZ & KNAPP AUS DEM INSTITUT (AUSWAHL)

- 45 Modernste VR-Technologie in Magdeburg
- 46 Fraunhofer IFF erhält Hugo-Junkers-Preise
- 46 19. IFF-Wissenschaftstage in Magdeburg:
Digital – Real

48 KARRIERE MIT FRAUNHOFER

50 ANSPRECHPARTNER

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

58 IMPRESSUM

VORWORT

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,
liebe Geschäftspartner und Freunde,

mit der Veröffentlichung des Konzepts für die Industrie 4.0 durch die Acatech auf der Hannover Messe im Jahre 2013, hat sich der damit verbundene Ansatz zur Modernisierung der Produktion und Fertigung auch in Europa verbreitet und etabliert. In fast jedem Land der Europäischen Union wurden ähnliche Initiativen gestartet, sei es »Smart Industries« in den Niederlanden, »Produktion 2030« in Schweden oder »Industrie du Futur« in Frankreich. Auch weltweit wurden die grundlegenden Konzepte entschlossen aufgenommen und den Anforderungen der lokalen Industrie angepasst. Mitunter adressieren sie einen noch weiter gefassten Kreis von Unternehmen und Dienstleistern entlang der industriellen Wertschöpfungsketten. Industriegetriebene Nationen wie die USA mit dem »Industrial Internet Consortium«, China mit der Initiative »Made in China 2025« oder Japan mit der »Industrial Value Chain Initiative« setzen eigene Akzente mit dem Anspruch, ihre Wettbewerbspositionen im Bereich Fertigung zu stärken.

All diese Ansätze vereinen den grundlegenden Anspruch einer stärkeren Nutzung digitaler Technologien und Daten in der Produktion, eine stärkere Vernetzung von Maschinen und Produktionsprozessen und die damit verbundene und notwendige Etablierung neuer Geschäftsmodelle für Unternehmen in der Industrie.

Das Fraunhofer IFF verfolgt diese Ansätze schon seit mehreren Jahren in seinen Forschungsarbeiten für seine Kunden aus der Wirtschaft. Das Institut hat dabei den Anspruch, als ganzheitlicher Systemanbieter im Bereich Fabrikautomatisierung und -optimierung aufzutreten und mit seinen Forschungskompetenzen die einzelnen Elemente einer Fabrik zu adressieren. Es etablierte frühzeitig seinen Ansatz des »Digital Engineering and Operation«, der auf eine konsequente und konsistente Nutzung digitaler Daten und Werkzeuge entlang des Lebens-

zyklus' von Produktionssystemen setzt. Mit der Planung des Virtual Development and Training Centre (VDTC) des Fraunhofer IFF, die bereits im Jahr 2001 begann, also weit vor der derzeitigen medialen Aufmerksamkeit rund um das Thema Digitalisierung, wurde diesem Ansatz explizit Rechnung getragen. Mit der Eröffnung des VDTC im Jahr 2006 war es erklärtes Ziel des Instituts, den regionalen Strukturwandel besonders hinsichtlich der Modernisierung der ansässigen Industrie zu begleiten und diese durch die Entwicklung und Nutzung neuer virtueller und digitaler Methoden und Werkzeuge in der Produktion wettbewerbsfähig zu machen. Dafür wurde das Institut mit dem European Regional Innovation Award ausgezeichnet, überreicht vom damaligen Juryvorsitzenden und jetzigen UN-Generalsekretär António Guterres.

Mit der fortschreitenden Digitalisierung unter dem Paradigma von Industrie 4.0 stehen die regionale Wirtschaft und die Partner des Fraunhofer IFF vor einem weiteren und unter bestimmten Gesichtspunkten umfassenderen Strukturwandel, dem aktiv begegnet werden muss, um die wettbewerbliche Position nicht nur zu halten, sondern auch zu stärken. Die Digitalisierung bietet vor allem für europäische und deutsche Unternehmen klare Vorteile im internationalen Wettbewerb. Die Nutzung von aktuellen Technologien wird es Unternehmen ermöglichen, ihre Fertigung neu zu strukturieren sowie Prozesse und Entscheidungen zu dezentralisieren. Zu diesen Technologien gehören die intelligente Verknüpfung von Produkten, Maschinen und Objekten im Internet der Dinge, verteilte Datenspeicherung und -verarbeitung durch Cloud Computing und die Nutzung enormer Rechenleistung zur Analyse von großen Datenmengen durch maschinelles Lernen, Automation, Robotik und Mensch-Roboter Kollaboration sowie additive Fertigung. Darüber hinaus wird eine intensivere Digitalisierung der Produktionsprozesse zu einer erhöhten Flexibilität von



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

Produktionssystemen führen. Das Fraunhofer IFF ist in der Lage, Unternehmen in jedem Entwicklungsstadium hinsichtlich Digitalisierung und Industrie 4.0 mit seinen Methoden, Werkzeugen und Dienstleistungen zu unterstützen. Angefangen von der Sensibilisierung hinsichtlich Industrie-4.0-relevanter Themen im Unternehmen und der Identifizierung von prioritären Maßnahmen zur Stärkung der Digitalisierung über die Einrichtung digitaler Planungs- und Engineering-Werkzeuge bzw. -prozesse bis hin zur Unterstützung des Betriebs durch eine verbesserte Mensch-Maschine-Interaktion.

Die große Herausforderung der kommenden Jahre, die bei allen Ansätzen des Fraunhofer IFF prioritär verfolgt wird, ist die Einbindung des Menschen in immer stärker vernetzte Produktionssysteme. Beispielsweise durch Unterstützung adäquater Assistenzsysteme, welche die verfügbaren digitalen Daten nutzen, kontextabhängig aufarbeiten und dem menschlichen Operator zur Verfügung stellen. Hierbei greifen alle Elemente des Produktionssystems ineinander und stellen den Menschen in das Zentrum des Produktionsprozesses. Ziel muss es sein, ihn in der Produktion durch autonom agierende, kognitive Systeme zu unterstützen, die nahtlos mit menschlichen Akteuren zusammenarbeiten und deren Arbeit hinsichtlich Ergonomie, Usability und Funktionalität unterstützen.

Das VDTC des Fraunhofer IFF hat sich mit seiner innovativen Technologie hinsichtlich der Visualisierung von virtuellen Fabrikumgebungen und Infrastrukturen, vor allem im Elbe Dom, national und international als führendes Institut für die Digitalisierung der Wirtschaft etabliert. Es wird seine Stellung als innovativer Hub für digitale Technologien weiter ausbauen. Mit dem technischen Update hin zum »Elbedome 2.0« zum Ende des Jahres 2017 verfolgt das Fraunhofer IFF eine stärkere Immersion des Nutzers in virtuelle und Mixed-Reality-

Szenarien. Innovative Projektions- und Audiosysteme sowie Interaktionswerkzeuge sollen Nutzern das Gefühl vermittelt, die virtuellen Szenarien natürlich zu erleben und interaktiv gestalten zu können. Mit Hilfe des »Elbedome 2.0« werden neue Perspektiven hinsichtlich der Planung und Gestaltung neuer Produktions- und Arbeitssysteme sowie komplexer Infrastrukturen eröffnet. Der zusätzliche geplante Erweiterungsbau des VDTC um eine Testumgebung für kognitive, autonome Arbeitssysteme wird es dem Fraunhofer IFF ermöglichen, innovative Lösungen und Dienstleistungen mit Partnern aus der Wirtschaft zu entwickeln, um den digitalen Wandel von Unternehmen in Sachsen-Anhalt, Deutschland und Europa aktiv zu begleiten und zu unterstützen.

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

GRUSSWORT

**»DIE DIGITALISIERUNG UND WAS STAR WARS SCHON VOR
40 JAHREN WUSSTE«**





Rainer Bomba

Staatssekretär im Bundesministerium für
Verkehr und digitale Infrastruktur

Aus der fiktiven Welt der Star-Wars-Episoden kann man deutlich mehr lernen als den Kampf mit dem Lichtschwert und Soundeffekte. Die Perspektive auf die Digitalisierung ist interessant: Sie ist hier längst vollzogen und gelebte Praxis. Digitale Technologien und unterschiedliche Lebensformen arbeiten und leben dort zusammen.

In unserer realen, digitalen Welt wird in Bezug auf »Industrie 4.0« oder »Internet der Dinge« von Mensch-Maschine-Schnittstellen gesprochen. Innerhalb eines bestimmten Arbeitsprozesses benötigen Mensch und Maschinen sich gegenseitig, um die gewünschten Arbeitsergebnisse zu erreichen. Roboter bzw. Maschinen und Menschen arbeiten in Zukunft so nah, so unmittelbar miteinander und unterstützen sich gegenseitig bei ihrer Arbeit. Bei Star Wars unterstützen Droiden (menschenähnliche Maschinen) die Yedi-Ritter. Die grundlegende Veränderung, die auch in unserer realen Welt angekommen ist, stellt die Mensch-Maschine- bzw. Maschine-Maschine-Interaktion dar.

Welche Methoden und Anwendungen aus einer flächendeckenden, echtzeitfähigen und intelligenten Vernetzung resultieren, wird sich in den nächsten Jahren zeigen. Das Fraunhofer IFF entwickelt bereits seit vielen Jahren sehr erfolgreich solche neuen Anwendungen für die Industrie und die Logistik. Viele dieser Lösungen werden jedoch erst in einer umfassend vernetzten Produktionswelt ihr volles Potenzial ausschöpfen können. Das kumulierte Wertschöpfungspotenzial durch Industrie 4.0 in Deutschland bis 2025 wird auf 78 Mrd. Euro prognostiziert. Das entspräche einem jährlichen Wachstum von 1,7 Prozent der Bruttowertschöpfung.

Bei der anstehenden Umsetzung von Industrie 4.0 spielt eine leistungsfähige und sichere Netzinfrastruktur eine wesentliche Rolle und bildet einen strategischen Standortfaktor. Die Anforderungen an die digitale Infrastruktur der Gigabit-Gesellschaft differenzieren je nach Anwendung. Neben hohen Bandbreiten sind teilweise sehr geringe Latenzen, geringste Paketverluste oder Datenverarbeitung im Netz erforderlich. Hierfür müssen intelligente, softwarebasierte Netzfunktionen die zukünftigen

Netze ergänzen und eine erheblich höhere »Netzintelligenz« implementieren. Anforderungen wie geringe Latenzzeit und optimierte Mobilressourcennutzung benötigen die datenquellnahe Speicherung, Aufbereitung und Analyse von Daten mittels Edge-Cloud-Techniken.

Der Mix an Technologien ist hierbei der Lösungsweg, um die Aspekte Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit in Einklang zu bringen. Die komplementären Systeme Glasfaser und neue Funktechnologien bieten langfristig die größten Leistungsreserven und die Flexibilität zur Abdeckung aller verschiedenen Anforderungen an die Infrastrukturen der Gigabit-Gesellschaft. Der Ausbau aller Technologien erfordert eine deutliche Aufstockung des Glasfaseranteils. Der neue Mobilfunkstandard 5G ist ein elementarer Teil der Gigabitinfrastrukturen. Er vereint neben neuesten Mobilfunktechnologien auch die technische Umsetzung sogenannter virtueller Netzwerkanbieter ohne eigenes Netz. Die Virtualisierung – ein intelligentes, softwaregesteuertes Netz – wird somit zum bestimmenden Kennzeichen zukünftiger Netzinfrastrukturen und steht für eine enge Verschmelzung von Informations- und Kommunikationstechnik.

Den »Aufbruch in die Gigabit-Gesellschaft« gestalten wir, das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, und viele andere Akteure bereits jetzt aktiv mit. Gemeinsam mit den Partnern der Netzallianz Digitales Deutschland hat das BMVI Eckpunkte für eine »Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland« beschlossen. Im nächsten Schritt gilt es, hieraus einen konkreten Handlungsplan zu entwickeln. Ziel ist es, dass Deutschland bei der Entwicklung von Gigabitnetzen vorneweg geht.

Auch die Entwicklungen und Kunden des Fraunhofer IFF werden davon profitieren.

Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesministerium für
Verkehr und digitale Infrastruktur

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

HAUSHALTS- UND ERTRAGSENTWICKLUNG

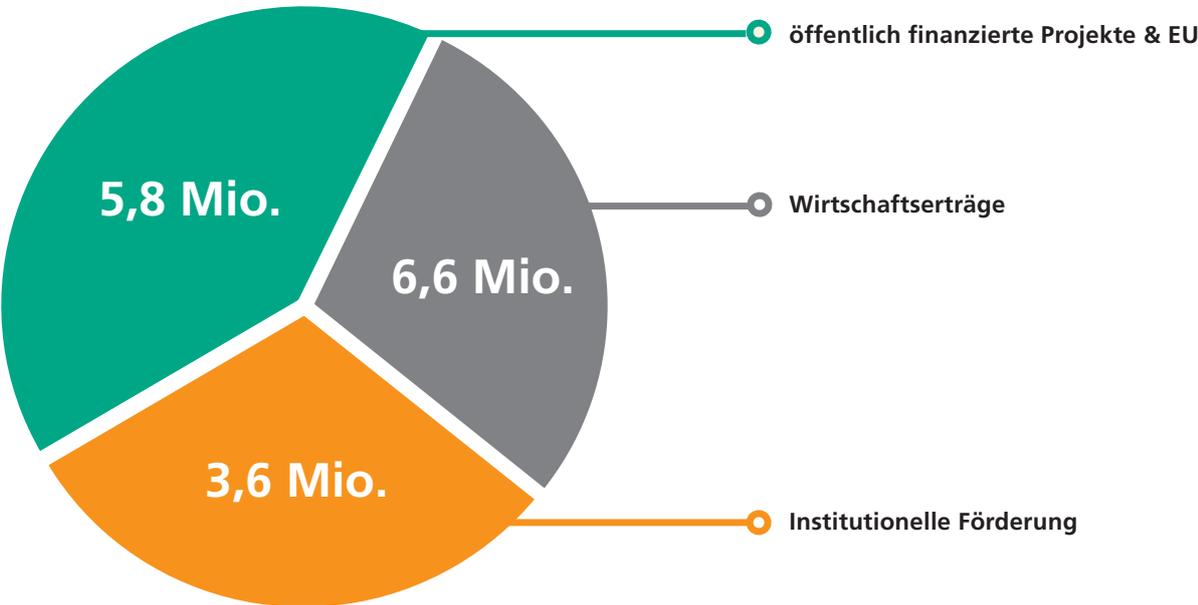
Gesamthaushalt



Investitionshaushalt

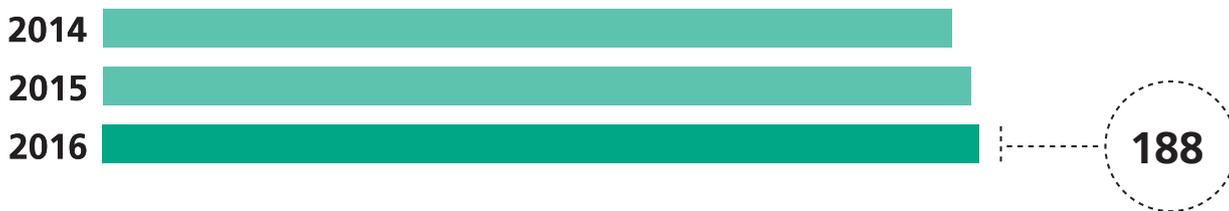


Erträge

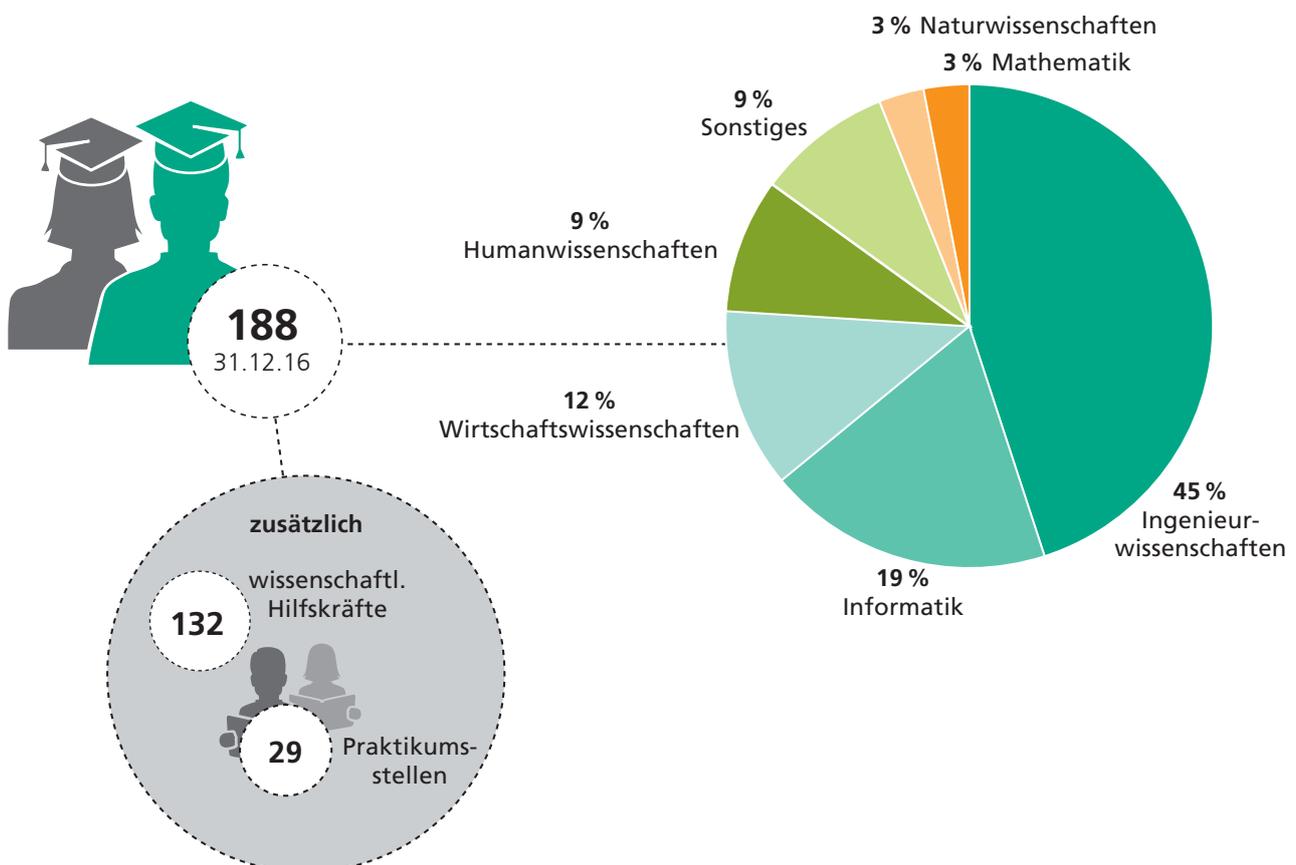


MITARBEITERENTWICKLUNG

Mitarbeiterentwicklung am Fraunhofer IFF in den Jahren von 2014 bis 2016



Gesamtzahl der Beschäftigten im Jahr 2016



VERÖFFENTLICHUNGEN



Presseveröffentlichungen

97 Printartikel 427 Onlineartikel

524
2016

Fernseh- und Hörfunkbeiträge

23 TV-Beiträge

23
2016

Web TV und Onlineradio

1x Web-TV 15x Web-Radio

16
2016

PATENTE



Erteilte Patente

4

2016

angemeldete Patente

5

2016

AUSBILDUNG UND QUALIFIZIERUNG



Akademische Abschlussarbeiten

99

2016

Master- und
Diplomarbeiten

5

2016

Promotionen

Anzahl der Lehrbeauftragten und Lehrenden

28

2016

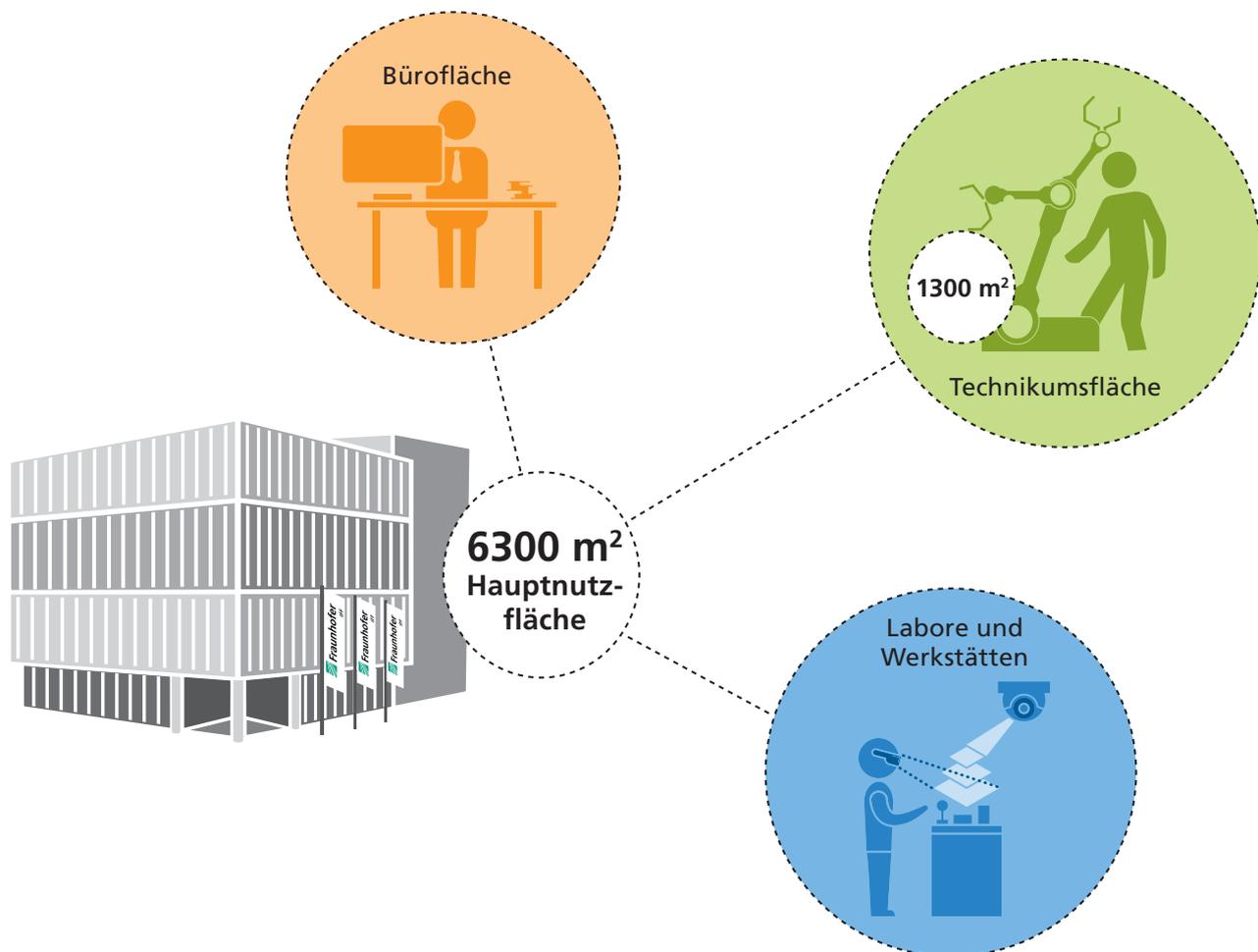


AUSSTATTUNG

Gebäude Sandtorstraße

Das Fraunhofer IFF in Magdeburg nutzt in seinem Hauptgebäude in der Sandtorstraße 5 000 m² Bürofläche und modern ausgestattete EDV-Labore und Konferenzräume. Auf einer Technikumsfläche von 1 300 m² 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 sicheren Mensch-Roboter-Kooperation (MRK).

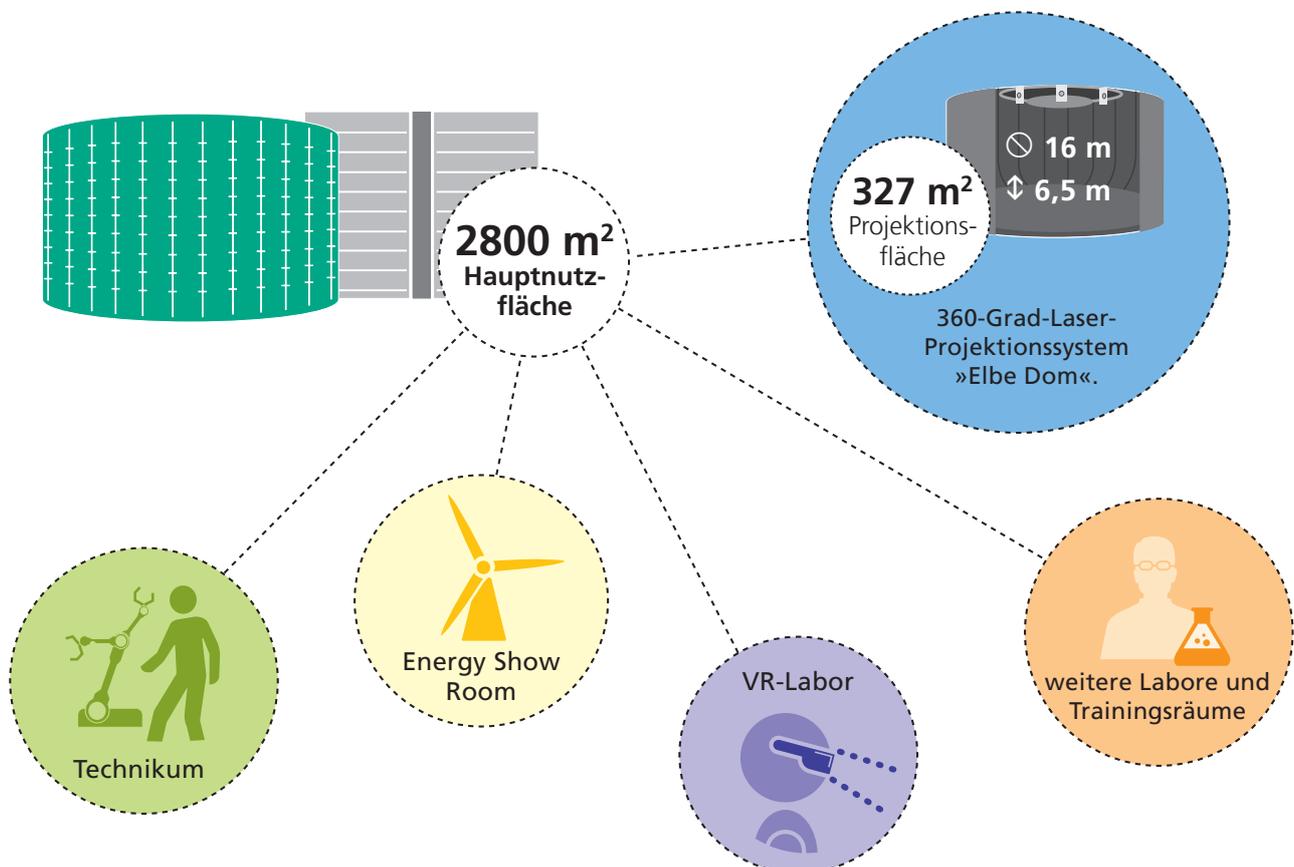




Virtual Development and Training Centre VDTC

In seinem Virtual Development and Training Centre (VDTC) im Magdeburger Wissenschaftshafen verfügt das Fraunhofer IFF über weitere 2800 m² 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 1 Megawatt Leistung zur Erforschung und Entwicklung intelligenter Energieversorgungsnetze komplettiert die Ausstattung. Das Kernstück des VDTC ist das Großprojektionssystem »Elbe Dom«. Das zylindrische 360-Grad-Laser-Projektionssystem, in dem ganze Fabriken und Städte im Maßstab 1:1 visualisiert werden können, besitzt eine Projektionsfläche von 327 m², einen Durchmesser von 16 Metern und eine Höhe von 6,5 Metern.





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.

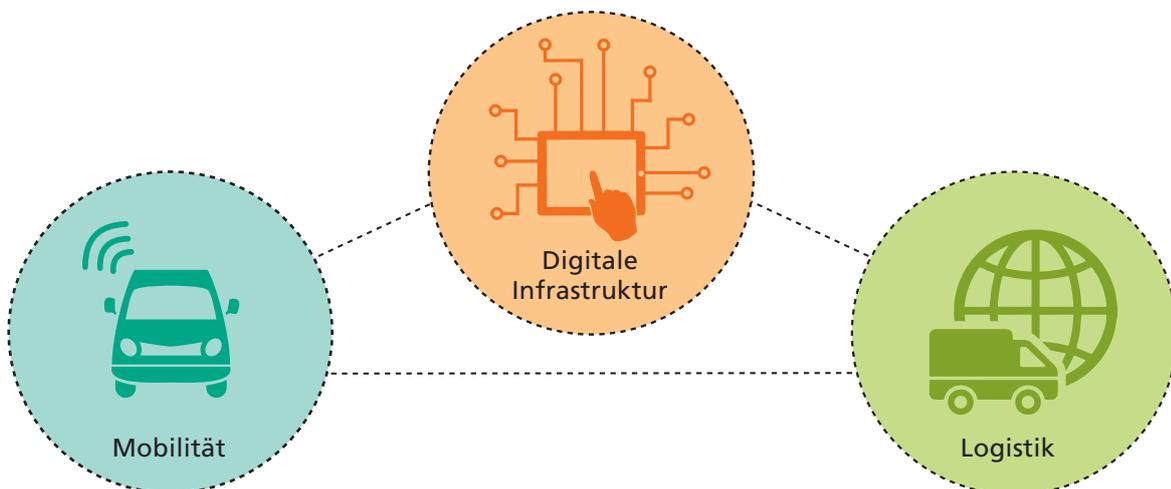
Ziel ist es, gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft bereichsübergreifende und vernetzte Forschung in den Bereichen Logistik, Mobilität und Digitale Infrastruktur voranzutreiben. Anwendungspartner aus der Wirtschaft und Forschung sollen von der Idee bis zum Praxiseinsatz neuer Lösungen begleitet werden können.

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 zur 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
Hochschule Harz

stellvertretender Kuratoriumsvorsitzender

Dipl.-Ing. Klaus Müller
Kranbau Köthen GmbH

Mitglieder

Dr.-Ing. Frank Büchner
Siemens AG

Dr. Stefan-Robert Deibel
BASF SE

Dr. Christof Günther
InfraLeuna GmbH

Dr. Karl Gerhold
GETEC Energie Holding GmbH

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

Prof. Dr. Klaus Hoehn
Deere & Company

Dr.-Ing. Bernd Liepert
KUKA AG

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

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

Regierungsrat Clemens Zielonka
Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF
(Mitgliedschaft ruht)

Die Teilnehmer der Kuratoriumssitzung 2016 in Leuna

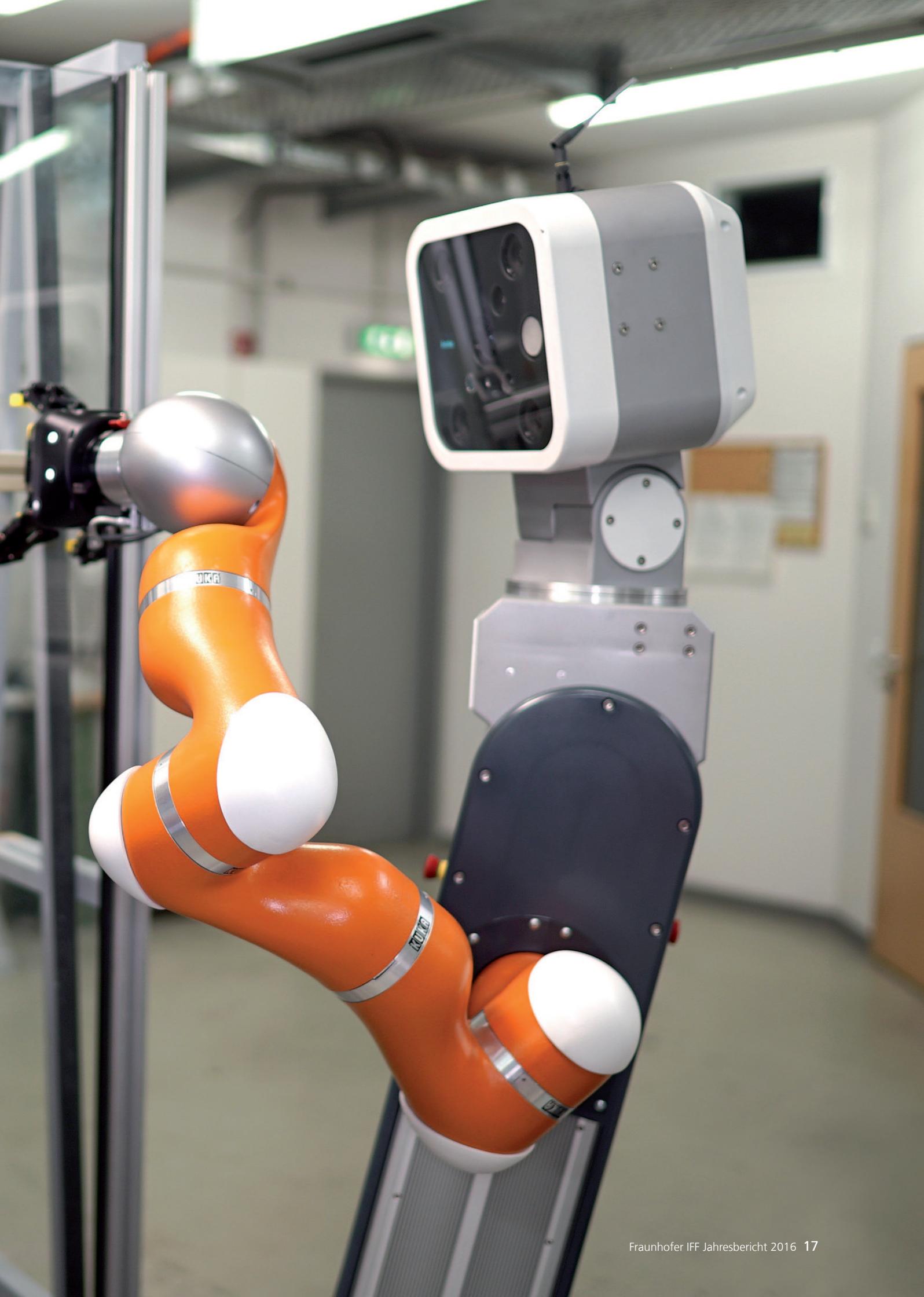
(v. l. n. r.):

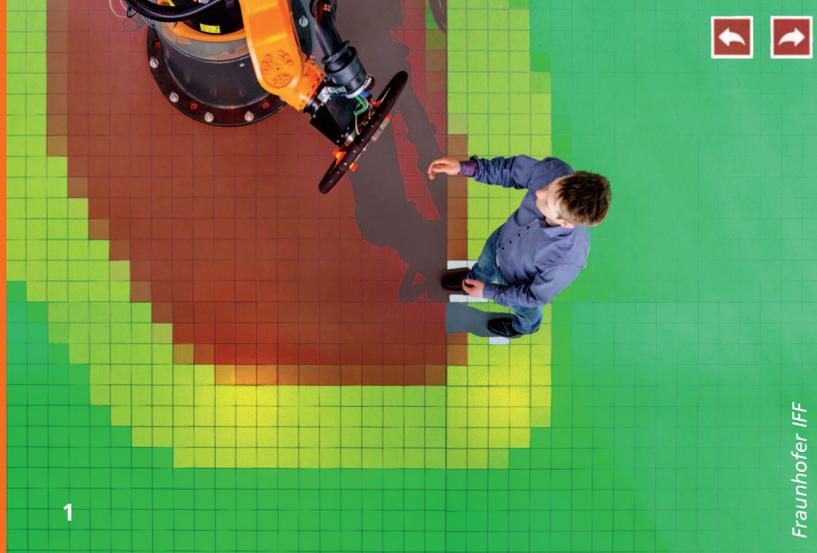
*Dr. Ulrich, Dr. Bernhardt, Prof. Strackeljan,
MinDirig. Hennings, Dr. Komarnicki, Prof. Schenk,
Staatssekretär Dr. Ude, Dr. Deibel, Prof. Gossner,
Dr. Günther, Prof. Witten, R. Smyth, Dr. Büchner,
Prof. Hoehn und Prof. Scheel.*



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.





NEUES VERFAHREN ZUR SICHEREN MENSCH-ROBOTER-KOOPERATION

Zukünftig wird eine sichere Mensch-Roboter-Kooperation auch mit Schwerlastrobotern möglich sein

Die Kooperation von Mensch und Roboter (MRK) im gemeinsamen Arbeitsraum findet derzeit vornehmlich mit Leichtbaurobotern statt, die aufgrund ihres Designs, durch zusätzliche Schutzmaßnahmen oder durch intrinsische Sicherheitsfunktionen die normativen Anforderungen an kollaborierende Roboter erfüllen.

Ein Großteil der zukünftigen MRK-Applikationen benötigt jedoch Roboter mit weit mehr als 20 Kilogramm Handhabungsgewicht, um den Menschen bei ausdauernden und kräftezehrenden Arbeiten zu unterstützen und die Ergonomie für den Menschen zu verbessern.

Aktuelle Schätzungen gehen laut der IFR (International Federation of Robotics) davon aus, dass bereits in wenigen Jahren ca. 5 bis 10 Prozent der verkauften Industrieroboter an Kollaborationsarbeitsplätzen und somit in der direkten Nähe des Menschen zum Einsatz kommen werden. Für die Absicherung derartiger Schwerlast- und Großraumroboter, die kooperierend mit dem Menschen im selben Arbeitsraum eingesetzt werden sollen, müssen daher neuartige Sicherheitskonzepte entwickelt und evaluiert werden.

Das Fraunhofer IFF in Magdeburg nimmt auf dem Gebiet der sicheren MRK eine Vorreiterrolle ein und erforscht seit vielen Jahren verschiedene Ansätze und Aspekte zur Gewährleistung der Sicherheit des Menschen im direkten Umfeld von Robotern.

Entwicklung eines neuartigen Sicherheitskonzepts

Im Rahmen des EU-geförderten Projekts »EChORD++« hat das Fraunhofer IFF im Experiment »SAPARO« ein neuartiges Sicherheitskonzept weiterentwickelt, das auf Basis eines ortsauflösenden Sensorfußbodens in Kombination mit einem decken- gestützten Visualisierungssystem eine Kooperation von Mensch und Roboter mit hohen Traglasten gemäß ISO/TS 15066 erlaubt. Der gemeinsame Arbeitsraum von Mensch und Roboter wird mit dem taktilen Fußboden ausgestattet, der die Position des Menschen und somit den aktuellen Abstand zwischen Mensch und Roboter robust und sicher erfasst. Die Sensorzellen des Fußbodens werden dynamisch, in Abhängigkeit der aktuellen Gelenkstellungen und -geschwindigkeiten des Roboters zu den einzelnen Sicherheitszonen (Warn- bzw. Schutzfeld) zugeordnet. Wird ein Mensch innerhalb des Warnbereichs detektiert, verringert der Roboter seine Geschwindigkeit und stoppt unverzüglich beim Betreten des kritischen Bereichs. Zusätzlich können die Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit des Menschen auf Basis der Sensordaten des taktilen Fußbodens bestimmt werden, sodass entsprechend der Abstandsformel in ISO/TS 15066 (Sicherheitskonzept Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung) Sicherheitszonen generiert werden können, die den Roboter minimal umschließen. Für die Visualisierung der dynamisch generierten Sicherheitszonen und für die Darstellung von prozess- und roboterspezifischen Informationen kommt ein projektionsbasiertes Visualisierungssystem zum Einsatz.

- 1 *Überwachung und Visualisierung dynamisch generierter Sicherheitszonen.*
- 2 *Visualisierung zusätzlicher Informationen und Interaktionsflächen.*
- 3 *Detektion des Betretens eines Warnbereichs (gelb) und eines Schutzbereichs (rot).*



Fraunhofer IFF



Fraunhofer IFF

Vorausdenkender taktiler Sensorfußboden

Die vom Fraunhofer IFF patentierte Technologie einer berührungsempfindlichen Sensorik mit Ortsauflösung wurde als Grundlage zur Entwicklung des neuartigen taktilen Sensorfußbodens eingesetzt. Je nach Anwendung kann ein entsprechendes robustes Obermaterial gewählt werden, sodass selbst Gabelstapler den taktilen Fußboden problemlos überfahren können.

Neben der zuverlässigen Detektion und Lokalisation des Menschen im Arbeitsraum werden auch dessen Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit auf Basis der Sensordaten bestimmt. Dies kann dann zur präventiven Verringerung der Robotergeschwindigkeit oder Anpassung der Robotertrajektorie genutzt werden, um sowohl die Sicherheit als auch die Verfügbarkeit der Anlage zu erhöhen. Zusätzlich erlaubt diese Technologie auch eine Interaktion mit dem Roboter oder Prozess, indem einzelne Sensorzellen mit Zusatzfunktionen belegt werden, die bei einer Betätigung z. B. den nächsten Arbeitsschritt automatisch auslösen können.

Projektionsbasiertes Visualisierungssystem zur Anzeige aktiver bzw. inaktiver Sicherheitszonen

Das projektionsbasierte Visualisierungssystem zur Anzeige von prozess-, roboter- und sicherheitsspezifischen Informationen ergänzt und erweitert den Sicherheitsaspekt des taktilen Sensorfußbodens um zusätzliche Funktionalitäten. Mit Hilfe dieser Technologie können wesentliche und nützliche Informationen für den Menschen in einfacher Weise und direkt in den Arbeitsraum des Menschen projiziert werden.

Im Zusammenhang mit den dynamischen Sicherheitszonen des taktilen Fußbodens erlaubt das projektionsbasierte Visualisierungssystem die Anzeige aktiver bzw. inaktiver Sicherheitszonen zu jedem Zeitpunkt sowie bevorstehende Roboterbewegungen. Der Mensch kann somit proaktiv das Betreten

gefährlicher Bereiche vermeiden, wodurch die Verfügbarkeit der Anlage maximiert wird.

Die Darstellung roboterspezifischer Informationen kann den Menschen schon frühzeitig auf bevorstehende Bewegungen des Roboters durch Anzeige von z. B. Bewegungsrichtung und Zielposition hinweisen. Dies erhöht die Transparenz für den Menschen und führt zu weniger gefahrbringenden Situationen. Zusätzlich können auftretende Fehler oder Abweichungen direkt visualisiert werden.

Projektpartner

Pilz GmbH & Co. KG, Ostfildern

Ansprechpartner

Geschäftsfeld Robotersysteme
 Prof. Dr. Norbert Elkmann
 Telefon +49 391 4090-222 | Fax +49 391 4090-93-250
 Norbert.Elkmann@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »SAPARO« wurde im Rahmen des EU-Projekts »ECHORD++« durch Mittel des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms gefördert. (Förderkennzeichen: 601116)





ORTSFLEXIBLES KOLLABORATIVES ASSISTENZ- UND PRÜFSYSTEM FÜR DIE MONTAGE

Vorteile von ortsflexiblen Assistenzsystemen

Die Nutzung klassischer Automatisierungsansätze mit fest installierten Roboterzellen ist in vielen Produktionsumgebungen nicht möglich. Montagehallen verfügen nur über beschränkte Platzverhältnisse und die steigende Variantenvielfalt und Komplexität der Produkte erfordern eine flexible Zusammenarbeit von Menschen und Maschinen im Montageprozess.

Diesen Herausforderungen kann mit ortsflexiblen Assistenzsystemen begegnet werden, die in der Lage sind, sich in unterschiedlichen, sich verändernden Umgebungen zu lokalisieren und selbstständig Aufgaben auszuführen. Eine konsequente Nutzung von Assistenzfunktionen reduziert die erforderlichen Arbeitszeiten und mögliche Fehler bei Montagevorgängen erheblich. Anschließende, automatisiert durchgeführte Prüfvorgänge gewährleisten eine konstante Qualität der Bauteile und bieten die Möglichkeit, umfangreiche Informationen für deren Dokumentation direkt aus dem Montageprozess abzuleiten.

Die Einsatzszenarien reichen von der Produktion oder Instandhaltung großer Objekte wie beispielsweise im Flugzeugbau bis zur flexiblen, bedarfsorientierten Unterstützung bei Montageaufgaben für Zulieferer von Fahrzeugkomponenten. Zur Bandbreite der Assistenzaufgaben gehören dabei die einfache Visualisierung der Position zu montierender Komponenten aber auch deren Geometrieprüfung im aktuellen Montagezustand. Dabei festgestellte Fehler sind im laufenden Prozess einfacher und mit geringerem personellen und zeitlichen Aufwand zu beheben, vermeiden eine wesentliche Verzögerung der Fertigstellung des Produkts und halten die Fertigungskosten im Rahmen des geplanten Budgets. Schrittweise entsteht so ein Digitaler Zwilling des realen Produkts als Bestandteil der »As Built Documentation«.

Anforderungen an ortsflexible Assistenzsysteme

Ortsflexible Assistenzsysteme, beispielsweise in Form eines mobilen Roboters, benötigen ein hohes Maß an Know-how, um Herausforderungen, wie die zuverlässige Navigation, die Umgebungs- und Objekterkennung sowie die situationsangepasste Aufgabenplanung und -ausführung, meistern zu können. Gleichzeitig wird die universelle Einsetzbarkeit ohne Adaptionsaufwand immer wichtiger, um derartige hochintegrierte Systeme wirtschaftlich für unterschiedliche Anwendungen einsetzen zu können. Deshalb unterscheiden sich diese zukünftigen universellen Helfer auch hinsichtlich der Programmierung der Mensch-Roboter-Interaktion und der sicheren Mensch-Roboter-Kollaboration von herkömmlichen Automatisierungslösungen.

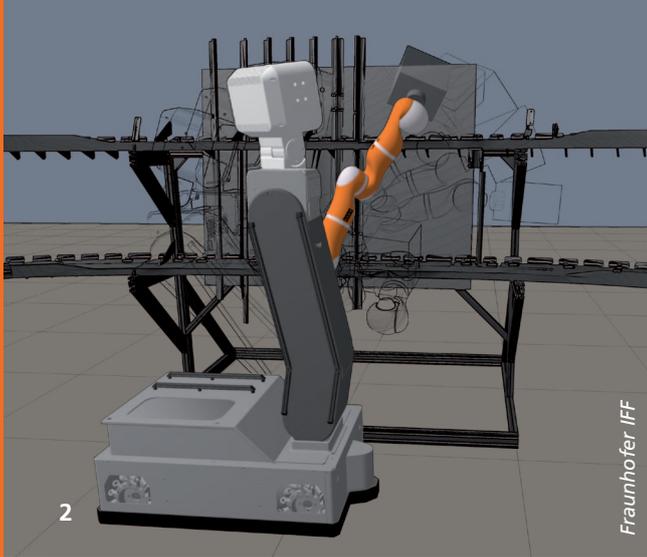
Zusammengefasst müssen ortsflexible Assistenzsysteme im Montageprozess über mehrere zentrale signifikante Fähigkeiten verfügen:

- Lokalisierung in veränderlicher Umgebung,
- modellbasierte Handlungsplanung zur Durchführung der konkreten Aufgabe,
- automatisierte Bewegungsplanung und Durchführung aller Aktionen und
- intuitive und sichere Interaktion.

1 *Live-Demonstration der Forschungsplattform für Mobile Manipulation »Annie« auf der AUTOMATICA 2016 in München.*

2 *Automatische modellbasierte Bewegungsplanung.*

3 *»Annie« bei der Zustellung des Prüfsensors und Durchführung der Inspektionsaufgabe.*



2

Fraunhofer IFF



3

Fraunhofer IFF

Für eine präzise Lokalisierung in unterschiedlichen, sich durch den Montagefortschritt verändernden Umgebungen werden kontextbezogene Teilmodelle der Prüfumgebung benötigt. Das System muss daher in der Lage sein, diese Modelle zu generieren, zu verwalten und selbstständig zu aktualisieren.

Die Assistenz- und Prüffunktionen sind auf Basis der vorliegenden CAD/CAM-Daten weitgehend automatisiert zu planen und der aktuell erfassten Umgebung bzw. des Montagefortschritts anzupassen. Dies schließt die Planung der hierfür notwendigen Bewegungen ein. Zudem ist ein anwendungsbezogenes Programmiersystem zur Verfügung zu stellen, mit dem nicht automatisiert abzuleitende Vorgaben für Prüf- und Assistenzaufgaben in kurzer Zeit auf Basis der vorliegenden Produkt- und Umgebungsinformationen umgesetzt werden können.

Eine breite Akzeptanz solcher Systeme wird nur erreicht, wenn die notwendige Interaktion mit dem Menschen intuitiv verständlich und vor allem sicher ist. Die Anforderungen des Arbeitsschutzes sind in diesem Umfeld sehr hoch und erfordern innovative Konzepte.

Entwicklung von ortsflexiblen Assistenzsystemen anhand konkreter Anwendungsbeispiele

Die Forscher des Fraunhofer IFF entwickeln praxistaugliche Lösungen für die anspruchsvollen Aufgaben solcher Assistenzsysteme. Anhand konkreter Anwendungsbeispiele werden hierdurch die Zusammenführung und Erweiterung der fachübergreifenden Kompetenzen innovative Produktionstechnologien realisiert.

Ein erstes realisiertes Szenario ist die Prüfung des Montagezustands für ein großes Flugzeugbauteil. Ein optisches Sensorsystem wird hierbei vom mobilen Roboter auf einer zum Zeitpunkt der Ausführung live geplanten Bahn zu allen prüfrelevanten Merkmalen des Bauteils geführt. Ein automa-

tisierter Vergleich der realen und der gleichzeitig am digitalen Modell aufgenommenen virtuellen Messdaten liefert schnell nachvollziehbare Ergebnisse zur Vollständigkeit der Montage des Bauteils.

Die Erweiterung und Optimierung der entwickelten Module sowie deren Einsatz in weiteren Szenarien sind Schwerpunkte der zukünftigen Arbeiten. Wechselbare Sensorsysteme verbessern dabei die Auslastung solcher Systeme, weil sie die Flexibilität des Einsatzes erhöhen. Forschungsbegleitend ist es erforderlich, Modelle zur Potenzialanalyse und zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit solcher Systeme für unterschiedliche Prüf- und Assistenzaufgaben weiterzuentwickeln.

Zusätzliche Fragestellungen ergeben sich aus der Notwendigkeit, die Assistenzsysteme entsprechend aktueller Aufgabenstellungen schnell in manuelle Montageprozesse einzubinden. Das erfordert neue Lösungsansätze zur Prozessplanung und Logistik.

Ansprechpartner

Geschäftsfeld Robotersysteme
 Dipl.-Ing. Christoph Walter
 Telefon +49 391 4090-246 | Fax +49 391 4090-93-246
christoph.walter@iff.fraunhofer.de

Geschäftsbereich Mess- und Prüftechnik
 Dipl.-Ing. Erik Trostmann
 Telefon +49 391 4090-220 | Fax +49 391 4090-93-220
erik.trostmann@iff.fraunhofer.de

HAWKSPEX® MOBILE – DAS LERNENDE (BIO-)CHEMISCHE LABOR AUF DEM SMARTPHONE

Messung (bio-)chemischer Zusammensetzungen von Objekten

Es gibt viele Anwendungen, bei denen die Beurteilung von Eigenschaften eines zu messenden Objekts auf dessen (bio-)chemischer Zusammensetzung mit Hilfe einer sogenannten Inhaltsstoffkamera beruht und damit über die Erfassung von Größe, Form, Farbe, Textur, usw. hinausgeht. Dazu zählen z. B. die Zustandserfassung von Lebensmitteln im Hinblick auf Frische oder Unbehandeltheit, die verschleierte Nachbesserung von Autolacken nach Unfallschäden oder auch das Erkennen von Fälschungen bei Dokumenten, Medikamenten oder hochwertigen Textilien. In »professionellen« Anwendungen findet hierfür häufig hyperspektrale Bildgebung mit speziellen Hyperspektralkameras Anwendung.

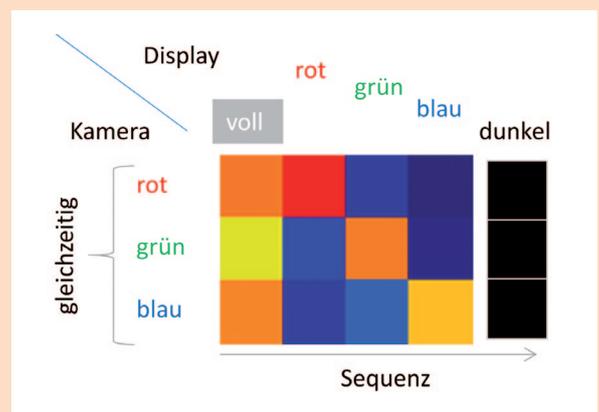
Nutzung von Smartphones als Inhaltsstoffkamera zur spektralen Untersuchung von Objekten

Moderne Smartphones sind heute weit verbreitet. Ihre Verwendungsmöglichkeiten über die reinen Kommunikationsanwendungen hinaus ist für viele Nutzer eine wesentliche Eigenschaft. Eine ganze Gruppe dieser zusätzlichen Eigenschaften kann heute schon als preiswerte, leicht bedienbare und ständig verfügbare Mess- und Überwachungsgeräte genutzt werden. Dabei spielen die integrierten Sensoren, wie Kameras, GPS und Gyroskop, eine entscheidende Rolle.

Die in Smartphones verbauten Kameras mit ihren dreikanaligen Farbsensoren (rot, grün, blau) lassen sich nicht direkt als Inhaltsstoffkameras einsetzen. Am Markt erhältliche Zusatzgeräte mit vorgesetzten dispergierenden Elementen beeinflussen die Handlichkeit und senken die Akzeptanz beim Benutzer.

Die hier vorgestellte neue Lösung geht einen verblüffend einfachen und vollständig anderen Weg. Die zur Umsetzung hyperspektraler Kameraeigenschaften grundsätzlich erforderliche Aufteilung des Lichts in schmalbandige spektrale Kanäle erfolgt durch eine Kombination von steuerbarer Beleuchtung und Farbkamera. Hierzu wird das Display des Smartphones schnell hintereinander auf seiner gesamten Fläche auf eine Sequenz verschiedener Farben geschaltet und synchron dazu werden Bildaufnahmen mit der Frontkamera durchgeführt. Diese misst das vom definiert beleuchteten Messobjekt reflektierte Licht. Über die Sequenz der Beleuchtungsfarben,

Erzeugung eines spektralen Fingerabdrucks.



Vergleichsmessung von Autolack an verschiedenen Stellen des Fahrzeugs.



die entsprechend dem konkreten Anwendungsszenario in Farbe und Anzahl parametrisiert werden können, entsteht in wenigen Hundert Millisekunden das Hyperspektralbild. Eine App, eine dafür speziell entwickelte Software, ermöglicht die Nutzerinteraktion, steuert die synchrone Beleuchtung/Bildaufnahme und stellt die Verbindung zu einer spektralen Anwendungsdatenbank her, die sukzessive durch die Nutzer im Hinblick auf ganz unterschiedliche Anwendungen nach dem Wikipedia-Prinzip erweitert werden kann.

Vielversprechende Realisierung von Pilotanwendungen

Die wissenschaftliche Aufarbeitung des hier zugrunde liegenden physikalischen Messprinzips sowie die Anwendung des umfangreichen Know-hows des Fraunhofer IFF zur Erstellung speziell angepasster mathematischer Kalibrationsmodelle zur Überführung der Rohspektren in anwendungsrelevante Informationen bildete die Grundlage der Forschungsarbeiten. Diese wurden ergänzt durch systematische Untersuchungen über geräte- bzw. herstellereinspezifische Variationen der relevanten Komponenten.

Mit einer Reihe daraus resultierender Pilotanwendungen, jeweils bestehend aus Smartphone und App, konnte die Funktionsfähigkeit dieses Ansatzes nachgewiesen werden.

Nutzen

Es sind verschiedene Nutzungsmöglichkeiten denkbar. Einerseits ist die Technologie als individuelle App für Unternehmen mit Nutzung unter deren Namen für spezielle Anwendungen geeignet, z. B. zur internen Verwendung als Tool für die Belegschaft und/oder zur externen Nutzung durch deren Kunden. Andererseits ist die Nutzung als universelle App über die entsprechenden App-Stores für Endverbraucher möglich. Hierbei wird die Nutzung der App von vielen verschiedenen Nutzergruppen zur Entwicklung unterschiedlichster spezieller

Anwendungsfälle nach dem Wikipedia-Prinzip führen. Diese werden die Forscher des Fraunhofer IFF dann zum Teil mit den eigenen Kapazitäten oder gemeinsam mit kompetenten Partnern aufgreifen und zur Nutzung weiterentwickeln.

Die am Fraunhofer IFF entwickelte Technologie wurde 2016 durch die Fraunhofer-Gesellschaft zum Patent angemeldet. Ziel ist es, dass die App »HawkSpex® mobile« Ende 2017 den Markt erobern wird.

Ansprechpartner

Kompetenzfeld Biosystems Engineering

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

Dr.-Ing. Andreas Herzog
Telefon +49 391 4090-767 | Fax +49 391 4090-93-767
Andreas.Herzog@iff.fraunhofer.de

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

Förderung

Das Projekt wurde aus Mitteln des Fraunhofer-internen Programms DISCOVER finanziert.



AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS RESSOURCENEFFIZIENTE PRODUKTION UND LOGISTIK

Um die Nachhaltigkeit 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 energieeffizienter zu planen und zu betreiben, Transporte zu reduzieren und intelligente Energiekaskaden in der Produktion einzuführen. Für geschlossene Energie- und Stoffkreisläufe konzipieren seine Forscher 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



EIN SYSTEM ZUR AUTOMATISCHEN IDENTIFIKATION VON WÄSCHE IN CONTAINERN

Herausforderungen, denen sich Großwäschereien täglich stellen müssen

Textilpflegeunternehmen sind heute mehr als Wäschereien. Im Rahmen eines Textilservice realisieren sie für ihre Kunden, wie Krankenhäuser und Hotels, die bedarfsgerechte Versorgung mit Wäsche für unterschiedliche Produktgruppen. Neben der Waschleistung liegt oft auch die Beschaffung, Lagerung, Verteilung und Bestandsverwaltung in der Verantwortung der Textilpflegeunternehmen.

Durch unterschiedliche Kunden, Abrechnungs- und Geschäftsmodelle ist die Produktvielfalt der Wäschereien sehr hoch und die Steuerung der Produktion hoch komplex. Wäschereien als Dienstleistungsunternehmen bewegen sich in einem schwierigen und preissensiblen Umfeld. Die Kunden akzeptieren keine Einschränkungen in den Serviceleistungen, sie erwarten vielmehr immer mehr Leistungen zu geringeren Preisen.

Um diesem Kostendruck standhalten zu können, müssen die Prozesse in der Wäscherei effizienter und effektiver gestaltet werden. Lösungsstrategien dafür sind die Automatisierung sowie die intelligente und informationsbehaftete Ausgestaltung der Prozesse innerhalb der Wäschereien. Eine große Herausforderung hierbei ist das kaum zu prognostizierende Aufkommen an Schmutzwäscheanlieferungen durch die Kunden, da dieses stark nutzungsabhängig ist und saisonalen Schwankungen unterliegt. Im Wareneingang liegen demzufolge nur wenig Informationen über den tatsächlichen Bestand an Schmutzwäsche und noch weniger über die Verteilung auf verschiedene Sortimente, wie Mangel- oder Frottiertwäsche, vor. Hier wird ein großes Verbesserungspotenzial vermutet.

Verbesserung der Produktions- und Logistikprozesse in Großwäschereien

Mit Hilfe des Projekts LARS (Laundry Automatic Receiving System), das sich in den Themenbereich der Gesundheitsförderung und intelligenten Logistik einordnet, sollten die Produktions- und Logistikprozesse innerhalb einer Großwäscherei verbessert werden. Das Hauptziel bestand in der Entwicklung und Erprobung eines vollautomatisch arbeitenden Vereinnahmungssystems für Schmutzwäsche im Wareneingangsbereich industrieller Großwäschereien. Neben technischen Komponenten sollten Werkzeuge für eine auf Kundenbedarfe und hohe Effizienz ausgerichtete Produktionsplanung und -steuerung entwickelt werden. Dabei waren prozesstechnische Anforderungen hinsichtlich eines hohen täglichen Materialdurchsatzes und vor allem hygienische Verordnungen nach dem RABC Standard und nach dem RAL-GZ 992/2 Zertifikat zu berücksichtigen. Der Schwerpunkt des Teilprojekts des Fraunhofer IFF bestand in der Entwicklung der Vereinnahmungseinheit als Schlüsselkomponente des Gesamtsystems.

Dem neu entwickelten RFID-Gate entgeht kein Wäschestück

Im Projekt entwickelten die Projektpartner ein neuartiges RFID-Gate als Vereinnahmungseinheit für die Erfassung der Schmutzwäsche. Die runde Ausführung der Seitenwände

- 1 Eine mit RFID-Transpondern und umfahrenden Antennen ausgestattete Vereinnahmungseinheit für Schmutzwäsche in industriellen Großwäschereien.
- 2 Das Gesamtsystem LARS, das als Pilotanlage beim Projektpartner PFAHL Systemtechnik installiert ist.



trägt zur Erhöhung der Leseraten der installierten UHF-RFID-Transponder bei, da durch die spezielle Form Reflexionen elektromagnetischer Wellen gezielt auf den Containerinhalt gelenkt werden. Eine weitere Verbesserung beim Erfassen der Schmutzwäsche im Container wird durch eine zusätzliche Bewegung der RFID-Antennen um den Wäschecontainer erreicht.

Zur Bewegung von Antennen und Abschirmelementen wird nur ein Antrieb benötigt. Das System ist damit robust, instandhaltungsfreundlich und energieeffizient. Die Vereinnahmungseinheit wurde als Prototyp gebaut und in das Gesamtsystem LARS integriert.

Informelle Datenanbindungen bestehen zum Warenwirtschaftssystem und zu einem Algorithmus zur Optimierung der Vergabe von Abstellplätzen im Wareneingangslager. Sofort nach Anlieferung wird der Bestand an Schmutzwäsche aktualisiert und im Abgleich mit den Kundenanforderungen eine optimierte Waschauftragsreihenfolge gebildet.

Effektive Zusammenarbeit im Projekt LARS

Die Projektpartner Provitec GmbH, Quadus GmbH und die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg lieferten wichtige Informationen für die Gestaltung des Wareneingangslagers und zur Dimensionierung des Vereinnahmungssystems. Sie erarbeiteten darüber hinaus Lösungen zur informationstechnischen Einbindung des Systems in den Wäschereiprozess.

Die PFAHL Systemtechnik GmbH und das Fraunhofer IFF waren verantwortlich für die funktionelle Auslegung, Konstruktion und Realisierung des automatischen Vereinnahmungssystems in seiner Gesamtheit und entwickelten einzelne technische Komponenten für die Funktionserfüllung.

Das Entwicklungsprojekt LARS wurde als FuE-Kooperationsprojekt Ende 2016 abgeschlossen. Ergebnis ist der funktionsfähige Prototyp eines vollautomatischen Vereinnahmungs-

systems für Schmutzwäsche. Zahlreiche Unternehmen der Textilpflegebranche haben bereits Interesse an dessen Einsatz angemeldet. Der Prototyp dient auch als Entwicklungs- und Erprobungsplattform für AutoID-Technologien und kundenspezifische Anpassungen.

Projektpartner

PFAHL Systemtechnik GmbH, Gera; Provitec GmbH, Neuenstadt am Kocher; Quadus GmbH, Ribnitz-Damgarten; Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

Ansprechpartner

Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme
 Dr.-Ing. Frank Ryll
 Telefon +49 391 4090-413 | Fax +49 391 4090-93-413
 frank.ryll@iff.fraunhofer.de

Geschäftsfeld Virtual Engineering
 Dipl.-Ing. Christian Lüdigg
 Telefon +49 391 4090-294 | Fax +49 391 4090-93-294
 christian.luedigk@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »LARS – Laundry Automatic Receiving System« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) finanziert. (Förderkennzeichen 16KN040627)

Gefördert durch:



EFFIZIENTER WARENUMSCHLAG MIT RFID ZWISCHEN LIEFERANTEN UND KUNDEN

Eine Unternehmensgruppe ist aktiv, um sich für Industrie 4.0 fit zu machen

Im Zuge der Entwicklungen und Diskussionen über Industrie 4.0 hat der Automobilzulieferer MAHLE im Jahr 2016 ein konzernweites Innovationsprogramm gestartet. Das Werk am Standort Kirchberg konnte sich darin erfolgreich mit dem Projekt einer Pilotanwendung zum RFID-basierten Wareneingang positionieren.

Vorausgegangen ist der Idee zum Pilotprojekt ein vom Fraunhofer IFF durchgeführter Workshop im MAHLE-Werk in Kirchberg, in dessen Rahmen die internen Logistikprozesse analysiert und bzgl. der Einsatzpotenziale für die RFID-Technologie bewertet wurden. Dabei wurde insbesondere die Effizienzsteigerung beim Wareneingangsprozess durch den Einsatz RFID-markierter Umlaufbehälter, in denen Teile von Lieferanten angeliefert werden, als zentrales Optimierungspotenzial identifiziert. Mittels RFID-Erfassung kann die Kontrolle und Buchung der Wareneingänge deutlich schneller und sicherer durchgeführt werden als auf Basis der bisherigen manuellen papierbasierten Prozesse.

Innerhalb der MAHLE-Gruppe hat der Standort Kirchberg den Zuschlag erhalten, die Pilotanwendung zum RFID-basierten Wareneingang umzusetzen. Das Fraunhofer IFF unterstützt das MAHLE-Team dabei sowohl auf konzeptioneller als auch auf technischer Ebene.

Umsetzung des materialflusstechnischen Konzepts in einer Pilotanwendung mit einem realen Kunden

Basierend auf den Ergebnissen des ersten Workshops und der durchgeführten Prozessanalyse wurde zusammen mit dem MAHLE-Team ein materialflusstechnisches Grobkonzept für den RFID-Einsatz am Standort entwickelt. In diesem wurden sowohl RFID-basierte Prozesse im Wareneingang in Verbindung mit entsprechenden Teilprozessen bei Lieferanten als auch weiterführende standortinterne Logistikprozesse konzipiert. Daneben hat MAHLE intern ein IT-Konzept entwickelt, um die durch den RFID-Einsatz verfügbaren Daten und Prozessinformationen in das vorhandene SAP-System einbinden zu können. Dadurch wird sichergestellt, dass die RFID-Anwendungen direkt in den produktiven Einsatz überführt werden können, wenn die Pilotphase erfolgreich abgeschlossen wird.

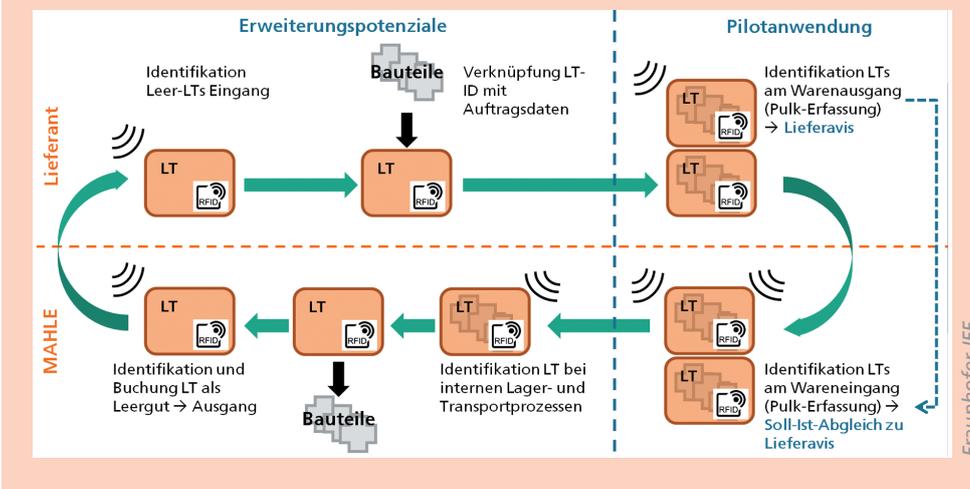
Innerhalb der Pilotanwendung wird ein definierter Behälterpool, der für die Transporte zwischen dem MAHLE-Standort Kirchberg und zunächst einem Lieferanten genutzt wird, mit RFID-Transpondern ausgestattet. Den Normen des Verbands der Automobilindustrie e. V. (VDA) folgend, ist der einzelne Ladungsträger dabei mit jeweils zwei Transpondern mit gleicher Identifikationsnummer ausgestattet.

In der ersten Pilotphase werden die Behälter im Warenausgang des Lieferanten gescannt, sodass automatisch ein elektronisches Lieferavis generiert wird. Im Wareneingang am Standort Kirchberg werden die auf Paletten angelieferten Behälter automatisch bei der Durchfahrt mit dem Gabelstapler in einem vom Fraunhofer IFF entwickelten RFID-Gate im Pulk erfasst.

Das RFID-Gate erfasst alle RFID-Transponder im Pulk.



Transparenz über die gesamte unternehmensübergreifende Lieferkette durch RFID.



Dort erfolgt auch der automatische Abgleich, ob die angelieferten Behälter-Nummern den im Avis übertragenen Behälternummern entsprechen. Ist der Wareneingang erfolgreich erfasst, so ist für die Erweiterung des RFID-Piloten in den nachfolgenden Schritten auch die RFID-Erfassung der Lagerplätze durch die Gabelstapler bei der Ein- und Auslagerung sowie in den Werks-internen Transportprozessen geplant.

tiger Schritt. Damit wird die Grundlage geschaffen, um in der gesamten Gruppe und ihrem Lieferantennetzwerk die Vorteile der RFID-Technologie nutzen zu können. Neben den MAHLE-internen Effizienzpotenzialen bringt der RFID-Einsatz somit auch Vorteile für die Lieferanten und Kunden von MAHLE sowie für die Transparenz über die gesamte unternehmensübergreifende Lieferkette.

Schrittweise Skalierung der Pilotanwendung auf weitere Standorte

Bei erfolgreichem Verlauf der Pilotanwendung werden die Erfahrungen und entwickelten Lösungen auch anderen MAHLE-Standorten zur Verfügung gestellt. Schon jetzt läuft parallel in einem weiteren Werk eine Pilotanwendung zur RFID-Erfassung in Intralogistikprozessen. Die Erfahrungen aus beiden Pilotanwendungen werden sich ergänzen.

Für die Nutzung RFID-getaggtter Behälter im gesamten MAHLE-Konzern wäre die Schaffung eines einheitlichen und komplett mit RFID ausgestatteten Behälter-Pools ein folgerich-

Projektpartner

MAHLE Behr Kirchberg GmbH, Kirchberg

Ansprechpartner

Kompetenzfeld Materialflusstechnik und -systeme
Dipl.-Wirt.-Ing. Olaf Poenicke
Telefon +49 391 4090-337 | Fax +49 391 4090-93-337
olaf.poenicke@iff.fraunhofer.de

ERFORSCHEN VON BUILDING INFORMATION MODELING BEFÄHIGT FÜR INDUSTRIE 4.0

BIM – Building Information Modeling

BIM ist der integrierte Prozess des Planens, Bauens und Bewirtschaftens, unterstützt durch ein konsistentes und allen zugängliches digitales Bauwerksmodell, das alle geometrischen und beschreibenden Informationen bauteilorientiert integriert. Dazu gehören neben der dreidimensionalen Geometrie der Bauteile vor allem auch nicht-geometrische Zusatzinformationen, wie Typ, technische Eigenschaften oder Kosten. Dies ermöglicht den vermehrten Einsatz von Virtual-Reality-Technologien zur interaktiven Bauwerksbegehung und Variantenplanung. Ziel ist es, den Nutzer über Visualisierungs- und direkte Interaktionstechnologien zu befähigen, Bauwerkselemente bzw. deren Eigenschaften in VR-Umgebungen interaktiv zu beeinflussen, wobei automatisch die resultierenden Folgewirkungen auf die Bauspezifikation in Echtzeit ermittelt werden.

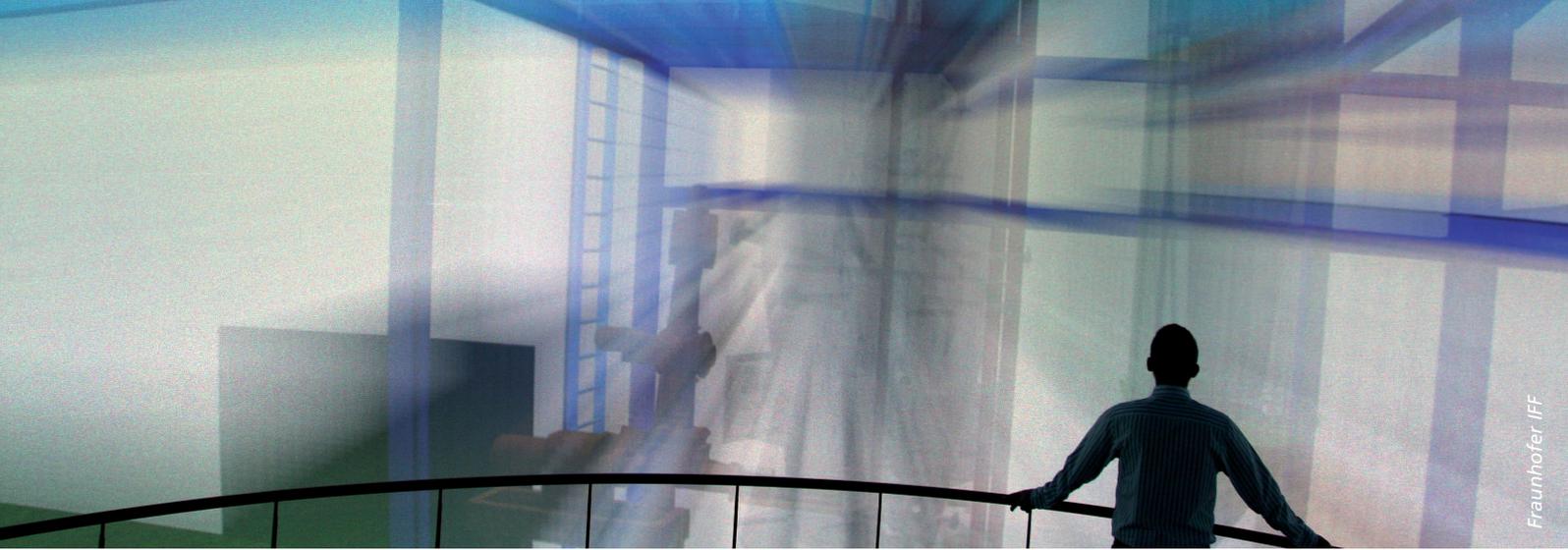
Da die zeiteffiziente Realisierbarkeit dieser Vorgehensweise in starkem Maße von der Qualität des BIM-Datensatzes abhängt, widmen sich zahlreiche ISO-, CEN-, DIN- und VDI-Arbeitsgruppen der genauen Definition von BIM und den Attributen der Daten. Zudem gibt es derzeit in Deutschland im Wesentlichen zwei große Organisationen, die sich dem Thema BIM-Standard widmen. Das ist der Building Smart e. V. Chapter Germany, der den internationalen Datenaustausch-Standard IFC (Industry Foundation Class) vorantreibt. Des Weiteren hat die Planen Bauen 4.0 GmbH, unterstützt durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), den BIM-Stufenplan für Deutschland entworfen und eine interministerielle Arbeitsgruppe der drei Bundesministerien BMVI, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gebildet, um den Stufenplan nicht nur für öffentliche Infrastrukturprojekte bindend zu gestalten.

Erforschung von Datenstandards für BIM

Gemeinsam mit diesen Akteuren ist das Fraunhofer IFF aufgefordert, einen Förderantrag »DiggIT – ein BIM-Kompetenzzentrum für den Mittelstand in Deutschland« einzureichen. Hier wird das Fraunhofer IFF für die Region Ost zuständig sein und dabei seine Fabrikplanungskompetenzen ebenso wie die neuartige Virtual-Reality-Infrastruktur des »Elbedome 2.0« zu Entwicklungs- und Präsentationszwecken einbringen. Ziel ist es, Standards zur Umsetzung der BIM-Methode zu entwickeln, denn das durchgängige Arbeiten an gemeinsamen digitalen Modellen setzt voraus, dass ein Datenaustausch aus unterschiedlichsten Quellen in beliebigem Umfang und eine Kontrolle über die Datenqualität möglich sind. Dies ist vor allem in großen Projekten mit vielen kleinen Unternehmen schwierig, da jeder mit seiner Software inkl. der Dateiformate arbeitet. Der IFC-Standard z. B. ist hier nur bedingt geeignet, weil individuell angelegte Attribute zwar exportiert werden, aber beim Import in eine weitere Software verloren gehen. In privaten Projekten wird daher die closed BIM-Methode bevorzugt. Ausschreibungen enthalten jedoch meist Festlegungen, welche Software im Projekt zu nutzen ist. Das schließt dann die Unternehmen aus, die eine andere Software verwenden.

Da für öffentliche Projekte diese Vorgehensweise ohnehin nicht zulässig ist, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts »BAU ZEIT« eine Kollaborationsplattform entwickelt. Auf dieser kann jedes beliebige Datenformat abgelegt und ausgetauscht werden. Derzeit können MS Project- bzw. Excel-Dateien, Kalendereinträge, allgemeine XML-Formate sowie

Der Elbedome 2.0 des Fraunhofer IFF steht KMU für Präsentations- und Testzwecke ihrer Produkte zur Verfügung.



GAEB-Dateien verarbeitet werden. In Form von Tabellen lassen sich die Informationen über eine Webanwendung tabellarisch anzeigen. Die Informationen können dort gezielt gefiltert und halbautomatisch verknüpft werden. Weitergehend wurde das Konzept zur textuellen Erkennung von Zugehörigkeiten verbessert. Um IFC-Modelle anzeigen und verarbeiten zu können, wurde der Open-Source-BIM-Server als Webservice in die Webanwendung integriert. Ein 3D-Viewer komplettiert die Plattform, mit der das Fraunhofer IFF als »BIM-Befähiger« agieren kann, um insbesondere kleine und mittlere Unternehmen bei der Mitarbeit an großen Projekten zu unterstützen, ohne neue Software anschaffen und erlernen zu müssen.

Ein weiterer Schritt zur Umsetzung in die Praxis

Notwendig sind aber auch Schnittstellen zu sehr frühen Planungsprozessen. BIM fängt in der Vorstellung vieler Planer an, wenn ein 3D-Modell entwickelt wurde. Doch das 3D-Modell benötigt eine Grundlage, z. B. das »Digitale Raumbuch«. In einem weiteren Projekt »BIMiFhG« entsteht ein IT-Konzept, das sicher durch die Sammlung aller Objektanforderungen navigiert und einen Pool an Musterräumen anbietet. Die Bauherrenseite kann aus diesen Daten Auszüge generieren, die alle relevanten Informationen für Planer (z. B. Leistungsverzeichnisse) oder für Geldgeber (z. B. Kostenübersicht) enthalten. Zudem werden alle nach BIM geplanten Objekte in einen Informationspool bilden, um neue Projekte schneller und sicherer kalkulieren zu können (z. B. auf der Grundlage der Kennzahlen von Euro/Nutzflächenart).

BIM stellt wichtige Weichen für Industrie 4.0

Es gibt Bereiche, die schon länger nach einem integrativen Ansatz planen, wie z. B. der Anlagenbau und der Hochbau, wenn es um Präfabrikation (Holzbau, Containerbau) geht. Hier gibt es bereits zahlreiche Schnittstellen, die das Fraunhofer IFF ebenfalls nutzen wird. Besonders interessant wird der »digitale Zwilling«, wenn er in die Betriebsphase als built übernommen

werden kann. Hier gilt es beispielsweise, über vereinfachte Instandhaltung einen erweiterten Nutzen zu generieren. Dadurch bleibt der digitale Zwilling am Leben, denn nur die Informationen, die einen Nutzen generieren, werden über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes hinaus gepflegt. Damit ist BIM auch Grundlage für Industrie 4.0, denn Anlagen, Gebäude, die Infrastruktur und Produkte existieren real und digital. Neue Produkte kommen so schneller auf den Markt, da Produktionskosten für verschiedene Varianten genauer abgeschätzt werden können. Auch Umbauten können vorher sicherer virtuell geplant werden.

Projektpartner

Complevo GmbH, Berlin

Ansprechpartner

Logistik- und Fabrikssysteme
Dipl.-Math. Stefanie Kabelitz
Telefon +49 391 4090-124 | Fax +49 391 4090-93-124
stefanie.kabelitz@iff.fraunhofer.de

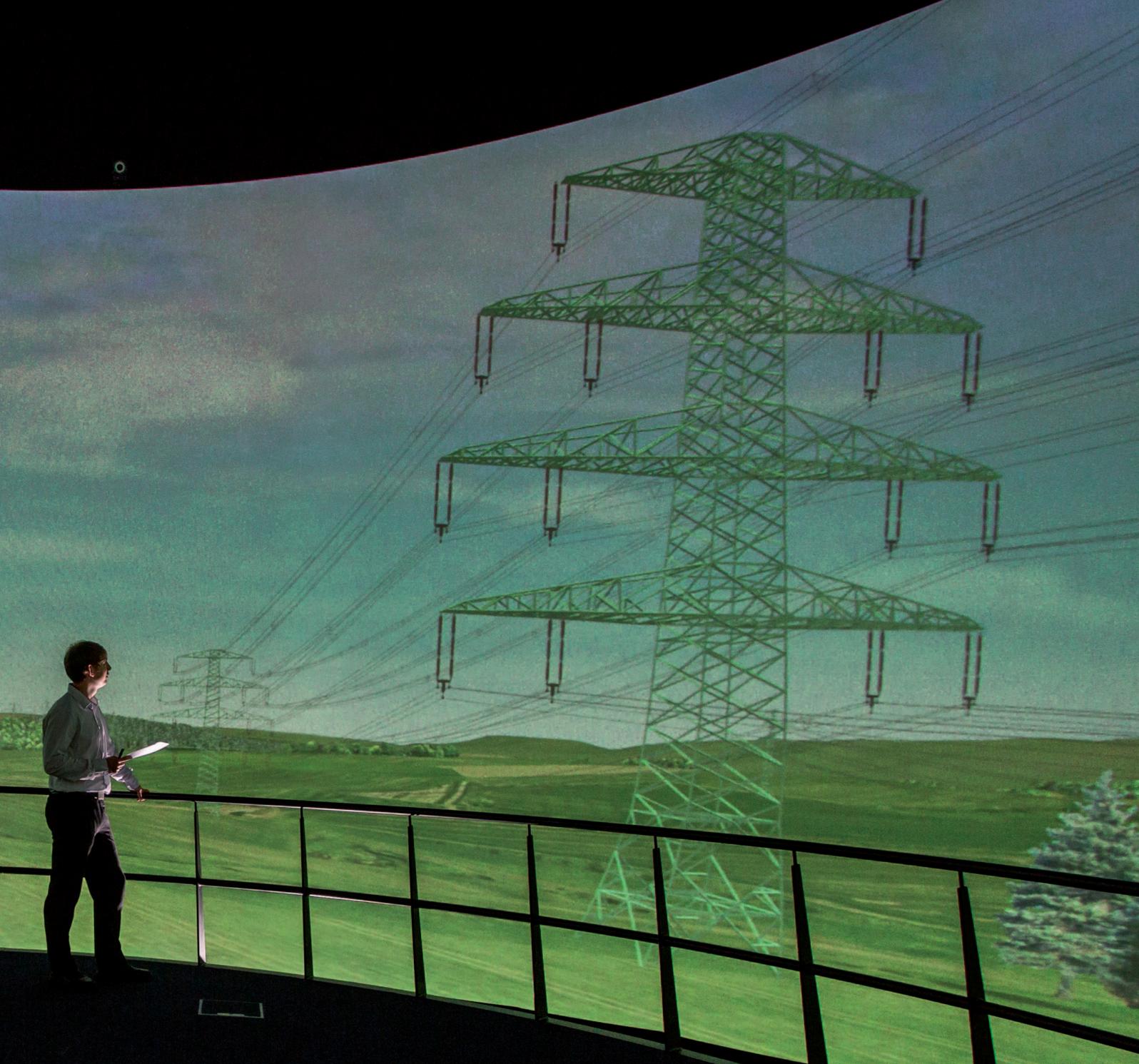
Konvergente Infrastrukturen
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Höpfner
Telefon +49 391 4090-116 | Fax +49 391 4090-774
andreas.hoepfner@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »BAU ZEIT« wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert. (Förderkennzeichen 01J515006B)







AUSGEWÄHLTE PROJEKTBERICHTE DES FORSCHUNGSFELDS **KONVERGENTE VERSORGENGS- INFRASTRUKTUREN**

Für eine zukunftsfähige Energieversorgung hat in Deutschland der Umstieg auf regenerative Energieträger begonnen. Damit gehen die Entwicklung neuer Speichertechnologien und der Aufbau intelligenter Energieversorgungsnetze einher. 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.



PHOSPHORREICHE RESTSTOFFE THERMISCH BEHANDELN UND AUFKONZENTRIEREN

Rechtzeitige Erforschung von Verfahren zur Verbrennung von Klärschlamm

Die nachhaltige und zugleich ertragreiche Landwirtschaft ist maßgeblich von einer ausreichenden Nährstoffversorgung der Flächen abhängig. Phosphor ist essenziell für jedes tierische und pflanzliche Wachstum und oft der limitierende Faktor für höhere Felderträge. Momentan werden zur Deckung des Phosphorbedarfs Industriedünger und organische Reststoffe, wie Gärreststoffe, Gülle und Klärschlämme, eingesetzt, woraus sich zwei wesentliche Problemstellungen ergeben.

Einerseits müssen zur Herstellung von Industriedüngern zunehmend Rohphosphate aus minderwertigen Quellen genutzt werden, die häufig mit Uran und Cadmium belastet sind und sich zudem fast ausschließlich in derzeit politisch instabilen Staaten finden lassen. Andererseits hat die jahrzehntelange intensive Düngung mit organischen Reststoffen zur Erhöhung der Nitratkonzentrationen in Grundwasser und Böden geführt. Vor allem in Deutschland wird diese Düngepraxis zunehmend zu einem Problem. So veranlasste die EU Deutschland, die nationale Gesetzgebung zu novellieren und die landwirtschaftliche Verbringung von Klärschlamm einzuschränken bzw. ab 2025 für größere und mittlere Kläranlagen sogar ganz zu verbieten.

Als einziger Entsorgungsweg für die jährlich mit 1,9 Millionen Tonnen anfallenden Klärschlammmengen wird dann die Verbrennung vorgeschrieben sein, wofür eine entsprechende thermische Beseitigungskapazität bis 2025 installiert sein muss. Da Klärschlamm im Rohzustand aufgrund des hohen Wassergehalts nicht brennbar ist, muss er entweder thermisch getrocknet werden oder mit einem weiteren (phosphorhaltigen) Brennstoff zusammen verbrannt werden.

Forschung zur Erschließung eines zukunftssträchtigen Reststoffsektors

Die KOHLBACH Holding GmbH möchte sich mittelfristig dem zukunftssträchtigen Reststoffsektor der Klärschlammverbrennung erschließen und entsprechende dezentrale Anlagenlösungen auf Basis der Wirbelschichttechnologie installieren. An die zu entwickelnden Verbrennungskonzepte werden neben einer wirtschaftlichen Betriebsweise weitere anspruchsvolle Anforderungen gestellt. Sie sollen energieautark, emissionsarm und CO₂-neutral funktionieren und darüber hinausgehend Verbrennungsaschen produzieren, die beste Voraussetzungen für ein nachgeschaltetes Phosphorrecycling bieten. Um die zur Anlagenentwicklung notwendige Datengrundlage zu schaffen, wurde das Fraunhofer IFF beauftragt, eine umfassende Machbarkeitsstudie zur Co-Verbrennung von phosphorreichen Reststoffen durchzuführen.

Tiermehl erfüllt mit einem Heizwert von mehr als 18 MJ/kg und einem Phosphorgehalt von 2 – 4 Ma.-Prozent die benötigten Eigenschaften zur Co-Verbrennung mit entwässertem Klärschlamm. Im Projektverlauf wurden die beiden Reststoffe deshalb sowohl einzeln als auch in diversen Mischungen in der stationären Wirbelschicht verbrannt. Die Bewertungsmethodik zur Identifizierung der optimalen Mischungsverhältnisse erfolgte jeweils unter den Gesichtspunkten der erreichbaren Schad-

- 1 *Wirbelschicht-Technikumsanlage des Fraunhofer IFF.*
- 2 *Fleisch- und Knochenmehlprobe.*
- 3 *Klärschlammprobe.*



gasemissionen, der Energieautarkie des Konversionsprozesses sowie des Rücklösevermögens des in den Verbrennungaschen enthaltenen Phosphors.

Die Ergebnisse der experimentellen Studien sind Grundlage für die Konzeption einer Anlagenbaureihe

In den experimentellen Studien wurde ermittelt, wie sich die jeweiligen Mischungsverhältnisse auf die Schadgasentstehung auswirken und jene Verhältnisse identifiziert, die eine emissionskonforme Verbrennung ohne zusätzliche Rauchgasbehandlung ermöglichen. Zudem konnte aufgezeigt werden, dass entwässerter Klärschlamm im Vergleich zu getrocknetem bestimmte Inhaltsstoffe enthält, die bei der Verbrennung auf die Schadgasentstehung positiv Einfluss nehmen.

Zur Bewertung der Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors wurden die Aschen mit natürlichen Lösungsmitteln versetzt und der gelöste Phosphoranteil gemessen. Dabei konnte insgesamt eine Pflanzenverfügbarkeit nachgewiesen werden und es ließ sich zudem aufzeigen, dass die Art der Klärschlammfällung das Phosphor-Rücklösevermögen beeinflusst.

Es wurde der experimentelle Nachweis erbracht, dass ein energieautarker Verbrennungsprozess des Klärschlammes durch Beimischung von Tiermehl erreicht werden kann. Da der Gesamtprozess ohne zusätzliche Energie auskommt, muss der Klärschlamm nun nicht mehr vorgetrocknet werden, was die Entsorgungskosten zusätzlich verringert. Die entwickelten Co-Verbrennungskonzepte ermöglichen es theoretisch, bis zu 40 Prozent der Rohphosphatimporte zu substituieren.

Durch die positiven Projektergebnisse motiviert, wird der Projektpartner die Zusammenarbeit mit den Forschern des Fraunhofer IFF intensivieren und in naher Zukunft die Entwicklung einer ganzen Anlagenbaureihe für dezentrale Anwendungszwecke im Leistungsbereich von 3 bis 12 Megawatt abschließen. Das Fraunhofer IFF wird dabei die Auslegung

und Konzeption der Feuerungs- und Kesselmodule erarbeiten und darüber hinaus die zukünftigen Anlagenbetreiber bei der Verbesserung der Vermarktungsmöglichkeiten der phosphorreichen Aschen unterstützen.

Projektpartner

KBT Bioenergie Technologie GmbH, Magdeburg; KOHLBACH Holding GmbH, Wolfsberg, Österreich

Ansprechpartner

Konvergente Infrastrukturen
 Patric Heidecke M. Sc.
 Telefon +49 391 4090-343 | Fax +49 391 4090-93-343
patric.heidecke@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »Untersuchung der Co-Verbrennung von Tiermehl und Klärschlamm für geschlossene Phosphorkreisläufe« wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert. (Förderkennzeichen WTT 52/15)





ÖKOLOGISCH UNBEDENKLICHE BRUNNEN- REINIGUNG DURCH KAVITATION

Unbefriedigende Verfahren zur Reinigung von Brunnen

Das Betreiben von Brunnen für Trinkwasser und die Förderung technischer Wasser, beispielsweise bei der Grundwasserabsenkung in Baugruben und Tagebauen, ist nur über einen begrenzten Zeitraum möglich, da die Brunnen im Laufe der Zeit durch Alterung ständig an Leistung verlieren. Die Hauptverursacher sind Eisenbakterien, die zu einer chemischen und biologischen Verockerung führen. Deren teilweise säureresistente Ausscheidungsprodukte führen zu Verschmutzungen der Schlitzfilterbrücken bzw. Edelstahlwickeldrahtfilter, welche regelmäßig zur Wiedererlangung der Leistungsfähigkeit gereinigt werden müssen. Die derzeit genutzten Reinigungsverfahren mit rotierenden Bürsten zur Rohrrinnenreinigung oder Druckimpulsverfahren zum Freispülen bzw. -drücken erreichen eine nur unbefriedigende Reinigung. Verfahren mit Säure oder anderen Chemikalien wären zwar effektiver, sind aber ökologisch problematischer. Aufgrund der ungenügenden Reinigungsmöglichkeiten müssen die verockerten Brunnen deshalb aufwendig überbohrt werden, was mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

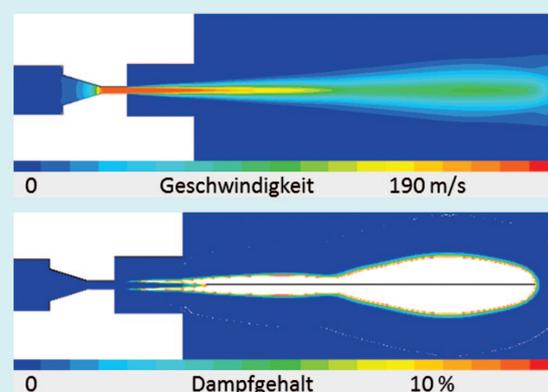
Entwicklung eines effektiven und ökologisch unbedenklichen Brunnenreinigungsverfahrens

Zur effektiven und ökologisch unbedenklichen Reinigung von Brunnen wurde ein neuartiges Reinigungsverfahren für Brunnendurchmesser von 80 bis 300 mm nach dem technologischen Prinzip der hydrodynamischen Kavitation entwickelt. Damit lässt sich sowohl die Schlitzfilterbrücke als auch die angrenzende Kiesschicht von Inkrustationen ohne chemische Mittel befreien, ohne das Grundwasser zu verunreinigen.

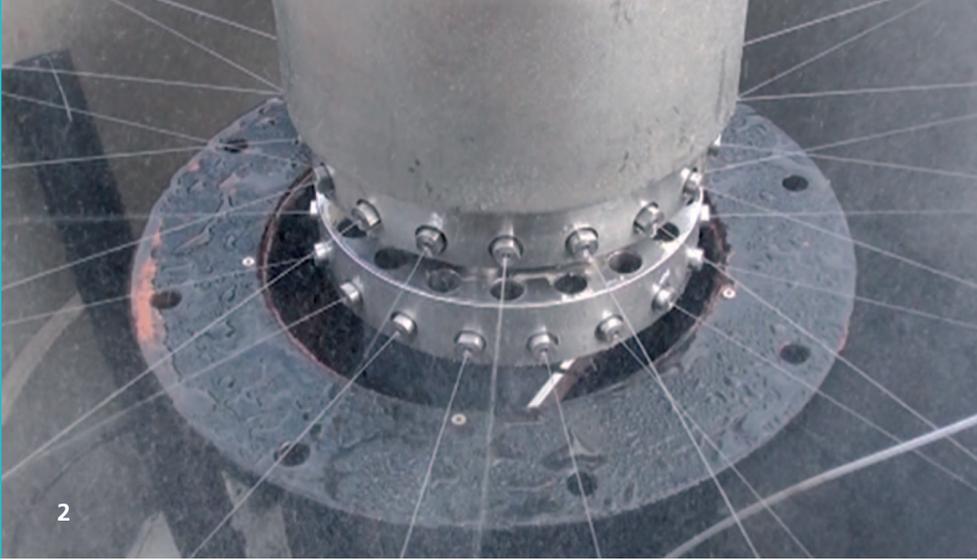
Zur Erzeugung der Kavitation strömt Wasser unter hohem Druck durch eine speziell gestaltete Düse, in der durch Strömungsablösung ein Unterdruck erzeugt wird. Durch diesen Unterdruck verdampft das Wasser und die Dampfblasen werden mit hoher Geschwindigkeit auf die Brunnenwand gerichtet. Der dort vorherrschende höhere Druck führt zu einem schlagartigen Kollaps der Dampfblasen, lokal begrenzt starke Druckwellen und große Temperaturspitzen sind die Folgen. Diese Druckwellen bewirken die erosive Abtragung der Inkrustationen.

Für die geometrische Auslegung der Spezialdüsen und die Bestimmung der optimalen Düsenparameter, wie Abmessung, Anstrahlwinkel, Düsenabstand usw., wurden neben

Simulation des Kavitationsstrahls für Geschwindigkeit und Dampfgehalt.



- 1 Reinigungskopf mit zwei Düsenreihen und Kamertechnik.
- 2 Testbetrieb des entwickelten Brunnenreinigungsgeräts.



experimentellen Untersuchungen mit verschiedenen Düsen umfangreiche Fluid-Simulationen mit dem Programm »ANSYS Fluent« durchgeführt. Zur Bestimmung der Länge des Kavitationskegels, des Dampfgehalts und des optimalen Drucks dienten zahlreiche stationäre und instationäre Simulationen mit verschiedenen Turbulenz- ($k\omega$ -SST, Reynoldsspannungsmodell) und Kavitationsmodellen (Schnerr-Sauer, Zwart-Gerber-Belamri). Die zunächst durchgeführten stationären Simulationen ergaben keine hinreichende Übereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen. Demgegenüber konnten durch die instationären Simulationen die im Experiment beobachteten Trends in guter Näherung bestätigt werden.

Die durch Experiment und Simulation übereinstimmend optimierte Düsengeometrie wurde in einem Prototyp des Brunnenreinigungsgeräts realisiert. In den Kavitationskopf wurde zusätzlich Messtechnik zur Überwachung und Prüfung der Qualität des Reinigungsprozesses während des Reinigungszyklus integriert. Im Testbetrieb des Prototyps konnte eine hohe Reinigungswirkung bei gleichzeitiger Verkürzung der Reinigungszeit um 30 Prozent erzielt werden. Der entwickelte Reinigungskopf ist wesentlich kleiner als aktuell verwendete Ultraschallsonden, wodurch das neue Verfahren bereits die Reinigung von Brunnenrohren ab einem Durchmesser von 80 Millimeter ermöglicht. Die Untersuchungen zeigten, dass der erzeugte Hochdruckstrahl bis in die Kiesschicht reicht, sodass neben den Inkrustationen an den Filterschlitzten auch die dahinterliegenden Verockerungen gelöst werden. Zum sehr guten Reinigungseffekt trug zudem die zweireihige Anordnung der 36 winkelverstellbaren Spezialdüsen am Umfang bei. Die Messung der Brunnenleistung nach der Reinigung ergab eine Verbesserung von ca. 50 Prozent gegenüber den Wettbewerbern.

Weitere Untersuchungen mit größeren Brunnentiefen

Aktuell laufen Feldtests in tieferen Brunnen (80 bis 100 Meter) mit sehr harten Inkrustationen und einer 20 Meter über der Filterbrücke stehenden Wassersäule. Ziel ist der Abschluss der

Produktentwicklung und die Serieneinführung des Reinigungskopfes. Werden dabei ähnlich gute Ergebnisse erzielt, kann das Verfahren zum Marktführer bei mechanischen (Brunnen)-Reinigungsverfahren ohne den Einsatz chemischer Zusätze werden.

Projektpartner

Zentrum zur Förderung eingebetteter Systeme e. V., Berlin;
Delta Umwelt-Technik GmbH, Teltow

Ansprechpartner

Virtual Engineering
Dr.-Ing. Uwe Klaeger
Telefon +49 391 4090-809 | Fax +49 391 4090-250
uwe.klaeger@iff.fraunhofer.de

Konvergente Infrastrukturen
Dr. rer. nat. Wolfram Heineken
Telefon +49 391 4090-344 | Fax +49 391 4090-370
wolfram.heineken@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »Entwicklung eines integrierten Brunnenreinigungssystems auf der technologischen Basis der hydrodynamischen Kavitation« wurde im Rahmen des Programms »Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand« (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. (Förderkennzeichen: KF2278626RP4)

Gefördert durch:





ZUKUNFTSFÄHIGE STROMNETZE DURCH INTELLIGENTE STATIONEN UND LEITWARTEN

Steigende Dynamik der Energieversorgung als Herausforderung für die Übertragungsnetze

Mit zunehmender regenerativer Erzeugung verschieben sich bereits heute die Herausforderungen der volatilen Einspeisung aus der Verteilnetzebene in das Übertragungsnetz. Die zentralen Leitwarten sind mit einer stetig größer werdenden Dynamik des elektrischen Versorgungssystems konfrontiert und müssen dessen Stabilität und Sicherheit auch in Zukunft durch effiziente Maßnahmen gewährleisten können.

Das Projekt »DynaGridCenter« beschäftigt sich deshalb mit der Frage, wie das Stromnetz zur Bewältigung dieser Herausforderungen ausgerüstet werden und funktionieren muss. Ausgehend von einer Erweiterung der Funktionalitäten zentraler Leitwarten werden mit Hilfe eines breit aufgestellten Konsortiums Lösungen für die optimierte Netzbetriebsführung, intelligente Schutzmechanismen und der intelligenten Datenverarbeitung und Kommunikation geschaffen. Hierbei werden auch innovative Technologien wie z. B. lastflusssteuernde Betriebsmittel betrachtet. Durch diesen ganzheitlichen und zukunftsorientierten Lösungsansatz kann eine hohe Praxis-tauglichkeit der Ergebnisse erreicht werden.

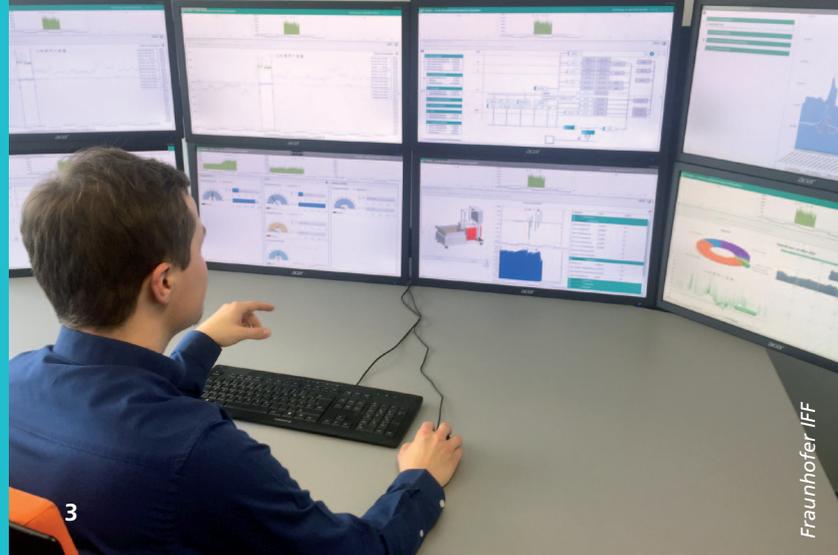
Zentrale Steuerung vs. dezentrale Intelligenz

Moderne lastflusssteuernde Betriebsmittel wie Hochspannungsgleichstromübertragungen (HGÜ) und intelligente Schaltanlagen in Umspannwerken sollen im Rahmen des Projekts intensiver in die Prozesse der Netzüberwachung und -steuerung integriert werden, indem bereits vor Ort mit Hilfe innovativer Algorithmen kritische Entscheidungen getroffen werden. Neben der Erweiterung zentraler Steuerungsalgo-

rithmen in den Übertragungsnetzleitwarten werden vor allem dezentrale Funktionalitäten und ihre Mechanismen auf den gesamtheitlichen Systembetrieb untersucht.

Ziel ist es, das Netz auch bei außergewöhnlichen Zuständen und kritischen Situationen sicher zu führen. Indem die dezentralen Komponenten innerhalb der Stationen mit erweiterten Funktionalitäten versehen werden und sie darüber hinaus Handlungsbefugnisse in festgelegten Grenzen zugewiesen bekommen, können kritische Netzsituationen zukünftig auch dezentral verhindert bzw. behoben werden. Vorteile dieses Ansatzes sind u. a. schnellere Reaktionszeiten und ein reduziertes Datenaufkommen. Hierbei kommt eine intelligente Selektion und Vorverarbeitung lokal erfasster Daten zum Einsatz, sodass zukünftig ein stabiler Netzbetrieb – auch bei Ausfall der Kommunikation – gewährleistet wird. Die Entwicklung und Optimierung der dazu notwendigen Methoden und Algorithmen sind ein wesentliches Ziel des Projekts.

- 1 Für den Transport von Windenergie aus dem Norden zu den Lastzentren werden innovative Technologien zur Unterstützung des bestehenden Netzes eingesetzt.
- 2 Stationen müssen künftig intelligenter werden, um den Systembetrieb stabil zu halten und schnell auf Ereignisse im Netz reagieren zu können.
- 3 Neue Algorithmen und Visualisierungen unterstützen das Leitwartenpersonal zur Sicherstellung eines stabilen Netzbetriebs.



Effiziente Kommunikation zwischen allen beteiligten Akteuren und Anlagen

Zur Umsetzung des Konzepts ist gleichermaßen die massive Erfassung und Verarbeitung von Mess- bzw. Steuerungsdaten wie auch ein hoher Grad an Vernetzung aller Akteure und Komponenten notwendig. Um die Maßnahmen im Verbundnetz optimal koordinieren zu können, ist ein zukunftsfähiges Kommunikationssystem erforderlich, das eine bedarfsgerechte Bereitstellung von erforderlichen Informationen sicherstellt. Die erforderlichen komplexen Datenstrukturen werden über moderne standardisierte Datenprotokolle ausgetauscht.

Aufgrund des innovativen Charakters des Vorhabens besteht hier noch Bedarf an neuen Datenmodellen, die zudem im Projekt geschaffen werden und als Erweiterung existierender Normen zukünftig im Standardisierungsprozess berücksichtigt werden.

Echtzeitsimulation als mächtiges Werkzeug

Die praktische Erprobung des optimierten Übertragungssystems und ihrer Komponenten in der Originalumgebung ist sowohl technisch als auch wirtschaftlich nicht möglich, zumal viele Anwendungsfälle in der Realität nie zum Tragen kommen sollten. Um die Wirksamkeit und die Effizienz der entwickelten Maßnahmen und Gegenmaßnahmen in diesen (meist kritischen) Situationen dennoch bewerten zu können, wird im Rahmen des Projekts auf eine gekoppelte Echtzeitsimulation zurückgegriffen, die sowohl den Netzbetrieb simuliert als auch reale Anlagenkomponenten integriert. Diese kann zum einen die dynamischen Eigenschaften des elektrischen Energieversorgungssystems realitätstreu widerspiegeln und ermöglicht zum anderen die simulative Kopplung von Hard- und Software in Echtzeit. Somit ist es möglich, Hardwarekomponenten und mathematische Verfahren praxisnah für den realen Einsatz zu untersuchen und zu erproben und für eventuelle Fehlerfälle in der elektrischen Energieversorgung vorbereitet zu sein.

Verteilte Standorte zur realitätsnahen Abbildung

Da Systeme der elektrischen Energieversorgung in der Realität räumlich verteilt vorhanden sind, werden im Projekt Systemkomponenten und Instanzen an den jeweiligen Standorten der Entwicklung beibehalten. Die Leitwarte in Ilmenau interagiert dafür mit dem Netzsimulator der Stationsnachbildung und dem HGÜ-Labormodell in Magdeburg und Bochum. Hierdurch kann die kommunikative Verknüpfung unter realen Bedingungen simuliert werden und die Funktion und Zuverlässigkeit bewertbar gemacht werden.

Projektpartner

Siemens AG, Erlangen; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Technische Universität Ilmenau; Fraunhofer IOSB-AST, Ilmenau; Ruhr-Universität Bochum

Ansprechpartner

Konvergente Infrastrukturen
Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki
Telefon +49 391 4090-373 | Fax +49 391 4090-93-373
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

Förderung

Das Projekt »DynaGridCenter« wird aus Mitteln des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanziert. (Förderkennzeichen 03ET7541B)

Gefördert durch:





AUSGEWÄHLTER PROJEKTBERICHT

FRAUNHOFER IFF INTERNATIONAL

Das Fraunhofer IFF unterhält mit dem ASEAN-Regionalbüro eine Außenstelle in Bangkok, Thailand. Sie bildet eine Brücke zu den lokalen asiatischen Märkten. Für das Fraunhofer IFF evaluieren und erschließen die Mitarbeiter der Außenstelle den asiatischen Raum.

Sie sind beratend tätig oder entwickeln und betreiben gemeinsam mit dort agierenden Unternehmen und ansässigen Institutionen Entwicklungs- und Forschungsprojekte im Rahmen der Themenfelder des Fraunhofer IFF.





INNOVATION IN DER NAHRUNGSMITTELKETTE FOOD INNOPOLIS INNOVATIONSCLUSTER

Bündelung des Know-hows für ein Nahrungsmittel-Innovationscluster in Thailand

Die thailändische Nahrungsmittelindustrie ist eine der zentralen Schlüsselindustrien mit einem Beitrag zum nationalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) von ca. 23 Prozent im Jahr 2015. Thailand ist somit einer der weltweit größten Produzenten und Exporteure von Nahrungsmitteln. In Anlehnung an Erhebungen des National Food Institute (NFI) Thailand exportierte das Land im Jahr 2015 Nahrungsmittel im Wert von ca. 23 Mrd. Euro. Zum weiteren nachhaltigen Ausbau des Sektors hat die thailändische Regierung einen starken Fokus auf Innovationen in der Nahrungsmittelkette gesetzt. Mittelfristige Zielstellung ist es hierbei, Thailand als globalen Nahrungsmittel-Innovations-HUB zu etablieren.

Vor diesem Hintergrund initiierte das Forschungsministerium (MOST) im Jahr 2016 das nationale Nahrungsmittel-Innovationscluster »Food Innopolis«. Das Innovationscluster wird auf dem Thailand Science Park institutionalisiert werden und bietet auf einer Fläche von ca. 14 000 Quadratmetern eine exzellente Voraussetzung für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungs (FuE)-Vorhaben. Auf Basis von Kooperationen zwischen Universitäten, FuE-Einrichtungen, der Industrie sowie Regierungsstellen soll somit langfristig ein »One-stop-Service« für die Forschung, Entwicklung sowie Innovation in der Nahrungsmittelkette aufgebaut werden. Das thailändische Forschungsministerium unterstützt den Aufbau und Ausbau des Innovationsclusters mit insgesamt ca. 100 Mio. Euro über die nächsten fünf Jahre.

Zur Unterstützung dieses strategischen Vorhabens hat das thailändische Forschungsministerium ausgewählte Institute der Fraunhofer-Gesellschaft damit beauftragt, aktiv in dem Projekt

mitzuwirken. Hierbei soll die breite Expertise und Erfahrung sowie Forschungs- und Entwicklungskompetenz der Fraunhofer-Allianz »Food Chain Management« in den Aufbau und die Umsetzung des Innovationsclusters einfließen.

Phasenweise Umsetzung des Food Innopolis-Vorhabens mit kompetenten Partnern der Fraunhofer-Gesellschaft

Im Auftrag der Science Technology and Innovation Policy Office (STI) Thailand wurde eine »Fraunhofer Technology Advisory Group/Food Innovation«, repräsentiert durch Fachexperten aus dem Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, dem Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV sowie dem Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME, etabliert. Zielstellung der Fraunhofer-Technology Advisory-Group ist es, den Aufbau des Food Innopolis Innovationsclusters in Thailand auf Basis der breiten Expertise sowie der international herausragenden FuE- und Technologiekompetenz auf dem Nahrungsmittelsektor aktiv mitzugestalten. Damit soll die Grundlage für eine langfristige und nachhaltige Zusammenarbeit zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und ausgewählten thailändischen Partnern im Bereich der Nahrungsmittelinnovation, d. h. Universität, Forschung, Industrie und Regierung, geschaffen werden.

1 Fachdiskussion des Fraunhofer und Food Innopolis Teams.

2 FhG/Food Innopolis Projektteam auf dem Science Park Thailand/IFI Standort.

3 Unternehmensbesuch bei der CPRAM – ein Unternehmen der CP Group Thailand.



Die aktive Begleitung der Umsetzung des Food Innopolis-Vorhabens wird seitens der Fraunhofer Technology Advisory-Group auf Basis eines Phasenmodells realisiert. In der ersten Phase fanden hierzu mehrere Präsenzveranstaltungen in Thailand statt. Es wurden Fachgespräche mit Vertretern des Food Innopolis-Projektteams und weiterer Stakeholder geführt, diverse Unternehmensbesuche sowie eine Konferenz zum Thema »Nahrungsmittelinnovation« durchgeführt. Im Ergebnis dieser Phase wurden Ist-Situation, Trends und Bedarfe analysiert sowie Prioritäten und thematische Schwerpunktthemen vor dem Hintergrund der inhaltlichen Strukturierung des Food Innopolis Innovationsclusters diskutiert und definiert.

In der zweiten Phase werden nunmehr Expertengruppen zu spezifischen Themenfeldern, wie Anwendungsgebiete von Hyperspektralanalysesystemen, funktionale Lebensmittel, aktive Verpackungen sowie Nahrungsmittelsicherheit, initiiert. Die Ergebnisse der moderierten Workshops mit Vertretern aus der Wissenschaft, Regierung und Industrie werden anschließend in die inhaltliche Strukturierung der nationalen FuE- sowie Technologie-Roadmaps zum Aufbau bzw. Ausbau des Food Innopolis Innovationsclusters einfließen. Neben der Definition und Ableitung von gemeinsamen FuE-Vorhaben liegt ein weiterer Fokus auf der Initiierung von Industriekooperationen. Hierzu wurden bereits Gespräche zum Aufbau einer bilateralen Zusammenarbeit mit namhaften Vertretern der nationalen Nahrungsmittelindustrie, wie der CP Group sowie der BETAGRO Group Thailand, geführt.

Großes Interesse an langfristigen Partnerschaften und weiteren innovativen Partnern

Das Interesse der thailändischen Regierung, wissenschaftlicher Institute sowie der Nahrungsmittelindustrie an einer strategischen Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich der Innovation in der Nahrungsmittelkette ist groß. Das nationale Innovationscluster »Food Innopolis« bietet hierbei eine ausgezeichnete Basis für die Entwicklung von lang-

fristigen Partnerschaften im FuE-Bereich sowie Technologiekooperationen. Das Food Innopolis-Projektteam verfügt hierbei über einen sehr guten Zugang zu den wichtigsten nationalen und internationalen Stakeholdern aus den Bereichen Wissenschaft, Forschung, Regierung sowie Industrie.

Der Aufbau von Forschungs-, Entwicklungs- und Technologiekooperationen mit dem Fokus auf »Innovationen in der Nahrungsmittelkette in Thailand« bietet auch innovativen Unternehmen der deutschen Wirtschaft vielversprechende Chancen. Interessenten können sich gern an das Fraunhofer IFF ASEAN-Regionalbüro in Bangkok, das für die Koordination der »Fraunhofer Technology Advisory Group/Food Innovation« vor Ort in Thailand zuständig ist, wenden.

Partner

Science Technology and Innovation Policy Office (STI) Thailand; Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising; Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME), Schmallenberg

Anrechnerpartner

Fraunhofer IFF ASEAN-Regionalbüro
 Dipl.-Ing. Ralf Opierzynski
 Tel. (GER) +49 172 319 8506
 Tel. (TH) +66 812 855 465
 Tel. (Office) +66 2630-8644
 ralf.opierzynski@iff.fraunhofer.de

KURZ & KNAPP AUS DEM INSTITUT (AUSWAHL)



MODERNSTE VR-TECHNOLOGIE IN MAGDEBURG

Die Zukunft der virtuellen Realität wird in Magdeburg maßgeblich mitgestaltet: Das Land fördert dafür die Aufrüstung und Modernisierung des »Elbe Dom« im Virtual Development and Training Centre VDTC des Fraunhofer IFF, der mit seiner 360-Grad-Projektionsfläche zu den größten Visualisierungssystemen für virtuell-interaktive Anwendungen für Wirtschaft und Forschung in Deutschland gehört.

Der Ausbau soll 2017 beginnen. Das Labor wird künftig über modernste Technologien wie berührungsempfindliche Sensoren im Boden sowie weitere Systeme für eine intuitive Interaktion des Menschen mit der virtuellen Realität verfügen. Forscher und Unternehmen werden in großflächigen dreidimensionalen, interaktiven Darstellungen etwa von Maschinen, Anlagen oder Fabriken verschiedenste technische Lösungen und komplexe Funktionen noch vor ihrem Bau simulieren und testen können.

Institutsleiter Prof. Schenk ist begeistert. »Der Elbe Dom als Kern des Virtual Development and Training Centre im Magdeburger Wissenschaftshafen war von Anfang an Teil der regionalen Innovationsstrategie Sachsen-Anhalts. Mit seiner Modernisierung schreiben wir dies fort. Im neuen »Elbedome 2.0« werden wir somit auch die kommenden wichtigen Forschungsaufgaben bearbeiten können, z. B. die



Der damalige Wirtschaftsminister Felgner (r.) und IB-Chef Maas (l.) übergeben Professor Michael Schenk, Leiter des Fraunhofer IFF, den Fördermittelbescheid.

Entwicklung von Technologien für die Arbeitswelt der Zukunft und für die Wirtschaft 4.0. Zugleich wird er mit seinen erweiterten Möglichkeiten Forschungspartnern und Unternehmen als digitaler Planungs- und Erlebnisraum zur Verfügung stehen können.«

Insgesamt werden 2,5 Millionen Euro investiert. Den Förderbescheid über rund 2,2 Millionen Euro haben Wissenschafts- und Wirtschaftsminister Jörg Felgner und Investitionsbank-Chef Manfred Maas, am 7. November an IFF-Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Michael Schenk überreicht.

FRAUNHOFER IFF ERHÄLT HUGO-JUNKERS-PREISE



Die Fraunhofer-Preisträger mit Vertreterinnen der Partnerunternehmen bei der Verleihung des Hugo-Junkers-Preises 2016.

Sachsen-Anhalts Minister für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung, Prof. Dr. Armin Willingmann, verlieh am 15. Dezember den Hugo-Junkers-Preis 2016, für Innovationen »made in Sachsen-Anhalt«, an 15 Preisträger in fünf Kategorien. Das Fraunhofer IFF konnte sich gleich über drei Ehrungen freuen und belegte in der Kategorie »Innovativste

Allianz« mit dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt »CPPSprocessAssist« den dritten Platz und den zweiten Platz mit »Netzwerk InDiWa – Metaallianz zur Entwicklung und Vermarktung von Innovationen zur automatischen Inspektion von Rotorblättern«. In der Kategorie innovativste Produktentwicklung belegte das Fraunhofer IFF mit dem Projekt »Pflanzenpathogenen auf der Spur – Ein neuartiger Pflanzenscanner erkennt die Krankheit, bevor sie ausbricht« den zweiten Platz.

Wirtschaftsminister Willingmann zeigte sich beeindruckt von den Beiträgen: »Ganz besonders begeistert mich die beachtliche Bandbreite, die sich von einem Doping-Testverfahren bis hin zu einem Pflanzenscanner, der innerhalb von Sekunden erkennen lässt, ob die Pflanzen auf dem Feld gesund oder krank sind, erstreckt. Diese immense Spannbreite zeigt uns, welches Potenzial im Forschungs- und Innovationsstandort Sachsen-Anhalt steckt.«

19. IFF-WISSENSCHAFTSTAGE IN MAGDEBURG: DIGITAL – REAL

Die Digitalisierung der Produktion hat weitreichende Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft. Welche Herausforderungen und Chancen das für Unternehmen der Logistikbranche oder des Maschinen- und Anlagenbaus birgt, war Thema der 19. IFF-Wissenschaftstage, die vom 22. bis 23. Juni 2016 in Magdeburg stattfanden.

Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg lud als Veranstalter der jährlichen Wissenschaftskonferenz zu diesem Anlass in die Elbestadt ein. Die IFF-Wissenschaftstage sind seit nunmehr 19 Jahren ein Forum für nationale und internationale Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Die mehrtägige Konferenz verbindet

jährlich wechselnde Fachtagungen zu den Themen Digital Engineering, Logistik, Robotik und Maschinen- und Anlagenbau. Ihr Erfolgsrezept ist eine stets gelungene Mischung aus aktuellen Inhalten, exzellenten Referentinnen und Referenten und hochinteressiertem Fachpublikum. Die Konferenz verband zwei parallel stattfindende Fachtagungen.



»Magdeburger Logistiktage«

Auf den Magdeburger Logistiktage diskutierten Fachexperten der Logistikbranche über die Folgen und Chancen der Digitalisierung für die Unternehmen. Insbesondere die erweiterten Möglichkeiten für mehr Sicherheit im Transportwesen und neue Technologien für größere Effizienz und Vernetzung in den komplexen Versorgungsketten der Industrie standen im Mittelpunkt der Tagung. Die Konferenz war eine gemeinsame Veranstaltung des Fraunhofer IFF und des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Fachtagung »Anlagenbau der Zukunft«

Im Mittelpunkt der Tagung »Anlagenbau der Zukunft« standen insbesondere Anwendungsbeispiele und die Vorstellung aktueller Lösungen für die Umsetzung von Industrie 4.0 im Anlagenbau und



Miteinander reden, Erfahrungen austauschen, berufliche Kontakte knüpfen – auch das ist ein wichtiger Bestandteil der Magdeburger IFF-Wissenschaftstage.



der Prozessindustrie. Auf der zweitägigen Konferenz wurden durch die Vermittlung von neuen Konzepten und Best-Practice-Beispielen, erfolgreiche Ideen für zukunftsorientierte Unternehmen in der Großindustrie, aber besonders auch der klein- und mittelständischen Wirtschaft generiert.

In den Vorträgen, im persönlichen Austausch und auf der begleitenden Fachausstellung erhielten die Teilnehmenden der Veranstaltungen Einblicke in aktuelle Forschungsvorhaben und Projekte, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Industriepartner gemeinsam umsetzen.

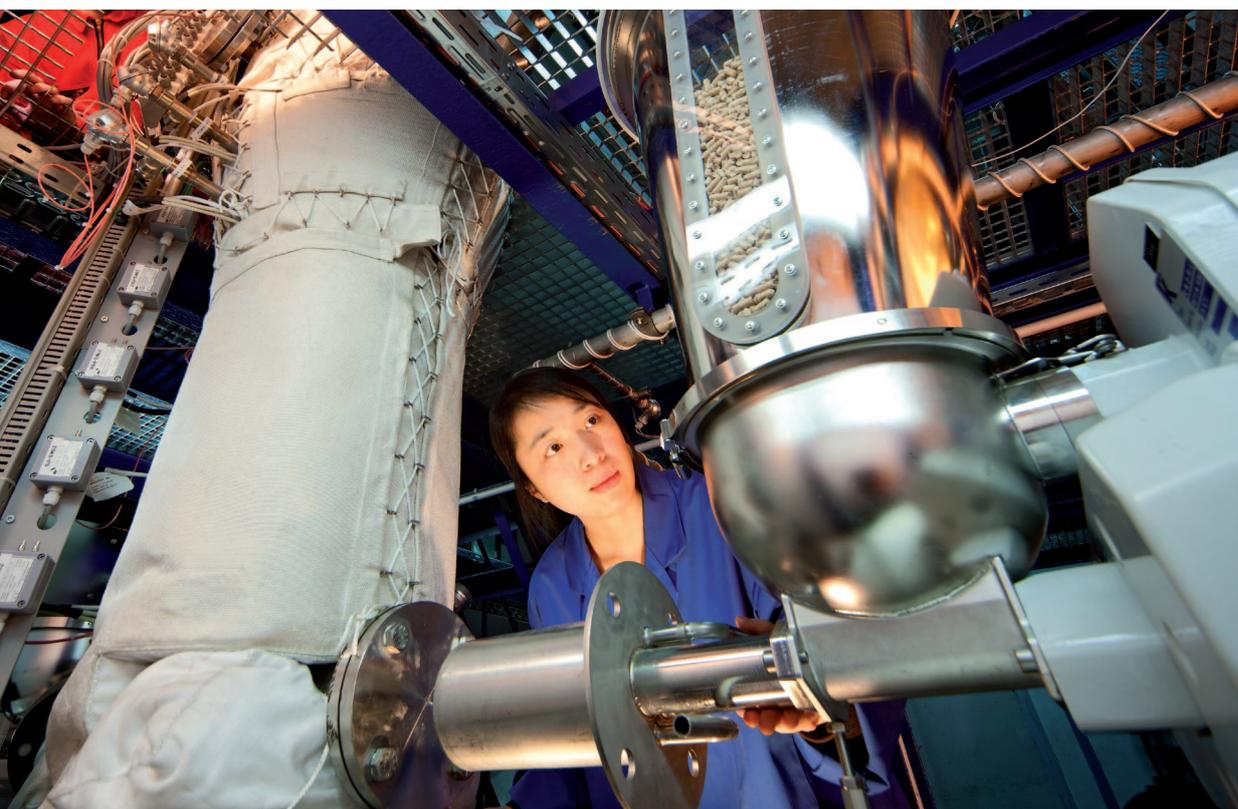
Der damalige Staatssekretär und jetzige Wirtschaftsminister Prof. Armin Willingmann (l.) im Gespräch mit dem Institutsleiter des Fraunhofer IFF, Prof. Michael Schenk, auf den 19. IFF-Wissenschaftstagen.

KARRIERE MIT FRAUNHOFER

»So eine Karriere war nicht geplant«, schmunzelt Ling He. Die 37-Jährige ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Umweltbundesamt in Dessau. Dort ist die zierliche und voller Energie steckende junge Frau zuständig für Themen im Bereich Abfalltechnik und Abfalltechniktransfer. Dass sie diese Aufgabe eines Tages übernehmen würde, war tatsächlich nicht von Anfang an ersichtlich, und scheint doch irgendwie logisch.

Ursprünglich kam Ling He im Jahr 2004 aus Foshan, einer Stadt in der südchinesischen Provinz Guangdong, nach Deutschland, um in Stuttgart den internationalen Masterstudiengang WASTE («Air Quality Control, Solid Waste and Waste Water Process Engineering») zu absolvieren. Zuvor hatte sie bereits zweieinhalb Jahre im Umweltamt von Foshan gearbeitet. »Ich wollte damals etwas Neues ausprobieren, ins Ausland gehen und Erfahrungen sammeln. Danach wollte ich eigentlich zurück nach China, um dort wieder zu arbeiten«, erzählt sie. Doch daraus wurde zum Glück nichts.

In Stuttgart entdeckte die talentierte Nachwuchsforscherin das Thema der Wirbelschichtvergasung für sich. Sie entschied, in Deutschland zu bleiben und weiter auf diesem Gebiet arbeiten zu wollen. Ihre Abschlussarbeit zum Thema »Auslegung einer Laborwirbelschicht für Biomassevergasung« war sehr gut, und so bekam sie ein Angebot für eine Stelle als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen der Universität Stuttgart, inklusive einem Thema für eine Promotion.



Dr.-Ing. Ling He war von 2007 bis 2014 Mitarbeiterin am Fraunhofer IFF. Hier forschte sie unter anderem an neuen Lösungen für eine effiziente und nachhaltige Energiegewinnung, wie zum Beispiel durch Biomassevergasung in Wirbelschichten.

Gäste und Prüfer bei der
Promotionsverteidigung von
Dr.-Ing. Ling He (v.l.):
Prof. Gerhard Müller,
Dr.-Ing. Matthias Gohla,
Dr.-Ing. Ling He,
Prof. Stefan Heinrich,
Prof. Kerstin Kuchta,
Prof. Joachim Werther,
Prof. Martin Kaltschmitt



»Das war schon toll. Aber das Thema der Promotion war zu diesem Zeitpunkt leider noch nicht ganz das richtige für mich«, erinnert sich Ling He. »Zu dieser Zeit erhielt ich jedoch auch ein Angebot des Fraunhofer IFF in Magdeburg, ebenfalls für eine Stelle als wissenschaftliche Mitarbeiterin und mit der Möglichkeit zur externen Promotion. Das war sehr reizvoll und eine Chance, mich weiterzuentwickeln.«, sagt sie und lächelt. Sie lacht überhaupt viel. Erst recht, wenn sie sich an einige der Herausforderungen erinnert, die ihr in Deutschland anfänglich begegneten. »Zu Beginn war vor allem die Sprache ein großes Problem. An der Uni konnte ich mich zum Glück auf Englisch unterhalten. Aber beim Einkaufen musste ich oft Hände und Füße zu Hilfe nehmen, wenn ich mich verständigen wollte. Das war oft ganz schön lustig«, erzählt sie wieder lachend. »Als ich dann nach Magdeburg kam, habe ich schließlich einen Deutschkurs besucht, um mich endlich richtig auf Deutsch unterhalten zu können. Denn ohne Sprache geht gar nichts.«

In Magdeburg angekommen, hat Ling He ihr Wunschthema für eine Promotion bei Professor Stefan Heinrich an der Magdeburger Otto-von-Guericke-Universität eingereicht, der es auch gern annahm. Professor Heinrich arbeitete am dortigen Institut für Verfahrenstechnik und forschte zur »Dynamik eigenschaftsverteilter Systeme der Feststoffverfahrenstechnik. Dabei arbeitete er auch eng mit dem Fraunhofer IFF zusammen. »Das Promotionsthema lautete »Brenngaserzeugung aus Biomassevergasung in Wirbelschichten«. Und aus Biomasse Energie zu erzeugen, das war ein Thema, das mich sehr interessiert hat. Dass ich auch die dazu passende Stelle bei Fraunhofer bekommen hatte, machte die Sache perfekt.«

So ergab es sich, dass die junge Wirbelschichtspezialistin von China über Stuttgart nach Magdeburg zum Fraunhofer IFF kam. »Das war immer eine sehr spannende Arbeit, mit tollen und oft auch herausfordernden Projekten. Das Institut ist gut vernetzt und entwickelt für viele Unternehmen in ganz Deutschland und auch weltweit Lösungen für eine nachhaltige Energiegewinnung. Nebenbei habe ich dann an meiner Dissertation gearbeitet.« Zwar ging Prof. Heinrich schon 2008

nach Hamburg, um den Ruf der dortigen Universität als Leiter des Instituts für Feststoffverfahrenstechnik und Partikeltechnologie, anzunehmen. Seine Beziehung zum Fraunhofer IFF ist jedoch aufgrund des zwischenzeitlich gemeinsam mit dem Institut gegründeten Kompetenzzentrums Solids Process Engineering and Particle Technology weiterhin sehr eng. So konnte Ling He ihre akademische Arbeit unkompliziert fortsetzen.

2014, nach sieben Jahren am Fraunhofer IFF, entschied sich die junge Frau jedoch für einen Abschied vom Institut. »Es wurde Zeit für etwas Anderes. Ich brauchte einen Tapetenwechsel und es gab da diese Stelle beim Umweltbundesamt, die mich interessierte. Dass es schließlich mit dieser Stelle klappte, war ein richtiges Glück. Doch meine Erfahrungen und die Arbeit am Fraunhofer IFF haben mich gut auf diesen Job vorbereitet. Die Kollegen am Institut waren zwar traurig, und ich war es auch, aber es ist ja auch gewollt bei Fraunhofer, dass die Forscher irgendwann in die Wirtschaft oder in andere Bereiche wechseln. Zum Glück habe ich den Kontakt zu meinen ehemaligen Kollegen nicht verloren. Es haben sich in dieser Zeit viele Freundschaften und teilweise richtig familiäre Beziehungen entwickelt. Dafür bin ich sehr dankbar.«

Ein Umzug nach Dessau kommt für die erklärte Wahlmagdeburgerin darum momentan auch nicht infrage. Lieber pendelt sie täglich mit dem Zug ins sechzig Kilometer entfernte Dessau zum Umweltbundesamt. »Ich würde nur ungern umziehen«, sagt sie. »Ich habe hier in Magdeburg meine Freunde und die Stadt mit der Elbe ist so schön, dass ich eigentlich nicht mehr wegmöchte. Aber wer weiß«, sagt sie wieder lachend, »was noch alles passiert.«

Und die Doktorarbeit? Die hat sie im Dezember 2016 endlich erfolgreich abschließen können. Natürlich mit einem Sehr gut. Und mit dem stellvertretenden Institutsleiter, Prof. Gerhard Müller, ihrem damaligen Chef und Promotionsgutachter, Dr. Matthias Gohla, sowie einigen anderen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen war bei der Verteidigung ihrer Doktorarbeit in Hamburg auch das Fraunhofer IFF wieder zahlreich vertreten.

ANSPRECHPARTNER



Organisation

Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. mult.
Michael Schenk
Telefon +49 391 4090-470 | Fax +49 4090-93-470
michael.schenk@iff.fraunhofer.de

Büroleiterin

Dipl.-Päd. Ines Trübe
Telefon +49 391 4090-471 | Fax +49 391 4090-93-471
ines.truebe@iff.fraunhofer.de

Sekretariat im Fraunhofer IFF

Dipl.-Gesundheitswirtin (FH) Nadine Joensson
Telefon +49 391 4090-472 | Fax +49 391 4090-93-472
nadine.joensson@iff.fraunhofer.de

Sekretariat im Virtual Development and Training Centre VDTC

Yvonne Bühlig
Telefon +49 391 4090-701 | Fax +49 391 4090-93-701
yvonne.buehlig@iff.fraunhofer.de

Verwaltungsleiterin

Dipl.-Betriebsw. (FH) Karla Zorn
Telefon +49 391 4090-598 | Fax +49 391 4090-93-598
karla.zorn@iff.fraunhofer.de

Stellvertretender Institutsleiter

Prof. E. h. Dr.-Ing. Gerhard Müller
Telefon +49 391 4090-401 | Fax +49 391 4090-93-401
gerhard.mueller@iff.fraunhofer.de

Sekretariat des stellvertretenden Institutsleiters

Sabine Gerlich
Telefon +49 391 4090-444 | Fax +49 391 4090-93-444
sabine.gerlich@iff.fraunhofer.de

Organisation und Kommunikation

Dipl.-Ing. Sabine Conert
Telefon +49 391 4090-481 | Fax +49 391 4090-93-481
sabine.conert@iff.fraunhofer.de

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

René Maresch M. A.
Telefon +49 391 4090-446 | Fax +49 391 4090-93-446
rene.maresch@iff.fraunhofer.de
presse@iff.fraunhofer.de

Geschäftsbereiche

GF Robotersysteme RS

Prof. Dr. techn. Norbert Elkmann
Telefon +49 391 4090-222 | Fax +49 391 4090-93-222
norbert.elkmann@iff.fraunhofer.de

GF Mess- und Prüftechnik MPT

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

GF Virtual Engineering VE

Prof. Dr. sc. techn. Ulrich Schmucker
Telefon +49 391 4090-201 | Fax +49 391 4090-93-201
ulrich.schmucker@iff.fraunhofer.de

GF Logistik- und Fabrikssysteme LFS

Dipl.-Ing. Holger Seidel
Telefon +49 391 4090-123 | Fax +49 391 4090-93-123
holger.seidel@iff.fraunhofer.de

KF Materialflusstechnik und -systeme MFT

Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter
Telefon +49 391 4090-420 | Fax +49 391 4090-93-420
klaus.richter@iff.fraunhofer.de

KF Biosystems Engineering BIO

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

Konvergente Infrastrukturen KIS

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki (Sprecher)
Telefon +49 391 4090-373 | Fax +49 391 4090-370
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

Effiziente Prozesse und Anlagen EPA

Dr.-Ing. Matthias Gohla
Telefon +49 391 4090-361 | Fax +49 391 4090-366
matthias.gohla@iff.fraunhofer.de

Prozessindustrie 4.0 Pi4

Dr.-Ing. Nico Zobel
Telefon +49 391 4090-363 | Fax +49 391 4090-366
nico.zobel@iff.fraunhofer.de

Energiesysteme und Infrastrukturen EES

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki
Telefon +49 391 4090-373 | Fax +49 391 4090-370
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

Virtuelle Raum- und Strukturentwicklung VRS

Andreas Höpfner M. Sc.
Telefon +49 391 4090-116 | Fax +49 391 4090-774
andreas.hoepfner@iff.fraunhofer.de

Geschäftsstellen

Geschäftsstelle ER-WIN®

Dipl.-Ing. Carsten Keichel
Telefon +49 391 4090-368 | Fax +49 391 4090-93-368
carsten.keichel@iff.fraunhofer.de

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Marc Kujath
Telefon +49 391 4090-328 | Fax +49 391 4090-473
marc.kujath@iff.fraunhofer.de

Geschäftsstelle Elbedom 2.0 ED2

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

Geschäftsstelle Fraunhofer-Verbund Produktion FhVP

Dr.-Ing. Fabian Behrendt
Telefon +49 391 4090-411 | Fax +49 391 4090-93-411
fabian.behrendt@iff.fraunhofer.de

International

Fraunhofer International Business Development IBD

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

Dipl.-Vw. Kay Matzner
Telefon +49 391 4090-159 | Fax +49 391 4090-432
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
Telefon (Germany) +49 172 319 8506
Telefon (Thailand) +66 812 855 465
Telefon (Thailand) +66 2630-8644 | Fax +66 2630-8645
ralf.opierzynski@iff.fraunhofer.de

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

Lehr- und Forschungsbereich Logistische Systeme

Geschäftsführender Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr. Michael Schenk

Lehr- und Forschungsbereich Logistik

Univ.-Prof. Dr. Hartmut Zadek

Lehr- und Forschungsbereich Fördertechnik

Univ.-Prof. Dr. André Katterfeld

Lehr- und Forschungsbereich Materialflusstechnik

Hon.-Prof. Dr. Klaus Richter

Lehr- und Forschungsbereich für Logistische Systeme

Logistikprozessanalyse

Dr.-Ing. Elke Glistau

Rohstoff- und Biomasselogistik

Dr.-Ing. Sebastian Trojahn

Modellierung und Simulation logistischer Prozesse

Dr.-Ing. Tobias Reggelin

Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt

Dipl.-Geogr. Andreas Müller

Analyse und Bewertung verkehrslogistischer Systeme

Dr.-Ing. Fabian Behrendt

Gemeinsame Forschung und Entwicklung mit der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Kompetenzzentrum Visualisierungstechniken

Chief Scientist Prof. Dr. Bernhard Preim

Kompetenzzentrum Training und Technologie

Chief Scientist Prof. Dr. Klaus Jenewein

Kompetenzzentrum Virtual Engineering

Chief Scientist Prof. Dr. Karl-Heinrich Grote

Chief Scientist Prof. Dr. Roland Kasper

Chief Scientist Prof. Dr. Frank Ortmeier

Kompetenzzentrum Simulationstechnik

Chief Scientist apl. Prof. Dr. Thomas Schulze

Kompetenzzentrum Energienetze und Regenerative Energien

Chief Scientist Prof. Dr. Evangelos Tsotsas

Chief Scientist Prof. Dr. Martin Wolter

Kompetenzzentrum Robotik und Eingebettete Systeme

Chief Scientist Jun.-Prof. Dr. Sebastian Zug

Kompetenzzentrum RobotsLab

Chief Scientist Prof. Dr. Christian Diedrich

Center for Digital Engineering, Management and Operations CeDEMO

Sprecher des CeDEMO (Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme)

Univ.-Prof. Dr. Gunter Saake

Sprecher des CeDEMO (Fraunhofer IFF)

Univ.-Prof. Dr. Michael Schenk

Sprecher des CeDEMO (Fakultät Informatik)

Univ.-Prof. Dr. Frank Ortmeier

Forschungscampus STIMULATE

Solution Centre for Image Guided Local Therapies

Vorstandsmitglied STIMULATE

Prof. Dr. Georg Rose

Direktoriumsmitglied STIMULATE

Univ.-Prof. Dr. Michael Schenk

Themenfeldverantwortlicher Robotik

Prof. Dr. Norbert Elkmann

**Gemeinsame Forschung und Entwicklung mit der
Technischen Universität Hamburg-Harburg**

**Kompetenzzentrum Solids Process Engineering and
Particle Technology**

Prof. Dr. Stefan Heinrich

**Geimeinsame Forschung und Entwicklung mit der
Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-
Senftenberg**

Kompetenzzentrum Smart Factory

Prof. Dr. Ulrich Berger

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK



- Tochtergesellschaft
- Forschungszentrum
- Project Center
- ICON/Strategische Kooperation
- Repräsentanz-/Marketingbüro
- Senior Advisor
- Fraunhofer IFF ASEAN-Office



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 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 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.

www.fraunhofer.de

IMPRESSUM



Leistungen und Ergebnisse

Jahresbericht 2016

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-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
Dipl.-Ing. (FH) Barbara Schmidt, Ingenieurbüro Schmidt

Satz/Layout

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

Herstellung

Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG

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

Quellen

Fotos

Soweit nicht anders angegeben © Fraunhofer IFF

Seiten 5, 23, 45, 47, 50, 60: Fraunhofer IFF/Viktoria Kühne

Seite 6: arsdigital – Fotolia.com

Seite 7: Büro Staatssekretär Rainer Bomba, BMVI

Seite 24, 31, 32, 38: Fraunhofer IFF/Dirk Mahler

Seite 37: ZeSys e. V.

Seite 39 (li): Thoralf Winkler

Seite 43 (re): Fraunhofer IVV/Christian Zacherl

Seite 46: Andreas Lander

Seite 48: Thomas Ernsting

Seite 49: privat

Grafiken

Seite 22: Fraunhofer IFF/Andreas Herzog

Seite 29: Fraunhofer IFF/Olaf Poenicke

Seite 36: Fraunhofer IFF/Wolfram Heineken

Seite 56, 57: Fraunhofer-Gesellschaft

